

—— Guide d'investigation environnementale
des cas de saturnisme de l'enfant ——

1	Introduction	p. 6
1.1.	Contexte et objectifs du présent guide	p. 6
1.2.	Objectifs de l'investigation d'un cas de saturnisme	p. 7
2	Rappels sur l'intoxication par le plomb	p. 9
2.1.	Les effets du plomb	p. 9
2.2.	La plombémie, signification et précision	p. 15
2.3.	L'exposition au plomb chez l'enfant	p. 21
2.4.	Données d'imprégnation de la population française	p. 26
3	Dépistage et déclaration des cas	p. 31
3.1.	Comment sont dépistés ou repérés les cas de saturnisme	p. 31
3.2.	Les bases du seuil d'intervention de 100 µg/L de plombémie	p. 32
3.3.	Signalement d'un cas	p. 34
3.4.	Nombre de cas déclarés annuellement	p. 35
4	Organisation générale de l'enquête	p. 35
4.1.	Délais d'intervention	p. 36
4.2.	Acteurs, partenaires, prestataires	p. 36
4.3.	Schéma général de déroulement de l'enquête	p. 37
4.4.	Documents de synthèse des résultats de l'enquête	p. 40
5	La visite au domicile	p. 42
5.1.	Déroulement de la visite au domicile	p. 42
5.2.	Renseignement d'un questionnaire d'enquête	p. 44
5.3.	Conduite générale à tenir pour la recherche du plomb au domicile	p. 44
5.4.	Informations à donner à la famille lors de la visite au domicile	p. 46
5.5.	Autres sources d'information concernant le domicile	p. 46
6	La visite d'autres lieux de vie	p. 46
6.1.	Lieux de garde ou de séjour dans un immeuble d'habitation	p. 47
6.2.	Ecole ou lieu de garde collectif	p. 48
6.3.	Espaces de loisir extérieurs hors domicile	p. 51
7	Méthodes d'échantillonnage, prélèvement et analyse du plomb dans différents médias et valeurs de référence	p. 52
7.1.	Peintures et autres revêtements	p. 52
7.2.	Poussières	p. 58
7.3.	Terre	p. 65
7.4.	Eau de distribution publique	p. 69
7.5.	Vaisselle et ustensiles de cuisine	p. 72
7.6.	Cosmétiques traditionnels	p. 76
7.7.	Aliments	p. 77
7.8.	Autres médias	p. 79
7.9.	Analyses isotopiques : principes et applications	p. 81

8	Interprétation des résultats	p. 83
8.1.	Synthèse des valeurs de référence dans différents médias	p. 83
8.2.	Méthodes de raisonnement	p. 84
8.3.	Calculs de dose et relations dose-plombémie	p. 88
9	Conduite à tenir en cas de recherche infructueuse de la source d'intoxication	p. 94
10	Cas particulier des plombémies au cordon	p. 94
11	Cas particulier des jeunes travailleurs ou stagiaires professionnels	p. 95
12	Forme de la conclusion	p. 97
	Annexes	p. 99
	Références bibliographiques	p. 134

Liste des annexes

Annexe 1	extraits du code de la santé publique	p. 99
Annexe 2	sources inhabituelles d'intoxication par le plomb des enfants et femmes enceintes relevées dans la bibliographie internationale	p. 101
Annexe 3	questionnaire d'enquête à domicile	p. 103
Annexe 4	feuille de synthèse des résultats de l'enquête	p. 115
Annexe 5	conseils de prévention à donner lors de la visite au domicile	p. 116
Annexe 6	choix de laboratoires pouvant analyser le plomb	p. 118
Annexe 7	fiche de prélèvement d'échantillons de peinture	p. 119
Annexe 8	méthodes d'analyse chimique d'échantillons de peinture	p. 120
Annexe 9	méthode de prélèvement de poussières par lingettes	p. 121
Annexe 10	fiche de prélèvement de poussières par lingette	p. 123
Annexe 11	méthode d'analyse des poussières	p. 124
Annexe 12	méthodes de prélèvement de terre	p. 125
Annexe 13	fiche de prélèvement de terre	p. 127
Annexe 14	analyse chimique du plomb total dans les sols	p. 128
Annexe 15	calcul du volume interne des canalisations	p. 129
Annexe 16	conditions de prélèvement, conservation et analyse d'échantillons pour le dosage du plomb dans l'eau de distribution	p. 130
Annexe 17	fiche de prélèvement d'eau pour analyse du plomb	p. 131
Annexe 18	surveillance des travailleurs et mesure du plomb atmosphérique au travail	p. 132

Liste des figures

Figure 1	schéma des actions prévues par les articles L1334-1 et L1334-2 du code de la santé publique	p. 8
Figure 2	parcours du plomb dans l'organisme	p. 11
Figure 3	coefficient de variation de la plombémie en fonction de la valeur-cible du contrôle pour les contrôles Afssaps réalisés entre 2000 et 2003	p. 19
Figure 4	distribution de la plombémie des populations urbaines adultes françaises en 1979-1982 et en 1995	p. 27
Figure 5	distribution de la plombémie chez les enfants de 1 à 6 ans en 1995-1996	p. 28
Figure 6	médiane et percentile 95 de la plombémie par classe d'âge en 1995-1996	p. 28
Figure 7	pourcentage d'enfants ayant une plombémie 100 µg/L par classe d'âge en 1995-1996	p. 29
Figure 8	évolution du seuil de définition d'une plombémie «élevée» par les Centers for Disease Control and Prevention (d'après CDC, 1991)	p. 33
Figure 9	étapes et lieux d'investigations successifs en fonction du type d'environnement à risque de l'enfant	p. 39
Figure 10	principe de la feuille de synthèse interne	p. 41
Figure 11	distribution des mesures de plomb (mg/cm ²) dans les peintures réalisées par le LHVP dans 30 logements parisiens	p. 56
Figure 12	plat à tagine d'origine marocaine dont l'analyse montrait un relargage important de plomb	p. 74
Figure 13	photos de flacons de cosmétiques contenant du plomb	p. 77
Figure 14	plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la concentration en plomb dans le sol et le taux d'ingestion	p. 92
Figure 15	plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la concentration en plomb dans l'eau	p. 92
Figure 16	plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la concentration en plomb dans les poussières intérieures	p. 93
Figure 17	plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la quantité de plomb des peintures ingérée par jour	p. 93

Liste des tableaux

Tableau 1	coefficients de variation (CV) interlaboratoires et intralaboratoire pour la mesure de la plombémie, en fonction de la valeur-cible (étude SFTA 2005)	p. 20
Tableau 2	percentiles de la queue de distribution de la plombémie en 1995 à Paris, Lyon et Marseille pour les populations adultes	p. 27
Tableau 3	caractéristiques de la distribution des plombémies infantiles régionales corrigées sur les variables socioéconomiques, sociodémographiques et individuelles chez les enfants de 1 à 6 ans en 1995-1996	p. 29
Tableau 4	nombre de cas de saturnisme déclarés aux Ddass en 2003	p. 35
Tableau 5	délais de réalisation de la première visite recommandés par les CDC	p. 36
Tableau 6	résultats statistiques d'analyses du plomb total des poussières aux Etats-Unis	p. 64
Tableau 7	teneur en plomb dans les sols français en zone rurale	p. 68
Tableau 8	concentration en plomb d'un échantillon de 2 litres après écoulement et stagnation 30 min selon étude européenne 1999	p. 70
Tableau 9	teneurs maximales en plomb dans les denrées alimentaires selon le règlement de la commission européenne du 8 mars 2001	p. 79
Tableau 10	exemple de résultats d'analyses isotopiques	p. 82
Tableau 11	valeurs de référence dans différents milieux	p. 83
Tableau 12	ordres de grandeur de doses de plomb ingérées	p. 89
Tableau 13	résultats du modèle IEUBK dans différents scénarios d'exposition pour un enfant de 2 à 3 ans : dose absorbée selon la source et plombémie attendue	p. 91
Tableau 14	exemple de récapitulatif des sources investiguées	p. 97

Guide d'investigation environnementale des cas de saturnisme de l'enfant

Coordination du projet et rédaction finale :

Philippe Bretin, Institut de veille sanitaire, Département santé environnement.

Membres du groupe de travail

Ce guide a été rédigé courant 2005 par un groupe de travail composé de :

Patricia Boltz, toxicologue, Centre antipoison et de toxicovigilance de Nancy

Philippe Bretin, ingénieur épidémiologiste, Institut de veille sanitaire

Christophe Declercq, médecin épidémiologiste, Observatoire régional de la santé du Nord-Pas-de-Calais

Sylvie Domsic, ingénieur, Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris

Claude Dujardin, directeur, Service communal d'hygiène et de santé de Roubaix

Christine Garcin, médecin inspecteur de santé publique, Direction départementale des affaires sanitaires et sociales des Bouches-du-Rhône

Luc Ginot, médecin directeur, Service communal d'hygiène et de santé d'Aubervilliers

Géraldine Grandguillot, ingénieur de génie sanitaire, Direction générale de la santé

Laetitia Guillotin, ingénieur de génie sanitaire, Direction générale de la santé

Pascal Jehannin, ingénieur de génie sanitaire, Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Nord

Vincent Loez, technicien sanitaire, Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Nord

Mathilde Pascal, ingénieur environnement, Institut de veille sanitaire

Catherine Peyr, infirmière de santé publique, Service communal d'hygiène et de santé d'Aubervilliers

Mathilde Rasselet, technicienne sanitaire, Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Val-de-Marne

Emmanuelle Schapiro, docteur en Pharmacie, Institut de veille sanitaire

François-Xavier Roche, ingénieur chargé de mission saturnisme, Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Val-de-Marne

Marielle Schmitt, ingénieur épidémiologiste, Cellule interrégionale d'épidémiologie Rhône-Alpes

Fabien Squinazi, directeur du Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris

Inès Vansteene, chargée des systèmes d'informations sur l'habitat, Direction générale de la santé

Laurence Ziegler, ingénieur d'études sanitaires, Direction départementale des affaires sanitaires et sociales de Moselle

Ont collaboré à la rédaction :

Jean-Marc Cochet, Laboratoire central de la préfecture de police de Paris

Francis Douay, Laboratoire sols et environnement, Institut supérieur d'agriculture de Lille

Laurence Labat, Société française de toxicologie analytique

Fatoumata Rigaux-Barry, Centre antipoison et de toxicovigilance de Nancy

Estelle Trendel, Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris

Ont participé à la relecture :

Philippe Glorennec, Ecole nationale de la santé publique (Rennes)

Robert Garnier, Centre antipoison et de toxicovigilance de Paris

L'Institut de veille sanitaire remercie toutes les personnes et organismes qui ont apporté leur soutien à la rédaction de ce document, et notamment l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé, le Centre scientifique et technique du bâtiment et l'Institut national de la santé et de la recherche médicale.

Ce document a reçu un avis favorable du Comité technique plomb lors de sa réunion du 14 décembre 2005.

Présentation générale

Pourquoi ce guide ?

Ce document répond à une attente des services qui réalisent les investigations de cas de saturnisme de l'enfant, comme l'a montré une enquête réalisée début 2005 par l'Institut de veille sanitaire (InVS).

Il actualise les recommandations faites en 1994 par le Comité technique plomb [37].

Il éclaire la façon de mener l'enquête environnementale faisant suite à la déclaration d'un cas de saturnisme, notion introduite de façon officielle dans le code de la santé publique par la Loi du 9 août 2004.

Quel contenu ?

Ce guide se veut un document pratique à disposition des Ddass et des Services communaux d'hygiène.

Il rassemble les connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la réalisation des investigations.

Il propose un fil conducteur sur :

- la façon de prioriser la recherche des sources de plomb susceptibles d'expliquer l'intoxication ;
- la définition de l'étendue de cette recherche ;
- le raisonnement permettant de stopper l'investigation.

Il met à disposition des outils pratiques : questionnaire d'enquête, fiches de prélèvement, documents de synthèse.

Comment l'utiliser ?

Ce guide est destiné aussi bien à des professionnels rodés à l'investigation des cas de saturnisme qu'à ceux qui sont confrontés pour la première fois à cette situation. Il peut ainsi paraître trop détaillé à un professionnel peu connaisseur du sujet et confronté à une situation d'urgence. Pour faciliter la lecture rapide, un résumé des points principaux à retenir est positionné en tête de chaque chapitre ou sous-chapitre.

Ce guide est disponible dans une version électronique sur le site internet de l'InVS. Les différents outils peuvent être repris directement par les services sous un format numérique modifiable.

Abréviations

Afnor	Agence française de normalisation
Afssaps	Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé
AGHTM	Association générale des hygiénistes et techniciens municipaux
ALA	acide aminolévulinique
ALA-D	acide aminolévulinique déshydratase
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
BRM	Baltimore Repair and Maintenance (méthode de prélèvement des poussières par lingette)
CDC	Centers for Disease Control and Prevention
Circ	Centre international de recherche sur le cancer
Citepa	Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique
Crep	constat de risque d'exposition au plomb
CSTB	Centre scientifique et technique du bâtiment
CV	coefficient de variation
Ddass	Direction départementale des affaires sanitaires et sociales
DGS	Direction générale de la santé
DHTP	Dose hebdomadaire tolérable provisoire
Drire	Direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement
EDTA	acide éthylène diamine tétra-acétique
ENSP	Ecole nationale de la santé publique
USEPA	United States Environmental Protection Agency
HVS3	High Volume Small Surface Sampler (méthode de prélèvement des poussières par aspiration)
HUD	U.S. Department of Housing and Urban Development
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma –Mass Spectrometry
IEUBK	Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
Inra	Institut national de la recherche agronomique
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
Inserm	Institut national de la santé et de la recherche médicale
InVS	Institut de veille sanitaire
LCPP	Laboratoire central de la préfecture de police de Paris
LHVP	Laboratoire d'hygiène de la ville de Paris
Misp	médecin inspecteur de santé publique
OMS	Organisation mondiale de la santé
PMI	protection maternelle et infantile
PPZ	protoporphyrine-zinc
PVC	chlorure de polyvinyle
QI	quotient intellectuel
RNSP	Réseau national de santé publique
RSD	Relative Standard Deviation
SAAET	spectrophotométrie d'absorption atomique électrothermique
SCHS	Service communal d'hygiène et de santé
SFTA	Société française de toxicologie analytique
SSE	Service santé environnement
TAC	titre alcalimétrique complet
VCI	valeur de constat d'impact
VDSS	valeur de définition de source sol
XRF	X-Ray Fluorescence

1 Introduction

1.1 Contexte et objectifs du présent guide

Le saturnisme de l'enfant est un problème de santé publique mis en évidence en France à partir de la fin des années 1980. Il subsiste encore malgré les effets positifs des actions de prévention développées depuis en direction de l'habitat insalubre, des émissions industrielles et la suppression totale des carburants au plomb. La loi n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique a donné un objectif de division par 2 de la prévalence du saturnisme chez les enfants de 1 à 6 ans entre 1996 et 2008.

Cette même loi a amélioré les articles L1334-1 et suivants du code de la santé publique (Annexe 1) qui concernent la prévention du saturnisme. La nouvelle rédaction introduit la notion d'enquête environnementale faisant suite à la déclaration d'un cas de saturnisme, alors que l'ancienne rédaction issue de la loi n° 98-657 du 29 juillet 1998 d'orientation relative à la lutte contre les exclusions ne faisait référence qu'au diagnostic de l'immeuble « habité ou fréquenté régulièrement » par l'enfant. Ce diagnostic, défini dans les textes d'application, ne concernait que les revêtements de l'immeuble.

Cette évolution législative est logique, puisqu'il convient de ne pas limiter au seul bâtiment la recherche de l'origine de l'intoxication, bien que le saturnisme de l'enfant soit très largement lié en France à la présence de peintures à la céruse dans les bâtiments anciens.

Même si les Directions départementales des affaires sanitaires et sociales (Ddass) et les Services communaux d'hygiène et de santé (SCHS) avaient déjà antérieurement une pratique plus large que le seul diagnostic d'immeubles, l'introduction de la notion d'enquête environnementale dans un texte de loi amène des questions sur les modalités et l'étendue de cette enquête : faut-il réaliser une recherche systématique du plomb dans tous les milieux au contact avec l'enfant, au risque d'un rapport coût - efficacité élevé ? Faut-il adapter les recherches en fonction des connaissances locales de l'origine des intoxications et selon les résultats obtenus en cours de recherche, au risque d'être attaqué pour n'avoir pas mis en évidence la source principale de l'intoxication ? Une méthodologie de travail consensuelle apparaissait nécessaire.

Par ailleurs, il apparaissait utile, pour faciliter le travail des services, de rassembler dans un même document l'ensemble des connaissances scientifiques et techniques nécessaires à la réalisation de l'enquête environnementale, et de mettre à disposition des outils pratiques.

Le jury de la conférence de consensus tenue à Lille en novembre 2003 sur « l'intoxication par le plomb de l'enfant et de la femme enceinte – prévention et prise en charge médico-sociale », recommandait d'ailleurs « que les professionnels réalisant les enquêtes environnementales mettent en œuvre des procédures type d'intervention » [13].

Le présent guide a été élaboré par un groupe de travail rassemblant des experts et des personnels chargés de réaliser les enquêtes environnementales dans différentes régions françaises. Sa rédaction a été coordonnée par l'Institut de veille sanitaire (InVS), en accord avec la Direction générale de la santé (DGS). Une enquête auprès des services d'investigation a été réalisée par l'InVS en mars et avril 2005, afin de connaître les méthodes de travail des services et les besoins ressentis par les acteurs.

1.2 Objectifs de l'investigation d'un cas de saturnisme

Selon l'article L1334-1 du code de la santé publique une « enquête sur l'environnement du mineur » est réalisée à la suite de la déclaration d'un cas de saturnisme, « afin de déterminer l'origine de l'intoxication ».

Cette enquête environnementale fait partie d'une chaîne d'actions dont le but est de stopper le processus d'intoxication du cas déclaré et de prendre des mesures de prévention pour d'autres enfants, voire des adultes, qui pourraient être exposés aux mêmes sources.

Le terme d'« investigation environnementale d'un cas de saturnisme » a été préféré à celui d'« enquête sur l'environnement » pour le titre du présent guide car ce dernier terme est couramment utilisé dans des contextes autres que le signalement d'un problème de santé.

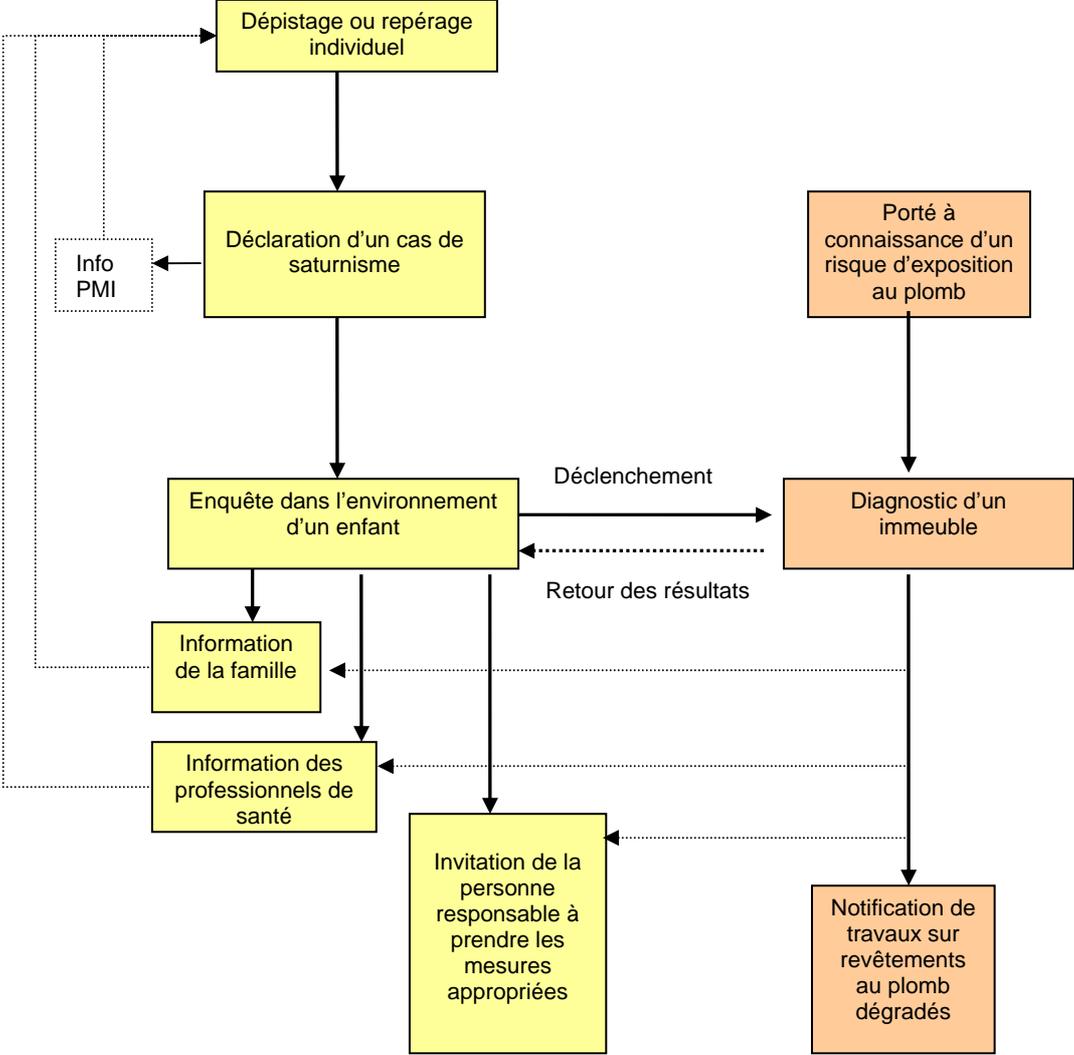
L'article L1334-1 du code de la santé publique introduit également la notion de « diagnostic portant sur les revêtements des immeubles ». Il convient de différencier cette notion par rapport à la notion d'enquête dans l'environnement de l'enfant :

- le diagnostic est destiné à rechercher l'existence de revêtements dégradés contenant du plomb à des concentrations supérieures aux seuils définis par arrêté, ces revêtements étant « susceptibles d'être à l'origine de l'intoxication d'un mineur », ou « constituant un risque d'exposition au plomb pour un mineur ». Un diagnostic concluant à l'existence d'un risque fonde la procédure par laquelle le préfet de département « notifie au propriétaire ou au syndicat des copropriétaires ou à l'exploitant du local d'hébergement son intention de faire exécuter sur l'immeuble incriminé, à leurs frais, pour supprimer le risque constaté, les travaux nécessaires » (article L1334-2). Le **diagnostic** est un outil d'évaluation du risque lié à un **bâtiment** permettant de définir précisément les travaux nécessaires ; il peut être mené par les services sanitaires, mais aussi par un prestataire de service. La méthodologie de réalisation d'un diagnostic n'est pas traitée par le présent guide ;

- l'**enquête environnementale**, comme indiqué dans l'article L1334-1 est obligatoirement menée à la suite de l'intoxication d'une **personne** mineure. Elle consiste à rechercher les sources présentes dans l'environnement de cette personne afin de déterminer l'origine de l'intoxication et en déduire quelles actions sont à mener pour protéger l'enfant intoxiqué et les enfants potentiellement exposés aux mêmes sources d'intoxication. Il s'agit d'un travail d'hygiéniste qui doit être mené, selon la loi, par la Ddass ou par le Service communal d'hygiène et de santé. Le résultat de l'enquête environnementale fonde les actions prévues au premier alinéa de l'article L1334-2 du code de la santé publique : l'information des familles et des professionnels de santé concernés, invitation de la personne responsable à prendre les mesures appropriées pour réduire le risque. Si des revêtements dégradés sont mis en cause, la mise en œuvre de la procédure de travaux précitée nécessite la réalisation préalable d'un diagnostic de ces revêtements. Ce diagnostic peut toutefois être mené dans le même temps que l'enquête environnementale, et par le même intervenant.

La Figure 1 schématise les notions d'enquête dans l'environnement et de diagnostic introduites par les articles L1334-1 et L1334-2 du code de la santé publique.

Figure 1 : schéma des actions prévues par les articles L1334-1 et L1334-2 du code de la santé publique



2 Rappels sur l'intoxication par le plomb

2.1 Les effets du plomb

Le plomb est un toxique cumulatif. C'est une substance qui n'a pas de rôle physiologique chez l'homme et qui s'accumule dans l'organisme, majoritairement dans l'os compact, le stock osseux pouvant devenir ensuite une source interne de contamination. Le plomb pénètre dans l'organisme par voie digestive, pulmonaire et rarement cutanée. Il est éliminé très lentement, principalement dans les urines. Il passe au travers du placenta et dans le lait maternel, pouvant ainsi contaminer le fœtus et le nourrisson. Son action toxique se produit surtout au niveau du système nerveux central et périphérique, de la moelle osseuse et des reins. L'intoxication par le plomb ou saturnisme est actuellement le plus souvent due à une exposition chronique. Les jeunes enfants sont une population plus fragile vis-à-vis du saturnisme car :

- ils ingèrent beaucoup de poussières par activité main-bouche,
- pour une exposition identique à celle de l'adulte, le plomb retenu dans l'organisme est plus important,
- leur système nerveux en développement est plus sensible à la toxicité du plomb.

Ce qui caractérise le saturnisme infantile est l'atteinte du système nerveux central, aboutissant à une altération des fonctions supérieures (apprentissage, mémoire, comportement...), qui se produit chez l'enfant même pour de faibles expositions et qui perdure dans le temps. Les études épidémiologiques récentes semblent montrer que ces effets interviennent même chez des enfants n'ayant jamais dépassé le seuil de 100 µg/L de plombémie qui définit actuellement le cas de saturnisme.

Les signes cliniques de l'intoxication a minima par le plomb sont non spécifiques et donc difficiles à repérer. C'est généralement l'existence de facteurs de risque d'exposition qui conduit le médecin à prescrire une plombémie.

2.1.1 Devenir du plomb dans l'organisme

Pour comprendre, diagnostiquer et évaluer la toxicité du plomb, il faut prendre en compte sa toxicocinétique : la façon dont il est absorbé, transporté, stocké et éliminé.

Absorption

Le plomb pénètre dans le corps humain par voies respiratoire et surtout digestive. La pénétration par voie cutanée est rare (lésion cutanée, composés organiques).

La contamination respiratoire se produit suite à l'inhalation de plomb sous forme de fines poussières ou de vapeurs de plomb. Les fines particules de taille inférieure à 1 µm sont les mieux absorbées au travers de la paroi alvéolo-capillaire. Les grosses particules de diamètre aérodynamique supérieur à 5 µm, piégées dans la partie supérieure de l'arbre respiratoire sont finalement éliminées dans les expectorations ou dégluties. A concentration atmosphérique constante, l'absorption respiratoire dépend du débit ventilatoire : elle est plus élevée en cas d'effort physique ; elle est relativement plus élevée chez le jeune enfant parce que le rapport de son débit ventilatoire à son poids est plus élevé que chez l'adulte ou le grand enfant.

La contamination digestive se produit *via* les aliments, l'eau de boisson, les particules se trouvant sur les mains, les objets portés à la bouche...La quantité de plomb assimilée après ingestion dépend :

- de la nature chimique du plomb ingéré : les composés dont le passage est le plus important sont ceux dont l'hydrosolubilité est la plus élevée ; la toxicité particulière de la céruse, qui est un carbonate basique de plomb, s'explique ainsi par sa forte solubilité en milieu hydrique acide,

- des caractéristiques physicochimiques du vecteur (peintures, alimentation, sols, poussières...) : résistance de la matrice à la solubilisation pour une écaillage de peinture, taille des particules (les plus fines sont celles qui permettent la meilleure absorption du plomb), présence d'impuretés (terre, poussières) sur lesquelles le plomb peut s'adsorber, ce qui limite son absorption digestive....,
- du régime alimentaire : les régimes carencés en fer ou en calcium facilitent l'absorption digestive du plomb qui se fait par un mécanisme de transport actif et en compétition avec ces éléments. L'absorption digestive est aussi majorée par le jeun et par l'apport de vitamine D [74].

Le coefficient d'absorption digestive du plomb contenu dans l'alimentation est de 5 à 10 % chez l'adulte et 40 à 50 % chez l'enfant. Le coefficient d'absorption digestive du plomb ingéré avec de la terre ou des poussières est inférieur, le chiffre de 30 % étant souvent cité chez l'enfant [97;126].

Diffusion et stockage

Le plomb assimilé passe dans le sang et pénètre dans les globules rouges. Plus de 95 % du plomb sanguin est dans les hématies lorsque la plombémie est inférieure à 400 µg/L (la fraction plasmatique augmente un peu aux plus fortes concentrations). Cependant le plomb sanguin ne représente que 2 % de la charge corporelle en plomb de l'organisme.

Les tissus mous ne contiennent que 5 à 10 % de la dose interne de plomb, mais c'est la quasi-totalité de la fraction biologiquement active.

La plus grande partie du plomb présent dans l'organisme est fixée dans les os (90 à 95 % chez l'adulte et 75 % chez l'enfant). Le plomb fixé à l'os compact constitue l'essentiel du plomb osseux ; il ne produit pas d'effet toxique et ses mouvements sont très lents, couplés à ceux du calcium ; sa concentration augmente avec l'âge ; il peut être redistribué en cas de déplétion des autres compartiments (par un traitement chélateur, par exemple) ou par toute cause de déminéralisation (tumeur osseuse, ostéoporose, immobilisation prolongée, grossesse, allaitement...). Le plomb fixé à l'os trabéculaire est, comme celui des tissus mous, biologiquement actif (c'est au niveau de cet os spongieux que se trouve la moelle osseuse) et facilement mobilisable.

Le plomb traverse librement la barrière placentaire. A la naissance, les plombémies de la mère et de l'enfant sont corrélées (coefficient de corrélation compris entre 0,55 et 0,92 selon les études) et très voisines, avec des moyennes en général un peu plus faibles sur le sang du cordon [50].

Elimination

L'élimination du plomb est lente, avec par conséquent un risque important d'accumulation.

Elle est principalement urinaire (>75 %). Les autres voies d'élimination sont digestive (15-20 % par la bile et les selles) ou accessoires (salive, cheveux et ongles, sueur).

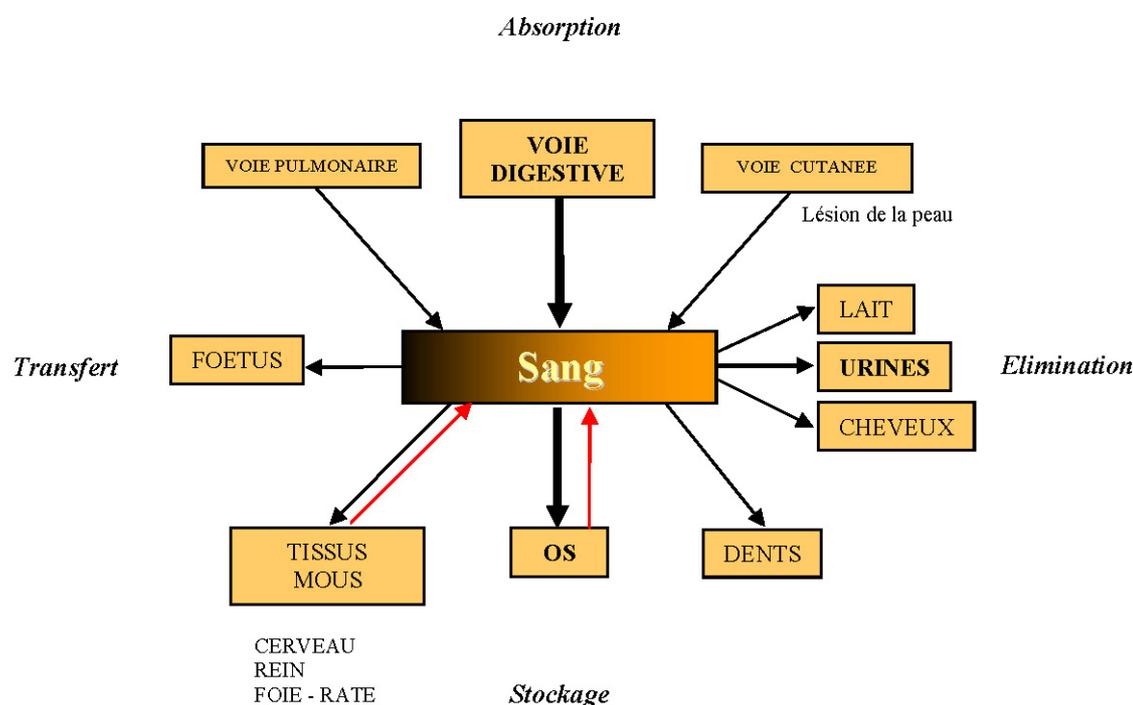
Il existe aussi une excrétion lactée. Le rapport des concentrations du plomb dans le sang de la mère et le lait est toujours supérieur à 2 et généralement supérieur à 10.

Après arrêt de l'exposition, la demi-vie¹ du plomb dans le sang est de 30 à 40 jours, elle est de 40 jours pour les tissus mous (reins, foie et système nerveux) et de plus de 10 ans (7 à 30 ans selon les études) pour le squelette.

¹ Temps nécessaire pour que soit divisée par 2 la concentration en plomb dans un tissu

La Figure 2 schématise le parcours du plomb dans l'organisme.

Figure 2 : parcours du plomb dans l'organisme



2.1.2 Toxicité aiguë

L'intoxication aiguë après une exposition unique est rare. Elle ne peut résulter que de l'ingestion massive de sels solubles de plomb (acétate, carbonate) ou d'une administration parentérale². Elle ne doit pas être confondue avec les manifestations paroxystiques d'une intoxication chronique.

Les symptômes initiaux digestifs (nausées, vomissements, douleurs abdominales et parfois diarrhées), qui surviennent dans les 48 heures, sont dus à l'effet irritant des sels de plomb. Ces troubles digestifs sont d'intensité modérée et de courte durée. Ils s'accompagnent d'une hémolyse, d'une hépatite cytolytique et d'une atteinte rénale aiguë tubulaire, dépendantes de la dose absorbée et généralement modérées dans le cas d'une ingestion. Peuvent suivre plus rarement des troubles neurologiques centraux (encéphalopathie aiguë avec agitation, confusions, hallucinations), ainsi que des douleurs articulaires.

En l'absence de traitement, cette forte contamination unique, à l'origine d'une intoxication aiguë immédiate, peut entraîner secondairement une intoxication chronique à partir du plomb stocké à cette occasion dans l'organisme.

2.1.3 Toxicité chronique

Système nerveux central

L'encéphalopathie saturnine classique se voit en cas d'intoxication massive correspondant chez l'adulte à des plombémies supérieures à 2000 µg/L et chez l'enfant, plus sensible au plomb, supérieures à 700-1000 µg/L.

² L'ingestion unique d'un objet en plomb peut tout de même provoquer une élévation de la plombémie de plusieurs centaines de microgrammes par litre.

Le tableau typique d'hypertension intracrânienne est plus souvent observé chez l'enfant que chez l'adulte. Il associe de violents maux de tête, des vomissements, une diplopie (vision double) et un état d'apathie qui, en l'absence de traitement, évolue vers un état confusionnel avec des hallucinations, des troubles de l'équilibre et de la vue, une somnolence aboutissant à un coma convulsif. Les cas graves d'encéphalopathie saturnine sont généralement mortels en quelques heures en l'absence de traitement. Malgré le traitement, des séquelles neurologiques peuvent persister : retard psychomoteur, épilepsie, cécité par atrophie du nerf optique, déficit moteur (hémiparésie), déficit cognitif permanent, troubles sévères du comportement.

Chez l'enfant, lorsque la plombémie est moindre (entre 450 et 700 µg/L), on peut observer une forme mineure ou débutante de l'encéphalopathie saturnine classique : apathie avec diminution de l'activité motrice, troubles du caractère à type d'irritabilité, troubles du sommeil, stagnation du développement intellectuel. Cette forme mineure nécessite cependant une prise en charge médicale immédiate, car elle peut en quelques heures dégénérer en une encéphalopathie aiguë.

Chez l'adulte, lorsque la plombémie est moindre (entre 700 et 2000 µg/L), on peut observer des troubles mentaux organiques qui se traduisent par des plaintes subjectives associant une asthénie, une instabilité de l'humeur (hyperémotivité, irritabilité, angoisse diffuse, idées dépressives), des troubles du sommeil, une diminution de la libido et une baisse des performances intellectuelles (vigilance, concentration, mémoire à court terme) et motrices (dextérité manuelle, temps de réaction).

De nombreuses études épidémiologiques publiées au cours des dernières décennies montrent des effets neurotoxiques du plomb chez l'enfant à des concentrations inférieures à 450 µg/L. Les travaux les plus récents indiquent que les effets cognitifs du plomb sont sans seuil et qu'ils sont encore décelables pour des enfants dont la plombémie n'a jamais franchi le seuil de 100 µg/L [28;81;88]. Le déficit cognitif de l'enfant peut se quantifier globalement par le Quotient Intellectuel ou QI. Il existe une corrélation entre la plombémie et la baisse du QI chez les jeunes enfants exposés ; cette corrélation est sans seuil. Selon les études, une augmentation de la plombémie de 100 µg/L, entraîne une diminution de 1 à 5 points du QI. Les effets délétères du plomb sur les fonctions supérieures du jeune enfant sont durables ; ils sont retrouvés pendant l'école primaire, à l'adolescence et à l'âge adulte.

Chez l'adulte, l'existence de troubles mentaux organiques aux faibles doses est discutée. Des études récentes montrent l'apparition de déficits cognitifs dès que la plombémie dépasse 400 µg/L [93].

A faibles doses, l'exposition chronique au plomb entraîne une baisse de l'audition aussi bien chez l'adulte que chez l'enfant, sans effet seuil. On estime que chez le jeune enfant, un triplement de la plombémie de 60 à 180 µg/L entraîne une perte d'audition de 2 à 3 décibels dans toutes les fréquences.

Système nerveux périphérique

Les neuropathies périphériques cliniquement décelables sont devenues exceptionnelles ; elles surviennent chez l'adulte pour des plombémies supérieures à 1200 µg/L. La forme classique de l'atteinte saturnine est une paralysie pseudoradicale par atteinte du 7^e nerf cervical. Le plus souvent l'atteinte est seulement motrice. D'autres territoires nerveux peuvent être atteints : extrémités des membres, épaules, cou. L'atteinte du larynx est à l'origine d'une altération de la voix.

Des tableaux de pseudo sclérose latérale amyotrophique et de neuropathie optique sont décrits lors d'expositions professionnelles.

Pour des plombémies moindres, supérieures à 400 µg/L chez l'adulte, il n'y a pas d'atteinte clinique. On retrouve cependant une diminution des vitesses de conduction nerveuse dans les membres.

Système nerveux autonome

L'atteinte du système nerveux autonome cause la classique « colique saturnine » se manifestant par des crises douloureuses abdominales paroxystiques s'accompagnant de sueurs, pâleur, vomissements, constipation et d'une poussée hypertensive transitoire. Elle survient pour des plombémies supérieures à 1000 µg/L chez l'adulte.

Les formes atténuées de « colique de plomb » sont les plus fréquentes avec de vagues douleurs abdominales diffuses, une anorexie, une constipation, des troubles dyspeptiques. Elles sont observées lorsque la plombémie est supérieure à 500 µg/L chez l'adulte.

Rein

Chez l'adulte, on distingue au niveau du rein des atteintes précoces et tardives.

L'atteinte rénale précoce, dans sa forme classique, est une atteinte tubulaire proximale qui entraîne un syndrome de Toni-Debré-Fanconi (fuite urinaire de protéines de faibles poids moléculaires, enzymurie, glycosurie, aminoacidurie, hypercalciurie, hyperphosphaturie). Un tel tableau n'est observé que lorsque la plombémie dépasse 1500 µg/L. Des études récentes ont montré que des signes discrets d'atteinte tubulaire pouvaient apparaître dès que la plombémie atteignait 400 µg/L, et peut-être en deçà chez l'enfant [124].

Après 10 à 20 ans d'exposition à des niveaux correspondant à une plombémie au moins égale à 600 µg/L, on peut observer une néphropathie chronique tubulo-interstitielle et glomérulaire non spécifique. Cette atteinte est définitive.

Système hématopoïétique

L'exposition au plomb provoque une anémie normochrome normocytaire régénérative. En cas d'association avec une carence en fer, l'anémie est alors de type hypochrome et microcytaire. Cette anémie est inconstante et modérée. Elle s'observe généralement pour des plombémies supérieures à 700 µg/L chez l'adulte et 600 µg/L chez l'enfant. Elle peut cependant survenir pour des taux moindres (dès 400 µg/L) ou en cas de carence en fer, surtout chez le jeune enfant. Elle peut inconstamment s'accompagner d'hématies circulantes ponctuées ; ce sont des globules rouges immatures contenant des granulations basophiles.

Effets testiculaires

L'exposition au plomb peut altérer le nombre et la qualité des spermatozoïdes. Une oligospermie, une asthénospermie et une tératospermie peuvent être observées lorsque la plombémie atteint 400-450 µg/L ; elles sont réversibles à l'arrêt de l'exposition.

Autres effets systémiques

Lors d'une exposition chronique, pour des plombémies supérieures à 500 µg/L, les os longs de l'enfant avant la soudure des cartilages, peuvent présenter des bandes denses métaphysaires, visibles en radiologie standard.

Chez les jeunes enfants, l'augmentation de la plombémie est corrélée avec un retard de croissance (diminution de la taille et du poids). C'est un effet sans seuil.

Effet cancérigène

Dans sa dernière évaluation, en 2004, le Centre international de recherche sur le cancer (Circ) considérait qu'il y avait des preuves suffisantes de la cancérogénicité des dérivés inorganiques du plomb chez l'animal et que les données épidémiologiques disponibles n'apportaient que des preuves limitées. L'association des données épidémiologiques et des résultats des études expérimentales a amené le Circ à considérer le plomb et ses dérivés inorganiques comme des agents probablement cancérogènes pour l'espèce humaine (groupe 2A). Les organes cibles sont le poumon, l'estomac, le rein et le cerveau.

Les dérivés inorganiques du plomb ne sont classés dans aucune des trois catégories d'agents cancérigènes de l'Union européenne. Une expertise récente, coordonnée par l'INRS a conclu : « il n'est pas possible d'affirmer que le plomb est cancérigène pour l'homme, bien que certains de ses composés le soient clairement pour l'animal, notamment à forte dose ». Elle invite à développer les travaux épidémiologiques et expérimentaux, en particulier mécanistiques, pour une évaluation plus exacte du risque pour l'espèce humaine.

2.1.4 Particularités du saturnisme infantile

La plupart des travaux épidémiologiques montrent que la plombémie de l'enfant atteint un pic entre 18 et 36 mois. Plus généralement, on considère les enfants de moins de 6 ans comme une population à risque, pour plusieurs raisons qui tiennent à la fois au comportement et aux caractéristiques physiologiques des jeunes enfants.

Le jeune enfant est plus exposé que l'adulte car les quantités absorbées de plomb sont supérieures et les capacités d'élimination moindres.

En effet, on note chez l'enfant une ingestion potentiellement importante avec :

- une quantité par kg de poids corporel d'aliments ingérés et d'air inhalé plus importante chez l'enfant que chez l'adulte,
- une découverte de l'environnement avec un portage des mains et des objets à la bouche. Le contact main-bouche permet l'absorption de quantités de plomb importantes, notamment par les poussières, la terre, les écailles de peinture... La proportion d'enfants en bas âge qui ingèrent des écailles de peinture ou du plâtre a été estimée de 9 à 10 % dans des études américaines [120]. On confond souvent ces comportements relativement fréquents avec la notion plus restrictive de pica³. Le pica est un trouble du comportement alimentaire défini par une envie irrépressible d'ingérer de façon compulsive des substances non comestibles⁴. Le pica est retrouvé fréquemment en cas de carence en fer ; dans ce cas il disparaît souvent au bout de 15 jours de traitement de supplémentation, avant la correction de l'anémie.
- un coefficient d'absorption digestive des dérivés du plomb nettement plus important chez l'enfant que chez l'adulte.

Parallèlement, la capacité d'élimination rénale est plus faible chez l'enfant que chez l'adulte.

Différents facteurs contribuent donc à majorer pour le jeune enfant l'accessibilité au plomb présent dans son environnement, ceci alors qu'à imprégnation comparable, les effets toxiques du plomb chez le jeune enfant sont plus importants et plus sévères. Le jeune enfant est plus sensible que l'adulte aux effets toxiques du plomb, particulièrement sur le système nerveux immature en phase de croissance.

³ Du latin pica = la pie, oiseau censé avaler des objets divers

⁴ On trouve en fait différentes définitions du pica selon les auteurs :

- Selon la classification du manuel américain des maladies mentales DSM IV (item 307-52)[12], le pica est un trouble du comportement alimentaire défini par l'ingestion répétée de substances non nutritives pendant une période d'au moins 1 mois, sans association avec une aversion à la nourriture. Le comportement doit être inapproprié par rapport au niveau du développement, n'être pas une pratique culturellement admise et être suffisamment sévère pour justifier un examen clinique. Il est précisé que le pica est souvent associé à un retard mental, mais qu'il peut être observé à tous les âges, dans les deux sexes, et particulièrement chez l'enfant et la femme enceinte.

- La classification internationale des maladies CIM-10 [104] définit le comportement de pica dans la rubrique F98.3, seulement pour le nourrisson et l'enfant, comme un « *Trouble caractérisé par la consommation persistante de substances non nutritives (par exemple de la terre, des bouts de peinture etc.). Il peut faire partie d'un trouble psychiatrique plus global (tel un autisme) ou constituer un comportement psychopathologique relativement isolé. C'est seulement dans ce dernier cas que l'on fait le diagnostic de pica. Ce comportement s'observe surtout chez des enfants présentant un retard mental ; dans ce dernier cas, le retard mental doit constituer le diagnostic principal.* »

2.1.5 Particularité du saturnisme pendant la grossesse et l'allaitement

Etant donné le passage facile du plomb à travers la barrière placentaire vers la circulation fœtale, l'exposition de l'enfant commence dès la vie intra-utérine et se poursuit lors de l'allaitement maternel.

En effet, le plomb suit les mouvements du calcium : la déminéralisation du squelette observée pendant la grossesse et la lactation provoquent un transfert du plomb stocké dans le squelette de la mère vers le fœtus et le nourrisson. Des travaux récents [65;115] ont montré que les quantités de plomb transférées étaient plus en relation avec le stock de plomb accumulé dans le squelette de la mère et donc avec son exposition cumulée au cours de la vie qu'avec son exposition au moment de la grossesse.

Le taux sanguin de plomb à la naissance est approximativement le même chez la mère et le nouveau né. De même, la distribution du plomb dans les tissus fœtaux est quasi similaire à celle des adultes.

Chez l'animal, le plomb est tératogène. Il provoque des malformations cardiaques, neurologiques et squelettiques. Chez l'homme, il n'y a pas de preuve de la tératogénicité du plomb.

L'exposition au plomb augmenterait le risque d'avortements spontanés, de retard de croissance intra-utérine et d'accouchement prématuré. Cette augmentation de risque, inconstante selon les études, surviendrait pour des plombémies supérieures à 250 µg/L.

Lors de l'allaitement, le plomb est faiblement excrété dans le lait maternel. La concentration dans le lait est très variable selon les études ; elle est toujours rapportée inférieure à la moitié de la plombémie maternelle [13], mais serait en général beaucoup plus faible, proche du taux de plomb dans le plasma sanguin de la mère (< 3 %) [66].

A noter que le pica est parfois observé en cours de grossesse, ce qui peut provoquer une exposition élevée de la mère.

2.2 La plombémie, signification et précision

La plombémie ou dosage de plomb sanguin est actuellement le meilleur indicateur biologique de l'exposition au plomb. Cependant, il faut garder à l'esprit qu'il s'agit d'une mesure ponctuelle qui ne reflète pas la quantité globale de plomb dans l'organisme. C'est par contre un bon reflet de l'exposition des semaines précédentes lorsque celle-ci est stable. En cas de variations de l'exposition, la plombémie s'élève dès le début de l'exposition, elle atteint un état d'équilibre 3 mois après le début de l'exposition et diminue après l'arrêt de l'exposition avec une demi-vie de l'ordre d'un mois. Elle se stabilise ensuite à un niveau qui est fonction du stock osseux.

La plombémie est l'unique examen indispensable au dépistage d'un cas de saturnisme infantile. Le niveau de plombémie permet d'orienter la prise en charge médicale et environnementale de l'enfant. La plombémie permet aussi le suivi de l'intoxication.

La mesure de la plombémie est techniquement délicate. Par ailleurs des variations saisonnières sont couramment observées dans les plombémies des enfants. D'une façon générale, on considèrera qu'une différence de moins de 50 µg/L entre 2 plombémies successives ne témoigne pas forcément d'une évolution significative.

2.2.1 La plombémie, marqueur de l'intoxication

Le plomb est un toxique cumulatif et c'est donc la dose cumulée par l'organisme qu'il faut prendre en compte en termes de toxicité. Mais, à ce jour, aucun dosage biologique de routine n'évalue cette dose totale de plomb présente dans l'organisme. C'est la plombémie qui est considérée comme le meilleur marqueur de l'exposition au plomb. Toutefois la plombémie n'est que la concentration en plomb dans le sang à un moment donné :

- en cas d'exposition ponctuelle telle que l'ingestion d'un objet en plomb, un pic de plombémie peut être observé, qui ne signifie pas que l'enfant a un stock élevé de plomb,
- inversement, dans les jours suivant l'administration d'un chélateur, la plombémie sous-estime la dose interne de plomb,
- en l'absence d'exposition, la plombémie est le résultat d'une situation d'équilibre entre le relargage osseux et l'élimination. Elle peut être élevée si l'enfant a accumulé un stock important de plomb pendant une période où il était très exposé.
- en situation d'exposition stable, la plombémie est le résultat d'un équilibre entre les apports, le dépôt dans les différents tissus et l'élimination.

Après arrêt d'une exposition, la demi-vie d'élimination du plomb dans le sang est estimée à environ 30 jours, en lien avec la durée de vie des globules rouges. Après quelques semaines ou mois de baisse, la plombémie atteint un plateau fonction du stock de plomb présent dans l'organisme. La baisse est ensuite très lente, liée à la résorption du plomb osseux.

En cas d'exposition variable dans le temps, la plombémie est donc un dosage qui reflète plutôt l'exposition récente, en pratique, du mois précédent ou des quelques semaines écoulées.

La plombémie peut être réalisée sur sang veineux, sur sang capillaire, ou sur le sang du cordon lors des accouchements. Seuls les dosages sur sang veineux sont retenus pour le dépistage d'un cas de saturnisme infantile.

Facteurs de variation de la plombémie

La plombémie varie avec le sexe chez l'adulte

Pour les adultes entre 20 et 50 ans, les plombémies sont plus élevées chez les hommes que chez les femmes. Pour les jeunes enfants, il n'y a pas de différences entre les garçons et les filles.

La plombémie varie avec l'âge

A la naissance, elle est fonction de la plombémie maternelle.

Pour les jeunes enfants sans exposition anténatale notable, se produit un pic préscolaire vers 18-24 mois correspondant à l'acquisition de la marche avec une mobilisation calcique et une découverte de l'environnement, suivi d'une décroissance après 3 ans (voir Figure 6 page 28).

Pour les enfants avec une exposition anténatale notable interrompue à la naissance, se produit une phase de décroissance linéaire avant le pic de la période préscolaire.

En période scolaire, la plombémie décroît jusqu'à l'adolescence, puis de 20 à 60 ans, elle augmente avant de se stabiliser.

La plombémie varie avec le mode de vie

La consommation de tabac ou d'alcool est un facteur de variation de la plombémie, surtout pour les hommes. La plombémie est augmentée en moyenne de 20 à 30 µg/L chez les hommes consommateurs d'alcool ou de tabac contre 10 à 20 µg/L chez les femmes.

La plombémie varie avec les saisons

Chez les enfants, on note un pic en été (août) et un creux en hiver. L'étendue des variations de la moyenne géométrique des plombémies mesurées dans des populations d'enfants est de l'ordre de ± 15 % à ± 30 % [67]. Certains auteurs notent un pic secondaire en fin d'hiver [103].

Chez les femmes enceintes, la plombémie serait maximale en hiver (de janvier à mars) et minimale en été (de juillet à septembre) [103].

Ces fluctuations de la plombémie au cours de l'année peuvent être reliées à deux phénomènes qui ont des actions opposées :

- des variations saisonnières d'expositions environnementales, l'exposition aux poussières intérieures et extérieures pouvant être plus forte en été pour la majorité des enfants,
- l'augmentation de la mobilisation du stock osseux pendant l'hiver, liée à la diminution de l'exposition au soleil et à une plus faible synthèse de la vitamine D⁵ [103].

La plombémie varie lors de situations particulières, sollicitant le métabolisme phosphocalcique

La plombémie varie en cours de grossesse, elle augmente jusqu'à la 10^e semaine, passe par un creux vers la 25^e semaine et augmente de nouveau en fin de grossesse. Les variations sont toutefois très liées à l'exposition passée et pendant la grossesse.

La plombémie augmente lors des forts remaniements osseux, physiologiques ou accidentels (tumeur osseuse, ostéoporose, immobilisation prolongée, fractures...).

Les autres marqueurs usuels

Plomburie

Le plomb, en raison de son élimination en partie rénale, peut être mesuré dans les urines.

Deux types de dosages urinaires sont possibles, soit la plomburie spontanée, soit la plomburie provoquée par perfusion d'EDTA. Le premier est un médiocre indicateur biologique d'exposition, alors que le second reflète bien la quantité de plomb stocké dans les tissus mous. Le dosage de plomburie provoquée est un test diagnostique avant le traitement chélateur.

ALA et PPZ

Le plomb, par fixation sur les groupements soufrés, inhibe des enzymes érythrocytaires comme l'acide aminolévulinique déshydratase (ALA-D) et l'hème-synthétase. L'inhibition de l'ALA-D entraîne une augmentation de l'excrétion urinaire d'acide aminolévulinique (ALA) et celle de l'hème-synthétase entraîne l'accumulation de protoporphyrine érythrocytaire et de son chélate de zinc, la protoporphyrine-zinc (PPZ). L'inhibition de l'ALA-D est perceptible pour des niveaux d'imprégnation correspondant à une plombémie inférieure à 100 µg/L. La concentration d'ALA dans les urines commence à s'élever lorsque la plombémie atteint 350-400 µg/L ; elle ne dépasse la limite supérieure des valeurs normales (5 mg/g de créatinine) que lorsque la plombémie est supérieure à 500-600 µg/L. La PPZ s'élève lorsque la plombémie atteint 150-250 µg/L ; elle est également augmentée en cas de carence martiale.

La sensibilité et la spécificité de la protoporphyrine ou de la protoporphyrine-zinc (PPZ) sanguine sont insuffisantes pour leur utilisation comme test de dépistage ou pour le suivi des enfants. L'ALA urinaire a une sensibilité encore plus médiocre qui ne permet pas non plus son utilisation chez les enfants.

2.2.2 La mesure du plomb sanguin

2.2.2.1 Prélèvement et dosage

Le prélèvement est en général fait sur sang veineux. Les prélèvements réalisés en micro méthode sur sang capillaire obtenu au bout du doigt sont plus sujets au risque de contamination de l'échantillon ; les résultats élevés obtenus ainsi doivent être confirmés par une analyse sur sang veineux. Seule la plombémie sur sang veineux est à prendre en compte avant des investigations environnementales ou avant une thérapie [74;107].

⁵ A noter que la diminution de la synthèse de la vitamine D a aussi pour effet de diminuer l'absorption digestive du plomb. En cas de forte exposition par ingestion et de faible stock osseux, la diminution de la synthèse de la vitamine D en hiver pourrait donc avoir pour effet de faire diminuer la plombémie.

Les prélèvements sont le plus souvent réalisés par les laboratoires d'analyse de biologie médicale. Ceux-ci sous-traitent dans la majorité des cas la plombémie à des laboratoires spécialisés. L'analyse de la plombémie chez les enfants est ainsi réalisée dans un nombre restreint de laboratoires. Une enquête réalisée par l'InVS en 2004 montrait que sur 39 laboratoires qui déclaraient avoir réalisé des plombémies chez des enfants entre 1995 et 2003, 11 laboratoires avaient réalisé 95 % des analyses.

Le dosage de la plombémie est réalisé sur sang total. Actuellement, la méthode de référence pour ce dosage est la spectrophotométrie d'absorption atomique électrothermique (SAAET) [58;100;100]. Deux autres méthodes sont aussi utilisées :

- la torche à plasma couplée à la spectrométrie de masse (Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry ou ICP-MS),
- la polarographie (Anodic Stripping Voltametry).

La mesure de la plombémie est techniquement délicate. Pour que le résultat obtenu soit interprétable, il est impératif que le prélèvement soit réalisé dans des conditions prévenant tout risque de contamination externe et que le dosage soit effectué par un laboratoire expérimenté et participant à des contrôles de qualité. En effet le plomb est ubiquitaire et il y a un risque majeur de pollution externe du prélèvement. Celui-ci doit, en conséquence, être impérativement réalisé en dehors des locaux suspectés d'être contaminés. De même, préalablement à la désinfection, un nettoyage soigneux (à l'eau et au savon) de la peau de la zone de prélèvement est nécessaire. C'est le risque élevé de contamination externe, par la peau souillée, en cas de prélèvement capillaire qui fait préférer les prélèvements veineux ; si, pour des raisons logistiques, la plombémie est mesurée sur du sang capillaire, il est indispensable de la confirmer sur un prélèvement de sang veineux, quand elle est élevée. Le matériel de prélèvement peut également être une source de contamination externe : le verre et certaines matières plastiques sont susceptibles de contenir du plomb ; en conséquence, il est souhaitable que le laboratoire effectuant le dosage fournisse le matériel nécessaire au prélèvement (ou à défaut, ses références), après avoir vérifié qu'il ne risquait pas d'interférer avec le dosage. Le tube de prélèvement contient un anticoagulant (EDTA ou héparinate de sodium) qu'il importe de bien mélanger avec l'échantillon de sang ; si l'homogénéisation n'est pas correctement réalisée, des caillots se développent et rendent ininterprétable la mesure de la plombémie, qui doit être effectuée sur le sang total. L'échantillon peut être conservé 15 jours à 4°C.

L'analyse du plomb sanguin est codée par l'assurance maladie comme acte n° 0565, remboursée sur la base d'une cotation B60, soit 16,2 Euros en mai 2005.

2.2.2.2 Qualité des analyses de la plombémie

La mesure de la plombémie doit être confiée à un laboratoire spécialisé, pratiquant régulièrement cette analyse. Pour prévenir un risque élevé d'erreur analytique, les analystes doivent mettre en œuvre les bonnes pratiques de laboratoire telles qu'elles sont définies dans les documents réglementaires. En outre, il faut être attentif à la prévention des contaminations externes, en employant un matériel (pipettes, embouts, godets, tubes) à usage unique dont on aura vérifié qu'il ne contenait pas de plomb. L'absence de contamination doit être contrôlée analytiquement par des « blancs réactifs ». Il est recommandé de faire passer un point de contrôle tous les 10 dosages. Un échantillon de référence doit également être régulièrement testé ; il peut s'agir d'un échantillon certifié, commercialisé ou d'échantillons reçus à l'occasion de comparaisons inter-laboratoires et dont on connaît la valeur-cible.

Le contrôle interne de qualité, tel qu'il est décrit ci-dessus, est indispensable, mais il ne suffit pas à garantir l'exactitude des résultats analytiques. Les laboratoires effectuant la mesure de la plombémie doivent également participer à un ou plusieurs programmes de contrôle externe de qualité. Ces programmes imposent l'analyse, à intervalles réguliers, d'échantillons de sang contenant du plomb. Les laboratoires participant au programme ignorent les concentrations du métal dans les échantillons distribués.

L'institution organisatrice centralise les résultats des dosages effectués par tous les laboratoires, détermine la valeur réelle la plus probable (valeur-cible) pour chaque échantillon, compare les résultats transmis par chaque laboratoire aux valeurs-cibles correspondantes et informe chaque participant de ses résultats. La participation à un contrôle externe de qualité permet à chaque laboratoire d'apprécier l'exactitude de ses dosages, de détecter d'éventuelles erreurs systématiques, d'évaluer la reproductibilité de ses mesures, et de se situer qualitativement par rapport à l'ensemble des participants au programme. Les résultats de ces comparaisons inter-laboratoires sont aussi un moyen pour les utilisateurs d'un laboratoire de s'assurer de la qualité des prestations effectuées. Ils peuvent être diffusés par les responsables des laboratoires spontanément ou à la demande des prescripteurs.

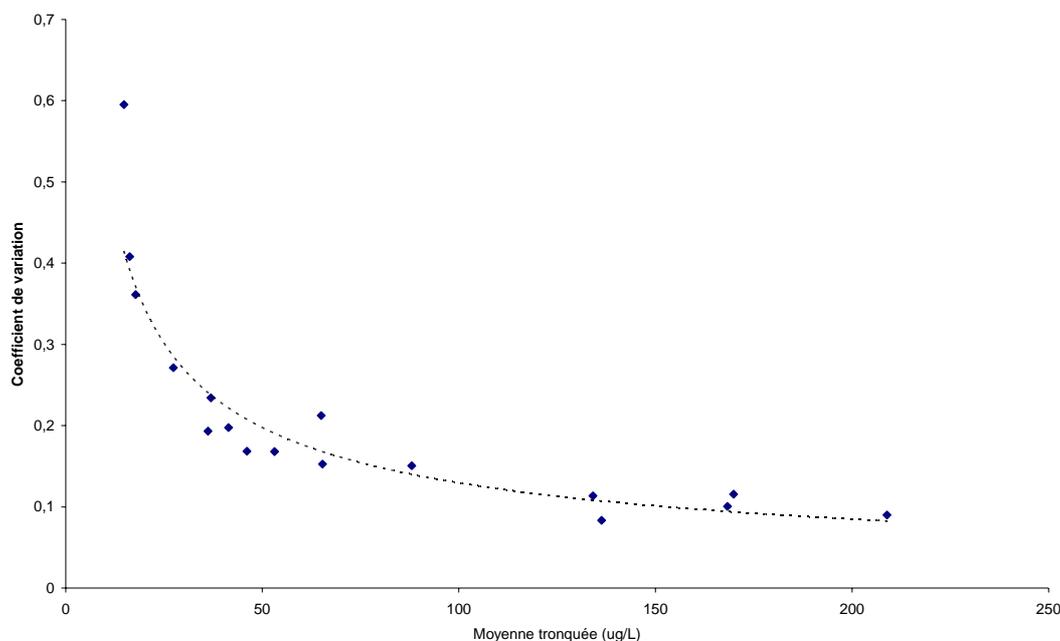
Contrairement aux plombémies réalisées dans le cadre de la surveillance des travailleurs, l'analyse de la plombémie chez des enfants ne nécessite pas d'agrément des laboratoires.

Ceux-ci doivent toutefois participer au contrôle national de qualité organisé par l'Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé (Afssaps). Il leur est recommandé [13] de participer aussi à des contrôles internationaux, tel que le Teqas (Royaume-Uni) ou le contrôle du centre de Toxicologie du Québec.

L'Afssaps a publié les résultats détaillés de ses contrôles de qualité en 1996 [6]. Elle a communiqué des données plus récentes à l'InVS concernant la période 2000 à 2003. L'Afssaps a ainsi organisé 39 opérations de contrôle entre 2000 et 2003. Le nombre de laboratoires participant aux contrôles était compris entre 51 et 62⁶.

La Figure 3 donne le coefficient de variation (CV) de chaque opération de contrôle, classé en fonction de la valeur-cible du contrôle. Le coefficient de variation est le rapport entre l'écart type et la moyenne des valeurs rendues par les laboratoires à chaque opération de contrôle, après élimination des valeurs aberrantes (c'est pourquoi on parle d'écart type tronqué et de moyenne tronquée⁷). La valeur-cible est assimilée à la moyenne tronquée des laboratoires.

Figure 3 : coefficient de variation de la plombémie en fonction de la valeur-cible du contrôle pour les contrôles Afssaps réalisés entre 2000 et 2003



⁶ À noter que ces contrôles concernent aussi des laboratoires dont l'activité est limitée à la médecine du travail

⁷ Les résultats non pris en compte sont ceux qui sont éloignés de plus de 2 écart-types de la moyenne dans les données brutes

La figure montre que ce coefficient de variation interlaboratoires devient beaucoup plus élevé en dessous de 50 µg/L. Aux alentours de 100 µg/L, il est d'environ 12 %.

Une étude réalisée en 2004-2005 par la Société française de toxicologie analytique (groupe de travail « Toxiques industriels ») a permis de calculer les variabilités interlaboratoires et intralaboratoire [83]. Cette étude a concerné 12 laboratoires (dont 11 français), dosant le plomb soit par SAAET (12 laboratoires) soit par ICP-MS (4 laboratoires)⁸. Quatre niveaux de concentration ont été étudiés. Pour chaque niveau, chaque laboratoire a dosé 10 échantillons identiques. Le Tableau 1 présente des résultats extraits de cette étude. Le CV interlaboratoires représente la variabilité de l'ensemble des résultats (160 résultats par niveau). Le CV intra-laboratoire représente la variabilité des résultats à l'intérieur d'un même laboratoire (10 résultats par niveau et par laboratoire) ; le CV moyen intralaboratoire pour l'ensemble des laboratoires est indiqué dans le tableau.

Tableau 1 : coefficients de variation (CV) inter-laboratoires et intra-laboratoire pour la mesure de la plombémie, en fonction de la valeur-cible (étude SFTA 2005)

Valeurs cibles* (µg/L)	CV interlaboratoires (%)	CV moyen intralaboratoire (%)
30,3	18,3	7,6
47,5	12,1	6,5
82,8	9,1	5,2
129,4	7,5	4,9

* : moyenne de l'ensemble des mesures faites par les laboratoires

On peut considérer que l'incertitude de la mesure de la plombémie (définie comme étant l'intervalle de confiance à 95 %) serait de ± 2 fois le coefficient de variation [51]. Cette méthode appliquée aux résultats de l'Afssaps et de la SFTA permet d'estimer l'incertitude à 20 % autour de 100 µg/L (résultats Afssaps : 25 %, résultats SFTA : de 15 à 20 %). Exprimée en valeur absolue, l'incertitude serait donc de ± 20 µg/L pour une valeur mesurée proche de 100 µg/L.

Par ailleurs, plusieurs publications rapportent des incertitudes associées aux mesures du plomb sanguin calculées suivant différentes méthodes reconnues pour identifier et quantifier les sources d'incertitudes. Ainsi, pour une méthode spectrométrique, les ordres de grandeur de l'incertitude (IC95%) trouvés dans la littérature sont proches de ± 20 % entre 9,4 et 35 µg/L et ± 17 % entre 35 et 150 µg/L [90;102;108]

Pour tenir compte de la variabilité analytique, le CDC donnait en 1991 une règle générale pour interpréter la différence entre 2 plombémies : la différence ne devait être considérée comme significative que si elle dépassait 50 µg/L [31]. Cette valeur a été établie à partir des performances des laboratoires américains il y a une quinzaine d'années.

En pratique :

La différence constatée entre 2 plombémies peut être due à la variabilité analytique intra-laboratoire et inter-laboratoires. Elle peut être aussi liée à une variation saisonnière qui ne dépend qu'en partie de l'exposition (cf. paragraphe 2.2.1). Pour prendre en compte l'ensemble de ces facteurs, on considèrera en général qu'une différence de moins de 50 µg/L entre 2 plombémies successives ne témoigne pas forcément d'une évolution significative. Toutefois, cette recommandation peut être nuancée dans le cas de 2 plombémies réalisées par un même laboratoire pour lequel on dispose d'informations sur ses performances analytiques. On jugera plus correctement l'évolution de la plombémie si on dispose d'une série de résultats, et au minimum de 3 résultats.

Le fait qu'existe une incertitude sur l'analyse de la plombémie ne doit pas faire reculer la mise en œuvre de l'investigation dès qu'est dépassé le seuil de 100 µg/L.

⁸ Certains laboratoires participants ont testé les deux méthodes d'analyse

2.2.2.3 Rendu des résultats

Quelle que soit la méthode d'analyse, les résultats sont exprimés en micromoles par litres ($\mu\text{mol/L}$ ou $\mu\text{mol.L}^{-1}$) qui sont les unités internationales ou en microgrammes par litres ($\mu\text{g/L}$ ou $\mu\text{g.L}^{-1}$) qui sont les unités usuelles en France [13]. A noter que l'unité usuelle aux USA, et donc dans de nombreuses publications, est le $\mu\text{g/dL}$.

Les taux de conversion sont les suivants :

$$100 \mu\text{g/L} = 0,48 \mu\text{mol/L} \text{ (valeur exacte : } 0,4826)$$

$$1 \mu\text{mol/L} = 207 \mu\text{g/L} \text{ (valeur exacte : } 207,21)$$

Les laboratoires rendent des résultats arrondis au nombre entier, lorsqu'ils sont exprimés en $\mu\text{g/L}$, et à 2 chiffres après la virgule lorsqu'ils sont rendus en $\mu\text{mol/L}$.

Pour les plombémies les plus faibles, les laboratoires communiquent les résultats sous la forme « inférieur à », par exemple $< 10 \mu\text{g/L}$. Cette limite est normalement la limite de quantification des résultats, mais ce n'est pas toujours le cas.

2.3 L'exposition au plomb chez l'enfant

Les fortes expositions sont principalement dues aux peintures anciennes à la céruse, utilisées massivement dans l'habitat ancien jusqu'à la moitié du 20^e siècle (malgré des interdictions dès 1915), lorsqu'elles sont dégradées par l'humidité, le vieillissement, ou lorsque des poussières de peinture sont disséminées par des travaux. La contamination est en général liée à l'ingestion de poussières et plus rarement à l'ingestion d'écaillés de peinture. Dans ce dernier cas cependant, l'exposition peut être rapidement très élevée.

Les autres sources d'exposition élevée sont dues :

- *au plomb présent sur des sites ou anciens sites d'activités industrielles : inhalation et ingestion de poussières émises par l'activité industrielle, ingestion de terre polluée ou de poussière domestique polluée par l'apport de terre polluée, apport de poussières par les parents travaillant au contact du plomb, et plus marginalement consommation de denrées autoproduites,*
- *à de nombreuses sources plus inhabituelles relevées dans la bibliographie internationale : remèdes et cosmétiques traditionnels, céramiques alimentaires d'origine artisanale, aliments contaminés, activité professionnelle ou de loisir des parents, ingestion accidentelle ou port fréquent à la bouche d'objets et produits divers contenant du plomb...*,
- *aux canalisations en plomb lorsque l'eau du robinet a des caractéristiques physico-chimiques propices à la dissolution du plomb.*

En l'absence de source spécifique, la principale source d'exposition des enfants au plomb est l'alimentation.

2.3.1 Les peintures et autres revêtements du bâtiment

Les sels de plomb contenus dans les peintures anciennes constituent une cause majeure de saturnisme infantile, connue par la communauté scientifique depuis les premiers cas décrits en Australie en 1891. Mais en France, jusqu'au milieu des années 1980, seuls les risques pour les travailleurs étaient reconnus. La mise en évidence de cas graves de saturnisme à Paris à partir de 1985 a fait redécouvrir l'existence d'une exposition des enfants [55;56]. La dégradation des peintures anciennes conduit à la formation d'écaillés et de poussières très riches en plomb, qui peuvent être facilement ingérées par les jeunes enfants, soit directement pour les écaillés, soit indirectement par le transport de poussières à la bouche par les mains. Sauf cas particuliers d'ingestion compulsive d'écaillés de peinture (qui conduisent à des intoxications très élevées), il est raisonnable d'attribuer un rôle dominant à la voie indirecte par les poussières : la quantité de plomb dans la poussière du logement est ainsi mieux corrélée avec la plombémie de l'enfant que la quantité de plomb dans les peintures [CDC, 2002].

Le principal sel de plomb contenu dans les peintures est la céruse, carbonate basique de plomb très soluble dans le suc gastrique. Elle a été très largement utilisée aux 18^{ème}, 19^{ème} et début du 20^{ème} siècle pour la peinture des bâtiments, aussi bien en intérieur qu'en extérieur, avec cependant des différences locales. On dispose toutefois de très peu d'éléments chiffrés concernant la fréquence des peintures au plomb selon les régions. L'analyse par le CSTB de rapports de diagnostic réalisés lors des ventes de logements anciens montre que, dans les immeubles anciens parisiens, les différents éléments de construction sont plus souvent recouverts de peinture au plomb qu'en région Provence-Alpes-Côte d'Azur ; les murs et plinthes notamment contiennent beaucoup plus souvent du plomb [43]. En France, le premier texte interdisant l'usage professionnel de la céruse est la loi du 20 juillet 1909, qui est entrée en vigueur le 1er janvier 1915. Elle ne concernait que les ouvriers peintres et son application a été peu contrôlée. L'interdiction a été élargie en 1926 aux artisans, mais la céruse pouvait toujours être employée par les particuliers. On admet généralement que l'usage de la céruse a décliné peu à peu et que la reprise des interdictions dans le code du travail en 1948 a rendu son utilisation exceptionnelle après cette date (bien que l'interdiction totale de vente de la céruse n'ait été faite en France qu'en 1993). A noter que la céruse a aussi été utilisée sur les meubles en bois (dits « cérusés »).

La céruse est un pigment d'un blanc très pur, mais il n'est pas possible de reconnaître par la couleur les peintures à la céruse présentes dans un bâtiment, du fait que le peintre mélangeait souvent la céruse avec d'autres couleurs. Il est fréquemment rapporté que les peintures à la céruse auraient un goût sucré qui attirerait les enfants, mais cette affirmation semble ne pas avoir de fondement sérieux.

Deux autres dérivés très solubles dans le suc gastrique ont été très largement utilisés pour la protection des métaux : l'oxyde de plomb ou minium orange et le plomb métallique ou minium gris. Ces produits ont été utilisés jusqu'à récemment. Mais contrairement à la céruse, ils sont peu fréquents en intérieur.

D'autres dérivés du plomb beaucoup moins solubles et donc moins bien absorbés par le tube digestif ont été employés comme pigments ou siccatifs dans les peintures ou vernis jusqu'à des dates récentes, notamment le chromate de plomb [78]. On peut trouver des chromates de plomb (de couleur jaune) comme colorants de résines époxy sur des jeux extérieurs pour enfants, des piètements de mobiliers scolaires...

La teneur en plomb des peintures appliquées sur les murs et les boiseries d'un logement est variable selon qu'il s'agit de pigments ou de siccatifs : les pigments tels la céruse et le minium orange ont été appliqués à des concentrations souvent très élevées (la peinture sèche contenait jusqu'à 60 à 80 % de pigment) [78]. Des résines contenant 10 % de chromate de plomb étaient encore utilisées très récemment pour des mobiliers.

Dans les logements anciens, ce sont les premières couches appliquées qui sont les plus susceptibles de contenir de fortes concentrations en dérivés solubles très toxiques du plomb. Lorsque le revêtement superficiel s'écaille, toutes les couches se détachent généralement ensemble du support et c'est donc un matériau riche en plomb, facilement absorbable qui peut être ingéré par l'enfant.

La contamination des poussières du logement causée par la détérioration des peintures contribue également à l'exposition de l'enfant. Si la détérioration des peintures sous forme d'écailles est facilement visible, d'autres formes de dégradation le sont moins, la peinture pouvant se désagréger en fine poussière à partir de la surface.

Des travaux de rénovation mal conduits peuvent aussi être à l'origine d'une contamination des poussières du logement, qui peut être très élevée lors de certaines opérations telles que ponçage, sablage, décapage. D'autre part, les filtres équipant généralement les aspirateurs ménagers standard sont insuffisants pour retenir les fines particules riches en plomb, et leur usage peut au contraire contribuer à la dispersion de poussières contaminées dans le logement [91].

Actuellement, l'utilisation de peintures au plomb n'est pas formellement interdite en France, sauf pour la céruse et le sulfate de plomb⁹. Cependant, la mise sur le marché et l'importation à destination du public de substances et de préparations contenant des composés du plomb sont interdites¹⁰. L'usage professionnel reste possible mais la réglementation du travail récente est très dissuasive sur l'utilisation de produits toxiques pour la reproduction, ce qui est le cas du plomb¹¹.

Bien qu'étant la source majeure d'intoxication par le plomb chez les enfants, les peintures ne sont pas le seul constituant du bâtiment pouvant contenir du plomb accessible :

- des enduits, des mastics ou des vernis anciens peuvent contenir de la céruse ;
- certains papiers peints contiennent une fine feuille de plomb destinée à empêcher le passage de l'humidité ; elles ont été apposées aux bas des murs. Un cas d'intoxication a été rapporté en France par ingestion de fragments d'un tel papier peint ;
- des feuilles de plomb ont été utilisées pour étanchéifier les balcons ou les rebords extérieurs de fenêtre dans les immeubles haussmanniens (jusqu'au début du 20^{ème} siècle). Elles sont recouvertes par une fine poussière d'oxydation qui peut entraîner une exposition au plomb si un enfant les touche ou y porte la bouche ;
- les vieilles canalisations d'eau et de gaz peuvent être accessibles à la bouche ou à la main des enfants.

Ajoutons que le plomb peut être présent sur les toitures, pour contribuer à leur étanchéité (sous forme de feuille ou coulé in situ), ou bien en alliage dans les zincs de récupération. L'eau d'arrosage venant d'une toiture peut ainsi enrichir un potager en plomb.

2.3.2 Les sites industriels pollués

Les industries productrices ou utilisatrices de plomb (extraction de minerai, fonderies de métaux non-ferreux : plomb, cuivre, zinc...), fabrication de plomb-alkyles, fabrication de batteries ou d'accumulateurs rejettent dans l'environnement des particules de dérivés de plomb. Le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (Citepa) estimait à 178 tonnes la quantité de plomb émise dans l'atmosphère en France métropolitaine pour l'année 2003, dont 117 tonnes pour l'industrie manufacturière.

En l'absence de techniques efficaces de dépollution des rejets canalisés et du fait de rejets diffus parfois importants, les concentrations atmosphériques de plomb peuvent être élevées. Les retombées de poussières sur les sols et la contamination de ceux-ci et des poussières extérieures provoquent une pollution qui persistera très longtemps. L'exposition au plomb de l'enfant diminue mais persiste après interruption de l'activité du site industriel [44]. Les poussières intérieures des logements ou des autres lieux de vie de l'enfant (école, garderie, espaces récréatifs...) situés à proximité de ces sites industriels peuvent être également contaminées par l'introduction de poussières extérieures mobilisées, par exemple par les mouvements des habitants. Le dépôt foliaire des retombées atmosphériques, la terre adhérant aux végétaux ou l'absorption racinaire du plomb contenu dans le sol peuvent conduire à une contamination des végétaux cultivés [47] et, par le biais de la chaîne alimentaire, à la contamination des animaux d'élevage. Cette exposition est toutefois limitée par le fait que le plomb est beaucoup moins absorbé par les végétaux que d'autres métaux comme le cadmium, sauf conditions géochimiques particulières du sol (pH faible) et que la proportion d'autoconsommation est généralement faible.

De nombreux travaux ont montré l'importance de l'ingestion de terre et de poussières contaminées dans l'exposition au plomb de l'enfant autour de sites industriels [94]. D'autre part, la plupart des études montrent que l'exposition des enfants de travailleurs de ces sites, évaluée par le dosage de la plombémie, est nettement supérieure à celle des autres enfants

⁹ Arrêté du 1^{er} février 1993 relatif à l'interdiction de mise sur le marché et de l'emploi de certaines substances et préparations vénéneuses.

¹⁰ Arrêté du 7 août 1997 relatif aux limitations de mise sur le marché et d'emploi de certains produits contenant des substances dangereuses.

¹¹ Décret du 23 décembre 2003 relatif à la prévention du risque chimique et modifiant le code du travail.

[113], cela pouvant être expliqué par le **transfert de poussières du site industriel au domicile par le travailleur**.

A noter que dans le cas d'une contamination d'origine naturelle ou minière, la biodisponibilité du plomb est souvent plus faible que dans le cas d'une contamination d'origine industrielle [97].

2.3.3 L'alimentation et l'eau de boisson

Le bruit de fond de l'alimentation des Français

En l'absence de source spécifique d'exposition, l'alimentation constitue la voie principale d'exposition. Une modélisation faite en 2005 [63] estimait à 84 % (valeur médiane) la part de l'alimentation dans la dose hebdomadaire d'exposition d'enfants de 6 mois à 2,5 ans non exposés à des sources spécifiques (la dose hebdomadaire d'exposition totale étant estimée pour ces enfants à 7,5 µg/kg) ; pour les enfants de 3 ans à 6 ans, la part alimentaire serait de 83 % (pour une dose totale de 4,7 µg/kg/sem.).

La contamination par le plomb des aliments peut provenir, soit d'une contamination par des retombées atmosphériques ou par le sol (directe pour les produits végétaux ou par le biais de la chaîne alimentaire pour les produits animaux), soit des techniques de préparation, de cuisson, de stockage et/ou de conditionnement des aliments.

Nos connaissances sur les apports de plomb par l'alimentation ont été largement renouvelées par les résultats de l'étude sur l'alimentation totale (*total diet study*) réalisée par l'Institut national de la recherche agronomique (Inra) [90] à partir des données d'une enquête individuelle nationale sur les consommations alimentaires réalisée en 1998-1999 et d'un plan d'échantillonnage de 333 aliments prélevés en 2000 et 2001 représentant 90 % de l'alimentation totale moyenne et préparés *tels que consommés*.

L'apport moyen journalier de plomb alimentaire¹² pour la population est estimé en moyenne à **12,8 µg/j pour les enfants de 3 à 14 ans** (percentile 95 : 20,8 µg/j) et à 18,4 µg/j pour les adultes. Cela correspond chez les enfants de 3 à 14 ans à un apport hebdomadaire médian de 2,9 µg/kg de poids corporel (6,4 µg/kg de poids corporel pour le percentile 97,5) alors que la dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) est de 25 µg/kg de poids corporel [77]. Le percentile 97,5 correspond donc à 26 % de la DHTP.

Ces résultats sont nettement inférieurs aux données publiées antérieurement, ceci sans doute à cause de limites de détection deux fois et demie plus faibles, qui ont permis de prendre en compte à des niveaux plus bas les aliments très peu contaminés. Les groupes d'aliments qui sont les vecteurs de plomb les plus importants sont : le pain et les biscottes, les soupes, les légumes, les fruits, l'eau de boisson, les boissons non alcoolisées et les sucres et dérivés. La part importante de ces aliments vient avant tout de la quantité consommée, car les aliments les plus contaminés sont les crustacés et mollusques, et les abats.

A noter que la contamination des aliments peut être majorée par le contact entre ceux-ci et les mains de l'enfant, elles-mêmes contaminées par les poussières du logement [60].

L'eau de boisson

La teneur en plomb est généralement faible dans les ressources en eau utilisées pour la distribution d'eau de boisson (eaux de surface ou nappes phréatiques). Selon les informations disponibles dans la base nationale de données du système d'information en santé environnement sur les eaux (Sise-eaux), seules 1,5 % des analyses réalisées au niveau des ressources en eau entre 1999 et 2002 dans le cadre du contrôle sanitaire ont

¹² Cette estimation inclut l'apport hydrique, avec une concentration moyenne de plomb dans les eaux de 3 µg/L, ce qui correspond, pour les enfants de 3 à 14 ans, à un apport hydrique journalier moyen de 0,75 µg/jour, soit environ 6 % de l'apport alimentaire total.

montré la présence de plomb à des teneurs supérieures ou égales à 10 µg/L (0,4 % pour le seuil de 25 µg/L).

Le plomb étant quasi systématiquement absent dans les ressources et à la sortie des installations de production d'eau, l'origine principale de la contamination des réseaux de distribution d'eau provient des canalisations en plomb (branchements publics et réseaux intérieurs). Le plomb a cessé d'être employé dans les années 1950 dans les canalisations des réseaux intérieurs de distribution. Il a été utilisé pour les branchements publics jusque dans les années 1960 et de manière marginale, jusque dans les années 1990. Selon une étude interagences de l'eau menée en 2000, la proportion de logements équipés de canalisations en plomb était estimée à 34 %. Selon une enquête DGS/Ddass menée en 2003-2004, le nombre de branchements publics en plomb (logements et bâtiments publics) était de 3,4 millions.

Le plomb peut également provenir d'autres matériaux présents dans les réseaux intérieurs de distribution d'eau :

- les soudures avec additions de plomb, utilisées auparavant pour l'assemblage des réseaux en cuivre, qui contiennent environ 60 % de plomb ;
- les alliages cuivreux (robinetterie, vannes...) et le laiton, qui peuvent contenir jusqu'à 5 à 6 % de plomb ;
- le zinc de galvanisation de l'acier galvanisé qui peut contenir jusqu'à 1 % de plomb ;
- certains PVC d'origine étrangère qui pouvaient autrefois contenir des stabilisants à base de sels de plomb (stéarate de plomb), notamment pour les pièces moulées.

Les caractéristiques chimiques de l'eau jouent un rôle important dans le transfert du plomb des canalisations vers l'eau : la solubilité du plomb dans l'eau est plus élevée pour les eaux de faibles pH et TAC. Des traitements peuvent être mis en œuvre pour modifier ces caractéristiques chimiques ; le producteur d'eau peut aussi ajouter des produits anticorrosion tels les orthophosphates.

La dissolution du plomb contenu dans les éléments constitutifs des réseaux de distribution d'eau est d'autant plus favorisée que :

- le temps de stagnation de l'eau dans les canalisations en plomb est long ;
- la longueur des canalisations en plomb est importante ;
- la température de l'eau est élevée : la solubilité du plomb dans l'eau est deux fois plus importante à 25°C qu'à 15°C ;
- il existe des phénomènes d'électrolyse, dus par exemple à la mise à la terre des installations électriques en utilisant des canalisations d'eau ou à la juxtaposition de matériaux différents (par exemple, la présence de plomb et de cuivre dans un réseau intérieur accroît la dissolution du plomb dans l'eau).

Selon les résultats du contrôle sanitaire de l'eau potable mené en 2004, 65 % des concentrations en plomb au robinet étaient inférieures à 1 µg/L et 95 % inférieures à 10 µg/L. L'apport de plomb par l'eau du robinet serait marginal pour la très grande majorité des enfants : environ 98 % des enfants de 6 mois à 6 ans auraient une dose attribuable à l'eau du robinet inférieure au dixième de la dose hebdomadaire tolérable. Pour 98 % des enfants, l'exposition hydrique serait inférieure au dixième de l'exposition médiane apportée par l'alimentation solide [63;64].

2.3.4 Autres sources d'exposition

Des dérivés organiques du plomb ont été utilisés dans les carburants depuis la découverte de leurs propriétés antidétonantes en 1921. Cet usage du plomb a contribué de manière massive à l'exposition au plomb de la population générale. Après limitation des concentrations en plomb dans les carburants puis introduction progressive de carburants sans plomb, l'interdiction totale de l'usage du plomb dans les carburants a été prise en France au 1^{er} janvier 2000. Cette évolution a amené une baisse très importante des émissions de plomb dans l'atmosphère, qui sont passées selon le Citepa de 4302 tonnes en 1990 à 178 tonnes en 2003 pour la France métropolitaine (tous secteurs d'activité

confondus). Les concentrations atmosphériques en plomb ont ainsi fortement chuté. Cependant, les retombées atmosphériques des années passées ont conduit à une contamination des sols urbains qui peut persister actuellement et contribuer à l'exposition de l'enfant en milieu urbain ou en bordure de voies importantes de circulation.

De nombreuses sources plus inhabituelles sont relevées dans la bibliographie internationale comme ayant causé des intoxications : remèdes traditionnels, cosmétiques, récipients alimentaires et aliments contaminés, activité professionnelle ou activité de loisir des parents, ingestion accidentelle ou port fréquent à la bouche d'objets et produits divers contenant du plomb... On trouvera en Annexe 2 un tableau de synthèse d'une étude bibliographique récente [117].

Selon l'enquête réalisée en 2005 par l'InVS auprès des Ddass et des SCHS, 7 % des cas d'intoxication déclarés en 2003 et 2004 étaient liés à des sources inhabituelles :

- vaisselle (32 %),
- ingestion accidentelle ou mastication d'objets en plomb ou contenant du plomb (23%),
- cosmétiques (25 %),
- profession des parents (14 %),
- loisirs des parents et chauffage avec des planches recouvertes de peinture au plomb (7 %).

Aucun cas n'était mis en relation par les services avec la consommation d'aliments contaminés ou l'utilisation de remèdes traditionnels (mais ces sources sont rarement recherchées).

L'examen des données du système national de surveillance des plombémies de l'enfant sur la période 1992-2002 montre que des plombémies élevées ont pu être mises en évidence lorsque le médecin prescrivait à partir des facteurs de risque suivants :

- ingestion ou succion d'objets en plomb ou contenant du plomb,
- présence de sable de fonderie dans le jardin,
- ingestion accidentelle de peinture industrielle,
- utilisation de khôl,
- utilisation de médecines traditionnelles.

2.4 Données d'imprégnation de la population française

Les connaissances sur l'imprégnation par le plomb de la population française sont issues d'une enquête nationale menée en 1995-1996. Lors de cette enquête, le pourcentage d'enfants de 1 à 6 ans inclus ayant une plombémie d'au moins 100 µg/L était de 2,1 %. La moyenne arithmétique des plombémies était de 42 µg/L. La moyenne géométrique était de 37 µg/L. Bien qu'on ne dispose pas de données antérieures pour les enfants, la forte diminution de la plombémie observée chez les adultes entre 1982 et 1995 a sans doute également bénéficié aux enfants, le facteur principal étant la forte diminution de l'exposition au plomb des essences. L'ancienneté du logement et la consommation d'eau de distribution étaient les deux principaux facteurs influençant la plombémie.

Les enquêtes et campagnes de dépistage locales réalisées plus récemment donnent des indications sur l'imprégnation de populations spécifiques et sur l'évolution de l'imprégnation générale. En 10 ans, on note une forte diminution du rendement des campagnes de dépistage en Ile-de-France et Rhône-Alpes. Des campagnes locales de dépistage peu ou pas ciblées réalisées récemment semblent montrer que la prévalence du saturnisme infantile a notablement baissé depuis 1995-1996.

2.4.1 L'enquête nationale de prévalence 1995-1996

Plusieurs enquêtes ont été réalisées par l'Inserm et le RNSP (Réseau national de santé publique) en 1995-1996 [72]. Elles mesuraient les plombémies de :

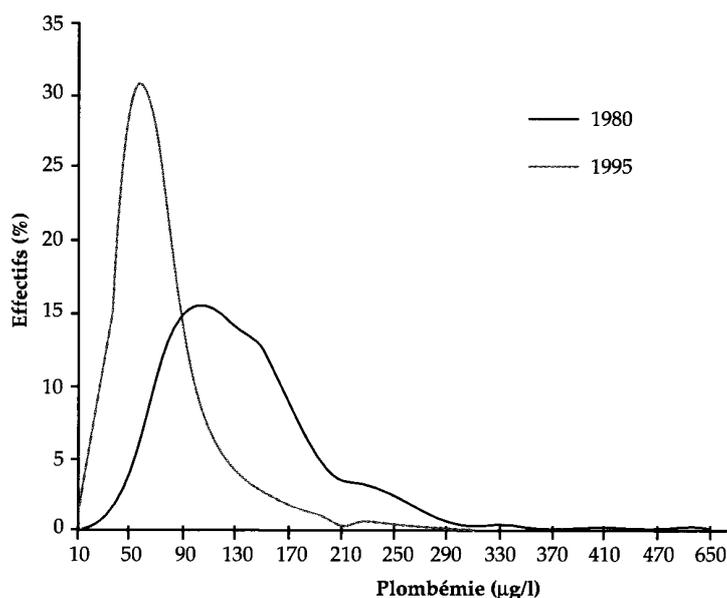
- 445 sujets adultes recrutés dans des centres d'examen de santé de la Caisse nationale d'assurance maladie dans les villes de Paris, Lyon et Marseille, comme réalisé lors d'une étude menée en 1979-1982,

- 4 208 appelés du contingent,
- 3 445 enfants de 1 à 6 ans ayant eu une prise de sang dans un service public de chirurgie infantile.

Données sur les populations urbaines adultes

L'enquête concernant la population adulte de Paris, Lyon et Marseille montrait une forte diminution de l'imprégnation par le plomb entre la période 1979-1982 et l'année 1995 [71], comme l'illustre la Figure 4 extraite du rapport d'expertise Inserm [74]. Cette diminution semble principalement liée à la diminution des émissions de plomb tétra éthyle par les véhicules automobiles.

Figure 4 : distribution de la plombémie des populations urbaines adultes françaises en 1979-1982 et en 1995



Les percentiles en queues de distribution en 1995 sont donnés par le Tableau 2.

Tableau 2 : percentiles de la queue de distribution de la plombémie en 1995 à Paris, Lyon et Marseille pour les populations adultes

	percentile 50 (µg/L)	percentile 95 (µg/L)	percentile 99 (µg/L)
Paris	60	134	189
Lyon	76	211	257
Marseille	57	146	165

Données sur les appelés du contingent

5,5 % des appelés avaient une plombémie supérieure à 100 µg/L et 0,6 % une plombémie supérieure à 200 µg/L.

Données sur les enfants de 1 à 6 ans

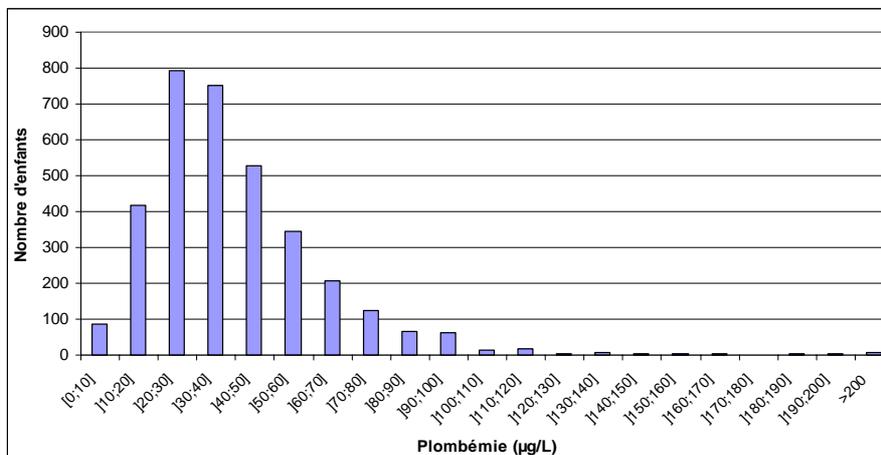
Selon le rapport publié en 1997 [72], sur 3445 enfants de 1 à 6 ans, 52 présentaient une plombémie supérieure à 100 µg/L soit 1,5 % et 7 une plombémie supérieure à 200 µg/L soit 0,2 %. La moyenne arithmétique des plombémies était de 42 µg/L. La moyenne géométrique était de 37 µg/L.

Postérieurement à la publication du rapport de l'enquête, ces chiffres ont fait l'objet d'une correction en fonction de la structure d'âge de la population à l'échelle de la région (réalisée à l'occasion de la publication de l'expertise collective de l'Inserm en 1999 [74]. Après correction, le pourcentage d'enfants de 1 à 6 ans ayant une plombémie supérieure à

100 µg/L a été estimé à $2,1 \pm 0,5 \%$, ce qui correspondait à 84 000 enfants pour l'ensemble du territoire français. Le nombre d'enfants ayant une plombémie supérieure à 250 µg/L était estimé à 8 200.

La distribution corrigée des plombémies chez les enfants est donnée par la Figure 5.

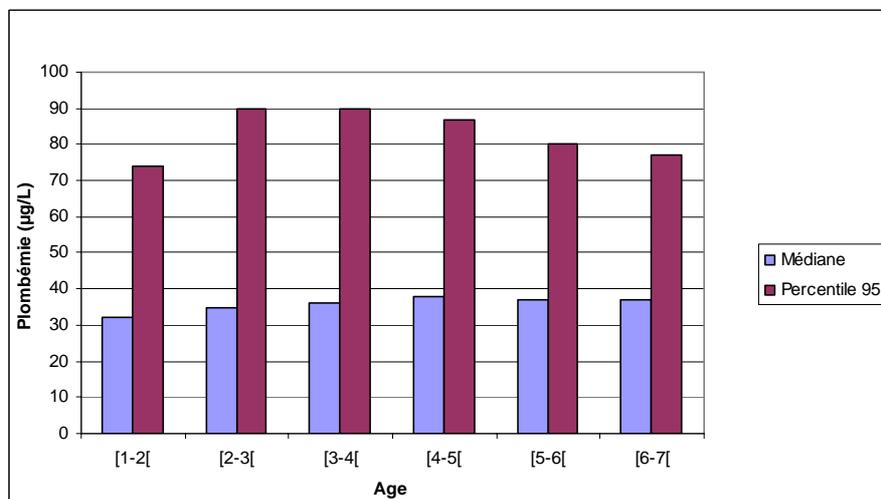
Figure 5 : distribution de la plombémie chez les enfants de 1 à 6 ans en 1995-1996



Source : communication de l'Inserm

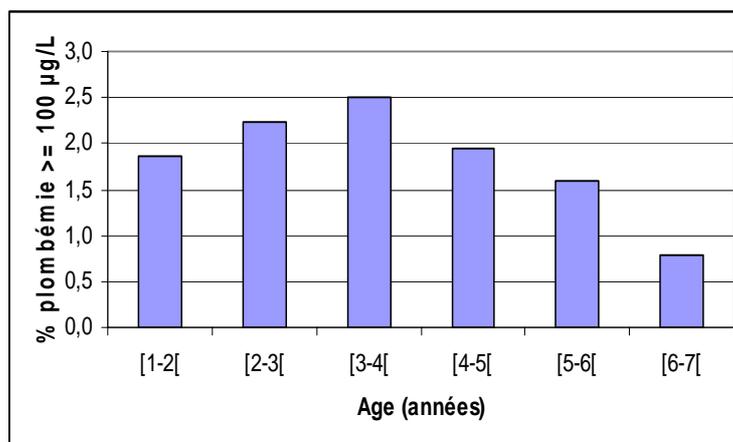
La Figure 6 donne pour chaque classe d'âge la médiane et le percentile 95 de la plombémie : la plombémie est plus forte à 2-3 ans chez les enfants les plus exposés.

Figure 6 : médiane et percentile 95 de la plombémie par classe d'âge en 1995-1996



La Figure 7 donne le pourcentage d'enfants dont la plombémie atteignait ou dépassait 100 µg/L¹³.

Figure 7 : pourcentage d'enfants ayant une plombémie ≥ 100 µg/L par classe d'âge en 1995-1996



Les facteurs de variation de la plombémie ont été étudiés. L'ancienneté du logement (construction avant 1945) et la consommation d'eau de distribution étaient les deux principaux facteurs influençant la plombémie. Il est toutefois très probable que l'exposition hydrique affecte plus la moyenne des plombémies que la prévalence des intoxications élevées, plus liées aux facteurs d'habitat.

Variations régionales

Comme le montre le Tableau 3, l'imprégnation par le plomb varie selon les régions, en lien avec les principaux facteurs d'exposition que sont l'habitat et l'eau du robinet.

Tableau 3 : caractéristiques de la distribution des plombémies infantiles régionales corrigées sur les variables socio-économiques, sociodémographiques et individuelles chez les enfants de 1 à 6 ans en 1995-1996

Régions	n	Moyenne géométrique ajustée (µg/L)	Percentile 95 (µg/L)
Alsace	188	38,4	85,7
Aquitaine	124	39,5	90,1
Auvergne	151	45,6	102,6
Basse-Normandie	125	38,3	78,7
Bourgogne	92	43,1	96,4
Bretagne	238	32,0	70,5
Centre	195	37,8	86,4
Champagne-Ardenne	123	37,0	79,9
Corse	5	31,2	45,6
Franche-Comté	129	33,6	80,9
Haute-Normandie	99	39,0	82,0
Ile-de-France	233	39,9	77,3
Languedoc-Roussillon	105	35,3	86,0
Limousin	59	35,7	92,2
Lorraine	188	43,9	84,0

¹³ Données communiquées par l'Inserm

Régions	n	Moyenne géométrique ajustée (µg/L)	Percentile 95 (µg/L)
Midi-Pyrénées	118	37,7	81,2
Nord-Pas-de-Calais	121	38,3	81,8
Pays de la Loire	94	26,9	60,1
Picardie	109	36,2	73,7
Poitou-Charentes	132	37,4	89,7
Provence-Alpes-Côte d'Azur	188	33,4	70,8
Rhône-Alpes	116	36,2	76,3

Source : [75]

La prévalence des plombémies supérieures à 100 µg/L n'a pu être mesurée régionalement pour des raisons de taille de l'échantillon. Cependant des différences importantes existent probablement, que le percentile 95 ne permet d'appréhender que très partiellement.

2.4.2 Enquêtes et campagnes de dépistage récentes

L'activité de dépistage s'adresse à des populations ciblées en fonction de facteurs de risque. Le taux de couverture du dépistage dans une population ciblée est variable. La récupération des données n'est pas toujours exhaustive. C'est pourquoi il est rarement possible de connaître la prévalence de l'imprégnation par le plomb à partir de données de dépistage.

Par ailleurs, la prescription de plombémies à des enfants est souvent réalisée à partir de facteurs de risque individuels ce qui rend toute extrapolation impossible.

Il est toutefois intéressant de connaître le rendement des actions de dépistage du saturnisme.

En effet le système de surveillance des plombémies de l'enfant a enregistré une baisse du rendement des actions de dépistage dans les deux régions dans lesquelles on dispose de données régulières depuis une dizaine d'années :

- en Ile-de-France, où le dépistage est lié au risque des peintures anciennes de l'habitat, le pourcentage d'enfants ayant une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L lors de leur premier test de plombémie est passé de 60 % en 1992 à 10 % en 2001 [48],
- en Rhône-Alpes, ce pourcentage est passé de 51 % en 1994 à 5 % en 2003 [36].

Cette baisse de rendement du dépistage est certainement en partie liée à une baisse de la prévalence. Mais il faut rester prudent dans cette interprétation car le dépistage est resté en grande partie ciblé sur les mêmes zones, sur lesquelles les actions de prévention ont porté leurs fruits.

En Haute-Saône, une campagne de dépistage systématique des enfants de 1^{ère} année de maternelle lors du bilan médical des 3 ans scolarisés dans des communes ayant au moins 40 % de branchements en plomb et une dureté de l'eau de distribution inférieure à 10 degrés français s'est déroulée en 2002 et 2003. Parmi les 516 enfants testés, 8, soit 1,6 % avaient une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L [35]. Les plombémies étaient significativement plus élevées pour les enfants ayant les facteurs de risque suivants : « conduite d'eau extérieure en plomb », « habitat antérieur à 1948 », « peintures rénovées » et « boire l'eau du robinet ».

Le dépistage réalisé en 2004-2005 dans les cinq communes les plus proches du site de l'ancienne usine Metaleurop de Noyelles-Godault (usine arrêtée en 2003) auprès des enfants inscrits dans les écoles maternelles a permis de repérer 6 enfants sur 294 (2,0 %) ayant une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L [45]. Ce pourcentage était de 11,1 % en 2002-2003, l'usine étant en fonctionnement pendant cette période [46].

Le dépistage réalisé dans le quartier de Lille sud et la commune de Faches-Thumesnil en 2003 et 2004 à proximité du site de l'usine CEAC, auprès des enfants de 2 à 6 ans dans

deux écoles maternelles et deux crèches a permis de repérer 9 enfants sur 1 213 ayant une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L (soit 0,75 %) ¹⁴.

L'hôpital d'Argenteuil (Val d'Oise) a analysé d'octobre 2003 à décembre 2004 la plombémie d'enfants de 6 mois à 6 ans fréquentant les services de l'hôpital sans rapport direct avec une imprégnation par le plomb. Sur 446 enfants testés, 0,9 % avaient une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L [82].

L'examen de ces résultats laisse penser que la prévalence du saturnisme infantile en France a notablement baissé et est en 2005 plus proche de 1 % que de 2 %.

3 Dépistage et déclaration des cas

Le dépistage du saturnisme est rarement fondé sur une approche clinique du fait de la non spécificité des symptômes. Des actions de dépistage systématique de populations exposées à une même source sont parfois réalisées, mais la plupart des cas sont repérés de façon individuelle à partir d'une évaluation des facteurs de risque d'exposition au plomb faite par le médecin aux âges les plus à risque, et le conduisant à la prescription d'une plombémie.

L'activité de dépistage est très hétérogène en France. Elle est en grande partie réalisée en région Ile-de-France. Dans de nombreux départements, il n'y a quasiment aucune activité de dépistage.

Le dépassement pour la première fois du seuil de plombémie de 100 µg/L chez une personne mineure définit en France le cas de saturnisme, qui doit faire l'objet d'une déclaration obligatoire au Médecin inspecteur de santé publique de la Ddass. La déclaration est faite à l'aide d'une fiche qui sert aussi de support au système national de surveillance des plombémies. Outre les coordonnées de l'enfant et la plombémie, cette fiche comporte des informations utiles pour la réalisation de l'investigation.

Le seuil de 100 µg/L est un seuil d'intervention et non un seuil d'innocuité. La déclaration d'un cas de saturnisme doit permettre de réaliser des actions de prévention pour l'enfant déclaré ; c'est aussi une sonnette d'alarme qui doit amener à diminuer l'exposition d'enfants exposés aux mêmes sources, même s'ils n'ont pas une plombémie qui dépasse 100 µg/L.

Environ 500 cas de saturnisme de l'enfant ont été déclarés annuellement aux Ddass au cours des années 2001 à 2003.

3.1 Comment sont dépistés ou repérés les cas de saturnisme

Les cas de saturnisme peuvent être mis en évidence selon trois modalités [13] :

- une approche clinique fondée sur des signes d'appel : la symptomatologie clinique de l'intoxication par le plomb chez l'enfant est toutefois souvent absente, et lorsqu'elle est présente, elle est tardive et non spécifique. Devant des symptômes pouvant évoquer une intoxication saturnine, le médecin s'aidera de la recherche par interrogatoire d'une exposition particulière au plomb,
- un dépistage systématique de l'ensemble d'une population précisément définie : enfants habitant dans un quartier ancien dégradé et bénéficiant d'une consultation de prévention, enfants habitant ou scolarisés à proximité d'une source industrielle de plomb ou sur un site pollué par le plomb, enfants habitant une zone d'habitat ancien avec eau du robinet à fort potentiel de dissolution du plomb, etc.,
- un repérage individuel basé sur un questionnaire permettant d'évaluer le risque d'exposition au plomb et administré aux âges les plus à risque. Les principales questions posées concernent :
 - le séjour régulier dans un logement construit avant 1949 (avec ou sans notion de dégradation ou de travaux récents),

¹⁴ Communication personnelle de la Ddass du Nord

- l'existence d'enfants intoxiqués dans l'entourage,
- la tendance de l'enfant au comportement de pica,
- l'habitat dans une zone susceptible d'être polluée,
- les activités professionnelles ou les activités de loisir des parents,
- les canalisations en plomb.

Le médecin peut aussi tenir compte pour la décision de prescription, de certains facteurs individuels souvent associés à des composantes environnementales d'une exposition au plomb : situation de précarité, population itinérante, immigration récente.

C'est cette troisième approche qui est la plus pratiquée. La vigilance des médecins est toutefois très variable selon la connaissance locale de facteurs de risque et la mise en évidence plus ou moins fréquente de cas.

On constate ainsi une très grande hétérogénéité géographique dans la distribution des enfants ayant bénéficié de tests de plombémie.

Selon les données enregistrées par le système national de surveillance des plombémies, complétées par les rapports publiés sur les campagnes de dépistage, 36151 enfants ont été dépistés pour la première fois en France métropolitaine entre 1995 et 2002 [29]. L'activité de dépistage dans la région Ile-de-France représentait à elle seule 60,7 % de l'activité de dépistage en France métropolitaine. Les régions Rhône-Alpes, Nord-Pas-de-Calais et Lorraine représentaient respectivement 12,6 %, 8,9 % et 4,8 % de l'activité de dépistage. L'ensemble des autres régions ne représentait que 13 % de l'activité.

L'activité de dépistage est aussi hétérogène au sein même de chaque région.

En Ile-de-France où les plombémies sont prescrites presque exclusivement en raison du risque lié à l'habitat ancien, les départements de la Seine-Saint-Denis et de Paris représentaient les $\frac{3}{4}$ des primodépistages effectués sur la région. Et au sein de ces départements l'activité de dépistage était très concentrée sur quatre communes du département de Seine-Saint-Denis et quelques arrondissements de l'est de Paris.

Dans les autres régions, des plombémies ont été réalisées surtout dans les villes principales, en lien avec le risque des peintures anciennes ou la présence de sources ou d'anciennes sources industrielles de plomb. On note aussi quelques actions de dépistage concernant le risque hydrique et les enfants de récupérateurs de métaux non ferreux.

Dans de nombreux départements, l'activité de dépistage ou de repérage du saturnisme infantile est restée quasi nulle selon les données enregistrées par le système de surveillance des plombémies jusqu'à fin 2002.

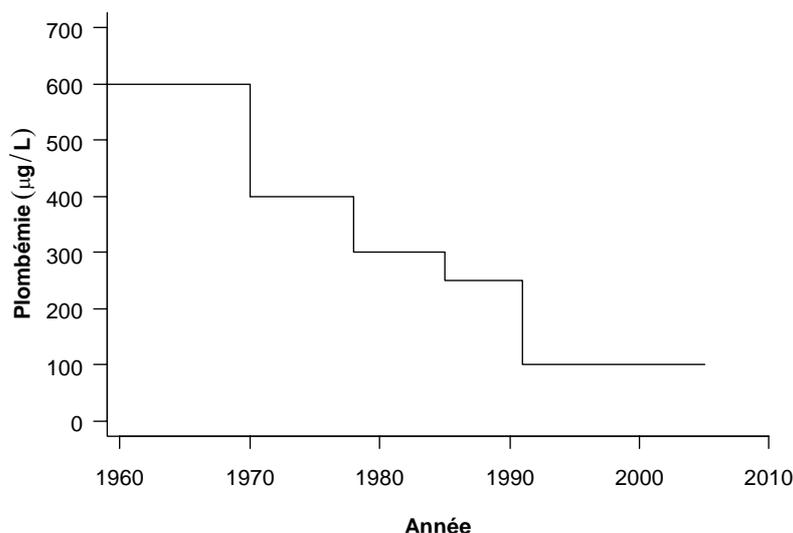
Les enfants sont principalement testés avant 7 ans, avec un pic plus important pour la classe d'âge 1 à 2 ans.

Les médecins qui prescrivent les plombémies sont principalement les pédiatres des services de protection maternelle et infantile (PMI), suivis par les médecins hospitaliers. Des différences existent cependant selon les régions et les types de dépistages réalisés. Une augmentation de la prescription par les médecins libéraux (généralistes et pédiatres) est notée récemment [36].

3.2 Les bases du seuil d'intervention de 100 µg/L de plombémie

Depuis le rapport du Groupe de Travail sur le Saturnisme infantile de la Commission de toxicovigilance de 1993 [38], le seuil d'intervention recommandé pour la plombémie était de 100 µg/L. Ce groupe de travail avait proposé de transposer au contexte français, les recommandations des CDC (Centers for Disease Control) américains de 1991 [31]. Ces recommandations étaient basées sur les travaux épidémiologiques disponibles à l'époque qui montraient que des effets adverses du plomb chez les enfants pouvaient être observés pour des plombémies supérieures ou égales à ce seuil. Les CDC poursuivaient ainsi l'évolution à la baisse du niveau de plombémie considéré comme élevé, qui a été divisé par 6 par rapport aux années 1960 (Figure 8).

Figure 8 : évolution du seuil de définition d'une plombémie « élevée » par les Centers for Disease Control and Prevention (d'après CDC, 1991)



Il s'agissait bien d'un seuil devant déclencher une intervention et non d'une valeur toxicologique de référence. Selon ces recommandations, le but de l'ensemble des activités de prévention de l'intoxication par le plomb devait être de réduire la plombémie des enfants à des niveaux inférieurs à 100 µg/L ; si de nombreux enfants dans une communauté avaient des plombémies supérieures à ce niveau, des actions de prévention primaire devaient être entreprises ; les interventions individuelles pour des enfants étaient recommandées pour des plombémies supérieures ou égales à 150 µg/L (pour les plombémies comprises entre 150 µg/L et 200 µg/L, l'enquête environnementale n'était recommandée que si la plombémie atteignait ou dépassait 150 µg/L de façon persistante¹⁵).

Par extension, c'est le seuil d'intervention de 100 µg/L qui a été depuis largement utilisé en France pour caractériser et définir le **saturnisme infantile**. C'est ainsi ce seuil qui a été retenu par l'arrêté du 5 février 2004 pour définir, dans les suites de la loi du 29 juillet 1998 relative à la lutte contre les exclusions, le **saturnisme chez les enfants mineurs** et l'inscrire dans la liste des maladies devant faire l'objet d'une transmission obligatoire de données individuelles à l'autorité sanitaire, le critère de notification étant la première plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L chez un enfant de moins de 18 ans¹⁶. Un des objectifs annexés à la loi n° 2004-806 du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique est de « réduire de 50 % la prévalence des enfants ayant une plombémie supérieure à 100 µg/L : passer de 2 % en 1996 à 1 % en 2008.

Cependant, des résultats épidémiologiques récents ont mis en évidence chez l'enfant des effets du plomb sur le développement à des niveaux de plombémie inférieurs à 100 µg/L [28;88]. Des auteurs discutent ainsi l'intérêt de modifier le critère d'intervention individuel auprès d'un enfant [20;99], mais les CDC ne l'ont pas modifié, en estimant que l'effort doit porter avant tout sur la prévention primaire [34]. Quoi qu'il en soit, ces résultats montrent que, pour protéger la santé des enfants, une politique publique de prévention des effets du plomb doit s'orienter avant tout vers des actions de prévention primaire, c'est-à-dire vers une réduction drastique des concentrations de plomb dans l'environnement de l'enfant [112;114]. Dans cette idée, l'enquête environnementale réalisée suite à l'intoxication d'un enfant doit permettre de mettre en œuvre des actions de prévention pour cet enfant, mais aussi pour d'autres enfants qui pourraient être exposés aux mêmes sources, même si leur niveau d'imprégnation n'a pas dépassé le seuil de 100 µg/L.

¹⁵ Ce point a été confirmé dans les recommandations de novembre 1997 [32] : pour le déclenchement de l'enquête, il est recommandé par les CDC que 2 plombémies sur sang veineux réalisées à au moins 3 mois d'intervalle atteignent ou dépassent 150 µg/L.

¹⁶ Même en cas de léger dépassement du seuil de 100 µg/L, l'investigation environnementale est déclenchée sans attendre une analyse de contrôle.

3.3 Signalement d'un cas

3.3.1 Le dispositif de signalement

L'article L1334-1 du code de la santé publique dispose que « le médecin qui dépiste un cas de saturnisme chez une personne mineure doit, après information de la personne exerçant l'autorité parentale, le porter à la connaissance, sous pli confidentiel, du médecin inspecteur de santé publique de la direction départementale des affaires sanitaires et sociales ».

Le saturnisme de l'enfant mineur a parallèlement été inscrit dans la liste des "maladies qui nécessitent une intervention urgente locale, nationale ou internationale" définie par l'article D3113-6. Les modalités de signalement de ces maladies sont définies par l'article R3113-4 du code de la santé publique :

« Nonobstant la notification prévue à l'article R3113-2, les cas, avérés ou suspectés, de maladies ou d'anomalie biologique mentionnées au 1^o de l'article L3113-1 sont signalés sans délai par le médecin ou le responsable du service de biologie ou du laboratoire d'analyses de biologie médicale, public ou privé, au médecin inspecteur départemental de santé publique ou au médecin désigné par arrêté du préfet du département.

Le destinataire du signalement évalue la nécessité de mettre en place d'urgence des mesures de prévention individuelle et collective et, le cas échéant, de déclencher des investigations pour identifier l'origine de la contamination ou de l'exposition.

Sur la demande du médecin destinataire du signalement, le déclarant est tenu de lui fournir toute information nécessaire à la mise en œuvre des mesures d'investigation et d'intervention, notamment l'identité et l'adresse du patient.

Ces informations peuvent être transmises à d'autres professionnels lorsque leur intervention est indispensable pour la mise en œuvre des mesures de prévention individuelle et collective. Elles ne sont conservées que le temps nécessaire à l'investigation et à l'intervention ».

L'arrêté du 5 février 2004 relatif à la déclaration obligatoire du saturnisme de l'enfant mineur a défini le cas à déclarer : « constatation chez une personne âgée de moins de 18 ans d'une plombémie supérieure ou égale à 100 microgrammes par litre de sang. Le signalement et la notification des cas de saturnisme portent sur les nouveaux cas diagnostiqués ».

La comparaison avec le seuil définissant le saturnisme de l'enfant doit se faire dans l'unité utilisée par le laboratoire pour rendre ses résultats : un résultat exprimé en µg/L est à comparer avec le seuil de 100 µg/L défini par l'arrêté du 5 février 2004 ; un résultat exprimé en µmol/L n'est pas à convertir, mais est à comparer avec le seuil de 0,48 µmol/L qui est donné dans la fiche de déclaration annexée à l'arrêté du 5 février 2004.

3.3.2 Eléments d'information apportés par la fiche de déclaration utiles à l'investigation

La fiche de signalement a également pour fonction la remontée d'informations épidémiologiques (notification) à l'InVS. Elle sert aussi de support au dispositif d'enregistrement de l'ensemble des plombémies par les Centres antipoison. C'est pourquoi l'ensemble des items de la fiche n'est pas utile à connaître pour la réalisation de l'investigation.

Les items indispensables sont :

- le nom et le prénom de l'enfant,
- son adresse,
- la date du prélèvement sanguin.

D'autres items sont utiles car ils permettent d'orienter l'enquête ou d'aider à ses conclusions :

- la date de naissance,
- s'il s'agit d'une plombémie de primo dépistage ou de suivi d'une situation à risque,
- les facteurs de risque ayant conduit le médecin à prescrire une plombémie,

- le type d'habitat,
- la plombémie.

Au cas où ces items ne seraient pas ou mal renseignés sur la fiche de déclaration, il convient que le médecin inspecteur de santé publique (Misp) en charge de la réception des déclarations questionne le médecin prescripteur pour les compléter ou les vérifier. La transmission de ces informations par le Misp aux personnels chargés des enquêtes est encadrée par l'article R3113-4 précité.

3.4 Nombre de cas déclarés annuellement

Le nombre de cas signalés aux Ddass était de 423 en 2001, 492 en 2002 et 459 en 2003 selon une enquête réalisée par la Direction générale de la santé auprès des Ddass.

La forte hétérogénéité du dépistage et la probable hétérogénéité de la prévalence se conjuguent pour aboutir à une répartition très hétérogène des cas de saturnisme déclarés, comme l'illustre le Tableau 4.

Tableau 4 : nombre de cas de saturnisme déclarés aux Ddass en 2003

région	nombre de cas	région	nombre de cas
Alsace	0	Ile de France	300
Aquitaine	14	Languedoc Roussillon	3
Auvergne	0	Limousin	0
Basse Normandie	0	Lorraine	2
Bourgogne	2	Midi Pyrénées	9
Bretagne	0	Nord Pas de Calais	59
Centre	4	Pays de Loire	6
Champagne Ardennes	0	Picardie	2
Corse	0	Poitou Charente	6
Franche Comté	12	Provence-Alpes-Côte d'Azur	11
Haute Normandie	11	Rhône Alpes	18

Total France métropolitaine : 459

Source : enquête de la Direction générale de la santé

4 Organisation générale de l'enquête

L'enquête environnementale fait partie d'une chaîne d'actions qui doit permettre de stopper le processus d'intoxication de l'enfant. Le délai de réalisation de cette enquête doit être compatible avec la gravité de l'intoxication.

L'enquête doit être menée sous la responsabilité scientifique et technique de l'administration sanitaire (Ddass ou SCHS), en liaison avec les personnes au contact habituel de la famille, et avec l'aide éventuelle de prestataires de service pour la réalisation de diagnostics et mesurages. Il est souhaitable qu'un professionnel de la Ddass ou du SCHS soit clairement désigné comme chargé du « management » du cas.

La logique générale d'organisation de l'enquête environnementale sera de rechercher, dans un premier temps, les sources les plus probables d'intoxication et d'approfondir la recherche si ces premières investigations ne permettent pas de mettre en évidence une source crédible d'intoxication. Pour l'organisation de l'enquête, on tiendra compte du contexte de dépistage, des connaissances locales sur l'étiologie de l'intoxication et de l'âge de l'enfant.

Dans presque tous les cas, l'enquête doit commencer par une visite du domicile. Elle s'élargira aux autres espaces de vie en fonction du contexte et des résultats des premières investigations.

4.1 Délais d'intervention

L'enquête environnementale fait partie d'une chaîne d'actions destinées à stopper le processus d'intoxication de l'enfant et à lui prodiguer des soins si nécessaire.

Le médecin traitant, avant même de déclarer l'intoxication au Misp, doit en informer les parents et leur donner des conseils hygiéno-diététiques. Si la plombémie est supérieure à 250 µg/L, il doit adresser l'enfant à une structure apte à discuter l'intérêt d'une chélation. Lorsque la plombémie atteint 450 µg/L, ce bilan doit être fait en urgence [13].

Selon l'article R3113-2 du code de la santé publique, la déclaration par le médecin doit être faite sans délai, ce qui suppose qu'il puisse recevoir rapidement les parents.

A la réception de la déclaration par le Misp, il convient de limiter au plus court les délais de démarrage de l'enquête environnementale. Les résultats de cette enquête permettront en effet de confirmer et préciser les conseils aux parents permettant une première réduction de l'exposition de l'enfant. Au cas où la plombémie est très élevée (≥ 450 µg/L), il conviendra d'avoir la même démarche d'urgence qui est adoptée pour la réalisation du bilan hospitalier. Il ne serait en effet pas admissible qu'un enfant subisse un traitement de chélation à l'hôpital (durée d'une semaine) puis revienne dans son logement sans qu'une enquête ait permis de faire une évaluation, au moins préliminaire, du danger présenté par ce logement et que des premières mesures de réduction du danger du logement aient été prises ou un hébergement d'urgence organisé si nécessaire. De même la réalisation d'une chélation à domicile dans un logement n'ayant pas fait l'objet d'une enquête n'est pas envisageable.

Les CDC recommandent les délais maxima suivants pour la réalisation d'une première visite au domicile après réception de la déclaration (Tableau 5) [33].

Tableau 5 : délais de réalisation de la première visite recommandés par les CDC

Plombémie (µg/L)	Délai maximum conseillé
150 à 199	2 semaines
200 à 449	1 semaine
450 à 699	48 heures
≥ 700	24 heures

Les CDC recommandent aussi de prioriser les interventions concernant les enfants de moins de 2 ans.

4.2 Acteurs, partenaires, prestataires

Le code de la santé publique précise que l'enquête environnementale est réalisée à la demande du préfet par la Ddass ou le SCHS. Ce sont les personnels de ces services qui sont donc avant tout en charge de l'enquête (à Paris, les enquêtes sont réalisées par le Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris). Quarante-trois pour cent des Ddass ayant répondu au questionnaire envoyé par l'InVS indiquent que les investigations sont réalisées par le Service santé environnement en collaboration avec les SCHS. Les partenaires cités sont les autres services de la Ddass, les services du conseil général (service social, protection maternelle et infantile), la Direction départementale de l'équipement, les opérateurs de diagnostic.

La réalisation de l'enquête environnementale nécessite des compétences scientifiques et techniques pour l'évaluation de la contamination par le plomb de l'environnement de l'enfant et une bonne compréhension des phénomènes toxicocinétiques qui gouvernent la plombémie. Ce sont habituellement au sein des Ddass les ingénieurs et techniciens sanitaires qui prennent en charge l'enquête, aidés par l'infirmière de santé publique et/ou le médecin en charge de l'épidémiologie. On retrouve les mêmes compétences au sein des SCHS : ingénieurs et techniciens territoriaux spécialisés, médecin directeur, infirmière de santé publique. Cette collaboration « ingénieur-médecin » est à promouvoir.

Dans les cas difficiles, le centre antipoison et de toxicovigilance peut apporter un appui scientifique aux services d'investigation.

Il est nécessaire d'avoir un bon contact avec la famille pour obtenir une bonne compréhension et adhésion à la démarche. Il peut être utile qu'une personne connaissant la famille participe au premier contact : puéricultrice, travailleur social, association locale. Cette personne pourra aussi mieux relayer les conseils de prévention si elle a participé à l'enquête. Lors d'une visite au domicile, il faut toutefois éviter l'envahissement du logement par une équipe nombreuse ; un maximum de trois personnes est conseillé. Lorsque la famille est locataire de son logement, il est très déconseillé de convoquer le propriétaire lors de la visite destinée à questionner la famille sur le mode de vie de l'enfant.

La mesure du plomb des peintures peut être confiée à un opérateur de diagnostic intervenant en même temps ou après la première visite au domicile.

Même si diverses personnes sont amenées à participer à l'investigation, aux conseils à la famille et aux procédures administratives correctives, il est souhaitable qu'un professionnel de la Ddass ou du SCHS soit clairement désigné comme chargé du « management » du cas. Cette personne sera destinataire de l'ensemble des informations, il est nécessaire qu'elle dirige l'enquête sur le terrain ou au moins y participe, qu'elle mène ou suive les actions administratives correctives, et qu'elle se tienne au courant de l'évolution de l'état de santé de l'enfant.

4.3 Schéma général de déroulement de l'enquête

Les sources d'exposition au plomb sont nombreuses, parfois inattendues. Cette constatation ne peut toutefois imposer la réalisation d'emblée, pour chaque cas d'intoxication, de recherches systématiques et approfondies dans tous les lieux de vie de l'enfant. Une telle démarche serait peu efficiente, et inutile dans la très grande majorité des situations.

La logique générale d'organisation de l'enquête environnementale sera plutôt de rechercher dans un premier temps les sources les plus probables d'intoxication et d'approfondir la recherche si ces premières investigations ne permettent pas de mettre en évidence une source crédible d'intoxication. Ce principe ne devra pas empêcher de recueillir le maximum d'éléments de jugement lors de la visite d'un lieu de vie, même concernant des sources peu probables, dans la mesure où ces éléments sont faciles à recueillir.

Pour orienter l'enquête, on tiendra compte notamment :

- des circonstances du repérage ou du dépistage de l'enfant :

- un enfant ayant bénéficié d'un test de plombémie parce qu'il habitait un logement ancien dégradé a une plus grande probabilité d'être exposé au plomb des peintures qu'un enfant testé dans le cadre d'un dépistage systématique autour d'un site pollué,
- un enfant testé parce qu'un autre enfant était intoxiqué dans son entourage a une probabilité élevée d'avoir une source d'intoxication commune avec lui,
- le médecin peut déjà avoir établi un lien certain avec la source d'intoxication (par exemple en cas d'ingestion d'un objet en plomb).

- des connaissances locales sur l'étiologie des intoxications : l'enfant peut appartenir à une population connue pour être exposée à une source particulière : habitant d'un quartier dégradé, récupérateurs de métaux, population ayant des coutumes à risque...,

- de l'âge de l'enfant : on abordera bien sûr différemment une enquête concernant un nouveau-né (centrée sur l'exposition de la mère), un enfant en bas âge (centrée sur le risque à domicile) ou un élève de lycée professionnel (potentiellement contaminé dans un cadre professionnel).

La Figure 9 illustre la logique générale de l'enquête. Dans presque tous les cas, l'enquête doit commencer par une visite du domicile (point 1 de la Figure 9). C'est en effet le lieu où l'enfant passe le plus de temps, et où il peut être exposé au plomb des peintures, source principale d'intoxication, mais aussi au plomb de l'environnement extérieur en cas de site

pollué (ingestion de sol, ingestion et/ou inhalation de poussières contaminées). Dans tous les cas, le domicile sera visité dans son ensemble, parties privatives et parties communes, extérieur comme intérieur. Des analyses du plomb des peintures intérieures et extérieures seront réalisées.

La visite au domicile est l'occasion d'obtenir des informations de la famille sur le mode de vie de l'enfant et sur ses autres lieux de vie. La décision d'investiguer d'autres lieux de vie est à prendre au cas par cas selon les résultats de la visite au domicile et le mode de vie de l'enfant.

Dans un contexte de milieu urbain dégradé, l'enquête pourra être élargie progressivement par (partie gauche de la Figure 9) :

- (2) : la visite d'un autre habitat fréquenté régulièrement : famille, nourrice, voisins... (avec analyse des peintures),
- (3) : la réalisation de prélèvements de terre dans les espaces de vie ou de jeux extérieurs du domicile,
- (4) : la visite de l'école ou du lieu de garde collectif : crèche, garderie (avec analyse des peintures),
- (5) : la visite des espaces de vie ou de jeux extérieurs hors du domicile (avec analyse des peintures et éventuellement prélèvements de sols).

La visite d'un ancien logement peut être jugée nécessaire dans le cas d'un déménagement récent, de même que celle d'un lieu de vacances...

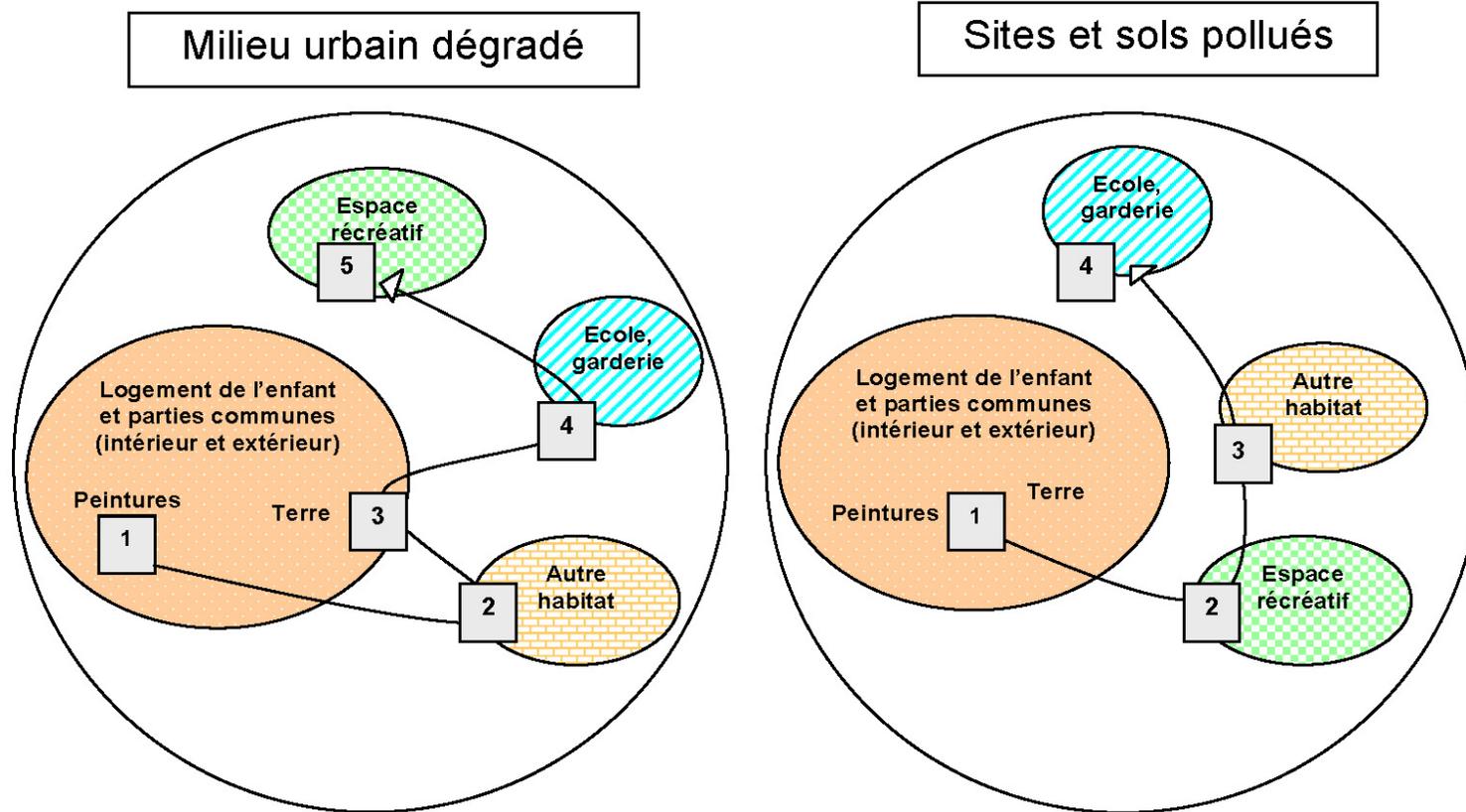
Dans un contexte de site pollué (partie droite de la Figure 9), des prélèvements de terre dans les parties extérieures du domicile (jardin, cour) pourront être réalisés dès la première visite au domicile. L'enquête pourra se poursuivre par :

- (2) : les espaces de vie ou de jeux extérieurs hors domicile
- (3) : un autre habitat : famille, nourrice, voisins,
- (4) : l'école ou le lieu de garde collectif.

Les différentes étapes de l'enquête peuvent être adaptées selon les circonstances. Dans un contexte de milieu urbain dégradé, il pourra par exemple être jugé préférable, selon les informations obtenues, de réaliser la visite de l'école avant les prélèvements de terre au domicile.

A la suite de l'enquête, la ou les sources d'intoxication mises en évidence devront faire l'objet de mesures correctives dont devra être informé le médecin traitant. Si malgré ces mesures, la plombémie de l'enfant stagne ou augmente, il y aura lieu de vérifier la cohérence de l'enquête, et de la compléter ou de l'approfondir si nécessaire.

Figure 9 : étapes et lieux d'investigations successifs en fonction du type d'environnement à risque de l'enfant



NB : ces étapes sont données à titre indicatif : l'investigation pourra être adaptée et éventuellement stoppée en fonction des informations obtenues à chaque étape.

4.4 Documents de synthèse des résultats de l'enquête

4.4.1 Feuille de synthèse à usage interne

L'investigation d'un cas de saturnisme entraîne des démarches qui peuvent durer plusieurs semaines voire plusieurs mois dans certains cas. Divers documents s'accumulent dans le dossier : formulaire de la visite au domicile, plans, fiches de relevé de mesures des peintures par fluorescence X ou rapport de diagnostic du logement, rapport de diagnostic des parties communes, fiches de prélèvements (poussières, sol...), rapports de résultats de laboratoires, questionnaire de visite chez la nourrice, diagnostic des peintures chez la nourrice, relevé de visite dans un jardin public, etc. Il peut être long pour une personne non gestionnaire directe du dossier et amenée à le consulter, de savoir où en est l'investigation et quelles en sont les conclusions. Il est donc utile, dans un but de bonne gestion interne du dossier, de disposer d'un document faisant la synthèse des actions entreprises. Ce document peut être établi :

- à un stade intermédiaire de l'investigation, lorsque la complexité des actions entreprises rend nécessaire d'en faire le point,
- lorsque l'investigation est jugée terminée.

Il peut aussi être tenu à jour de façon continue sur un support numérique.

La Figure 10 page 41 illustre ce principe.

Il ne s'agit pas d'un rapport mais plutôt d'un document en une ou deux pages. Cette feuille de synthèse liste, à une certaine date, l'ensemble des pièces du dossier, en précisant leurs dates d'établissement. Elle donne la liste des sources investiguées à ce stade du dossier avec l'évaluation de l'exposition associée (cf. Tableau 14 page 97). Elle donne la conclusion de l'investigation ou bien précise que des investigations sont encore en cours ou prévues.

Une feuille de synthèse type est proposée en Annexe 4.

4.4.2 Documents de synthèse à usage externe

Le service qui réalise l'investigation doit informer un certain nombre de personnes de ses résultats. Il faut toutefois veiller à ne pas communiquer inutilement des informations de nature confidentielle, tant concernant la santé de l'enfant que concernant le mode de vie des personnes. Il n'est donc pas possible de rédiger un rapport général et unique donnant les résultats de l'investigation et utilisable en direction de tout public. De même certains documents du dossier sont communicables (rapports de diagnostic, résultats d'analyses de sols...) et d'autres non (questionnaires de visite à domicile ou autres documents décrivant le mode de vie des personnes).

La communication vers l'extérieur peut s'organiser autour des documents suivants :

Rapport de synthèse de l'investigation

Ses destinataires peuvent être le Misp, la famille, le médecin prescripteur, le médecin du service de PMI, le responsable du SCHS (si le rapport est réalisé par le service santé environnement de la Ddass) ou à défaut le maire en lui indiquant que cette information est confidentielle, le responsable du Service santé environnement de la Ddass (si le rapport est réalisé par le SCHS).

Ce rapport pourra être plus ou moins détaillé. Au minimum il pourra prendre la même forme que la feuille de synthèse interne. Il est nécessaire de lister l'ensemble des investigations réalisées, pour donner de la crédibilité à la conclusion. Le rapport ou le courrier d'accompagnement doit préciser quelles actions ou précautions sont nécessaires par la famille et quelles procédures administratives sont ou vont être mises en œuvre.

Information sur le lien entre un domicile et l'intoxication

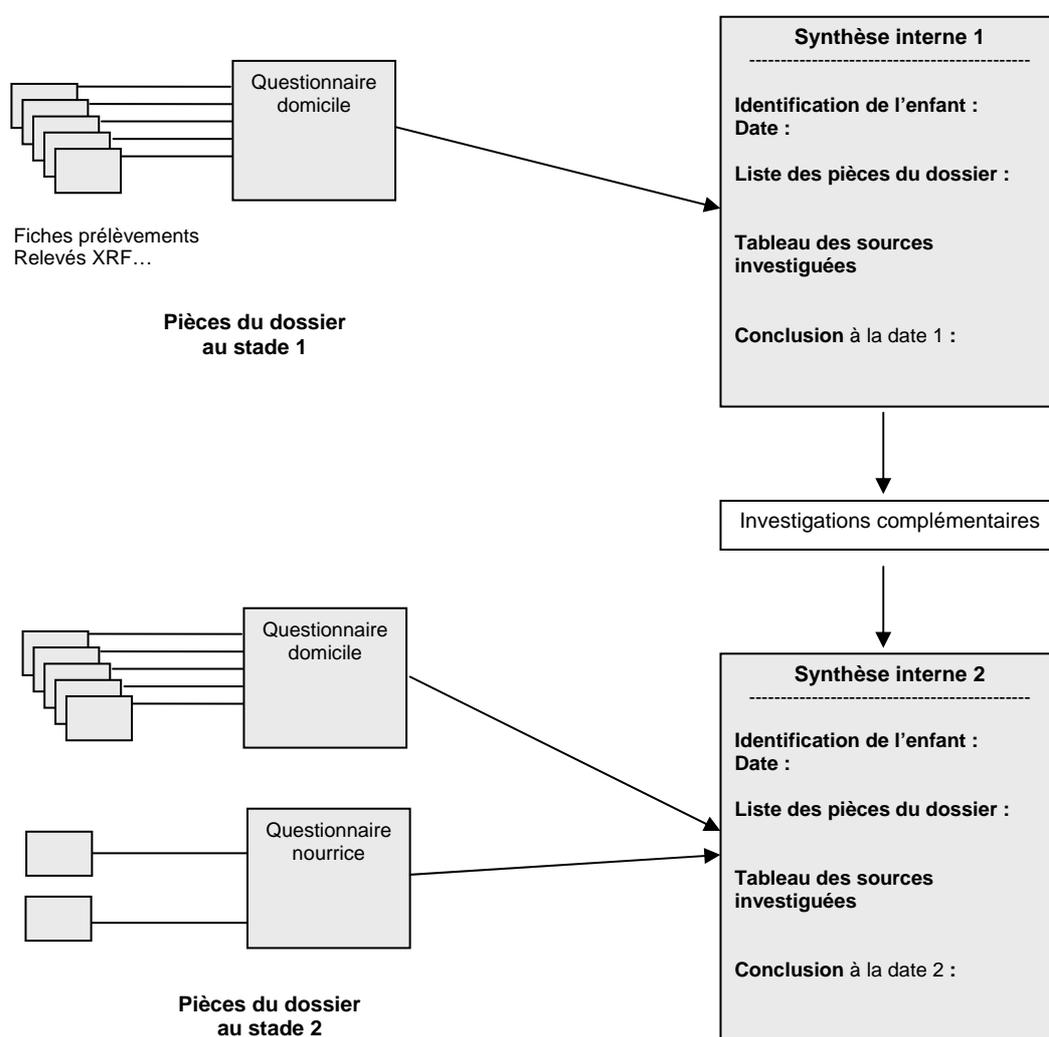
Cette information est plus restrictive. Elle peut être communiquée, après accord de la famille, aux services chargés des procédures de relogement dans le parc social, afin que la famille puisse bénéficier si nécessaire d'une priorité de relogement.

Rapports faisant état d'un risque d'accessibilité au plomb

Il s'agit des documents communiqués à la personne propriétaire ou gestionnaire d'un lieu présentant des risques : rapport de diagnostic des peintures d'un domicile, d'une école..., rapport relatif à l'accessibilité au plomb dans un jardin public (pollution des sols, peintures sur matériels de jeux...). Ces documents sont à déconnecter de la déclaration du cas de saturnisme qui a donné lieu à leur établissement. Ils accompagnent la demande de suppression de l'accessibilité au plomb faite en application des articles 1334-1 et 1334-2 du code de la santé publique (voir Figure 1 page 8).

Par ailleurs, les modalités et résultats de l'investigation du cas devront faire l'objet d'une remontée d'informations (rendues anonymes) en direction de l'InVS, aux fins d'exploitation épidémiologique¹⁷.

Figure 10 : principe de la feuille de synthèse interne



¹⁷ Procédure en cours de définition à la date de parution de ce guide.

5 La visite au domicile

La visite au domicile doit permettre de rechercher les sources d'exposition liées au domicile, mais elle est aussi l'occasion d'une discussion avec la famille permettant d'obtenir des informations sur l'ensemble des sources d'intoxication auquel l'enfant pourrait être exposé. A l'occasion de la visite, des éléments d'information nécessaires à l'administration pour la mise en œuvre éventuelle de procédures administratives seront aussi collectés.

Les objectifs de l'enquête doivent être clairement expliqués à la famille dès le début de la visite.

*L'enquête au domicile s'aidera d'un **questionnaire** permettant de noter les renseignements obtenus auprès de la famille et des éléments d'observation. Les prélèvements et mesurages pour la recherche du plomb feront l'objet de documents de relevé spécifiques.*

Lors de la visite au domicile, il conviendra de faire le tour complet du logement, des parties communes en cas de logement collectif, des jardins, cours et autres parties privatives extérieures, et évaluer l'éventuelle présence de sources de pollution dans l'environnement immédiat de l'immeuble.

La recherche du plomb dans les revêtements est à réaliser systématiquement, si possible dès la première visite. Au cas où un prestataire de service intervient pour un diagnostic des peintures, il est souhaitable que le responsable de l'enquête soit présent lors du diagnostic.

La recherche du plomb dans les poussières est à réaliser au cas par cas.

La recherche visuelle des canalisations en plomb est à faire systématiquement.

L'analyse des sols privatifs extérieurs n'est à réaliser systématiquement que lorsque le domicile est situé dans une zone connue pour être polluée par le plomb.

Les autres analyses (eau du robinet, poussières extérieures, céramiques, cosmétiques, objets divers, aliments...) seront faites au cas par cas.

A la fin de la visite, il faut impérativement informer la famille :

- de l'état d'avancement de l'enquête et de ses conclusions intermédiaires ou définitives,*
- des éventuelles investigations complémentaires qui vont être menées,*
- des actions administratives qui sont envisagées,*
- de ce qu'elle peut faire immédiatement pour réduire l'intoxication de l'enfant et éviter éventuellement l'intoxication d'autres membres de la famille.*

5.1 Déroulement de la visite au domicile

L'enquête au domicile, lieu de vie le plus important de l'enfant, est le premier élément de l'enquête environnementale. Elle doit permettre de **rechercher les sources** liées au domicile (logement et parties communes), mais elle est aussi l'occasion d'une discussion avec la famille permettant d'obtenir des informations sur l'ensemble des sources d'intoxication auquel l'enfant pourrait être exposé. Les informations obtenues doivent permettre d'orienter les éventuelles investigations complémentaires.

La visite au domicile, accompagnée de questions précises sur le mode de vie, peut être vécue par la famille comme une atteinte à son intimité. Certaines questions peuvent faire naître une gêne, un sentiment de culpabilité et amener la famille à ne pas répondre correctement. Les familles en attente d'un logement social peuvent souhaiter mettre en avant, à tort ou à raison, les défauts du logement. Pour que la visite au domicile soit efficace, il est donc indispensable que les personnes qui en sont chargées s'efforcent d'établir un bon contact avec la famille. Les objectifs de la visite doivent lui être clairement expliqués dès le début de la visite. Les résultats des constatations et mesurages de terrain doivent lui être communiqués en fin de visite. Si des **mesures de prévention** sont à **prendre immédiatement** par la famille, elles doivent lui être expliquées, de même que les actions qui vont être menées par la suite par l'administration. La présence d'une personne reconnue

appartenant à la même communauté (association de femmes relais par exemple) peut être utile, voire nécessaire lorsque la compréhension de la langue française par la famille est insuffisante.

Il est opportun de recueillir, lors de la visite, les éléments d'information nécessaires à l'administration pour la mise en œuvre éventuelle de **procédures administratives** (travaux d'urgence notamment) ou d'autres mesures de prévention (suivi social, relogement, proposition de dépistage d'autres enfants de la famille ou de l'immeuble...).

La visite réalisée au domicile pour rechercher des sources d'intoxication par le plomb doit également être l'occasion de vérifier les **conditions de salubrité et de sécurité** du logement. D'autres risques que le saturnisme peuvent être rencontrés au domicile d'enfants intoxiqués par le plomb et justifier des conseils ou des actions administratives spécifiques.

L'enquête au domicile s'aidera d'un **questionnaire** permettant de noter les renseignements obtenus auprès de la famille et des éléments d'observation. Les prélèvements et mesurages pour la recherche du plomb feront l'objet de **documents de relevé spécifiques**.

Lors de la visite au domicile, il conviendra de faire le tour complet du logement, des parties communes en cas de logement collectif, des jardins, cours et autres parties privatives extérieures, et évaluer l'éventuelle présence de sources de pollution dans l'environnement immédiat de l'immeuble.

Il est justifié de soupçonner les peintures de l'habitation comme source principale d'intoxication, compte tenu des connaissances sur l'étiologie de l'intoxication. C'est pourquoi le mesurage du plomb des peintures par un appareil de mesure portable à fluorescence X est un élément indispensable de l'enquête environnementale au domicile. Ce travail peut être mené lors d'une visite unique ou réalisé dans un deuxième temps. La réalisation d'un diagnostic complet des peintures du logement n'est pas nécessaire pour juger de la responsabilité éventuelle des peintures dans l'intoxication. Il est par contre nécessaire si une procédure de travaux d'urgence doit être menée. Trois types d'organisation sont envisageables :

- 1- réalisation d'un diagnostic complet des peintures, lors d'une visite unique, par l'équipe chargée de l'investigation,
- 2- réalisation, lors de la première visite, de mesurages limités à l'appréciation de la responsabilité des peintures dans l'intoxication, puis réalisation d'un diagnostic dans un deuxième temps si cela apparaît nécessaire, ce diagnostic pouvant être réalisé par un prestataire,
- 3- réalisation d'une visite préliminaire sans mesurage des peintures et détermination lors de cette visite des lieux dans lesquels un diagnostic devra être réalisé dans un deuxième temps, éventuellement par un prestataire.

Les deux premiers types d'organisation sont les plus souhaitables. Ils permettent au responsable de l'investigation d'avoir une connaissance précise des sources d'exposition au plomb de l'enfant, ce qui est important pour prendre des décisions sur la suite de l'enquête. La première organisation est préférable si le responsable de l'investigation est aussi chargé du suivi des actions administratives correctives qui seront éventuellement menées ; il ne faut pas toutefois que le travail de diagnostic des peintures soit fait au détriment des questions à poser à la famille.

La troisième organisation peut être adoptée en cas de délai important pour la disponibilité du matériel de mesure du plomb des peintures. Si c'est ensuite un prestataire qui réalise les analyses, il est très souhaitable que le responsable de l'enquête l'accompagne pour lui permettre de rapprocher efficacement les informations relatives au mode de vie de l'enfant et les résultats du diagnostic. Il ne sera pas possible de donner, dès la première visite, des conseils à la famille concernant le risque éventuel lié aux peintures.

5.2 Renseignement d'un questionnaire d'enquête

Les informations à recueillir lors de la visite sont nombreuses. Pour travailler de façon efficace et ne pas oublier de recueillir des informations importantes, il est nécessaire de disposer d'une « check-list ». Un modèle est proposé en Annexe 3.

Ce document a, en fait, plusieurs fonctions :

- liste des informations à recueillir par questionnement des parents et observation des lieux,
- support de recueil de ces informations lors de la visite, pouvant être complété aussi après la visite,
- support où seront listées l'ensemble des actions de prélèvement et mesurage du plomb qui ont été réalisées au domicile, en lien avec les informations recueillies auprès de la famille et par l'observation des lieux (le relevé de ces actions sera fait sur des supports séparés : relevés d'analyses XRF, fiches de prélèvement...),
- document définissant les investigations complémentaires à réaliser hors domicile.

Le renseignement du questionnaire doit se faire sur la base des réponses fournies par la famille aux questions posées mais aussi par l'observation attentive de l'environnement de vie de l'enfant et du comportement familial. En général, la personne questionnée est la mère, mais des informations peuvent être données par toute personne qui vit avec l'enfant, y compris les frères et sœurs. Si l'enfant est assez grand, il peut être intéressant de parler avec lui, de l'intéresser aux recherches et de l'amener à parler des endroits où il joue et parfois où il suce, gratte ou mange les peintures ou autres revêtements.

Indépendamment des réponses des parents concernant les lieux les plus fréquentés par l'enfant, il est prudent de réaliser une inspection visuelle générale du logement, ainsi que des parties communes en habitat collectif.

Pour le repérage des peintures susceptibles de contenir du plomb accessible, on fera une évaluation visuelle de leur dégradation. Mais il faut être conscient que les peintures peuvent parfois avoir des formes de dégradation peu visibles (peintures pulvérulentes en surface), ou même que certains supports peuvent donner, à tort, l'impression de ne pas être peints.

5.3 Conduite générale à tenir pour la recherche du plomb au domicile

La recherche du plomb au domicile se guidera des informations connues de l'enquêteur sur les circonstances du dépistage, du repérage visuel de sources potentielles d'intoxication au domicile, et des questions posées à la famille. Un compromis est à faire entre le risque de ne pas mettre en évidence une source d'intoxication et la réalisation d'analyses inutilement longues et coûteuses.

Mesurage et analyse du plomb des peintures et autres revêtements

Le mesurage du plomb des revêtements potentiellement plombés (peintures principalement, mais aussi enduits, couvertures d'étanchéité de balcons...) est à réaliser systématiquement, même si le critère de dépistage n'était pas le risque lié à l'habitat, sauf cas très particulier (par exemple immeuble récent en très bon état et autres sources d'intoxication connues). On retiendra que la présence de peintures au plomb est plus rare mais possible dans des immeubles postérieurs à 1949 (principalement miniums de plomb sur surfaces métalliques). L'analyse du plomb des peintures par appareil portable à fluorescence X est indispensable car elle permet d'avoir une connaissance rapide de la présence de plomb sur un nombre important de points de mesure.

Les mesures seront faites d'abord dans les lieux les plus fréquentés par l'enfant, en priorité à l'intérieur du logement et dans les parties communes intérieures pour les immeubles collectifs. Les mesures seront étendues aux parties extérieures telles que cours ou jardins (volets, soubassements des murs, grilles de clôture...) et aux dépendances si l'enfant les fréquente régulièrement ou en l'absence de source d'exposition dans les lieux les plus fréquentés par l'enfant.

Les mesures seront faites en priorité aux endroits dégradés, et le cas échéant aux endroits grattés, sucés ou mordillés par l'enfant. On inspectera attentivement les parties basses directement à portée de main de l'enfant, même si ce travail est peu ergonomique pour un adulte.

La recherche de plomb dans les peintures dans l'objectif de juger si elles sont la source probable de l'intoxication peut être rapide si la conclusion est évidente. Toutefois, si les peintures présentent des dégradations et qu'une procédure administrative à l'encontre du propriétaire apparaît nécessaire, il faudra réaliser un diagnostic complet tel que défini par la réglementation. Ce travail pourra éventuellement être réalisé lors d'une deuxième visite. Il n'est pas indispensable pour la conclusion de l'enquête environnementale mais nécessaire pour l'action administrative.

Des prélèvements de peinture pour analyse chimique du plomb acido-soluble peuvent être réalisés dans certains cas, notamment lorsque les concentrations en plomb total mesurées par fluorescence X sont systématiquement basses mais non inférieures au seuil de 1 mg/cm², laissant suspecter la présence de sels de plomb de type siccatifs, peu solubles donc peu toxiques.

Analyses de poussières intérieures

La mesure du plomb dans les poussières intérieures du domicile est un moyen de juger globalement l'exposition chronique de l'enfant à un ensemble de sources : dégradation des peintures, apport par les poussières extérieures (sites et sols pollués), apport lié à la profession des parents ou à des loisirs à risque. Elle n'est toutefois pas à réaliser systématiquement :

- si les peintures sont riches en plomb et très dégradées, il est probable que les poussières soient riches en plomb et qu'elles soient une source d'exposition. Leur mesure n'est pas indispensable pour conclure,
- dans d'autres situations, on peut juger nécessaire de mesurer le plomb des poussières :
 - lorsque les caractéristiques des peintures laissent dubitatif sur l'exposition qu'elles peuvent entraîner,
 - pour éliminer toute suspicion liée aux parties intérieures du domicile...
 - pour mettre en évidence d'autres sources...

Recherche de canalisations en plomb

La recherche visuelle des canalisations en plomb est à faire systématiquement. Même si d'autres sources d'intoxication apparaissent plus probables, la connaissance de l'existence de canalisations en plomb permet d'insister sur l'intérêt du rinçage avant puisage. La réalisation d'analyses sera faite au cas par cas (voir chapitre 7).

Analyses des sols extérieurs

Dès la première visite au domicile, il conviendra de visiter les parties extérieures et de se renseigner sur leur fréquentation par l'enfant (remplir la partie ad hoc du questionnaire).

Le prélèvement de terre dans le jardin ou sur un terrain de jeu situé à proximité du domicile n'est à réaliser systématiquement que lorsque le domicile est situé dans une zone connue pour être polluée par le plomb et que l'enfant fréquente les lieux. En dehors de ce cas de figure, elle sera réalisée lorsque les visites au domicile et dans les autres habitats fréquentés par l'enfant ne seront pas concluantes.

Autres analyses

Les autres analyses (eau du robinet, poussières extérieures, céramiques, cosmétiques, objets divers, aliments...) seront faites au cas par cas en fonction des informations recueillies lors de l'enquête et des résultats des premières investigations. Des précisions sont données dans le chapitre relatif aux méthodes d'échantillonnage.

5.4 Informations à donner à la famille lors de la visite au domicile

A l'issue de la visite au domicile, les informations recueillies et les analyses réalisées permettent ou non de conclure sur l'origine de l'intoxication.

Dans tous les cas, il faut informer la famille immédiatement :

- de l'état d'avancement de l'enquête et de ses conclusions intermédiaires ou définitives,
- des éventuelles investigations complémentaires qui vont être menées,
- des actions administratives qui sont envisagées,
- de ce qu'elle peut faire immédiatement pour réduire l'intoxication de l'enfant et éviter éventuellement l'intoxication d'autres membres de la famille.

L'Annexe 5 donne une liste de conseils de prévention, qui peut servir de support à l'enquêteur pour l'information de la famille. Sans inquiéter inutilement la famille, il faudra s'assurer qu'elle a bien compris l'intérêt de prendre les mesures qui lui sont conseillées. Le discours est à adapter selon que la famille a tendance à trop dramatiser ou au contraire semble ne pas avoir conscience des conséquences néfastes de l'exposition au plomb. L'enquêteur donnera ses coordonnées professionnelles à la famille de façon qu'elle puisse lui poser des questions par la suite si nécessaire.

5.5 Autres sources d'information concernant le domicile

Les informations obtenues en questionnant la famille et en visitant les lieux peuvent être complétées par d'autres sources d'informations :

- l'année de construction de l'immeuble, qui peut donner une indication complémentaire sur la probabilité de présence de peintures au plomb, peut être obtenue auprès du service du cadastre,
- des informations sur les caractéristiques de l'eau du réseau public (caractéristiques chimiques, potentiel de dissolution du plomb des canalisations, existence d'un traitement filmogène...) peuvent être obtenues auprès du distributeur d'eau ou du service chargé du contrôle sanitaire de l'eau (en général le service santé-environnement de la Ddass) ; le distributeur d'eau peut en général indiquer si le branchement du domicile à la conduite publique est en plomb,
- l'existence d'un site émettant du plomb ou d'un ancien site ayant pu émettre du plomb peut être connue par la Drire ou la mairie.

6 La visite d'autres lieux de vie

De façon générale, ce n'est qu'en cas d'absence de source probable d'intoxication au domicile que la recherche de plomb doit s'étendre à un autre lieu de vie de l'enfant.

*Outre le domicile familial actuel, **d'autres habitations** peuvent être ou avoir été fréquentées par l'enfant : logement de l'assistante maternelle ou des voisins, logement des personnes de l'entourage, logement loué pour les vacances, domicile antérieur... Des précautions seront prises en matière de confidentialité pour l'accès à ces lieux. Si d'autres enfants les fréquentent, l'enquête sera élargie à la recherche d'éventuelles sources d'exposition de ces enfants ; en cas d'exposition avérée, les parents en seront informés ainsi que des mesures de prévention à mettre en œuvre.*

*En **milieu scolaire ou de garde collectif**, l'enquête environnementale ne devrait viser en théorie que les locaux fréquentés par l'enfant pour lequel cette enquête est menée. Dans la pratique, il paraît difficile de ne pas inclure la totalité de l'école concernée, surtout si l'examen des seuls locaux fréquentés par l'enfant s'est révélé positif.*

A l'école ou dans un lieu de garde collectif, le risque essentiel est lié à des comportements individuels de grattage d'écaillés. Préalablement à la mesure du plomb des peintures, une visite des classes avec les enseignants est souvent très utile car ils connaissent parfaitement les habitudes des élèves. Un certain nombre de zones sensibles spécifiques au milieu scolaire sont à repérer.

On veillera à la confidentialité concernant le cas qui a motivé l'enquête. Le partage de l'information avec l'instituteur de l'enfant ou le responsable du lieu de garde doit être fait avec accord explicite des parents et ne pas être étendu à l'ensemble de l'équipe éducative. En cas de mise en évidence d'un risque d'exposition aux peintures à l'école, les éventuels travaux à réaliser seront motivés par le diagnostic plomb des peintures, indépendamment des conclusions de l'enquête quant à la responsabilité de l'école dans l'intoxication de l'enfant.

*La visite des **lieux de jeu extérieurs** n'est à réaliser qu'en l'absence de résultat des autres investigations, sauf lorsqu'il s'agit d'une zone notoirement contaminée. L'ensemble du terrain devra être inspecté. Les sources potentielles d'exposition sont les peintures des équipements et clôtures, et le plomb contenu dans la terre.*

6.1 Lieux de garde ou de séjour dans un immeuble d'habitation

Logements à enquêter

Outre le domicile familial actuel, d'autres habitations peuvent être ou avoir été fréquentées par l'enfant intoxiqué : logement de l'assistante maternelle ou des voisins, logement des personnes de l'entourage, logement loué pour les vacances, domicile antérieur...

Ces logements constituent des lieux d'exposition potentielle qu'il convient d'enquêter ou non, selon différents critères d'appréciation :

- la découverte ou non d'une source probable d'intoxication au domicile,
- la fréquentation plus ou moins régulière du logement par l'enfant,
- la connaissance éventuelle de facteurs de risque pour cet immeuble : date approximative de construction, mauvais état d'entretien, site industriel à proximité...,
- pour les logements fréquentés anciennement (location saisonnière ou ancien domicile), le caractère récent ou non de cette fréquentation, en lien avec le niveau de la plombémie.

De façon générale, ce n'est qu'en cas d'absence de source probable d'intoxication au domicile que la recherche de plomb doit s'étendre à un autre lieu de vie.

On ne recherchera pas le plomb dans un logement quitté depuis plus d'un an, ni dans un lieu de vacances quitté depuis plus de trois mois.

Service intervenant

Au cas où le logement est situé à l'extérieur de la zone de compétence territoriale du service chargé de l'investigation du cas, celui-ci doit informer la Ddass ou le SCHS du lieu à visiter. Il existe deux modalités d'intervention :

- les deux services interviennent ensemble, ce qui permet au service chargé de l'investigation du cas d'avoir une meilleure compréhension du risque d'exposition,
- seul le service territorialement compétent intervient, en s'appuyant sur les éléments qui lui ont été transmis concernant les lieux fréquentés par l'enfant. Cette solution est à privilégier si le logement à visiter est très éloigné du domicile.

Dans les deux cas, un diagnostic peut être réalisé par un opérateur, agréé dans le département du lieu à enquêter.

Accès aux locaux et confidentialité

C'est par l'intermédiaire des parents que les autres lieux de vie sont connus. Si une visite de ces lieux est estimée nécessaire, il faut l'expliquer aux parents et leur demander, soit d'avertir eux-mêmes l'occupant du logement, soit d'autoriser l'enquêteur à prendre contact avec lui directement.

Il est difficile de ne pas informer l'occupant du logement de la raison de l'enquête. Il lui sera demandé de garder cette information confidentielle. Il lui sera aussi expliqué l'intérêt que

présente la recherche du plomb pour les autres personnes qui occupent ou fréquentent le logement. Au cas où l'occupant refuse l'accès au logement, on peut lui rappeler que le code de la santé publique prévoit la possibilité pour l'administration d'en demander l'autorisation au juge des référés (article L. 1334-4). Toutefois le recours à une telle procédure serait une solution de dernière extrémité.

Méthodes d'enquête

En théorie, l'enquête environnementale dans un logement non habité par la famille ne devrait viser que les locaux fréquentés par l'enfant pour lequel cette enquête est menée. Dans la pratique, il est indispensable de s'intéresser à l'exposition éventuelle des autres personnes qui fréquentent le logement, surtout si des enfants sont concernés.

L'enquêteur pourra s'appuyer sur le questionnaire type utilisé pour le domicile pour se guider dans l'investigation concernant l'enfant. Les questions seront à poser à la personne qui est en charge de l'enfant dans le logement visité (assistante maternelle, entourage familial...), ou aux parents eux-mêmes pour un ancien domicile ou une location saisonnière. Pour l'analyse du plomb, on se référera aux mêmes raisonnements et méthodes que pour le domicile, mais en élargissant la recherche du plomb aux lieux éventuellement fréquentés par d'autres enfants.

Information des occupants

Les occupants n'ont pas à être informés des conclusions de l'enquête environnementale concernant l'enfant intoxiqué.

En cas de mise en évidence de sources d'exposition au plomb, ils doivent par contre recevoir des conseils de prévention et être informés des actions administratives éventuellement envisagées. Au cas où le logement est le lieu d'exercice d'une activité de garde d'enfants, les parents devront être informés, de même que le service de PMI du Conseil général. Le dépistage des enfants fréquentant le même logement peut être éventuellement conseillé, en fonction de l'évaluation qui est faite du risque d'exposition.

6.2 Ecole ou lieu de garde collectif

6.2.1 Rappel sur les risques

La contamination d'un enfant par le plomb présent dans les revêtements d'un habitat ou d'un équipement collectif ne dépend pas seulement de la présence de plomb au sein de ces revêtements : cette contamination est aussi liée à des facteurs favorisant tels que la présence massive de poussières, la suroccupation, les difficultés de surveillance. En milieu scolaire ou de garde collective, le risque d'intoxication par exposition « générale » est donc en principe très réduit : sauf exception, le ménage est fait quotidiennement par voie humide, les locaux sont plus vastes qu'en milieu domestique, et les enfants sont globalement bien surveillés. Il y a très peu de chance qu'un enfant s'intoxique du simple fait de l'exposition aux poussières.

Le risque essentiel est lié à des comportements individuels de grattage d'écaillés. Ces comportements de grattage (qui ne relèvent en aucun cas du pica au sens psychiatrique du terme) peuvent se retrouver pendant des heures de classe, pendant des heures de sieste, ou des heures de récréation. Il faut garder à l'esprit aussi la possibilité d'ingestion de produits divers utilisés lors d'activités éducatives.

6.2.2 Décision d'inclusion de l'école

Le risque majeur d'intoxication est celui de l'habitat. Comme dit précédemment, la recherche initiale de plomb s'effectue d'abord au domicile et dans les autres habitats. Ce n'est qu'en cas d'échec de cette première étape que la recherche de plomb doit s'étendre à l'école ou au lieu de garde collective.

La décision d'inclure l'école dans l'enquête environnementale doit également prendre en compte la date de construction de l'école. Toutefois, l'expérience montre que la présence de plomb soluble peut être retrouvée dans des sites construits postérieurement à 1949. Notamment les parties métalliques extérieures (grilles de la cour par exemple) ont pu être peintes au minium jusque dans les années 1990. Une école récente peut être exclue de l'enquête dans un premier temps, mais il sera prudent de la visiter en cas de recherche infructueuse dans les autres lieux de vie de l'enfant.

6.2.3 Réalisation de la recherche de plomb

Points communs aux autres types de recherche

La recherche de plomb en milieu scolaire ou de garde suit les mêmes principes que celle menée en milieu habité : les techniques d'investigation, le choix des points de mesure (nombre de points de mesure, topographie de ces points, investigations des huisseries, etc.) obéissent aux protocoles généraux.

Points spécifiques

L'enquête environnementale en milieu collectif présente cependant des caractéristiques particulières.

Stratégie de l'enquête

En théorie, l'enquête environnementale en milieu scolaire ou de garde ne devrait viser que les locaux fréquentés par l'enfant pour lequel cette enquête est menée. Dans la pratique, il paraît difficile de ne pas inclure la totalité de l'école concernée, surtout si l'examen des seuls locaux fréquentés par l'enfant s'est révélé positif.

Organisation de l'enquête

Le très grand nombre de points de mesures, la surface des locaux explorés, impliquent une organisation particulière ; plusieurs opérateurs sont, en général, nécessaires, d'autant que l'enquête ne peut se mener qu'hors du temps scolaire. Il est indispensable de disposer au préalable des plans du site.

Préalablement à la mesure elle-même, une visite des classes avec les enseignants est souvent très utile. Les enseignants connaissent en effet parfaitement les habitudes des élèves¹⁸, et peuvent donner des éléments importants (radiateur régulièrement gratté par tel ou tel enfant, par exemple)¹⁹.

Dans les groupes scolaires mixtes (élémentaires et maternelles), il est utile de vérifier auprès de la direction que des classes d'un niveau ne sont pas implantées dans les bâtiments dévolus à un autre niveau (ex : grande section de maternelle incluse dans le bâtiment de l'école primaire, salle informatique utilisée en commun...). On n'oubliera pas de vérifier l'existence de locaux spécifiques pour les centres de loisirs implantés dans les écoles ou utilisés par les élèves de l'école.

Points de mesures

Un certain nombre de zones sensibles sont à repérer. Il s'agit en particulier :

- des dortoirs des classes de maternelles, et notamment des plinthes,
- des ferronneries, radiateurs...,
- des bancs dans les cours de récréation,
- des revêtements muraux des WC (enfants sans surveillance).

Dans les écoles maternelles et les petites sections d'écoles élémentaires, on veillera aux « coins lecture » ou « coins repos », situés à ras du sol : ces zones sont moins surveillées

¹⁸ On abordera plus bas la question de la confidentialité et de l'information des enseignants

¹⁹ Cette visite préalable a d'ailleurs une autre vertu : elle permet à la fois de dédramatiser le problème, et de proposer éventuellement de « petits moyens » en attendant des travaux plus pérennes (écartement des tables du mur, par exemple).

par les maîtres, et leur aménagement - coussins, etc.- peuvent masquer des zones de revêtements dégradés.

Interprétation des résultats

L'interprétation des résultats est un élément complexe de l'enquête : on peut fréquemment se trouver confronté à des résultats au dessus des seuils réglementaires, sans pour autant que ces données n'emportent la conviction épidémiologique : c'est par exemple le cas de valeurs modérément supérieures aux seuils, qui expliquent difficilement une intoxication importante chez un enfant scolarisé depuis quelques semaines dans l'école ou gardé depuis peu dans la crèche. Dans ce type de situations, le dosage de plomb physico-chimique peut être utile en éliminant une fausse positivité du site scolaire. Mais il reste des cas où le bon sens commandera de séparer l'attitude réglementaire (qui imposera le recouvrement des zones positives) et l'attitude épidémiologique (qui imposera de continuer l'enquête sans se satisfaire de la découverte de ces zones positives).

6.2.4 Questions liées à la confidentialité et au partage des données

Ces questions se posent « en entrée » et « en sortie » d'enquête.

Entrée d'enquête

Lorsque la décision est prise d'inclure l'école ou le lieu de garde dans l'enquête environnementale, quelles sont les règles de confidentialité ? Plusieurs principes généraux doivent être rappelés :

La plombémie d'un enfant, et l'existence même d'un dosage de plombémie le concernant, relèvent du secret médical, et ne peuvent être communiquées à personne sauf accord explicite des parents ou des représentants du mineur.

Il ne saurait être question donc de justifier l'enquête en milieu scolaire ou de garde par l'annonce d'une intoxication de tel ou tel enfant.

Dans le même temps, intervenir sans aucune communication présente des inconvénients certains :

- pour l'enfant lui-même : l'encadrement peut avoir repéré des comportements expliquant l'intoxication, qu'il serait dommageable d'ignorer.
- pour la gestion générale de l'enquête : l'invocation du secret peut donner le sentiment « qu'on cache des choses », et déclencher des inquiétudes injustifiées.

Concrètement, on peut donc élaborer différentes stratégies :

- si la famille est en confiance avec l'instituteur ou l'encadrement du lieu de garde, il peut être proposé après accord explicite des parents de rencontrer ces personnes pour évaluer avec elles le risque réel (lieu de sommeil de l'enfant, grattages éventuels, etc.). Ce partage d'information devrait se faire en présence d'un professionnel de santé, afin d'éviter tout « emballement institutionnel de l'angoisse ». En aucun cas il ne peut s'agir d'un partage « généralisé » : une ou deux personnes peuvent être concernées, mais pas une équipe en globalité. Cette hypothèse devra cependant être bien pesée, en anticipant d'éventuels effets secondaires (stigmatisation - même involontaire - de l'enfant, aggravation de l'angoisse des parents, inclusion de l'école ou de la crèche dans les objets d'inquiétude, etc.).

- dans les autres cas, il peut être proposé à la famille d'associer à l'enquête le médecin de crèche ou le médecin scolaire : celui-ci devra cependant respecter de la même façon le secret médical.

Ailleurs, l'enquête sera conduite dans toute l'école ou la crèche sans explication nominative, sur la base d'une vérification systématique.

Sortie d'enquête

A l'issue de l'enquête, le milieu scolaire va être considéré comme potentiellement à l'origine de l'intoxication, ou non.

Mais il est probable que l'enquêteur se verra interrogé par l'équipe et/ou la direction de l'établissement concerné, voire par l'association de parents d'élèves.

Il semble évident que les résultats doivent être transmis à la direction de l'établissement, celle-ci ayant la responsabilité d'informer les équipes et les parents si elle le juge utile, et les tutelles si des travaux semblent nécessaires.

Mais il convient d'accompagner cette transmission d'une pédagogie détaillée du risque réel, et des moyens de réduire ce risque.

6.2.5 Extension du dépistage

En cas de diagnostic positif, est-il légitime de proposer une extension du dépistage à l'ensemble des enfants fréquentant cet établissement ?

La décision ne relève pas de l'enquête environnementale elle-même, mais de l'autorité sanitaire.

L'enquête environnementale sera cependant l'occasion de relever des éléments d'aide à la décision importants :

- niveau de concentration,
- état de dégradation des revêtements,
- pratiques de nettoyage et de surveillance,
- organisation générale des locaux, du mobilier, de la journée des enfants, etc.

6.3 Espaces de loisir extérieurs hors domicile

Il est utile de resituer l'aire de jeux sur un plan général du quartier afin de vérifier qu'elle ne se trouve pas à proximité d'une source polluante ou sur un ancien site industriel. Sauf lorsqu'il s'agit d'une zone contaminée ou potentiellement contaminée par le plomb, la visite des lieux de jeu extérieurs n'est à réaliser qu'en l'absence de résultat des autres investigations.

L'ensemble du terrain devra être inspecté. En effet il peut être difficile d'identifier le parcours exact de l'enfant au sein de l'espace de jeux, même si les informations recueillies auprès des parents ou de l'enfant peuvent, dans certains cas, amener à identifier une zone précise sur laquelle jouerait l'enfant.

Les sources potentielles d'exposition sont les peintures et le plomb des sols. Un certain nombre de zones sensibles sont à repérer. Il s'agit en particulier :

- des jeux mis à disposition de l'enfant (balançoire, tourniquet, structures d'escalade...)
- des grillages, grilles, poteaux... servant à clore l'aire de jeu ou à accéder à l'espace récréatif,
- des volets, fenêtres et autres boiseries donnant sur l'espace de jeu qui peut parfois être par exemple une cour intérieure, un trottoir...
- du bac à sable,
- d'une zone de terre directement accessible (au pied d'un poteau ou d'un arbre par exemple).

En cas de découverte de plomb accessible, des actions de protection devront être entreprises sans délai :

- s'il s'agit d'une aire gérée par une autorité publique ou privée, sa fermeture pourra être demandée en attente de suppression du risque,
- s'il s'agit d'un terrain vague pollué, il pourra être nécessaire, outre sa clôture, d'informer la population pour éviter sa fréquentation.

Dans les deux cas pourra se poser la question d'un éventuel dépistage des enfants qui fréquentaient les lieux. L'enquête environnementale sera l'occasion de relever des éléments d'aide à la décision :

- modes de fréquentation et surveillance,

- niveaux de concentration en plomb de revêtements, de sols, de poussières,
- état de dégradation des revêtements contenant du plomb,
- pratiques de nettoyage et de surveillance...

7 Méthodes d'échantillonnage, prélèvement et analyse du plomb dans différents media et valeurs de référence

Sauf dans le cas particulier des mesures de terrain par fluorescence X, l'analyse du plomb nécessite le recours à un laboratoire. L'Annexe 6 donne des indications sur les critères généraux de choix d'un laboratoire et liste les types de laboratoires aptes à rechercher le plomb dans les différents milieux.

7.1 Peintures et autres revêtements

Les revêtements susceptibles de contenir du plomb sont principalement les peintures, mais aussi les enduits, les papiers peints contenant une feuille de plomb et les revêtements d'étanchéité en plomb.

La recherche de plomb dans les revêtements doit être faite à l'aide d'un appareil portable à fluorescence X (XRF), qui permet de réaliser rapidement un grand nombre de mesures et de disposer des résultats sans délai d'analyse. La méthodologie d'échantillonnage est différente selon les objectifs qui sont poursuivis : recherche des causes possibles de l'intoxication ou mesurages systématiques en vue de fonder une procédure administrative de travaux. Dans tous les cas, on recherchera le plomb :

- aux endroits éventuellement grattés par l'enfant,
- sur les revêtements dégradés qui sont à portée de main de l'enfant,
- aux endroits, même apparemment en bon état, que l'enfant suce ou mâchonne,
- sur les revêtements dégradés hors de portée de l'enfant mais susceptibles de provoquer l'émission de poussières de plomb,
- sur les surfaces, même apparemment en bon état, sur lesquelles s'exercent des frictions ou des chocs susceptibles de provoquer une émission chronique de poussières de plomb.

La valeur de référence en dessous de laquelle la contribution significative de la peinture à l'exposition de l'enfant est peu probable est de 1 mg/cm².

Dans certaines situations, il peut être nécessaire de réaliser des analyses chimiques des peintures à partir d'un échantillon prélevé (analyse XRF impossible, souhait d'avoir une indication sur la toxicité réelle de la peinture). L'analyse pratiquée est celle du plomb acido-soluble. La valeur de référence est de 1,5 mg/kg.

7.1.1 Mesure par appareil portable à fluorescence X

7.1.1.1 Principe de la mesure et limites des appareils

La fluorescence X (abréviation XRF : X-Ray Fluorescence) est une méthode d'analyse non destructive. Elle peut être mise en œuvre in situ à l'aide d'un appareil portatif.

Le principe de la mesure consiste à irradier la surface à analyser à l'aide d'un faisceau de rayonnements ionisants suffisamment énergétiques (rayons X et/ou gamma), afin d'ioniser les couches K et/ou L des atomes de plomb contenus éventuellement dans la peinture. Le réajustement électronique des atomes de plomb ionisés génère l'émission d'un spectre dit de « fluorescence ». Un détecteur contenu dans l'appareil analyse le spectre de fluorescence X émis et mesure l'intensité des raies. Grâce au système d'intégration de l'appareil, le résultat est exprimé en milligrammes par centimètre carré de surface (mg/cm²).

L'appareil peut détecter le plomb présent sous plusieurs couches de peinture ou même sous un papier peint, mais avec une erreur qui croît avec la profondeur. Les rayonnements sont en effet absorbés par le matériau et l'effet d'éloignement diminue aussi le signal capté. Les appareils n'ont pas tous les mêmes capacités de détection en profondeur selon qu'ils utilisent la raie L ou la raie K. En effet la raie L est très rapidement absorbée par le matériau

analysé. Les appareils n'utilisant que la raie L peuvent donc donner plus rapidement des résultats faussement négatifs si le plomb est contenu en profondeur. C'est le cas des appareils utilisant un tube à rayon X comme source d'énergie, qui n'ont pas la possibilité d'exciter les raies K, du fait d'une puissance insuffisante [7].

Des interférences avec d'autres éléments (zinc, titane, baryum) peuvent fausser les mesures. Elles sont plus ou moins corrigées par l'électronique de l'appareil.

Les appareils utilisant à la fois les raies L et K peuvent faire une comparaison de ces raies et en déduire une indication sur la profondeur du plomb dans le matériau mesuré.

Les appareils à fluorescence X ne permettent pas d'avoir une connaissance de la forme chimique dans laquelle se trouve le plomb, donc de la toxicité plus ou moins importante du revêtement.

Dans certaines situations, il n'est pas possible physiquement d'apposer correctement l'appareil sur la surface à analyser : surface non plane, surface trop petite, surface d'accès difficile. Dans ce cas, il faut recourir à une méthode d'analyse chimique.

Il est important d'utiliser l'appareil dans les conditions prévues par le fabricant, et de réaliser les calibrations ou les vérifications de calibration préconisées.

Les appareils portatifs à fluorescence X permettent de réaliser un grand nombre de mesures rapidement et donnent un résultat en quelques dizaines de secondes. Ils permettent de connaître la concentration estimée en plomb, avec un intervalle d'incertitude pour la plupart des appareils. Ils indiquent si le résultat est supérieur ou inférieur à la valeur limite de 1 mg/cm², ou bien qu'il n'est pas possible de conclure lorsque la valeur de 1 mg/cm² se trouve à l'intérieur de l'intervalle d'incertitude.

La présence de sources radioactives scellées dans l'appareil soumet l'organisme détenteur et les utilisateurs à des obligations réglementaires et au respect de conditions de sécurité, notamment :

- autorisation de la Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection ;
- présence au sein de l'organisme détenteur d'au moins une personne possédant une attestation de compétence en radioprotection, délivrée par un organisme agréé ;
- connaissance et respect des consignes de sécurité par l'organisme détenteur et les utilisateurs.

7.1.1.2 Echantillonnage

Les revêtements susceptibles de contenir du plomb sont les peintures, les enduits, les papiers peints contenant une feuille de plomb, les revêtements d'étanchéité en plomb (couverture de balcon, bavettes, couvre-joints...).

Les PVC et les carrelages contiennent fréquemment du plomb qui n'est pas considéré comme accessible, donc n'est pas à rechercher. L'identification du matériau plomb constituant une conduite d'eau ou de gaz ne nécessite pas de mesure : le son mat au choc permet de les différencier d'autres matériaux.

La méthodologie d'échantillonnage est différente selon les objectifs qui sont poursuivis :

Recherche des causes possibles de l'intoxication

La stricte recherche des causes possibles de l'intoxication amène à prioriser les mesures dans les lieux qui sont les plus fréquentés par l'enfant, en fonction des indications obtenues par questionnement des parents (ou des personnes en charge de l'enfant) et de l'observation des lieux de vie. Dans le logement, on s'intéressera en général prioritairement à la chambre, la cuisine, les toilettes, les lieux de jeux à l'intérieur du logement, et le cas échéant le balcon et les parties communes intérieures (escalier, couloir, hall d'entrée...). Si la cour ou le jardin est très fréquenté par l'enfant, les peintures extérieures seront mesurées systématiquement.

Dans ces lieux, on recherchera le plomb des revêtements en priorité :

- aux endroits éventuellement grattés par l'enfant (ou plutôt à proximité immédiate car la mesure risque d'être nulle à l'endroit précis où le revêtement a été arraché),
- à proximité des revêtements dégradés à portée de main de l'enfant, notamment sur les plinthes, les bas de murs, les allèges de fenêtre, les fenêtres, les radiateurs, les zones accessibles à l'enfant à partir de son lit ou en montant sur une chaise...
- aux endroits, même apparemment en bon état, que l'enfant suce ou mâchonne : rebords d'appuis de fenêtre, angles de porte, balcons recouverts de plomb métal...
- dans ou à proximité de revêtements dégradés hors de portée de l'enfant mais susceptibles de provoquer l'émission de poussières de plomb,
- sur les surfaces, même apparemment en bon état, sur lesquelles s'exercent des frictions ou des chocs susceptibles de provoquer une émission chronique de poussières de plomb (fenêtres notamment).

En cas de présence de plomb dans ces revêtements, et en tenant compte de leur état et du comportement de l'enfant, l'enquêteur peut estimer inutile de faire des investigations plus systématiques pour forger sa conclusion et étayer les premiers conseils à la famille. Un opérateur de diagnostic pourra intervenir dans un second temps pour étayer précisément une procédure de travaux d'urgence.

En cas d'absence de plomb, les mesures devront être réalisées de façon plus systématique, d'abord sur l'ensemble des parties dégradées, puis en cas d'absence de plomb, sur les parties en bon état accessibles à l'enfant. Il sera aussi nécessaire d'étendre les mesures aux lieux extérieurs, et aux lieux moins souvent fréquentés par l'enfant.

La connaissance de la date approximative de construction peut guider l'enquêteur pour des mesurages plus ou moins approfondis. L'absence de plomb dans les peintures intérieures d'immeubles parisiens postérieurs à 1949 n'est pas étonnante et ne nécessitera pas de mesurages trop systématiques pour être vérifiée. Par contre il faudra rester vigilant sur les parties métalliques intérieures comme extérieures, qui peuvent avoir été peintes au minium bien après cette date.

La connaissance de particularités locales d'utilisation des peintures au plomb doit aussi permettre d'adapter la méthodologie de recherche du plomb dans les revêtements.

Mesurages en vue d'une procédure administrative

Si le service chargé de l'investigation ne fait pas appel à un prestataire, ou bien s'il est d'usage que le prestataire intervienne dès la première visite, il faudra alors réaliser dès le départ un diagnostic conforme aux dispositions réglementaires (arrêté relatif au diagnostic du risque d'intoxication par le plomb des peintures prévu par les articles L 1334-1 et L 1334-2 du code de la santé publique²⁰).

Les lieux habités ou fréquentés par des mineurs (donc pas seulement l'enfant intoxiqué) doivent être inspectés. Chaque ensemble d'éléments de construction homogènes (unités de diagnostic) dont la surface est dégradée font l'objet de mesures. Les unités de diagnostic dégradées contenant du plomb sont listées dans le rapport et la nature et l'étendue des dégradations y sont indiquées.

Cette méthodologie systématique permet de définir précisément quels travaux sont à réaliser pour rendre le plomb inaccessible. Elle permet aussi de disposer des éléments nécessaires pour l'enquête environnementale. Il faudra veiller toutefois à ce qu'un travail précis mais routinier ne laisse pas de côté des locaux inhabituellement fréquentés par des enfants et dont le diagnostic n'est pas prévu dans le contrat de travail du prestataire.

²⁰ Arrêté du 12 juillet 1999 en cours de modification à la date de rédaction du présent guide

Mesurages systématiques à des fins préventives

Il est possible d'aller plus loin dans la réalisation des mesures, et de se rapprocher de la méthodologie des diagnostics réalisés lors de la vente de logements anciens (constats de risque d'exposition au plomb ou « Crep » prévus par l'article L 1334-5 du code de la santé publique), c'est-à-dire en mesurant systématiquement chaque unité de diagnostic, quel que soit son état. Cette attitude peut être dictée par le souhait d'informer le propriétaire et l'occupant de la présence de revêtements contenant du plomb sur l'ensemble de son bien, à titre de prévention, notamment dans la perspective de travaux qui pourraient aller plus loin que la réfection des revêtements dégradés. On pourra se référer à l'arrêté relatif à la réalisation des Crep pour la méthodologie de ces mesurages.

7.1.1.3 Méthodes de relevé des résultats

Différentes méthodes sont utilisées pour le relevé des résultats des mesurages et des constatations visuelles de l'état des revêtements : listes automatisées, listes manuelles, indications portées sur des schémas en plan et en élévation...

Il sera toujours utile de réaliser un plan du logement pour repérer les pièces. La désignation des différents éléments mesurés devra être standardisée. La localisation des points de prélèvement sera relevée de façon non équivoque. Toutes les mesures réalisées seront notées. L'état du revêtement sera noté, en particulier l'existence de traces de grattage ou autres dégradations pouvant être dues à l'enfant (voir le questionnaire d'enquête à domicile en Annexe 3).

Le relevé des résultats devra être conforme à la réglementation s'il s'agit d'un diagnostic réglementaire.

7.1.1.4 Valeurs de référence

Un seuil réglementaire de concentration surfacique en plomb dans les peintures a été défini pour la première fois en France par l'article 4 de l'arrêté du 12 juillet 1999 relatif au diagnostic d'intoxication par le plomb des peintures : le diagnostic était considéré comme « positif » pour un élément unitaire du bâtiment si la concentration surfacique en plomb du revêtement était supérieure ou égale à 1 milligramme par centimètre carré (1 mg/cm²). Ce seuil devait être repris par l'arrêté modificatif²¹. Il fait la part entre les éléments du bâtiment devant faire l'objet de travaux lorsque la peinture est dégradée et ceux pour lesquels des travaux ne sont pas considérés comme nécessaires malgré un état dégradé.

Il n'y a pas eu d'étude en France pour justifier l'adoption de ce seuil. Cette valeur a été reprise de la valeur recommandée aux USA au niveau fédéral. La loi américaine de 1992 (The Residential Lead-Based Paint Hazard Reduction Act) a confirmé cette valeur pour la définition d'une peinture à base de plomb déterminant des actions correctives en cas de détérioration des surfaces. Les évaluations de risque réalisées par la suite n'ont pas amené de révision de cette valeur, alors qu'une diminution du seuil concernant les poussières a été faite en 2001 [120;121]. L'USEPA (United States Environmental Protection Agency) indique qu'elle manque de données de terrain permettant de justifier une modification de ce seuil, et qu'il convient de ne pas diluer les ressources disponibles en fixant des seuils trop exigeants. Cette valeur n'est donc pas à considérer comme un seuil en dessous duquel il n'y aurait aucun risque. C'est seulement un des critères permettant de définir les situations dans lesquelles une réduction du risque lié aux peintures à base de plomb doit être entreprise.

En cas d'ingestion chronique de peinture ayant une concentration en plomb inférieure à 1 mg/cm², il n'est pas exclu que la plombémie puisse être supérieure à 100 µg/L, même si cette situation est probablement très rare (voir paragraphe 8.2 page 84).

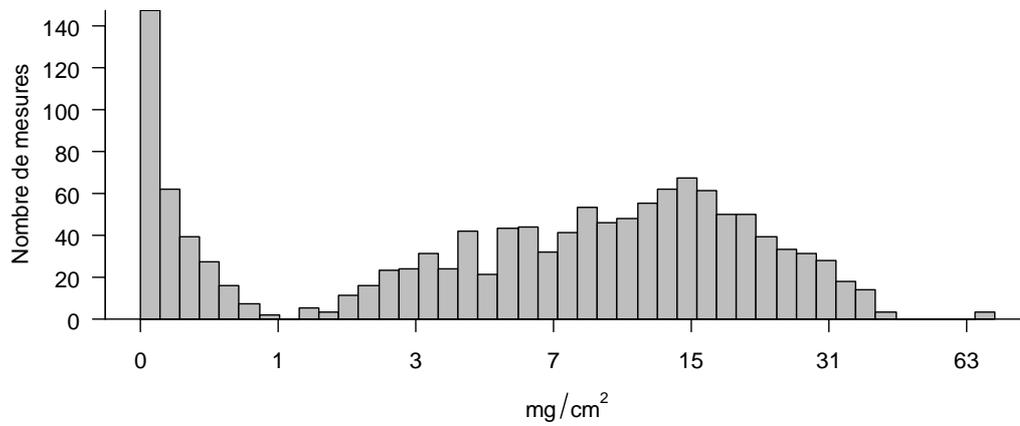
La discussion de la validité sanitaire du seuil de 1 mg/cm² est toutefois quelque peu théorique. La Figure 11 donne la distribution des valeurs de plomb dans les peintures mesurées dans 30 logements anciens par le Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris

²¹ Non encore paru à la date de rédaction du présent guide

(LHVP) à l'occasion de l'investigation de cas de saturnisme²² [7]. Cette distribution montre que la valeur de 1 mg/cm² a une fréquence faible et qu'elle sépare correctement deux groupes de résultats :

- des valeurs supérieures à 2 mg/cm², qui correspondent à des peintures à forte charge en plomb, ce qui est le cas des peintures à la céruse et des peintures au minium, ces deux sels de plomb étant, de plus, très solubles dans le suc gastrique,
- des valeurs inférieures à 0,5 mg/cm², qui correspondent soit à l'incertitude de mesure des appareils, soit à la présence de peintures ayant des siccatifs au plomb, les formes chimiques du plomb étant alors, de plus, peu acido-solubles [78].

Figure 11 : distribution des mesures de plomb (mg/cm²) dans les peintures réalisées par le LHVP dans 30 logements parisiens



Cette distribution montre aussi qu'il peut être observé fréquemment des concentrations très élevées.

Dans certaines situations, il peut arriver que les peintures contiennent des concentrations relativement constantes de plomb ne dépassant guère 2 mg/cm². Dans ces situations, il est possible qu'on soit en présence de peintures contenant des sels de plomb peu toxiques. Pour le vérifier, il est possible de réaliser un prélèvement pour analyse du plomb acido-soluble.

7.1.2 Prélèvements et analyses d'échantillons de peintures en laboratoire

7.1.2.1 Intérêt et échantillonnage

Comme dit précédemment, l'analyse chimique d'échantillons de peinture peut être utile dans deux situations :

- impossibilité d'accès de l'appareil au point de mesure,
- souhait d'avoir une indication sur la toxicité réelle de la peinture pour des valeurs uniformément basses dans un local (< 2 mg/cm²) mais supérieures à 1 mg/cm².

Dans le cadre de l'investigation d'un cas, l'analyse chimique à seule fin de vérifier si le seuil de 1 mg/cm² est dépassé pour un élément du bâtiment pour lequel la mesure par fluorescence X est non concluante n'a pas vraiment d'intérêt. Mais elle peut être nécessaire dans le cadre d'un diagnostic.

²² L'histogramme représente la distribution des valeurs transformée par $y=\log(x+1)$ mais l'échelle est celle des données originales (mg/cm²)

7.1.2.2 Prélèvements des échantillons

Les conditions de prélèvement ont un impact important sur le résultat. Les couches contenant du plomb étant en général les plus anciennes, elles peuvent ne pas être incluses dans le prélèvement d'une écaille se décrochant spontanément. Par contre l'écaille peut être la plus représentative de ce qu'un enfant ingère lorsqu'il porte à la bouche des fragments de revêtement.

Pour avoir une évaluation de la concentration moyenne des écailles que peut détacher l'enfant, on prélèvera des écailles avec une pince à épiler.

Au cas où l'enfant gratte les peintures avec l'ongle ou les ronge avec les dents, on peut souhaiter connaître la concentration moyenne de la peinture sur l'ensemble des couches. Dans ce cas il faut prélever avec un grattoir, en veillant à inclure la couche la plus profonde, tout en limitant au minimum l'arrachement de support pour éviter la dilution du plomb de l'échantillon. Pour éviter la dissémination de poussière et la perte d'une partie de l'échantillon lors du prélèvement, il est possible de scotcher par son bord supérieur une feuille de plastique ou de papier lisse apposée en dessous du point de prélèvement et de soulever le bord inférieur pour recueillir le matériau lors de son décrochement.

L'ensemble de l'échantillon est placé dans une poche ou un tube plastique (exempt de plomb) sur lequel sont portées les références de l'échantillon. Une fiche de prélèvement est remplie (exemple en Annexe 7).

7.1.2.3 Analyse des échantillons

Les échantillons sont analysés au laboratoire après une phase d'extraction par acide et filtration suivie d'une phase de dosage.

Deux types d'analyse peuvent être réalisés : le plomb total et le plomb acido-soluble.

L'analyse du plomb total est réalisée par digestion acide complète de l'échantillon puis dosage du plomb dans la solution.

L'analyse du plomb acido-soluble est une méthode qui consiste à simuler la solubilisation du plomb dans l'estomac. Elle donne une meilleure évaluation de la toxicité du revêtement. Cette méthode est inspirée de celle qui est utilisée pour l'analyse des jouets, qui peuvent être mis à la bouche par les enfants.

Dans les deux cas, les résultats sont exprimés en mg/g.

Des indications sur les protocoles d'analyse sont données en Annexe 8.

7.1.2.4 Valeurs de référence

Selon l'arrêté du 12 juillet 1999, le diagnostic était considéré comme positif pour un « élément unitaire » du bâtiment lorsque au moins l'une des conditions suivantes était vérifiée pour au moins une des mesures réalisées sur cet élément²³ :

« - soit la concentration surfacique en plomb total mesurée à l'aide d'un appareil portable à fluorescence X est supérieure ou égale à 1 milligramme par centimètre carré (1 mg/cm²) ;
- soit la concentration en plomb total mesurée en laboratoire sur un échantillon est supérieure ou égale à 5 milligrammes par gramme (5 mg/g) ;
- soit la concentration massique en plomb acido-soluble mesurée en laboratoire sur un échantillon est supérieure ou égale à 1.5 milligramme par gramme (1.5 mg/g). »

L'arrêté modificatif²⁴ a abandonné la référence au plomb total, mais la valeur de 5 mg/g en plomb total est toujours une des deux valeurs réglementaires définissant la peinture au plomb aux Etats-Unis (avec la valeur de 1 mg/cm²). Elle est considérée comme statistiquement équivalente à la concentration surfacique de 1 mg/cm².

²³ Les méthodes d'analyse n'étaient pas définies.

²⁴ Arrêté non encore paru à la date de rédaction du présent guide

Un calcul rapide permet de le vérifier ; on peut en effet formaliser les relations entre mesures surfaciques et massiques de la manière suivante :

$$[\text{Pb}]_{\text{Peintures}} \text{ (mg/g)} = [\text{Pb}]_{\text{XRF}} \text{ (mg/cm}^2\text{)} / [\text{Epaisseur de la couche de peintures (cm)} \times \text{Densité de la peinture (g/cm}^3\text{)}]$$

Pour une couche de peinture de 0,1 cm d'épaisseur, de densité supposée 2 g/cm³, un résultat de 1 mg/cm² correspond bien, selon cette formule, à une concentration pondérale de 5 mg/g.

A titre comparatif, la réglementation sur l'étiquetage des pots de peintures rendait cet étiquetage obligatoire à partir d'une concentration limite en plomb total dans le produit (poids de plomb métal sur poids total de la préparation)²⁵ :

- supérieure à 2,5 mg/g dans l'arrêté du 12 octobre 1983,
- supérieure à 1,5 mg/g dans l'arrêté du 21 février 1990.

La mesure du plomb acido-soluble n'est pas préconisée aux Etats-Unis mais elle apparaît beaucoup plus intéressante car plus représentative de la toxicité du produit. La valeur de référence de 1,5 mg/g avait été adoptée par le Comité technique plomb en 1994 [37] comme « seuil pour conclure à la présence de plomb ». Cette valeur avait été préconisée comme seuil de dépistage dans une étude sur le dépistage du saturnisme à partir des caractéristiques de l'habitat réalisée par le SCHS d'Aubervilliers [62]. L'auteur constatait cependant un rendement marginal faible du dépistage lorsqu'on passait du seuil de 5 mg/g au seuil de 1,5 mg/g.

Le rapport entre plomb acido-soluble et plomb total est évidemment variable selon les caractéristiques physicochimiques de la peinture.

Une comparaison a été réalisée par la Ddass des Hauts-de-Seine et le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris sur des échantillons prélevés principalement dans des habitats anciens sur des supports plâtre et bois, contenant principalement de la céruse [21]. Sur 54 échantillons, le rapport plomb acido-soluble sur plomb total était en moyenne de 0,49 (écart-type 0,29)²⁶.

Pour des peintures au chromate de plomb, le rapport est d'environ 5 % [22].

Pour la céruse, la valeur limite de 1,5 mg/g pour le plomb acido-soluble correspondrait ainsi à 3 mg/g pour le plomb total ; pour le chromate de plomb, elle correspondrait à 30 mg/g.

7.2 Poussières

La stratégie d'échantillonnage des poussières de l'habitation est fonction des objectifs poursuivis :

- évaluer l'exposition de l'enfant : les prélèvements doivent alors être faits dans les lieux qu'il fréquente le plus, et précisément sur les surfaces qu'il touche ou suce,
- mettre en évidence des sources de plomb qui contamineraient les poussières domestiques : la stratégie d'échantillonnage doit être adaptée en conséquence.

Le prélèvement se fait généralement à l'aide d'une lingette, mais il existe aussi des méthodes de prélèvement par aspiration ; on peut aussi envisager d'analyser le contenu du sac de l'aspirateur familial.

Les échantillons doivent être prélevés dans les pièces de vie de l'enfant, ou dans des lieux appropriés si on recherche une source particulière d'apport de plomb dans les poussières.

²⁵ La mise sur le marché et l'importation à destination du public de substances et de préparations contenant des composés du plomb est maintenant interdite ; voir 2.3.1.

²⁶ Pour le plomb total, la méthode de digestion était une fusion alcaline à 800 °C suivie d'une acidification par solution d'acide chlorhydrique ; pour le plomb acido-soluble, digestion partielle par ajout de HCL à 0,07mol/L et agitation pendant 1h à 37°C.

Le prélèvement de poussière par lingette peut avoir une très forte variabilité, surtout sur des surfaces rugueuses ou des moquettes. On peut réduire la variabilité en multipliant les prélèvements ou en réalisant des échantillons composites.

Les méthodes de prélèvement et d'analyse sont décrites par des textes réglementaires, sans toutefois être normalisées précisément en France. L'analyse habituelle en France est celle de la concentration surfacique de plomb acido-soluble. La valeur en dessous de laquelle l'exposition par les poussières peut être considérée comme faible est de 300 µg/m².

7.2.1 Intérêt des mesures de poussières

De nombreuses études menées aux Etats-Unis ont montré que les poussières de l'habitat sont la principale source d'exposition au plomb des enfants [53;85;87;89]. Des relations ont été établies par différents auteurs entre des mesures de plomb dans les poussières des logements et la plombémie des enfants. Toutefois, les estimations sont variables selon les études. Une des raisons en est que la collecte des poussières dans l'objectif d'une évaluation quantitative de l'exposition d'un enfant se heurte à de nombreuses difficultés : représentativité des surfaces échantillonnées par rapport à celles avec lesquelles l'enfant est en contact, représentativité de l'échantillon prélevé par rapport à ce que l'enfant peut recueillir en passant la main sur la surface puis ingérer en suçant ses doigts, biodisponibilité du plomb contenu dans les poussières, expression des résultats en concentration massique ou surfacique etc. La discussion méthodologique reste ouverte et des recherches sont encore à faire [91].

Dans le cadre de l'investigation d'un cas, on peut attendre de l'analyse des poussières :

- la confirmation d'une exposition importante par les poussières, dans un logement dont les peintures sont dégradées et riches en plomb,
- la mise en évidence d'une source d'exposition importante au plomb par les poussières malgré un état du logement peu dégradé ou l'absence de plomb dans les peintures,
- la génération ou la confirmation d'hypothèses sur l'origine du plomb des poussières dans ce cas : peintures (dégradation peu visible par délitement de surface, surfaces de friction ou d'impact, contamination résiduelle suite à des travaux...), apports liés à la profession des parents ou à des loisirs à risque, apports liés à la pollution extérieure (sols, industrie) etc.

7.2.2 Stratégies d'échantillonnage et de prélèvement

7.2.2.1 Stratégie d'échantillonnage

Elle est fonction des objectifs recherchés.

Si l'objectif est d'évaluer l'exposition de l'enfant, les prélèvements doivent être faits dans les lieux qu'il fréquente le plus, et précisément sur les surfaces qu'il touche ou suce.

Si l'objectif est de générer des hypothèses ou vérifier des hypothèses émises suite au questionnement des parents sur l'existence de sources d'exposition au plomb via les poussières, l'échantillonnage sera différent. Par exemple si on suspecte une activité de loisir pratiquée dans la maison de disséminer des poussières de plomb, il sera utile de prélever dans la pièce où cette activité est pratiquée.

La recherche du plomb dans les poussières lorsque les peintures sont riches en plomb et dégradées n'apportera pas, en général, d'information décisive et n'est donc pas à réaliser systématiquement. La décision de réaliser des prélèvements de poussière dans les autres situations est à prendre au cas par cas.

7.2.2.2 Stratégie de prélèvement

Les poussières peuvent être prélevées de différentes façons :

1- on peut se contenter de prélever le contenu de l'aspirateur familial et de mesurer la concentration massique en plomb des poussières (exprimée en µg/g). Dans ce cas, on ne

maîtrise pas les conditions de « prélèvement » de la poussière (quelles surfaces ont été passées à l'aspirateur, quelle est leur représentativité par rapport à l'exposition de l'enfant, poussières piégées différemment selon leur granulométrie...) On peut tout de même se renseigner auprès de la famille sur la façon dont elle a utilisé son aspirateur depuis le dernier changement ou vidage du sac à poussières. Le prélèvement dans le sac d'aspirateur familial est facile mais est à considérer comme une méthode grossière, utilisable pour la mise en évidence de hauts ou bas niveaux d'exposition par les poussières.

2- on peut aspirer les poussières par un aspirateur spécial associé à une méthode d'utilisation standardisée. La grandeur mesurée peut être la concentration massique de plomb dans les poussières (exprimée en $\mu\text{g/g}$) ou la concentration surfacique (exprimée en $\mu\text{g/m}^2$). L'utilisation de méthodes standardisées permet de diminuer la variabilité liée à la puissance d'aspiration, aux caractéristiques physiques de la surface prélevée (moquette ou surface dure), à la granulométrie des poussières, à l'humidité ambiante etc. Des méthodes par aspiration ont été utilisées aux USA pour l'étude des corrélations entre les poussières de l'habitat et la plombémie des habitants. Une méthode par aspiration a été utilisée en surveillance de l'exposition de la population américaine au plomb [120]. En France, ces méthodes sont encore du domaine de la recherche.

3- on peut prélever en essuyant la surface avec une lingette humide. C'est la méthode utilisée couramment en France dans le cadre de la réception des travaux de réduction du risque. Elle permet de mesurer la quantité de poussières par unité de surface, ou charge en plomb mais pas la concentration massique. Le résultat s'exprime en $\mu\text{g/m}^2$. Cette méthode est préconisée par le guide du ministère du logement et de l'urbanisme aux Etats-Unis [70], à la fois pour l'évaluation du risque lié au plomb d'un habitat et pour l'investigation d'un cas de saturnisme. Elle a l'avantage d'être plus facile à mettre en œuvre que les méthodes par aspiration, mais les résultats peuvent présenter une forte variabilité : plus petite surface échantillonnée, caractéristiques variables de la surface prélevée (sol lisse, sol plus ou moins rugueux, moquettes), pression plus ou moins grande du préleveur sur le sol, caractéristiques physiques de la lingette variables selon le fabricant (texture, type de solvant, taux d'humidité...), etc.

Différents auteurs ont comparé entre elles les différentes méthodes de prélèvement par aspiration et par essuyage, y compris dans leur efficacité à prédire la plombémie des occupants [2;54;84;86;89;119].

Les poussières récupérées par aspiration sont différentes de celles que l'on retrouve sur une lingette : une lingette ne peut pas récupérer toute la poussière qui se trouve sur un sol rugueux ; a contrario, elle peut piéger plus efficacement les poussières déposées sur des surfaces lisses.

Lanphear [86] comparait, pour différents types de mesures des poussières, les corrélations entre poussières de l'habitat et niveaux de plombémie des enfants ; pour les mesures réalisées sur des sols non moquetés, il trouvait les meilleures corrélations pour deux méthodes :

- une des méthodes par aspiration (méthode BRM) à condition d'exprimer les résultats en concentration surfacique plutôt qu'en concentration massique²⁷,
- pour le prélèvement par lingette (avec une légère différence en faveur de l'aspiration).

Sterling [119] confirmait ces résultats (avec une méthode par aspiration HVS3 proche de l'aspiration BRM) ; l'auteur concluait que la méthode par lingette est à privilégier pour les usages de surveillance et de contrôle de travaux du fait de sa simplicité mais qu'il faut privilégier la méthode HVS3 dans le domaine de la recherche.

C'est donc le prélèvement par lingette qui sera préférentiellement utilisé dans le cadre de l'enquête environnementale. Les méthodes d'échantillonnage, de prélèvement et d'analyse des poussières par lingettes sont précisées ci-après.

²⁷ Les modèles de prédiction de la plombémie utilisent cependant comme donnée d'entrée la concentration massique en plomb des poussières et non la concentration surfacique.

7.2.3 Méthodes d'échantillonnage par lingettes

Choix des lieux et points de prélèvement

La méthode de prélèvement par lingette a été normalisée en France par l'arrêté du 12 juillet 1999 concernant le contrôle des locaux après réalisation de travaux d'urgence. Elle consiste à prélever la poussière sur une surface de sol de 0,1 m² pour chaque local traité.

Ce texte s'est inspiré de la méthode définie par le guide du ministère américain du logement [70]. En fait plusieurs types de surfaces sont habituellement prélevés aux Etats-Unis, tant pour l'évaluation du risque d'un habitat que pour les vérifications après travaux, et font l'objet de valeurs limites réglementaires :

- sols,
- appuis de fenêtre intérieurs (window sill),
- partie de l'appui de fenêtre sur laquelle viennent buter les cadres des fenêtres à guillotine, très répandues aux Etats-Unis (window trough).

Ces deux dernières mesures sont destinées à évaluer l'exposition aux poussières détachées de la fenêtre par l'usure due au frottement des parties mobiles entre elles.

Comme dit plus haut, le choix des lieux et points de prélèvement dans le cadre d'une investigation est fonction des objectifs poursuivis : représentativité par rapport à l'exposition de l'enfant ou recherche/validation d'hypothèses. C'est pourquoi la fixation de lieux et points de prélèvement standardisés n'est pas possible. L'intérêt en serait la possibilité de comparer entre eux les résultats obtenus dans deux habitats différents, mais ce n'est pas l'objectif poursuivi dans le cadre de l'investigation d'un cas.

Pour obtenir une bonne représentativité par rapport à l'exposition, les échantillons doivent être prélevés dans les pièces de vie de l'enfant, de préférence aux endroits où il passe le plus de temps, par exemple :

- à l'intérieur du logement : zone de jeux à l'intérieur de la chambre ou dans d'autres pièces, couloirs, zone sous les fenêtres, cuisine, ...
- le cas échéant dans les parties communes intérieures : palier, couloir, hall...
- le cas échéant à l'extérieur : courettes, terrasse, cour d'école etc.

Si on cherche à générer ou valider des hypothèses d'apport de plomb par certaines sources, on peut s'écarter de la logique d'un lieu de prélèvement représentatif de l'exposition :

- prélèvement dans une pièce où une activité de loisir à risque est pratiquée, même si la pièce est peu fréquentée par l'enfant, cette pièce pouvant être une source de dissémination de poussières dans l'ensemble du logement,
- s'il est envisagé que les parents apportent des poussières en provenance de leur lieu de travail, prélèvement dans un placard à chaussures ou sur le lieu de stockage des vêtements ;
- si des travaux réalisés plusieurs mois auparavant sont soupçonnés d'avoir disséminé des poussières riches en plomb, prélèvement sur une surface qui n'ait pas été nettoyée depuis les travaux (le haut d'un meuble par exemple).
- si une pollution extérieure est soupçonnée d'apporter des poussières à l'intérieur de l'habitation, prélèvement sur des surfaces extérieures ou en relation avec l'extérieur, indépendamment du contact avec l'enfant (appuis de fenêtre extérieurs, seuils), etc.

Dans le choix du point de prélèvement, on veillera à vérifier que la surface à prélever ne contient pas des éléments grossiers susceptibles de fausser complètement le résultat. Si on prélève par exemple une écaille de peinture tombée d'une fenêtre, les résultats exprimés en µg/m² seront très élevés et non représentatifs du contenu en plomb de la poussière. Une autre attitude peut être de considérer que l'enfant est effectivement exposé à ces éléments grossiers et donc de prélever quand même. Il faudra alors le noter sur la fiche de prélèvement et en tenir compte dans l'interprétation.

Le prélèvement de surfaces lisses (linoleum, carrelage) présente une bien meilleure reproductibilité que celle des surfaces rugueuses (parquet, béton) ou de surfaces telles que moquettes ou tapis. Cela ne doit pas empêcher de prélever tout type de surface avec

laquelle l'enfant est en contact. Il faudra tenir compte des caractéristiques de la surface pour l'interprétation.

Le nombre d'échantillons

Les analyses de poussières se caractérisent par une grande variabilité de leurs résultats. Deux prélèvements faits dans la même pièce peuvent donner des résultats très différents : quantités de poussières différentes en fonction des pratiques de nettoyage, apports de plomb différents selon la proximité des peintures ou le passage des chaussures, modalités de prélèvement légèrement différentes sur un sol inégal etc. La réalisation d'un seul prélèvement dans un logement, censé représenter l'exposition de l'enfant n'est pas possible. A contrario, la réalisation de nombreux prélèvements est longue et l'analyse en sera coûteuse. Pour la fixation du nombre d'échantillons on tiendra compte de la variabilité attendue du résultat, en fonction notamment de la nature et de la rugosité des supports. Si des prélèvements sont faits dans un logement, trois échantillons sont un minimum.

Echantillons composites

Pour augmenter la représentativité du prélèvement sans augmenter le coût d'analyse, il est possible de réaliser des échantillons composites. Plusieurs prélèvements sont faits à différents endroits, les lingettes étant placées dans le même tube puis analysées ensemble. On admet que la concentration surfacique mesurée dans l'échantillon représente la moyenne des concentrations des différents prélèvements.

Il est conseillé [70] :

- de limiter à un maximum de quatre le nombre de prélèvements du composite,
- de ne pas mélanger des prélèvements faits sur des surfaces de natures très différentes,
- d'utiliser une lingette neuve pour chaque prélèvement unitaire.

En fonction des besoins de l'investigation, on peut souhaiter par ailleurs ne pas mélanger des prélèvements réalisés dans des pièces différentes.

Le prélèvement composite a l'avantage et l'inconvénient de moyenniser les résultats. L'interprétation peut être difficile si les différents prélèvements unitaires n'ont pas la même représentativité par rapport à l'exposition de l'enfant.

7.2.4 Méthode de prélèvement par lingettes

L'Annexe 9 donne des précisions sur le matériel à utiliser et la méthode de prélèvement. L'Annexe 10 propose une fiche type de prélèvement.

7.2.5 Procédés analytiques

L'analyse des poussières dans les lingettes est pratiquée en France en s'appuyant sur l'arrêté relatif au contrôle des locaux après réalisation de travaux d'urgence. L'Annexe 11 donne des précisions sur le mode opératoire.

Le principe de cette analyse est le même que pour l'analyse du plomb acido-soluble des peintures : le plomb contenu dans la lingette subit une digestion partielle censée représenter la digestion gastrique (24 h dans l'acide chlorhydrique à 0.15 N). Le résultat n'est donc pas le plomb total contenu dans la lingette. Cette méthode d'analyse est a priori plus représentative de la toxicité du plomb des poussières que l'analyse du plomb total. Ses performances et limites n'ont toutefois pas été étudiées précisément. Aux Etats-Unis, l'analyse pratiquée est celle du plomb total (digestion par acide nitrique et chlorhydrique concentrés, à chaud selon le guide du ministère américain du logement²⁸ [70]).

Une méthode d'analyse des lingettes par appareil portable à fluorescence X est aussi utilisée en France dans le cadre de la réception de travaux d'urgence. Cette méthode consiste à replier cinq fois la lingette de telle façon qu'elle puisse être placée sous la fenêtre d'analyse d'un appareil portable d'analyse des peintures. Quatre mesures sont réalisées par l'appareil

²⁸ Il existe aussi une norme ASTM [17]

en quatre points différents de la lingette repliée et une moyenne est calculée. Le résultat est exprimé en $\mu\text{g}/\text{m}^2$. Cette méthode présente l'avantage d'un résultat relativement rapide (environ 5 minutes par mesure). Elle ne peut s'appliquer qu'à des échantillons comprenant une seule lingette. Bien que développée par une société américaine, elle n'est pas considérée comme réglementaire aux Etats-Unis.

Une comparaison des résultats de cette méthode avec l'analyse du plomb acido-soluble en laboratoire sur les mêmes lingettes a été réalisée en région parisienne [23]. Sur 105 lingettes analysées en double et dont la valeur en fluorescence X était inférieure à $1500 \mu\text{g}/\text{m}^2$, la droite de régression donnant le plomb acido-soluble (y) en fonction de l'analyse par fluorescence X (x) avait une pente de 0,5 environ ($y=47+0,53x$ avec $R^2=0.50$)²⁹. Cette étude semblait montrer que le rapport plomb acido-soluble / plomb total dans les poussières de l'habitat serait de l'ordre de 0,5, ce qui est cohérent avec les analyses faites sur les peintures.

A noter que certains utilisateurs de cette méthode en France ont observé des incohérences répétées entre l'analyse par fluorescence X et l'analyse chimique, cette dernière donnant alors des résultats plus élevés que la fluorescence X.

7.2.6 Valeurs de référence

Poussières intérieures en concentrations surfaciques

L'arrêté du 12 juillet 1999 relatif au contrôle des locaux après réalisation de travaux d'urgence donnait une valeur de $1000 \mu\text{g}/\text{m}^2$ en dessus de laquelle le nettoyage des locaux devait être renouvelé pour considérer les locaux comme habitables. Cette valeur n'est pas à considérer comme une valeur en dessous de laquelle il n'y a pas de risque, mais plutôt un moyen d'amener les entreprises à prendre des précautions en matière de dissémination de poussières. L'expérience montre qu'elle n'est pas facile à respecter après travaux. Les valeurs doivent ensuite diminuer progressivement.

Aux Etats-Unis, des valeurs avaient été fixées pour la même utilisation en 1992, qui ont fait l'objet d'une révision en 2001, suite à diverses publications concernant les corrélations entre poussières et plombémies qui concluaient à des seuils trop élevés [89;119]. Les valeurs réglementaires actuelles au-dessus desquelles un habitat est considéré comme devant nécessiter des actions de réduction du risque sont les suivantes ³⁰ (suite à un diagnostic du risque ou lors de la réception de travaux) [121] :

- surface des sols : $40 \mu\text{g}/\text{ft}^2$, soit $430 \mu\text{g}/\text{m}^2$, (cette valeur était auparavant de $100 \mu\text{g}/\text{ft}^2$),
- appuis de fenêtre côté intérieur : $250 \mu\text{g}/\text{ft}^2$, soit $2700 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

Ces valeurs s'appliquent à la moyenne pondérée des échantillons de lingettes, c'est-à-dire qu'au cas où des échantillons composites ont été réalisés, ils sont pondérés dans la moyenne par le nombre d'échantillons qu'ils représentent. Pour les sols, les échantillons réalisés sur des moquettes sont pris en compte.

Des mesures réalisées en 2005 par l'ENSP [63;64] dans une quarantaine de logements bretons (choisis sur une base de volontariat) avec les méthodes normalisées américaines de prélèvement par lingette et d'analyse en plomb total étaient inférieures à $25 \mu\text{g}/\text{m}^2$ pour 90 % d'entre eux (moyenne de cinq prélèvements par logement). Le maximum était de $250 \mu\text{g}/\text{m}^2$ pour un logement et $1500 \mu\text{g}/\text{m}^2$ pour une pièce.

Il est important de souligner que les valeurs de référence américaines s'appliquent à des analyses de plomb total. En supposant que le rapport plomb soluble sur plomb total dans les poussières soit de l'ordre de 0,5 (pollution par les peintures), la référence pour les poussières sur les sols de l'habitation serait plutôt de $215 \mu\text{g}/\text{m}^2$. Le comité technique plomb avait d'ailleurs proposé en 1994 [37] un « seuil de positivité » de $300 \mu\text{g}/\text{m}^2$, appuyé sur des

²⁹ Le design de l'étude ne permettait pas de savoir si la variabilité relativement élevée était plutôt liée à l'analyse par fluorescence X ou à l'analyse chimique.

³⁰ Les valeurs américaines sont exprimées en microgrammes par pied carré ($\mu\text{g}/\text{ft}^2$). Les valeurs de conversion sont les suivantes : $1 \mu\text{g}/\text{ft}^2 = 10,764 \mu\text{g}/\text{m}^2$; $1 \mu\text{g}/\text{m}^2 = 0,0929 \mu\text{g}/\text{ft}^2$.

études (non publiées) du Laboratoire d'hygiène de la Ville de Paris ; ce seuil apparaît réaliste.

Dans une méta-analyse publiée en 1998 [89], Lanphear estimait que la moyenne géométrique des plombémies des enfants augmentait très fortement lorsque le niveau de plomb dans les poussières intérieures prélevées sur les sols passait de 5 à 10 µg/ft² soit de 54 à 108 µg/m². La probabilité de trouver des enfants intoxiqués progressait également. Toutefois l'USEPA estime [121] que les effets directs des sols extérieurs et des peintures dégradées n'ont pas été assez pris en compte dans cette étude et qu'un risque significativement attribuable à la poussière n'est pas démontré si le plomb mesuré dans les poussières des sols intérieurs reste en dessous de 40 µg/ft².

Le Tableau 6 donne les résultats d'une campagne d'analyse du plomb des poussières dans 284 logements choisis aléatoirement réalisée en 1989-1990 par le ministère du logement aux Etats-Unis [120]. Les prélèvements étaient réalisés par aspiration. Les analyses étaient faites en plomb total.

Tableau 6 : résultats statistiques d'analyses du plomb total des poussières aux Etats-Unis

dates de construction des logements ³¹	concentrations surfaciques (µg/m ²)			concentrations massiques (µg/g)		
	5 ^{ème} percentile	médiane	95 ^{ème} percentile	5 ^{ème} percentile	médiane	95 ^{ème} percentile
avant 1940	31	191	2189	87	406	2260
1940 à 1959	14	92	800	32	218	1240
1960 à 1979	13	45	236	25	137	647
1960 à 1979 sans peintures au plomb	13	32	136	22	87	429

On voit que la valeur de référence de 40 µg/ft², soit 430 µg/m² était fréquemment dépassée dans les logements anciens.

Poussières intérieures en concentrations massiques

Une étude de la concentration en métaux dans les poussières intérieures de 48 maisons d'Ottawa [111] donnait une concentration moyenne géométrique en plomb total de 233 µg/g (la mesure du plomb acido-soluble avec une méthode d'extraction similaire à celle utilisée en France donnait une moyenne de 146 µg/g).

Dans la campagne d'analyses menée aux USA (Tableau 6), la concentration surfacique de 430 µg/m² (seuil réglementaire en plomb total surfacique) correspondait approximativement à la concentration massique en plomb total de 1000 µg/g.

Pour l'interprétation des concentrations massiques en plomb total mesurées à partir du contenu d'un sac d'aspirateur, la valeur de 1000 µg/g apparaît élevée lorsqu'on effectue des calculs de dose apportée par les poussières à l'aide d'un modèle toxicocinétique (cf. chapitre 8.3). A titre conservatoire, on prendra donc plutôt en compte une valeur de l'ordre de 500 µg/g permettant de juger, si elle n'est pas dépassée, que les poussières de l'aspirateur ont un contenu faible en plomb. Le dépassement de cette valeur fera supposer l'existence d'une source significative d'enrichissement des poussières en plomb qu'il faudra identifier.

Poussières extérieures

Concernant les prélèvements de poussières sur des surfaces extérieures :

- pour les analyses réalisées en concentration massique de plomb total, on peut prendre la même référence que pour les sols : 400 µg/g (voir paragraphe 7.3.6). Le dépassement de cette valeur signifie l'existence d'une source de contamination significative, soit du fait de la proximité d'une terre polluée, soit du fait de retombées atmosphériques industrielles ;

³¹ Aux Etats-Unis, les peintures au plomb ont été utilisées jusque dans les années 1970.

- pour les concentrations surfaciques en plomb acido-soluble, on manque de données de référence tant internationales que françaises. La variabilité des résultats peut être très élevée car la quantité de poussières sur les surfaces extérieures peut varier de façon beaucoup plus importante qu'à l'intérieur de l'habitation. Les résultats peuvent être très élevés si la surface échantillonnée contient beaucoup de particules de terre ou de peinture : des prélèvements réalisés dans une cour d'école à proximité de l'ancien site industriel de Metaleurop Nord ont donné des résultats (en plomb total) compris entre 150 µg/m² et 5.10⁶ µg/m² [1]. La fixation d'une valeur de référence dans ces conditions n'a pas grande signification ; il apparaît préférable de raisonner à partir de la concentration massique. Par contre lorsque la surface extérieure prélevée a des caractéristiques proches des caractéristiques des surfaces intérieures (balcon, porche, terrasse...) on peut se baser sur la même référence qu'en intérieur (300 µg/m²).

7.3 Terre

L'analyse de terre peut avoir pour objectifs :

- d'évaluer l'exposition directe à de la terre sur les lieux de jeux : il faut identifier précisément ces lieux de jeux, et préciser leur fréquentation par l'enfant. On recherchera préférentiellement les lieux où la terre est nue ou peu couverte,
- de rechercher la présence d'une terre polluée auquel l'enfant n'a pas accès mais qui peut être une source indirecte d'exposition au plomb via les poussières.

Sur chaque zone à caractériser, on réalisera un échantillon composite.

La méthode d'analyse couramment employée est l'extraction du plomb total contenu dans l'échantillon par digestion acide.

Les sols naturels ont en général une concentration en plomb inférieure à 60 mg/kg de poids sec. Les sols nus sur lesquels jouent des enfants sont considérés comme présentant un risque faible d'exposition si la concentration en plomb est inférieure à 400 mg/kg de poids sec.

7.3.1 Intérêt de la mesure

La terre peut contenir du plomb naturellement ou suite à des apports anthropiques : activités industrielles, artisanales, agricoles, circulation automobile avant interdiction de l'essence au plomb, dégradation des peintures extérieures, bricolage...

Le plomb est peu mobile et reste donc présent dans la terre.

Les principales voies d'exposition pour les enfants sont :

- l'ingestion directe de terre, ou de poussières de terre déposées sur les sols extérieurs et intérieurs,
- l'inhalation de poussières,
- la consommation de légumes et de fruits produits dans la terre contaminée.

L'analyse du plomb contenu dans la terre peut avoir deux objectifs :

- évaluer l'exposition directe d'un enfant qui joue sur de la terre potentiellement polluée,
- identifier la terre comme source de contamination d'autres media auxquels est exposé l'enfant :
 - poussière intérieure de l'habitation ou poussière sur des lieux de jeux extérieurs,
 - végétaux autoproduits.

7.3.2 Echantillonnage

7.3.2.1 Stratégie d'échantillonnage

Elle est directement fonction de l'objectif recherché :

- pour évaluer l'exposition directe à de la terre sur les lieux de jeux, il faut identifier précisément ces lieux de jeux par le questionnaire aux parents, ainsi que la fréquence de la présence de l'enfant sur ces lieux. On recherchera préférentiellement les lieux où la terre est nue ou peu couverte, le contact avec de la terre sur une pelouse ayant un fort coefficient de couverture végétale étant très limité.
 - Au domicile ou autres lieux d'habitation fréquentés par l'enfant, il peut s'agir d'une zone particulière où l'enfant joue dans le jardin, d'allées dés herbées, d'un bac à sable, éventuellement d'un potager si l'enfant y a accès. Au cas où les peintures extérieures de l'habitation sont riches en plomb, on recherchera si l'enfant joue sur une zone qui aurait pu être polluée par la dégradation des peintures (donc à proximité des murs), ou bien une zone où des travaux de réfection de peintures ont été réalisés (décapage de volets, fenêtres...).
 - Hors domicile, il peut s'agir d'allées, aires de jeu et bacs à sable de jardins publics, ou bien de la cour de l'école.
- pour rechercher la présence d'une terre polluée auquel l'enfant n'a pas accès mais qui peut être une source indirecte d'exposition au plomb (via les poussières ou les végétaux autoproduits), on peut être amené à échantillonner :
 - des sols nus ou fréquemment nus situés à proximité de l'habitation (sols agricoles, friche industrielle...),
 - ou un potager.

On définira ainsi différentes zones à caractériser, dont on considèrera qu'elles présentent une certaine homogénéité (pelouse, potager, allée, bac à sable...).

7.3.2.2 Mode d'échantillonnage

On réalisera sur chaque zone un **échantillon composite**, car les teneurs en plomb des sols peuvent fortement varier d'un point de prélèvement à l'autre. Cet échantillon est composé d'un nombre suffisant de prélèvements élémentaires qui sont ensuite mélangés. L'objectif est que l'échantillon envoyé pour analyse au laboratoire soit représentatif du niveau moyen de concentration en plomb du sol dans la zone et dans la couche d'épaisseur qui a été choisie.

Le nombre d'échantillons élémentaires constituant l'échantillon composite peut être variable selon la surface et l'hétérogénéité de la zone à échantillonner. La norme Afnor X 31-100 relative à l'échantillonnage des sols en vue d'analyses destinées à une interprétation agronomique [3] conseille de réaliser au moins 12 prélèvements élémentaires. Cette norme est applicable à des parcelles agricoles, dont la surface est en général plus importante que celle d'une pelouse par exemple, mais on peut s'attendre à une plus grande hétérogénéité des concentrations en plomb dans un jardin ; il est donc conseillé de suivre cette norme et de réaliser au moins une douzaine de prélèvements élémentaires.

On pourra réduire ce nombre si la surface à échantillonner est très faible (1 ou 2 m²), mais on ne descendra pas en dessous de trois prélèvements élémentaires.

A moins d'avoir des informations précises sur le comportement de l'enfant dans le lieu à échantillonner, on choisira les points de prélèvements élémentaires de façon aléatoire. Si la surface est importante, on pourra adopter une des techniques de choix aléatoire des points de prélèvement exposée dans le document du BRGM « protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par du plomb » [26]. Dans la pratique, le choix aléatoire des points de prélèvements élémentaires pourra se faire « au jugé » sans conséquence grave sur le résultat.

Pour les sols non régulièrement remaniés (sols nus, pelouses en mauvais état), les prélèvements seront faits en surface puisque c'est préférentiellement la surface du sol qui est en contact avec l'enfant ; le guide BRGM [26] comme le guide HUD 1995 [70] conseillent

de retenir la couche 0-3 cm. Pour les potagers et sols agricoles qui sont régulièrement remaniés, le prélèvement sera fait sur la couche 0-20 cm [26]. Dans le doute sur le fait que la zone à caractériser soit ou non régulièrement remaniée, on fera le prélèvement en surface (0-3 cm).

7.3.3 Prélèvement

L'Annexe 12 donne des précisions et illustrations sur les méthodes de prélèvement.

L'Annexe 13 propose une fiche de prélèvement.

7.3.4 Analyse en laboratoire

La méthode d'analyse couramment employée est l'extraction du plomb total contenu dans l'échantillon par digestion acide. L'Annexe 14 détaille le protocole. Le résultat est donné en ppm (partie par million) ou en mg/kg, exprimé en poids sec de l'échantillon³².

Il existe des méthodes qui essaient d'approcher la biodisponibilité du plomb des sols en réalisant une digestion partielle de l'échantillon. En effet cette biodisponibilité (dose interne par rapport à la dose ingérée) est plus faible que celle du plomb d'origine alimentaire (la valeur moyenne retenue par l'USEPA étant de 60 % de la biodisponibilité du plomb alimentaire, soit 30 % en valeur absolue) et il peut y avoir des différences considérables de biodisponibilité selon la nature chimique du plomb du sol et les caractéristiques physico-chimiques du sol lui-même [26]. Les nombreuses recherches faites pour développer des méthodes d'analyse *in vitro* simulant la biodisponibilité du plomb du sol n'ont toutefois pas abouti à une méthode consensuelle, et des recherches sont toujours menées sur ce sujet [97]³³. Schroder [118] propose une méthode (In Vitro Gastrointestinal) qui pourrait être utilisée en routine pour approcher la biodisponibilité.

7.3.5 La mesure de terrain par fluorescence X

Certains appareils d'analyse des peintures par fluorescence X permettent également la quantification du plomb dans le sol. Pour cela il est nécessaire d'acquérir un logiciel complémentaire et un « kit sol » qui contient le matériel nécessaire pour réaliser la préparation des échantillons. L'utilisation d'un tel appareil permet de réaliser rapidement de nombreuses mesures de terrain, ce qui modifie l'approche d'échantillonnage exposée ci-dessus.

Selon le BRGM [26], la limite de détection du plomb dans des matrices de type sol avec ce type d'appareil est de 20 mg/kg en condition de laboratoire (échantillon séché et broyé), de 30 mg/kg en condition de terrain *on situ* (échantillon tamisé à 2 mm) et comprise entre 30 et 50 mg/kg en condition de terrain *in situ* (mesure directe sans préparation du sol). Les teneurs mesurées sont corrélées aux teneurs déterminés par des techniques classiques, cependant il a été observé une sous-estimation de 20 à 30 % par rapport aux techniques chimiques classiques.

Les mesures *on situ* peuvent se heurter à des difficultés pratiques, notamment pour tamiser l'échantillon s'il est humide. Les mesures *in situ* ne peuvent être qu'indicatives car de nombreux paramètres peuvent faire varier les résultats. On peut éventuellement confirmer des mesures élevées réalisées par fluorescence X par l'analyse de l'échantillon en laboratoire.

7.3.6 Valeurs de référence.

Le programme ASPITET de mesure de la teneur en métaux lourds dans les sols français en zones rurales (sols cultivés et des sols forestiers) mené par l'Inra permet de connaître le fond géochimique naturel [18]. Le Tableau 7 donne les résultats statistiques de ce programme (les quelques rares sites agricoles notablement contaminés par l'activité

³² Attention, certains laboratoires donnent les résultats par rapport au poids humide

³³ A noter que les analyses de plomb acido-soluble des peintures, bien que couramment pratiquées en France, se heurtent aux mêmes difficultés théoriques.

humaine telle que des épandages excessifs de boues d'épuration ou une activité industrielle ponctuelle ont été éliminés des traitements statistiques).

Tableau 7 : teneur en plomb dans les sols français en zone rurale

	Plomb (mg/kg)
Nombre de valeurs	790
minimum	2,2
1 ^{er} décile	17,2
médiane	34,1
9 ^{ème} décile	91,5
maximum	3 088

Source : Inra

Le responsable du programme ASPITET propose des valeurs « seuil d'investigation » qui amèneraient à se poser la question d'une éventuelle contamination d'un sol par l'activité humaine. Pour le plomb, la valeur proposée est de 60 mg/kg. A noter que l'arrêté du 8 janvier 1998 interdit l'épandage de boues de station d'épuration si la teneur en plomb du sol dépasse 100 mg/kg.

L'étude de la concentration en plomb de l'horizon cultivé de potagers dans des secteurs industriels ou urbains de la région Nord-Pas-de-Calais [47] montre des concentrations très hétérogènes. Certains potagers sont proches du fond géochimique régional, mais des valeurs supérieures au fond géochimique d'un facteur 10 voire 100 sont fréquemment rencontrées (variation de 18 à 5280 mg/kg). Cette étude mesurait les teneurs en plomb de végétaux cultivés dans les potagers. Les teneurs étaient variables selon les végétaux et la partie de la plante consommée. Selon cette étude, une forte probabilité de dépassement des valeurs réglementaires pour la consommation humaine des végétaux existerait lorsque les teneurs en plomb du sol dépassent 160 mg/kg pour la carotte et environ 500 mg/kg pour le radis, la laitue et le poireau.

Des valeurs guides ont été établies dans le cadre du guide méthodologique portant sur l'évaluation simplifiée des risques et la classification des risques [24] :

- les valeurs de constat d'impact (VCI) permettent de constater l'impact de la pollution du sol, selon la sensibilité de son usage. Pour le scénario d'usage type résidentiel avec potager, la VCI a été fixée à 400 mg/kg. Pour un scénario d'usage industriel, elle a été fixée à 2000 mg/kg,
- la valeur de définition de source sol (VDSS) définit le fait qu'un sol puisse être considéré comme une source de pollution. Elle a été établie à partir de la VCI avec un facteur de sécurité de 2, donc à 200 mg/kg.

L'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) a publié en octobre 2004 un « guide pour l'orientation des actions à mettre en œuvre autour d'un site dont les sols sont potentiellement pollués par le plomb » [73]. Ce guide préconise la réalisation de 10 à 15 analyses de sols dans les sites potentiellement pollués où il n'y a pas eu d'analyse faite précédemment.

L'interprétation proposée pour les actions à mettre en œuvre est la suivante :

- pas d'action si aucune valeur ne dépasse 100 mg/kg ou le fond géochimique de référence local,
- déclenchement d'un diagnostic approfondi si un échantillon est compris entre 100 et 200 mg/kg,
- idem et déclenchement d'une évaluation des risques (EDR) si un échantillon est compris entre 200 et 550 mg/kg,
- idem et déclenchement de mesures de prévention sanitaire si un échantillon dépasse 550 mg/kg.

Aux Etats-Unis, dans le cadre de l'application de la loi de 1992 sur la prévention des risques liés aux peintures à base de plomb, des valeurs limites ont été fixées aussi pour les sols, à

partir desquelles le propriétaire doit prendre des mesures de réduction du risque : 400 mg/kg pour les sols nus lorsqu'ils sont des zones de jeu des enfants, et 1200 mg/kg pour la moyenne des prélèvements sur les autres sols nus du jardin [121]. Ces valeurs ont été fixées par l'USEPA comme reliées à une probabilité de dépassement d'une plombémie de 100 µg/L par les enfants américains de 1 à 5 % (le dépassement pouvant ne pas être lié à l'exposition au sol mais à d'autres causes non prises en compte dans l'évaluation du risque).

On retiendra que les concentrations inférieures à 400 mg/kg représentent une exposition en général faible, tout en gardant à l'esprit qu'en cas d'ingestion importante de terre par un enfant, la dose absorbée pourrait être importante.

7.4 Eau de distribution publique

L'analyse de l'eau n'est pas forcément nécessaire pour l'investigation. Son intérêt sera fonction des informations sur la consommation d'eau du robinet par l'enfant, de l'examen visuel des canalisations, et des connaissances sur le potentiel de dissolution du plomb dans l'unité de distribution.

Pour évaluer l'exposition individuelle, il est conseillé de réaliser deux prélèvements :

- l'un après écoulement suffisant pour rincer la canalisation (prélèvement de 1 litre).*
- l'autre après écoulement puis trente minutes de stagnation (prélèvement de 2 litres).*

On prendra la valeur de 10 µg/L pour l'échantillon prélevé après stagnation de trente minutes comme référence en dessous de laquelle l'exposition sera considérée comme faible.

7.4.1 Intérêt de l'analyse de l'eau dans le cadre de l'investigation

L'analyse du plomb de l'eau n'est qu'un élément de l'évaluation de l'exposition hydrique de l'enfant. Elle n'est pas forcément nécessaire. L'intérêt d'analyser le plomb de l'eau au domicile est fonction :

- des informations obtenues par questionnaire de la famille sur la consommation d'eau du robinet par l'enfant,
- de l'examen des caractéristiques de l'immeuble et du réseau intérieur de distribution :
- des connaissances des caractéristiques du réseau de distribution publique, qui sont connues de la Ddass en tant qu'organisme chargé du contrôle sanitaire et/ou qui peuvent être obtenues auprès du distributeur d'eau.

Les questions à poser ont été intégrées au questionnaire d'enquête à domicile (Annexe 3).

Une recherche d'informations similaire peut être faite pour d'autres immeubles fréquentés par l'enfant (lieux de garde, école...).

La décision de réaliser une ou des analyses du plomb dans l'eau est fonction des informations obtenues. L'analyse de l'eau n'est pas utile si les informations obtenues :

- permettent de conclure que l'exposition au plomb hydrique est nulle ou faible,
- sont suffisantes pour estimer l'exposition, notamment lorsqu'il existe localement une bonne connaissance de la capacité de l'eau du réseau de distribution à dissoudre le plomb.

A titre indicatif, la norme Afnor NF P41-021 relative au repérage du plomb dans les réseaux intérieurs de distribution d'eau potable [5] propose une méthode d'interprétation des résultats du repérage. L'opérateur conclut qu'il existe un « risque significatif » de dissolution du plomb dans le réseau intérieur si :

- un des quatre critères suivants est réuni :
 - longueur cumulée de canalisation en plomb (branchement + réseau intérieur) de plus de 5 m,
 - ou existence de possibles effets de pile,
 - ou canalisations en plomb situées à proximité d'une source de chaleur,
 - ou existence de bras morts de canalisations en plomb,

- et le potentiel de dissolution du plomb est classé dans une des catégories : moyen, élevé ou très élevé en référence à l'annexe 2 de l'arrêté du 4 novembre 2002.

7.4.2 Méthodes d'échantillonnage

Plusieurs méthodes de prélèvement ont été étudiées dans le cadre de l'application de la directive européenne 98/83/CE du 3 novembre 1998. La circulaire DGS/SD7A n° 45 du 5 février 2004 présente, en son annexe 2, les principales méthodes de prélèvement existantes et leurs modalités de mise en œuvre.

Afin d'obtenir une mesure de la concentration moyenne en plomb de l'eau consommée, la méthode la plus représentative est la méthode dite de prélèvement proportionnel. Ce type de prélèvement nécessite l'installation d'un dispositif spécifique, dit « robinet intégrateur ». A chaque fois que le consommateur utilise de l'eau pour un usage alimentaire, un faible pourcentage du volume d'eau utilisé est prélevé automatiquement. Pour cela, un dispositif spécifique est fixé sur le robinet de cuisine et le consommateur doit ouvrir une vanne lorsqu'il utilise de l'eau destinée à un usage alimentaire. Pour obtenir des résultats fiables, ce dispositif doit être utilisé pendant au moins une semaine. Cette méthode est très contraignante pour le consommateur, dont dépend en grande partie la fiabilité du résultat. De plus, ce type de dispositif n'est pas commercialisé et n'est mis en œuvre que dans le cadre d'études spécifiques.

Des alternatives ont été étudiées : prélèvement 1^{er} jet (méthode définie dans l'arrêté du 31 décembre 2003), prélèvement après écoulement (2^e jet), prélèvement après stagnation de 30 minutes, prélèvement après stagnation nocturne, etc. Le prélèvement 1^{er} jet ne permet pas de conclure sur la concentration moyenne, notamment parce que les conditions de soutirage avant le prélèvement ne sont pas connues.

L'étude européenne publiée en 1999 relative aux protocoles de prélèvement du plomb dans l'eau [52] testait plusieurs types de prélèvements : 1^{er} jet, 1^{er} litre après écoulement, 1^{er} litre après écoulement et stagnation 30 min (30MS1), 2^e litre après écoulement et stagnation 30 minutes (30MS2), moyenne 30MS1 et 30MS2. La valeur obtenue par la moyenne entre le 1^{er} et le 2^e litre prélevés après écoulement et stagnation 30 min était la plus représentative de la valeur obtenue par robinet intégrateur (Tableau 8).

Tableau 8 : concentration en plomb d'un échantillon de 2 litres après écoulement et stagnation 30 min selon étude européenne 1999

Valeur-cible mesurée par robinet intégrateur (µg/L)	Valeur moyenne 30MS1 et 30MS2 (µg/L)	Intervalle de confiance à 90 % de la moyenne (µg/L)
10 µg/L	10	4
25 µg/L	26	10
50 µg/L	52	27

Dans le cadre de l'investigation d'un cas de saturnisme, à défaut de pouvoir utiliser la méthode de prélèvement proportionnel, l'exposition individuelle pourra être appréciée en réalisant deux prélèvements :

- l'un après écoulement suffisant pour rincer la canalisation (prélèvement de 1 litre³⁴),
- l'autre après écoulement puis trente minutes de stagnation (prélèvement de 2 litres).

En effet, on considère habituellement qu'une période de 30 minutes correspond au temps moyen de stagnation de l'eau entre deux utilisations. Le résultat obtenu par le prélèvement après écoulement correspond à l'exposition minimale du consommateur.

³⁴ On peut aussi prélever 2 L conformément à la circulaire du 5 février 2004 relative au contrôle des paramètres plomb, cuivre et nickel dans les eaux destinées à la consommation humaine, sans conséquence sur le résultat.

On restera toutefois vigilant quant à l'interprétation des résultats :

- en immeuble collectif, on ne peut être certain du temps de stagnation de 30 minutes pour la partie collective du réseau intérieur,
- des configurations particulières du réseau peuvent faire que les 2 premiers litres ne contiennent pas de plomb alors que des canalisations en plomb existent très en amont du robinet. Dans ce cas, il peut être utile de réaliser plusieurs prélèvements successifs d'un litre après stagnation 30 minutes, de façon à repérer une éventuelle veine d'eau riche en plomb. Les résultats de tels prélèvements ne pourront être interprétés en termes de concentration moyenne de l'eau consommée.

Le temps de rinçage des canalisations est fonction de leur longueur et de leur diamètre. Le volume d'eau à faire écouler pour obtenir un rinçage suffisant avant de réaliser un prélèvement après écoulement ou avant de pratiquer la stagnation de l'eau dans le réseau peut être calculé à partir du diamètre interne des canalisations, qui peut lui-même être déduit du diamètre externe mesuré. Pour le calcul du volume interne de la canalisation, des précisions sont données en Annexe 15 extraites du rapport AGHTM de juin 2001 [8]. Une durée d'écoulement de 3 minutes à débit moyen (environ 300 l/h soit 5 l/min) est considérée suffisante dans la plupart des cas. De façon très pratique, il est possible de surveiller « au doigt » la température de l'eau : une baisse de température indique que l'eau qui s'écoule n'a pas stagné dans le réseau privé.

Dans des cas de figure particuliers, d'autres méthodes de prélèvement peuvent être envisagées afin d'améliorer la connaissance de l'exposition :

- le prélèvement après stagnation nocturne qui permet d'apprécier l'exposition maximale du consommateur au plomb d'origine hydrique en situation courante (hors situation d'absence prolongée).
- le prélèvement après compteur d'eau qui permet d'évaluer la part de plomb d'origine hydrique lié au réseau public (branchement) et celle liée au réseau intérieur de distribution. A noter cependant qu'il est très délicat de réaliser un prélèvement représentatif sur un robinet très peu utilisé, ce qui est le cas d'un robinet de compteur, car des décollements de particules de plomb peuvent se produire.

Le robinet à prélever est celui qui est utilisé principalement pour la consommation alimentaire. A domicile, il s'agira du robinet de la cuisine. Dans une cantine scolaire, il s'agira du robinet utilisé pour le remplissage des carafes et/ou du robinet utilisé pour les préparations alimentaires.

7.4.3 Prélèvement des échantillons et analyse

Des précisions sur le prélèvement des échantillons et sur l'analyse sont données en Annexe 16. L'Annexe 17 propose une fiche de prélèvement.

Dans le cas où on choisira de réaliser deux prélèvements comme préconisé ci-dessus, il faudra réaliser les opérations dans l'ordre suivant :

- écoulement de l'eau pendant une durée suffisante,
- prélèvement d'un litre,
- stagnation 30 minutes,
- prélèvement de 2 litres.

Sauf cas particulier, l'analyse portera sur le plomb total (plomb dissous + plomb acido-soluble).

7.4.4 Valeurs de référence

La limite réglementaire de la concentration moyenne en plomb au robinet d'un consommateur, qui était fixée à 50 µg/L a été modifiée par le décret du 20 décembre 2001 suite à la directive européenne du 3 novembre 1998 [41]. La valeur limite actuelle est de 25 µg/L et elle sera de 10 µg/L fin 2013.

La valeur de 10 µg/L a été calculée à partir de la dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) fixée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) à 25 µg/kg/sem, en affectant la moitié de cette dose à l'apport hydrique, pour les nourrissons. La consommation d'une eau ayant une concentration moyenne en plomb de 25 µg/L entraîne un dépassement de la DHTP pour les nourrissons³⁵.

L'USEPA a défini un niveau d'action à 15 µg/L [49] pour le 1^{er} jet prélevé après stagnation d'au moins 6 heures. L'action peut être de rincer la canalisation avant puisage.

7.5 Vaisselle et ustensiles de cuisine

Certains récipients utilisés pour un usage alimentaire contiennent du plomb et peuvent enrichir les aliments en plomb. Il peut s'agir notamment de récipients d'importation ou de fabrication ancienne, ou conçus pour un usage purement décoratif. On peut citer les céramiques, les récipients en étain, les verres notamment en cristal, les boîtes de conserves serties au plomb.

Les récipients jugés suspects peuvent être testés en laboratoire pour savoir s'ils relarguent plus ou moins de plomb. On peut s'aider d'un appareil à fluorescence X pour repérer des ustensiles contenant du plomb.

Le principe de l'analyse en laboratoire est de mettre en contact le récipient ou l'ustensile avec une solution d'acide faible pendant 24 h puis de doser le plomb dans la solution. Les résultats s'expriment dans des unités différentes selon les caractéristiques géométriques du produit à analyser.

Pour les récipients de cuisine habituels, on prendra comme référence la limite réglementaire, qui est de 4,0 mg/L.

7.5.1 Types de récipients à risque

Le décret no 92-631 du 8 juillet 1992 « relatif aux matériaux et objets destinés à entrer en contact avec les denrées, produits et boissons pour l'alimentation de l'homme ou des animaux » régit notamment le risque de relargage de substances toxiques dans les denrées alimentaires :

- ces matériaux et objets « doivent être inertes à l'égard des denrées alimentaires. Ils ne doivent pas céder à ces denrées, dans les conditions normales ou prévisibles de leur emploi, des constituants dans une quantité susceptible de présenter un danger pour la santé humaine »,
- lors de leur commercialisation, ils doivent être étiquetés « pour contact alimentaire ». Cette disposition n'est toutefois pas applicable « aux objets tels les pièces de vaisselle, les récipients à usage culinaire qui, par leur forme, sont manifestement destinés à entrer en contact avec les denrées alimentaires ».

Malgré ces dispositions, certains récipients utilisés pour un usage alimentaire contiennent du plomb et peuvent enrichir les aliments en plomb. Il peut s'agir notamment de récipients d'importation ou de fabrication ancienne, ou conçus pour un usage purement décoratif.

On peut citer notamment :

Des récipients en certains types de céramique

La céramique (du grec *keramikos*, d'argile) est l'art de fabriquer les poteries, fondé sur la propriété des argiles de donner avec l'eau une pâte plastique, facile à façonner, devenant dure, solide et inaltérable après cuisson. Dans la classification des céramiques, on distingue :

- les produits céramiques poreux :

³⁵ Ce qui ne signifie pas forcément un dépassement du seuil de plombémie de 100 µg/L, c.f. paragraphe 8.3

- poteries à pâte perméable plus ou moins colorée en rouge par l'oxyde de fer : terres cuites, **poteries vernissées à glaçure³⁶ plombifère** ou silico-alcaline, faïence stannifère recouverte d'émail opaque à base d'oxyde d'étain,
- poteries à pâte perméable blanche et fine, cuisant à plus haute température que les terres cuites et recouvertes d'un émail transparent : **faïence fine** (recouverte d'une glaçure cristalline de composition variée pouvant comprendre de l'**oxyde de plomb**),
- les produits céramiques imperméables, qui doivent leurs propriétés à la vitrification de la pâte à haute température :
 - les grès cérame, à pâte dure pratiquement opaque,
 - les porcelaines, dont la pâte est dure, blanche, translucide :
 - porcelaines dures à pâte et couverte feldspathico-calcaires,
 - **porcelaines tendres**, dont la pâte contient un fondant artificiel (fritte) ou phosphatique et **dont la couverte est plumbeuse**.

On constate que le plomb peut être présent dans la plupart de ces produits. Dans la pratique, on doit surtout se méfier des céramiques anciennes, ou des objets d'art qui ne devraient pas être utilisés pour contact alimentaire, ou des produits d'origine artisanale étrangère. Les plats à tagine d'origine marocaine notamment sont des poteries vernissées à glaçure plombifère connues pour relarguer des quantités très importantes de plomb et intoxiquer à la longue les utilisateurs [19;127].

La solubilité du plomb contenu dans les enduits est plus ou moins importante selon la méthode de fabrication (température et durée de cuisson), la nature du sel de plomb utilisé et sa concentration dans l'enduit. Elle est sensiblement augmentée quand les surfaces sont abrasées ou rayées par les éponges grattantes de vaisselle [92]. Les sels de plomb utilisés dans les enduits sont plus ou moins biodisponibles comme le montrent les études faites concernant le risque pour les travailleurs des ateliers d'émaillage des poteries et faïences [109].

Des récipients en étain

Anciens ou bien récents à usage décoratif mais détournés de leur usage : du plomb peut être associé à l'étain. Des récipients métalliques peuvent aussi comporter des soudures en alliage d'étain et de plomb.

Des carafes ou des verres en cristal

Par rapport à la composition du verre, le cristal est obtenu par le remplacement de l'oxyde de sodium par de l'oxyde de plomb. L'appellation cristal est conditionnée par une concentration minimale en plomb de 24 %. La concentration en plomb dans le cristal varie de 24 à 32 %. Il est donc très déconseillé de stocker des liquides alimentaires dans du cristal, surtout s'ils sont plus ou moins acides.

A noter que du plomb peut entrer dans la composition de certains verres. Les verres en « cristallin » contiennent par exemple 9 % de plomb.

Des boîtes de conserve serties avec des alliages contenant du plomb

Cette technique est abolie en France mais le risque existe pour des denrées provenant de pays où la réglementation ou les contrôles sont peu développés.

L'acidité de l'aliment et le temps de contact avec le récipient jouent un rôle important dans le relargage du plomb.

³⁶ En céramique, le mot **glaçure** désigne les enduits, plombifères ou alcalins, incolores ou colorés, recouvrant les poteries argileuses ou siliceuses ; le terme **émail** est réservé à l'enduit plumbeux, opacifié et blanchi par l'étain, qui recouvre les majoliques et les faïences ; le mot **couverte** est réservé aux revêtements de composition diverse des porcelaines et des grès.

7.5.2 Recherche de récipients à risque

La recherche d'éventuels récipients pouvant relarguer du plomb sera faite au domicile, et le cas échéant dans les autres lieux de séjour de l'enfant.

On demandera à la famille :

- de préciser quels récipients sont utilisés pour préparer, servir et stocker la nourriture destinée à l'enfant, y compris pour les liquides,
- d'indiquer si certains de ces récipients sont en étain, cristal, terre cuite, faïence, ou comportent du métal ou des soudures,
- d'indiquer si elle utilise des récipients achetés à l'étranger et/ou de fabrication artisanale et/ou initialement vendus pour un usage décoratif et/ou de fabrication ancienne,
- d'indiquer si elle importe régulièrement des conserves.

Une évaluation visuelle de la vaisselle est nécessaire. Elle peut permettre de repérer des récipients auxquels la famille n'a pas pensé. L'état de dégradation de l'enduit des récipients en céramique peut donner une idée du risque de relargage.

Figure 12 : plat à tagine d'origine marocaine dont l'analyse montrait un relargage important de plomb



Source : Direction de la santé publique de Montréal [19]

Au cas où des récipients susceptibles de contenir du plomb sont identifiés, il faut préciser leur fréquence d'utilisation pour des préparations alimentaires destinées à l'enfant intoxiqué et le type d'aliment préparé ou conservé.

7.5.3 Echantillonnage pour analyse en laboratoire

Si des récipients suspects sont utilisés fréquemment pour des préparations alimentaires destinées à l'enfant ou bien sont utilisés à la conservation ou au stockage d'aliments que l'enfant consomme fréquemment, il est possible de mesurer en laboratoire s'ils relarguent du plomb de façon significative.

Lorsque les caractéristiques géométriques du récipient et de l'appareil à fluorescence X utilisé pour l'analyse des peintures le permettent, il est possible d'évaluer la présence de plomb dans des récipients alimentaires en appliquant directement l'appareil sur la surface interne du récipient. Cette méthode peut permettre d'éliminer la suspicion sur certains récipients.

Demander à la famille de confier des récipients pour réaliser des tests de relargage est évidemment délicat, d'autant plus que la méthode d'analyse peut les détériorer. Il est donc nécessaire de ne faire analyser que des récipients pour lesquels existe une réelle suspicion de lien avec l'intoxication. L'analyse de récipients à usage alimentaire peut aussi intervenir

au titre d'approfondissement de l'enquête, au cas où ne seraient pas mises en évidence des sources plus habituelles.

7.5.4 Analyses

Des méthodes d'analyse sont définies par :

- la norme Afnor NF EN 1388-1 de janvier 1996 « détermination de l'émission de plomb et de cadmium par les articles en céramique »,
- la norme Afnor NF EN 1388-2 de janvier 1996 « détermination de l'émission de plomb et de cadmium par les surfaces silicatées autres que les articles en céramique ». Cette norme est notamment applicable au verre et à l'émail vitrifié.

Le principe de l'analyse est le même dans ces deux normes : mise en contact du récipient pendant 24 h avec une solution d'acide acétique à 4 % puis mesure de la concentration en plomb de la solution. La méthode de mise en contact est différente selon que la vaisselle analysée est creuse ou plate :

- la vaisselle creuse (récipients pouvant être remplis sur une hauteur de plus de 25 mm), est remplie par la solution,
- pour la vaisselle plate, un rebord artificiel est réalisé par un cordon d'étanchéité, permettant de remplir le récipient ainsi créé avec la solution.

L'expression des résultats est différente selon qu'il s'agit de vaisselle creuse ou plate :

- pour les récipients, les résultats sont exprimés en concentration en plomb dans la solution après mise en contact (mg/L),
- pour la vaisselle plate, les résultats sont exprimés en quantité de plomb relarguée dans la solution, rapportée à la surface mise en contact (mg/dm²).

La même méthode d'analyse semble pouvoir être utilisée pour des récipients métalliques.

7.5.5 Valeurs de référence

Des références pour l'interprétation des résultats sont prévues par les arrêtés d'application du décret du 8 juillet 1992. En fait l'arrêté du 7 novembre 1985 « relatif à la limitation des quantités de plomb et de cadmium extractibles des objets en céramique destinés à être mis en contact des denrées, produits et boissons alimentaires » est toujours en vigueur. Ce texte définit des valeurs limites selon 3 catégories :

- catégorie 1 – objets non remplissables et objets remplissables dont la profondeur interne mesurée entre le point le plus bas et le plan horizontal passant par le bord supérieur est inférieure ou égale à 25 mm : 0,8 mg/dm²
- catégorie 2 – tous autres objets remplissables : 4,0 mg/L,
- catégorie 3 – ustensiles de cuisson ; emballages et récipients de stockage ayant une capacité supérieure à trois litres : 1,5 mg/L.

La Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) se réfère aux mêmes normes pour le contrôle du relargage par les récipients en verre ou en cristal.

Le dépassement des valeurs limites réglementaires permet de confirmer que le récipient est une source de plomb pour l'enfant. L'importance du dépassement donne une indication : les analyses faites récemment par la Direction de la santé publique du Québec sur des plats à tagines d'apparence similaire [19] donnaient par exemple des résultats compris dans une fourchette très large de 0,44 mg/L à 4320 mg/L. Mais on ne peut pas connaître la dose de plomb réellement apportée car on ne connaît pas le relargage effectif de plomb dans les aliments consommés par l'enfant.

Au cas où le récipient apparaîtrait comme seule source crédible d'intoxication, il est envisageable d'aller plus loin dans l'investigation :

- si c'est un ustensile de cuisine, en l'utilisant pour une préparation alimentaire consommée habituellement par l'enfant et en dosant le plomb dans cette préparation,
- si c'est un récipient utilisé habituellement pour le stockage d'un aliment ou d'un liquide, en dosant directement le plomb dans l'aliment ou le liquide stocké.

7.6 Cosmétiques traditionnels

L'usage de cosmétiques traditionnels contenant du plomb peut provoquer des intoxications élevées. Leur recherche doit être systématique parmi les familles ayant des attaches avec des pays où l'utilisation en est courante. L'analyse de ces produits permettra de valider ou d'infirmer l'existence de cette source de contamination.

7.6.1 Usages et risques

Des cosmétiques contenant du plomb sont produits dans différents pays (notamment Inde, Pakistan, Maroc, Arabie Saoudite, Koweït, Egypte, Chine, Niger). Des personnes habitant en France et originaires de ces pays peuvent conserver l'habitude de les utiliser. Les appellations sont diverses : khôl en Inde et au Moyen-Orient, surma dans de nombreux pays d'Asie, tiro en Afrique (Niger)[69].

Le plomb contenu dans ces produits est souvent sous forme de sulfure de plomb, mais on peut trouver d'autres formes chimiques : $PbSO_4$, $PbCO_3$ [68].

Le khôl est à la fois utilisé comme article de beauté et comme produit de protection contre les maladies et le « mauvais œil ». Il existe en effet de nombreuses croyances religieuses entourant son utilisation, qui remontent au temps de l'Egypte pharaonique. Les femmes utilisent le khôl pour elles-mêmes (sourcils, paupières, nombril) et pour leurs enfants, tant garçons que filles : un bâtonnet est plongé dans le produit et appliqué sur le bord interne de la paupière, laissant un fin dépôt sur la paupière et sur le globe oculaire. Les enfants, en se frottant les yeux (le produit peut être irritant), récupèrent du produit sur leurs mains et peuvent l'ingérer en se suçant les doigts (des études sur animal semblent montrer que le passage à travers la cornée n'est pas une voie significative d'absorption du plomb de ces produits) [14].

Les cas d'intoxication rapportés sont nombreux et regroupent différentes régions d'Asie et du Moyen-Orient. Des plombémies élevées sont rapportées chez des enfants utilisateurs de khôl ou chez des enfants dont les mères en utilisent [9;101] ; des cas d'encéphalopathies aiguës sont même rapportés [68]. Les enfants âgés de moins de 6 ans sont les plus concernés par ce type d'intoxications et aussi par leur gravité [9]. Les enfants peuvent également être contaminés via la voie placentaire ou l'allaitement maternel [27]. Une étude réalisée dans les maternités du nord des Hauts-de-Seine a montré que 1,8 % des nouveaux-nés avaient une plombémie supérieure à 100 $\mu g/L$ et que dans 14 cas sur 18, les seules sources d'intoxication retrouvées étaient l'usage par la mère de khôl et de plats à tagine d'origine marocaine [127]. On peut citer aussi les cas de bébés de 1 à 4 mois pour qui les plombémies étaient comprises entre 400 et 1000 $\mu g/L$ suite à des applications quotidiennes de khôl sur les yeux [57;79].

7.6.2 Prélèvement et analyse

La question de l'utilisation de cosmétiques traditionnels doit être posée systématiquement lorsque la famille a des attaches dans des pays utilisateurs de cosmétiques au plomb. Dans le doute, mieux vaut poser la question. On veillera à ne pas provoquer de réactions défensives dans la façon de questionner : il est plus facile pour une famille d'admettre que les peintures de son logement sont cause d'intoxication plutôt que ses habitudes de vie.

Les produits se présentent soit sous forme de poudre pulvérulente soit sous forme de produits gras ou pâteux. La Ddass du Val d'Oise a constaté que le khôl en poudre

prélevé lors d'enquêtes environnementales contenait systématiquement du plomb alors que celui en crème n'en contenait pas.

Les photos suivantes montrent des exemples de flacons, à gauche d'origine marocaine, à droite d'origine pakistanaise.

Figure 13 : photos de flacons de cosmétiques contenant du plomb



Source : Ddass du Val d'Oise

Au cas où l'utilisation de produits douteux a été mise en évidence, il faut en obtenir un échantillon pour analyse. Il n'y a pas de méthode d'analyse spécifique. Le dosage est fait en général en plomb total, mais la méthode d'analyse du plomb acido-soluble des peintures est parfois utilisée ; cette méthode n'est toutefois praticable que pour les produits en poudre.

7.6.3 Valeurs de référence

Les concentrations en plomb des khôls sont très variables, allant de 0 à plus de 50 % de plomb. Certains khôls en poudre analysés en région parisienne par le Laboratoire central de la préfecture de police de Paris (LCPP) contenaient des concentrations en plomb acido-soluble de l'ordre de 20 mg/g.

La Directive européenne 76/768/CEE du 27 juillet 1976 [42] interdit explicitement les composés du plomb dans les cosmétiques, sauf l'acétate de plomb dans les produits capillaires (à noter quand même que l'acétate de plomb est un sel de plomb particulièrement biodisponible).

7.7 Aliments

L'analyse d'aliments potentiellement contaminés sera réservée à des situations particulières, soit pour approfondir une investigation négative, soit pour préciser la contamination d'aliments suspectés. Elle pourra concerner des aliments autoproduits, des aliments importés ou des aliments cuisinés au contact de récipients qui relarguent du plomb.

Pour l'analyse, les aliments devront être préparés tels qu'ils sont consommés.

7.7.1 Intérêt

L'analyse d'aliments dans le cadre de l'investigation d'un cas de saturnisme peut exceptionnellement être réalisée dès la première visite à domicile, lorsqu'une forte suspicion porte sur un aliment.

Elle sera plutôt envisagée dans un second temps :

- lorsque les investigations concernant les sources plus habituelles d'intoxication seront négatives. On recherchera en particulier :
 - des aliments autoproduits par la famille (ou des personnes gardant fréquemment l'enfant) avec des méthodes de préparation ou de stockage pouvant être propices à leur enrichissement en plomb,
 - des aliments importés par des filières non contrôlées,
- lorsqu'on souhaitera préciser la contamination d'aliments :
 - après des tests de relargage de récipients à usage alimentaire positifs,
 - après avoir constaté la contamination de la terre d'un potager par le plomb.

7.7.2 Echantillonnage et prélèvements

Sauf si des concentrations très élevées sont suspectées, l'analyse ne concernera que des aliments ou types d'aliments régulièrement consommés par l'enfant, selon les informations apportées par la famille.

Conserves, produits conditionnés, infusions

Ces produits peuvent être de natures très différentes, ce qui peut compliquer l'échantillonnage. On peut proposer quelques règles pratiques :

- pour les produits dont la fabrication laisse supposer une distribution homogène de la contamination (produits cuisinés de la même manière : liquides, conserves, confitures...) on prélève un échantillon par lot. Les liquides doivent être agités avant le prélèvement.
- pour les produits conditionnés (par exemple boîtes de conserve importées), on prélève si possible deux ou trois échantillons. Plusieurs échantillons d'un même aliment pourront être mélangés, broyés et mixés de manière à obtenir un échantillon composite pour l'analyse. Toutefois, ceci ne pourra être fait que lorsqu'il sera possible d'obtenir un mélange homogène au final.

Légumes et fruits issus de jardins potagers

Les végétaux doivent être de préférence prélevés au stade végétatif où ils sont consommés donc le plus souvent à maturité. On ne pourra toutefois prélever que les végétaux présents dans le jardin lors de l'investigation, et à condition qu'ils soient effectivement consommés par l'enfant. L'étude de potagers contaminés par le plomb montre des teneurs plus élevées dans la laitue, la carotte, le radis et le poireau et plus faibles dans la pomme de terre, le haricot vert et la tomate (végétaux préparés tels que consommés) [47].

Certains végétaux se conservent sur de longues périodes (carotte) et peuvent donc être échantillonnés à partir du lieu de stockage et non au moment de la récolte.

7.7.3 Conditionnement, stockage, transport

Les échantillons doivent être placés dans un récipient propre, en matériau inerte : sacs plastiques exempts de plomb ou boîtes si les échantillons sont fragiles. Si nécessaire, les échantillons seront transportés au frais (glacière). Il est conseillé d'ôter manuellement la terre présente sur les racines (carottes, pommes de terre...) avant conditionnement. Le délai entre prélèvement et analyse devra être compatible avec les capacités de conservation de l'échantillon.

7.7.4 Analyse

Préparation de l'échantillon avant analyse

Les aliments devront être de préférence analysés tels qu'ils sont consommés. Les analyses concerneront donc des échantillons de produits cuisinés ou préparés.

Les modalités de préparation (essentiellement lavage et séparation des parties non consommées) des échantillons doivent être communiquées au laboratoire à partir des informations recueillies auprès de la famille. Le laboratoire s'efforcera de préparer les échantillons selon ces indications. Le laboratoire doit utiliser du matériel n'introduisant pas de contamination supplémentaire en plomb. Lorsque la préparation nécessite l'addition d'eau, il faut utiliser de l'eau distillée (par exemple pour des infusions).

Procédé analytique

Il varie peu en fonction du type d'aliments. L'analyse comporte une étape de minéralisation permettant d'extraire le plomb total contenu dans l'échantillon et une étape d'identification et de quantification.

Il n'existe pas de méthodes spécifiques pour la détermination de la teneur en plomb, les laboratoires peuvent utiliser les techniques de leur choix (techniques de minéralisation, hydrolyse acide ou micro-onde pour la préparation de l'échantillon, spectrophotomètre à absorption atomique à four graphite ou ICP-MS pour la quantification) à condition que leur méthode soit validée et réponde aux critères de performance tels que ceux définis par la directive européenne 2001/22/CE du 8 mars 2001 [39]. Cette directive fixe une valeur limite de quantification à 1/5 de la valeur réglementaire sauf si celle-ci est inférieure à 0,1 mg/kg de poids frais (dans ce cas, la limite de quantification est fixée à deux cinquièmes de la valeur réglementaire).

7.7.5 Valeurs de référence

Le règlement (CE) N° 466/2001 du 8 mars 2001 [40] donne des teneurs maximales en plomb pour les denrées alimentaires. Les principales sont reprises dans le Tableau 9.

Tableau 9 : teneurs maximales en plomb dans les denrées alimentaires selon le règlement de la commission européenne du 8 mars 2001

Produit	Teneurs maximales (mg/kg de poids à l'état frais)
Lait de vache	0,02
Préparations pour nourrissons	0,02
Viande	0,1
Abats	0,5
Chair de poisson	0,2
Crustacés	0,5
Mollusques bivalves	1,0
Céréales	0,2
Légumes (sauf ceux ci-après)	0,1
Brassicées, légumes-feuilles, champignons cultivés	0,3
Fruits sauf baies et petits fruits	0,1
Baies et petits fruits	0,2
Huiles et matières grasses	0,1
Jus de fruits	0,05
Vins	0,2

7.8 Autres médias

De nombreuses sources peuvent être à l'origine d'une intoxication (voir 2.3.4). Au cas où des produits ou matériels sont soupçonnés, il est possible de les analyser.

Il peut s'agir de remèdes ou compléments nutritionnels d'origine traditionnelle, de jouets, de mobilier, d'air extérieur ou intérieur...

En cas d'absence de méthode d'analyse précise, il est toujours possible de se référer à des méthodes utilisées pour d'autres média.

Remèdes et compléments alimentaires traditionnels

Ils peuvent être sous des formes très diverses : herbes, poudres, comprimés, capsules, liquides...

On pourra les analyser avec les mêmes méthodes que pour les denrées alimentaires.

Les compléments alimentaires font l'objet de la directive européenne 2002/46/CE du 10 juin 2002 [106]. Elle établit une liste positive des substances pouvant être présentes dans ces compléments alimentaires. Bien sûr cette liste ne comprend pas le plomb, qui est toxique et n'a pas d'utilité biologique. Concernant les critères de pureté des substances entrant dans la composition des compléments alimentaires, la directive renvoie aux textes relatifs à la fabrication des denrées alimentaires.

Les médicaments traditionnels, commercialisés par des circuits non officiels, ne présentent pas de garanties d'efficacité ni d'innocuité. Bien que l'Organisation mondiale de la santé développe une stratégie pour que les médecines traditionnelles (ou médecines complémentaires ou parallèles dans les pays développés) soient reconnues tout en étant plus contrôlées [105], on ne peut que déconseiller leur utilisation par une famille ayant un enfant intoxiqué.

Jouets

Des jouets ou d'autres objets usuels peuvent être sucés, léchés et mordillés par les enfants. Des particules des matériaux constituant du jouet peuvent être détachées et ingérées. En cas de suspicion concernant un jouet ou un objet usuel, il est possible de le faire tester en laboratoire en appliquant la norme NF EN 71-3 « Sécurité des jouets – migration de certains éléments » [4].

La norme s'applique aux jouets destinés aux enfants jusqu'à l'âge de 6 ans pour lesquels il y a une probabilité que leurs composants entrent en contact avec la bouche, quel que soit le type de jouet.

Le principe de la norme est de mettre en contact le jouet ou un fragment détaché du jouet avec une solution acide simulant la digestion gastrique.

Par exemple pour les jouets recouverts de peinture, vernis, laques, encres, un fragment de revêtement est détaché par arrachement mécanique puis plongé dans une solution d'acide chlorhydrique dilué (0,07 mol/l) pendant 2 h à 37 °C.

La norme prévoit aussi des méthodes d'essai pour les jouets de petite taille ayant des composants en verre, en céramique ou métalliques. Le jouet est alors immergé dans la solution acide.

Les matériaux de type papiers, cartons, textiles, pâtes à modeler peuvent aussi être testés.

La norme fixe une valeur limite pour la migration du plomb dans la solution acide, qui est de 90 mg/kg à partir de laquelle le matériau du jouet est considéré comme non satisfaisant. De fortes variabilités analytiques ont été observées qui ont conduit à appliquer un « coefficient de correction analytique » de 30 %, qui est soustrait au résultat des essais avant comparaison avec la valeur limite.

A noter que cette valeur limite a été calculée dans l'hypothèse où l'enfant ingère chaque jour un maximum de 8 mg de matériau du jouet. Elle ne peut donc être appliquée à des substances ingérées en quantité plus importante.

Meubles

Des meubles peuvent avoir été recouverts de peintures ou de vernis contenant du plomb. On pourra utiliser les appareils à fluorescence X et l'analyse chimique de plomb acido-soluble utilisée pour les peintures des bâtiments pour mettre en évidence le danger. Les mêmes valeurs de référence peuvent être utilisées.

Air extérieur

En cas de pollution atmosphérique, on peut envisager l'analyse de l'air ou l'analyse de poussières en suspension. Ces analyses sont plutôt mises en œuvre pour la surveillance environnementale ; il n'apparaît pas pertinent en général de les mettre en œuvre dans le cadre d'une investigation. La consultation de l'historique des résultats d'éventuelles mesures de surveillance autour d'un site émettant du plomb dans les mois précédant la déclaration peut cependant être utile pour les conclusions de l'enquête.

Le décret n° 2002-213 du 15 février 2002 fixe un objectif de qualité de $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et une valeur limite de $0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la concentration moyenne annuelle de plomb dans l'air extérieur. Dans la plupart des agglomérations, la moyenne annuelle des concentrations de plomb était de l'ordre de $0,04 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en 2002 (source : site internet du Ministère de l'écologie et du développement durable).

Air intérieur

En l'absence d'activité au domicile libérant du plomb sous forme de vapeurs ou de poussières, la concentration du plomb dans l'air intérieur est en général fortement corrélée à celle de l'air extérieur et à l'aération et ventilation des locaux. En moyenne, le taux de plomb dans l'air intérieur est égal à 60 % du taux dans l'air extérieur [61;125].

Dans le cas d'une activité de loisir à domicile provoquant l'émission de vapeurs ou poussières de plomb (loisirs créatifs, réalisation de soldats de plomb, soudure...), on pourrait éventuellement réaliser des mesures similaires à celles entreprises lors d'une étude de poste de travail. L'Annexe 18 précise les principes de surveillance des travailleurs exposés au plomb, les méthodes de mesure du plomb dans l'air des ateliers et les valeurs de référence en milieu du travail.

Sauf en cas d'émission de vapeurs de plomb, la mise en évidence d'une contamination des locaux pourra se faire plus simplement par prélèvement de poussières au sol.

7.9 Analyses isotopiques : principes et applications

Les isotopes du plomb peuvent être utilisés comme traceurs des différentes origines du plomb. Ils pourraient aider à déterminer la source principale d'exposition d'un enfant. Toutefois, cette méthode est complexe et ne permet pas toujours d'apporter une réponse sûre. Elle pourrait présenter un intérêt dans les situations de persistance d'une plombémie élevée ou pour apporter un élément de preuve.

Les isotopes correspondent à différents types de noyaux atomiques d'un même élément, différant par leur nombre de neutrons (masse atomique) mais ayant le même nombre de protons et d'électrons et possédant les mêmes propriétés chimiques.

Le plomb naturel est constitué de cinq isotopes. Les isotopes de masses atomiques 204, 206, 207 et 208 sont stables et l'isotope de masse atomique 210 est un élément radioactif, provenant du radon (^{222}Rn). Les abondances respectives moyennes des isotopes 204, 206, 207 et 208 sont de 1,5 ; 22,6 ; 23,6 et 52,3 %.

Les rapports isotopiques : la carte d'identité du plomb

Au cours des processus industriels de préparation des matériaux en plomb, il n'y a pas de fractionnement des isotopes du plomb (absence de ségrégation isotopique) ; ainsi la composition isotopique après tout processus de fabrication est identique à celle du minerai originel. Des matériaux d'origines différentes peuvent présenter des « signatures isotopiques » différentes, c'est-à-dire des ratios différents entre les isotopes stables.

La « carte d'identité isotopique du plomb » est déterminée par des méthodes analytiques de spectrométrie de masse permettant de séparer les isotopes en fonction de leur masse atomique. Le couplage Torche à Plasma et Spectrométrie de Masse (ICP-MS : Inductively

Coupled Plasma – Mass Spectrometry) est particulièrement adapté et constitue une méthode simple et rapide de détermination des rapports isotopiques (5, 6).

L'utilisation de cette méthode de dosage nécessite un conditionnement préalable des échantillons, visant à la mise en solution du plomb par destruction complète de la matrice organique ainsi qu'une solubilisation des minéraux (minéralisation par micro-ondes, en enceinte fermée sous haute pression, en présence d'acide nitrique).

Dans la pratique, la comparaison porte sur le rapport 206/207, car pour ces deux isotopes, les incertitudes analytiques sont les plus faibles en raison d'abondances relatives proches. Dans certains cas, pour augmenter la discrimination, il est possible d'utiliser les autres rapports isotopiques (208/207, 208/206...).

La recherche des sources prépondérantes de plomb

Depuis les années 1970, les rapports isotopiques du plomb sont couramment utilisés dans le but d'identifier les sources de contamination de l'environnement par le plomb [80;110]. La méthode consiste à comparer les valeurs des rapports isotopiques de l'échantillon dont on cherche à identifier l'origine à celles des différentes sources potentielles de contamination.

Parmi les applications utilisant la signature isotopique du plomb, on peut citer : la datation en géologie [10], l'identification et le traçage des différents apports de plomb dans l'océan ou les eaux douces de surface [59], l'identification des différentes sources de contamination atmosphérique [95], l'identification de l'origine de la contamination au plomb dans les aliments et l'eau [59], des enquêtes épidémiologiques sur l'exposition au plomb des enfants [11;98].

Ainsi, diverses études environnementales ont mis en évidence des sources prédominantes de plomb dans le milieu naturel : contamination de la végétation par les carburants [110], contamination des sols à proximité des autoroutes par les carburants [11], contamination de l'eau dans des conduites en plomb distribuant des eaux agressives [80].

L'étude des rapports isotopiques du plomb présent dans des échantillons de sang, et dans des échantillons de peintures, poussières et eau du robinet, recueillis au cours d'investigations de cas de saturnisme infantile, permet de proposer des hypothèses sur les origines du plomb.

Une étude exploratrice a été réalisée à partir d'un groupe de 34 enfants dont la plombémie était connue [96]. Pour les enfants ayant des plombémies inférieures à 50 µg/L (4 enfants), aucune origine préférentielle n'a pu être mise en évidence : une valeur basse de la plombémie peut correspondre à des sources diversifiées de plomb (bruit de fond). Pour les autres enfants, il a été possible dans plusieurs cas de retrouver une origine principale à la plombémie élevée : peintures, poussières domestiques ou eau du robinet. Le Tableau 10 donne un exemple de résultats issus de cette étude pour un enfant dont la plombémie était comprise entre 50 et 150 µg/L.

Tableau 10 : exemple de résultats d'analyses isotopiques

Echantillon	206/207		208 /206		208 /207	
	Moyenne	RSD(%)	Moyenne	RSD(%)	Moyenne	RSD(%)
Peinture 1	1,1598	0,25	2,1101	0,21	2,4042	0,38
Peinture 2	1,1628	0,37	2,1249	0,21	2,4566	0,25
Peinture 3	1,1543	0,32	2,1250	0,27	2,4396	0,45
Peinture 4	1,1467	0,48	2,1165	0,57	2,4243	0,05
Peinture 5	1,1500	0,41	2,1249	0,36	2,4348	0,27
Poussière 1	1,1615	0,32	2,1087	0,48	2,4441	0,50
Poussière 2	1,1628	0,28	2,1103	0,42	2,4533	0,33
Eau	1,1550	0,24	2,1059	0,16	2,4306	0,20
Sang	1,1401	0,18	2,1183	0,28	2,4136	0,16

(RSD = relative standard deviation)

Interprétation : « le tableau montre que les poussières 1 et 2 sont les poussières des peintures ; surtout de la peinture 2. Il est très net que l'eau n'est pas à l'origine de la contamination de l'enfant. »

Perspectives d'utilisation des analyses isotopiques

Les isotopes du plomb peuvent être utilisés comme traceurs des différentes origines du plomb. Lors d'une investigation d'un cas de saturnisme, l'analyse isotopique du plomb sanguin et du plomb de différents échantillons de l'environnement pourrait aider à déterminer la source principale d'exposition. Toutefois, cette méthode ne permet pas de répondre lorsque plusieurs sources concourent à l'exposition ou lorsque certaines sources ont des signatures isotopiques proches. La variabilité de la mesure des rapports isotopiques peut aussi gêner l'interprétation. Par ailleurs elle représente un coût humain et financier supplémentaire pour le service chargé de l'investigation.

L'analyse isotopique n'a jusqu'ici pas été utilisée dans le cadre des investigations de cas. Cet outil pourrait être développé, notamment dans les situations de persistance d'une plombémie élevée malgré des actions de réduction de l'exposition ou pour apporter un élément de preuve, soit pour faire progresser la connaissance scientifique, soit dans le cadre d'une expertise judiciaire.

8 Interprétation des résultats

Le dépassement de valeurs de référence réglementaires ou de valeurs de bruit de fond ne suffit pas pour juger de la plausibilité qu'une source de plomb ait un rôle prépondérant ou important dans l'intoxication de l'enfant. Des cas types sont présentés pour aider à définir la position à adopter en fonction des résultats de l'enquête : arrêt de l'investigation, la ou les sources prépondérantes de contamination étant jugées connues, ou réalisation d'investigations plus approfondies.

Dans le cadre de l'investigation d'un cas de saturnisme, il sera rarement possible d'évaluer de façon plausible la dose de plomb ingérée à partir des sources de contamination mises en évidence. Des ordres de grandeur des doses externes qui peuvent être apportées par différents media sont toutefois donnés, ainsi qu'une relation empirique entre la dose externe et la plombémie.

Des modélisations réalisées à l'aide du logiciel toxicocinétique IEUBK sont présentées afin d'illustrer les relations entre les concentrations en plomb de différents milieux et la plombémie.

8.1 Synthèse des valeurs de référence dans différents media

Le Tableau 11 synthétise les valeurs de références dans différents media qui ont été exposées dans le chapitre précédent. En dessous de ces valeurs la probabilité que le media soit responsable d'une plombémie $\geq 100 \mu\text{g/L}$ est faible. Elle n'est toutefois pas nulle car il peut exister des comportements extrêmes tels que l'ingestion de fortes quantités de peinture, de terre ou de poussières.

Tableau 11 : valeurs de référence dans différents milieux

Media	Grandeur mesurée	Limite d'exposition significative	Origine des valeurs *
Peintures et autres revêtements	- Concentration surfacique	1 mg/cm ²	Rég. Fr
	- Concentration massique en plomb acido-soluble	1,5 mg/g	Rég. Fr
	- Concentration massique en plomb total	5 mg/g	Rég. USA
Poussières intérieures : - prélèvement par lingettes - contenu sac aspirateur	- Concentration surfacique en plomb acido-soluble - Concentration massique	300 $\mu\text{g/m}^2$	Cons.

Media	Grandeur mesurée	Limite d'exposition significative	Origine des valeurs *
familial	en plomb total	500 µg/g	Cons.
Poussières extérieures	- Concentration surfacique en plomb acido-soluble - Concentration massique en plomb total	Porches, balcons... : 300 µg/m ² 400 µg/g	Cons. Cons.
Terre (sol nu sur lequel joue l'enfant)	Concentration massique en plomb total	400 mg/kg	Rég. USA
Eau potable	Concentration	10 µg/L	Rég. Fr
Vaisselle et ustensiles culinaires : - Vaisselle, objets non remplissables - Vaisselle, objets remplissables - Ustensiles de cuisson et récipients de stockage	Tests de relargage : - quantité relarguée par unité de surface - concentration dans la solution d'extraction - concentration dans la solution d'extraction	 0,8 mg/dm ² 4,0 mg/L 1,5 mg/L	 Rég. Fr Rég. Fr Rég. Fr
Jouets	Tests de relargage : quantité relarguée par masse de matériau-jouet	90 mg/kg	Rég. Fr
Aliments : - lait, jus de fruits - viande, chair de poisson - abats, crustacés, mollusques - légumes, fruits, céréales, légumineuses	Concentration à l'état frais (plomb total)	0,02 à 0,05 mg/kg 0,1 à 0,2 mg/kg 0,5 à 1,0 mg/kg 0,1 à 0,3 mg/kg	Règ. CE Règ. CE Règ. CE Règ. CE

* Rég. Fr = réglementation française, Rég. USA = réglementation américaine, Cons. = consensus du groupe de travail, Règ. CE = règlement de la Commission Européenne.

8.2 Méthodes de raisonnement

8.2.1 Principes généraux

Les valeurs de référence dans les milieux présentées au paragraphe précédent permettent de juger si une source est à prendre en considération dans l'exposition de l'enfant. Par contre il reste délicat de juger :

- s'il est plausible qu'une source d'exposition mise en évidence dans l'environnement de l'enfant explique à elle seule la plombémie ; ce jugement est nécessaire pour décider de stopper l'investigation ou au contraire de l'approfondir,
- si une source est prépondérante parmi plusieurs sources présentes dans l'environnement de l'enfant ; ce jugement est utile pour mener en priorité les actions les plus efficaces pour réduire l'exposition de l'enfant.

Les erreurs de jugement peuvent avoir des conséquences néfastes :

- dans le premier cas, stopper l'investigation parce qu'on a trouvé du plomb dans l'environnement de l'enfant, et alors que la véritable source d'intoxication n'a pas été trouvée aura pour conséquence des actions de prévention sans effet sur l'intoxication,
- dans le deuxième cas, s'attacher à faire supprimer une source très secondaire d'exposition au plomb en négligeant la ou les sources prépondérantes aura peu d'effet sur l'intoxication. Il n'est en fait pas indispensable de hiérarchiser des sources prépondérantes puisqu'il faudra s'attacher à les faire toutes disparaître ; ce qui est important, c'est de ne pas prendre une source négligeable pour une source prépondérante et vice versa. Cette attitude n'empêche pas de recommander par prudence la suppression de sources qui ne paraissent pas jouer un

rôle prépondérant, à condition que cette suppression n'ait pas un coût disproportionné par rapport à son intérêt. On ne versera pas dans l'excès de vouloir faire disparaître absolument toute trace de plomb dans l'environnement de l'enfant, au risque de noyer la famille sous un flot de recommandations dans lesquelles elle oubliera peut-être les points importants.

Des cas types sont présentés ci-après pour guider la marche à suivre dans des situations courantes. Sont ensuite présentés des éléments d'approche de la dose ingérée, et des courbes illustrant les relations entre concentration dans un milieu et plombémie. Ces éléments ne sont qu'une aide au raisonnement, dans la mesure où l'exposition réelle de l'enfant est la plupart du temps très difficile à estimer. On restera très prudent dans les conclusions :

- on ne stoppera une enquête que si la ou les sources d'intoxications sont très plausibles,
- en présence de plusieurs sources, on ne considèrera une source comme négligeable qu'avec des raisons très solides.

8.2.2 Analyse de cas types

Selon les indications données dans les chapitres précédents sur la façon de conduire l'enquête, un minimum d'informations est toujours requis pour toute enquête : remplissage du questionnaire d'enquête et mesures du plomb des peintures au domicile (logement, parties communes, supports extérieurs). L'observation de l'état des peintures, les questions aux parents et les analyses des peintures permettent d'avoir une opinion précise sur la source peinture au domicile. Sans réalisation d'autres mesures ou analyses, le remplissage du questionnaire donne aussi des indications sur la probabilité d'existence d'autres sources potentielles d'intoxication.

A ce stade de l'enquête, il est possible d'arrêter les investigations dans les trois cas suivants :

Cas 1 : ingestion de peinture au plomb au domicile

- il est rapporté par la famille un comportement d'ingestion d'écaillés de peinture ou de grignotage d'un support peint du domicile alors que les peintures sont clairement riches en plomb à cet endroit,
- d'après les parents l'enfant ne fréquente pas régulièrement d'autres immeubles anciens,
- il n'y a pas de notion de sols pollués par le plomb,
- le questionnaire n'a pas permis d'identifier d'autres sources évidentes d'intoxication.

L'hypothèse d'une intoxication par ingestion de peintures au domicile peut être retenue. L'ingestion de peintures riches en plomb apporte à l'enfant des doses très élevées de plomb qui peuvent expliquer des plombémies très élevées, même si les peintures n'ont pas des concentrations éloignées du seuil de référence de 1 mg/cm², comme peut le montrer un calcul rapide (cf. paragraphes suivants). L'ingestion de peintures n'a pas besoin d'être régulière pour provoquer une élévation forte de la plombémie.

On restera attentif, lors des questions posées aux parents à la possibilité que le comportement d'ingestion active de peintures se produise ailleurs qu'à domicile : autres habitats, école, lieux de jeu extérieurs au domicile. En cas de doute, il sera prudent de vérifier par une visite qu'il n'y a effectivement pas d'autres lieux de vie ou de jeu de l'enfant permettant l'ingestion de peintures au plomb. On sera d'autant plus vigilant si la plombémie est très élevée (> 450 µg/L).

Cas 2 : peintures au plomb du domicile très dégradées

- l'enfant n'a pas de comportement observé d'ingestion de peinture,
- les peintures du domicile sont riches en plomb et très dégradées,
- l'enfant ne fréquente pas régulièrement d'autres immeubles anciens,
- il n'y a pas de notion de sols pollués par le plomb,
- le questionnaire n'a pas permis d'identifier d'autres sources évidentes d'intoxication,

L'hypothèse d'une intoxication par ingestion de poussières riches en plomb au domicile peut être retenue. Le plomb contenu dans les poussières de maison est considéré par de nombreux auteurs comme la principale source d'intoxication. Et la principale cause d'enrichissement des poussières en plomb est la dégradation de peintures au plomb.

La notion de dégradation des peintures du domicile est évidemment interprétable. Il importe de juger si, du fait de cette dégradation, les lieux de vie de l'enfant au domicile peuvent être pollués par des poussières riches en plomb et/ou si l'enfant peut directement se contaminer les mains en touchant des peintures au plomb dégradées. On ne sous-estimera pas les parties communes intérieures comme lieu de contamination, surtout si l'enfant y joue sans surveillance.

L'observation d'un comportement main bouche important de l'enfant peut conforter l'hypothèse, mais ce comportement est habituel pour les enfants de moins de 3 ans.

L'observation de l'état des sols du domicile peut aussi conforter l'hypothèse : sols difficilement nettoyables, nettoyage médiocre.

La richesse en plomb des peintures a un impact. Pour des peintures émettant les mêmes quantités de poussières, la charge en plomb des poussières au sol sera plus ou moins proportionnelle à la concentration en plomb des peintures. On sera donc d'autant plus conforté dans l'opinion que les peintures du domicile dégradées sont la source prépondérante d'intoxication que leur concentration en plomb sera élevée.

L'exposition aux poussières peut être la cause d'une plombémie élevée si elle est chronique. En cas de plombémie supérieure à 300 µg/L, il sera tout de même prudent :

- de réaliser des analyses de plomb des poussières pour confirmer l'hypothèse,
- d'élargir l'investigation aux autres lieux de vie de l'enfant pour être certain qu'il n'y a pas d'autres sources d'intoxication.

Dans les cas 1 et 2 ci-dessus, les actions de réduction de l'exposition pourront être ciblées sur la réfection des peintures du domicile (logement, parties communes, et éventuellement des peintures au plomb dégradées en extérieur), la mise en place de revêtements de sol facilement nettoyables et le nettoyage effectif.

Cas 3 : usage de cosmétiques traditionnels

- la famille utilise un cosmétique traditionnel,
- l'enquête à domicile et le questionnaire aux parents n'ont pas mis en évidence d'autres sources d'intoxication.

Il faudra préciser au mieux les conditions d'exposition de l'enfant à ce cosmétique. L'analyse du cosmétique sera réalisée. En cas de concentration élevée en plomb et d'un usage sur l'enfant, l'hypothèse d'une contamination par cette source peut être retenue. En cas d'un usage limité à la mère, il sera prudent, avant de conclure, de visiter les éventuels autres lieux de vie pour s'assurer qu'ils ne présentent pas de risque.

En présence de plomb dans le cosmétique, il sera dans tous les cas demandé à la mère d'arrêter son utilisation.

Dans les autres situations ci-dessous, l'enquête au domicile est insuffisante pour conclure ; des investigations complémentaires doivent être menées.

Cas 4 : présence au domicile de peintures au plomb peu dégradées

- l'enfant n'a pas de comportement observé d'ingestion de peinture,
- on trouve du plomb dans les peintures au domicile, mais leur état relativement correct, la faible importance des surfaces plombées et/ou leur concentration en plomb modérée (par exemple < 5 mg/cm²) font douter qu'elles puissent enrichir notablement les poussières en plomb,
- le questionnaire n'a pas permis d'identifier d'autres sources évidentes d'intoxication.

Il est dans ce cas difficile de conclure sans investigations complémentaires. On réalisera, dès la première visite au domicile, des prélèvements de poussières intérieures, et on investiguera les autres lieux de vie de l'enfant.

Au cas où les investigations complémentaires n'auront pas permis d'identifier une source prépondérante d'intoxication, il faudra juger à partir des résultats d'analyses des poussières au domicile si cette source de contamination est plausible. Des concentrations moyennes en plomb dans les poussières supérieures à 300 µg/m² signent un enrichissement des poussières de la maison par le plomb qui peut avoir une répercussion sur la plombémie³⁷. Pour des plombémies supérieures à 300 µg/L, on restera dubitatif sur la responsabilité des poussières, sauf en cas de forte charge en plomb dans les poussières. Dans ces cas, il faudra s'interroger sur les raisons de cette contamination, non en rapport avec l'état des peintures (activité de loisir, travaux récents, sols pollués...).

Cas 5 : sol pollué

- les peintures du domicile ne contiennent pas de plomb ou bien elles sont en parfait état,
- l'enfant ne fréquente pas régulièrement d'autres immeubles anciens,
- il y a un contexte de site pollué ce qui a amené à réaliser des analyses de la terre du jardin fréquenté par l'enfant,
- le questionnaire n'a pas permis d'identifier d'autres sources évidentes d'intoxication.

Il est conseillé de réaliser aussi des prélèvements de poussières intérieures du domicile pour évaluer la contamination éventuelle du domicile par les poussières en provenance de l'extérieur.

Il y a lieu de raisonner sur les résultats des analyses de terre et de poussières intérieures, en tenant compte toujours du comportement de l'enfant, notamment son accès fréquent à des sols nus, son comportement main bouche... Le type d'habitat joue un rôle important : un enfant vivant dans un pavillon avec jardin a plus de risques d'être exposé qu'un enfant vivant en habitat collectif.

Des résultats d'analyses de sol nu sur lequel joue fréquemment l'enfant supérieures à 400 µg/g peuvent être compatibles avec une plombémie supérieure à 100 µg/L, mais on sera plus conforté par des valeurs plus élevées (dans le cas d'une contamination d'origine naturelle ou minière, on tiendra compte du fait que la biodisponibilité du plomb est souvent faible). Une contamination concomitante des poussières de la maison (concentration moyenne > 300 µg/m²) pourra être observée et expliquer en partie l'exposition de l'enfant. Une modélisation de la plombémie en fonction des concentrations en plomb dans les sols est donnée plus loin.

En cas de plombémie supérieure à 300 µg/L, et quels que soient les résultats d'analyse des sols, il faudra s'assurer par des visites que l'enfant ne fréquente pas des habitats anciens dégradés ou des lieux extérieurs pollués autres que le jardin du domicile.

Cas 6 : exposition hydrique

- des canalisations en plomb sont présentes au domicile,
- l'enfant boit l'eau du robinet,
- il n'y a pas de contexte de sol pollué,
- l'enquête à domicile et le questionnaire aux parents n'ont pas mis en évidence d'autres sources d'intoxication.

Il semble rare que l'eau du robinet puisse être la cause prépondérante d'un cas de saturnisme, d'autant plus si la plombémie de l'enfant est élevée (> 250 µg/L). Il conviendra donc de s'assurer par la visite des autres lieux de vie qu'il n'y a effectivement pas d'autres sources d'exposition. Au cas où aucune autre source potentielle d'exposition n'aura été trouvée, il conviendra de cerner au mieux le risque hydrique : longueur des canalisations en

³⁷ Les relations entre concentration surfacique en plomb des poussières intérieures et plombémies issues d'études menées à l'étranger ne sont malheureusement pas transposables en France.

plomb, habitudes de consommation, potentiel de dissolution du plomb, concentration en plomb dans l'eau au robinet.

Un calcul approximatif de dose de plomb absorbée par l'enfant est réalisable (voir paragraphe suivant), qui aidera à conclure en fonction de la plombémie de l'enfant.

Cas 7 : concomitance de plusieurs sources d'exposition

Il peut arriver que l'enquête mette en évidence plusieurs sources d'exposition. Par exemple :

- peintures au plomb dégradées au domicile,
- canalisations en plomb au domicile,
- peintures au plomb dégradées chez la nourrice,
- cuisine dans des plats en céramique qui relarguent du plomb.

Il sera utile de déterminer si une des sources est prépondérante, de façon à s'attacher résolument à la faire disparaître. Ceci dit, la suppression de l'exposition hydrique et par la vaisselle, qui sont en général des expositions secondaires, est facile et elle devra être réalisée rapidement.

8.3 Calculs de dose et relations dose-plombémie

8.3.1 Intérêt

Evaluer la dose de plomb ingérée ou inhalée par l'enfant sur une période de temps à partir des analyses réalisées dans les différents milieux pour juger de la plausibilité d'une source d'intoxication est un exercice périlleux pour différentes raisons, notamment :

- on doit avoir une connaissance précise du temps passé par l'enfant dans les différents lieux de vie (budget espace temps),
- on doit faire des hypothèses sur les quantités de media ingérés par unité de temps (taux d'administration) dans chaque lieu de vie : peintures, poussières, sols, eau, aliments...
- on doit définir quelles sont les concentrations en plomb des media ingérés ou inhalés, à partir des concentrations mesurées (à noter que les calculs concernant les poussières nécessitent la connaissance de concentrations massiques en plomb, qui ne sont pas mesurées couramment en France),
- on devrait tenir compte de la biodisponibilité du plomb alors qu'on ne dispose pas de cette donnée (même en cas d'analyses de plomb acido-soluble, cette technique analytique ne permet pas de connaître ce qui se passe réellement in vivo).

Une telle méthodologie est couramment menée au niveau d'une population, pour prévoir une distribution probable des plombémies [122] ou une plombémie médiane attendue [76;122]. En théorie, dans une situation individuelle, en supposant que les données d'entrée soient correctes, de tels calculs pourraient permettre d'obtenir une probabilité que la plombémie observée soit en lien avec les données d'environnement mesurées. Dans la pratique, des erreurs grossières peuvent être faites sur les hypothèses, ce qui rend cette méthodologie extrêmement aléatoire au niveau individuel.

On ne peut donc pas conseiller cette approche, qui n'est possible sans trop d'aléas que pour des cas particuliers comme l'eau du robinet ou l'alimentation. Les informations données ci-après ont seulement pour objectif de fixer des ordres de grandeur des doses de plomb apportées par différents media et de leur impact sur la plombémie.

8.3.2 Doses ingérées

Le Tableau 12 donne des ordres de grandeurs des **doses externes** (doses ingérées) qui pourraient être apportées par quelques media à des concentrations définies plus haut comme significatives.

Tableau 12 : ordres de grandeur de doses de plomb ingérées

Media	Concentration dans le milieu	Quantité ingérée	Dose ingérée par jour	Type d'analyse
Peintures à la céruse	1 mg/cm ²	1 mm ² /jour* 10 mm ² /jour* 1 cm ² /jour*	10 µg**** 100 µg 1000 µg	plomb total
Poussières intérieures au domicile	300 µg/m ²	Ingestion journalière par activité main bouche de 10 % de la poussière déposée sur 1 m ² de sol*	30 µg	plomb acido-soluble
Poussières intérieures au domicile	500 µg/g	Ingestion de 5 mg/h de poussières pendant 12 h d'activité en intérieur**	30 µg	plomb total
Terre et poussières extérieures	400 mg/kg	Ingestion de 20 mg/heure pendant 2h par jour **	16 µg	plomb total
Eau du robinet	10 µg/L	4,3 litres par semaine**	6 µg	plomb total
Alimentation normale***			13 µg	plomb total

* chiffres donnés à titre indicatif en l'absence de références dans la littérature

**valeurs couramment utilisées pour modéliser les quantités ingérées par les enfants de 2 ans [76]

*** dose alimentaire moyenne ingérée par les enfants de 3 à 14 ans selon rapport Inra 2004 [90]

**** l'hypothèse est faite que l'ensemble des couches de peinture contenant du plomb est ingéré.

La dose de plomb ingérée peut être comparée à la dose hebdomadaire tolérable provisoire (DHTP) fixée par l'OMS qui est de 25 µg/kg/semaine soit 3,6 µg/kg/jour. Pour un enfant de 2 ans (poids moyen de 12 kg), la dose journalière tolérable est ainsi de 43 µg.

8.3.3 Relation empirique dose externe-plombémie

Le dépassement de la dose tolérable ne signifie pas le dépassement du seuil de 100 µg/L de plombémie. Cette dose tolérable a été calculée à partir d'une étude réalisée chez de très jeunes enfants [116] qui montrait qu'il n'y avait pas d'augmentation de leur plombémie pour une dose journalière de ce niveau.

La dose externe prédictive d'une plombémie de 100 µg/L est de l'ordre de 60 µg/jour pour les enfants d'âge compris entre 1 et 6 ans [30]. A noter que cette dose a été calculée pour l'ingestion de plomb par voie alimentaire et que le plomb contenu dans l'alimentation est très biodisponible. En situation d'exposition stable et pour des enfants de moins de 6 ans, la plombémie peut être reliée à la dose externe alimentaire par une relation empirique [76] :

Plombémie attendue (µg/L) = Dose journalière ingérée (µg) x 1,6

8.3.4 Modélisation prédictive de la dose absorbée et de la plombémie

Les calculs simples présentés ci-dessus ne tiennent pas compte du caractère curvilinéaire généralement observé de la relation entre dose ingérée et plombémie. L'absorption des dérivés du plomb par le tube digestif est complexe et une partie des mécanismes en jeu a un caractère saturable. Des modèles plus sophistiqués (modèles toxicocinétiques) permettent d'aller plus loin dans l'analyse de la contribution des différentes sources d'exposition.

L'USEPA [126] a développé le modèle toxicocinétique IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children) qui permet de modéliser la quantité de plomb réellement absorbée par l'organisme (**dose interne**) et la plombémie attendue, en fonction des **concentrations moyennes** de plomb dans les différents compartiments de l'environnement³⁸ ; le modèle donne également la probabilité que soit dépassé le seuil de plombémie de 100 µg/L pour un enfant ayant un certain historique d'exposition (en considérant qu'il existe toujours une variabilité individuelle même pour des paramètres d'exposition identiques). L'interface utilisateur du logiciel permet de faire varier les différents

³⁸ Modèle téléchargeable sur le site de l'USEPA : <http://www.epa.gov/superfund/programs/lead/products.htm>

paramètres d'entrée, c'est-à-dire les concentrations dans l'environnement mais aussi les quantités de media ingérées et la biodisponibilité, ce qui permet de juger de la sensibilité des résultats prédits à la variation de ces différents paramètres.

On peut considérer par exemple un scénario de base (scénario 1 du Tableau 13) représentant l'exposition de fond de la population des enfants âgés de 2 à 3 ans, en prenant les paramètres par défaut d'IEUBK, sauf pour certaines valeurs mal adaptées à la situation française actuelle. On prendra ainsi plutôt : 0,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pour la concentration de plomb dans l'air, 35 $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les sols, 1 $\mu\text{g}/\text{L}$ dans l'eau et 12,8 μg pour les apports quotidiens de plomb par l'alimentation. A noter que la biodisponibilité est fixée par défaut par IEUBK à 50 % pour l'alimentation et l'eau et à 30 % pour la terre et les poussières. Le Tableau 13 donne la dose réellement absorbée au niveau sanguin, modélisée par IEUBK. Dans ce scénario, l'alimentation représente plus de 80 % de la dose absorbée. La plombémie attendue (moyenne géométrique) est de 28 $\mu\text{g}/\text{L}$ et la probabilité pour la plombémie de dépasser 100 $\mu\text{g}/\text{L}$ est de 0,3 %.

Considérons maintenant un scénario « sol pollué », avec les mêmes paramètres, sauf une concentration de plomb dans le sol de 500 $\mu\text{g}/\text{g}$ (scénario 2). On peut observer l'effet du phénomène de saturation, par exemple sur la dose alimentaire absorbée qui passe de 6,05 $\mu\text{g}/\text{j}$ à 5,49 $\mu\text{g}/\text{J}$ alors que la dose alimentaire ingérée reste identique. La dose totale absorbée est multipliée par 2,7 par rapport au scénario précédent et le sol et les poussières représentent plus des deux tiers de la dose absorbée. La plombémie attendue est de 75 $\mu\text{g}/\text{L}$ et la probabilité de dépasser 100 $\mu\text{g}/\text{L}$ est de 27,3 %. Par défaut, on considère dans ce modèle que la concentration de plomb dans les poussières intérieures est égale à 70 % de la concentration dans les sols et que l'apport par l'ingestion de sol représente 45 % du total (sol + poussières intérieures). Dans ce scénario, cela suppose donc une concentration de $0,7 \times 500 = 350$ $\mu\text{g}/\text{g}$ dans les poussières intérieures, à quoi il faut ajouter l'apport dans les poussières venant de l'air ambiant, soit un total de 355 $\mu\text{g}/\text{g}$.

Le ratio (plomb poussières/plomb sol) de 0,7 a été proposé par l'USEPA pour être utilisé autour de sites industriels en activité et dans des conditions où les échanges entre sol extérieur, poussières extérieures et poussières intérieures ne sont pas particulièrement régulés. Si on considère des teneurs en poussières intérieures plus basses malgré un contexte de sol pollué, par exemple 100 $\mu\text{g}/\text{g}$ ³⁹, l'impact sur les résultats est tout à fait significatif (scénario 3) : la dose absorbée et la plombémie attendue sont réduites de 20 %. L'interface d'IEUBK permet aussi d'introduire des mesures multiples réalisées dans les différents lieux de vie (maison, école, lieux de garde) en les affectant de coefficients de pondération, par exemple calculés à partir du temps passé dans les différents milieux.

Le taux d'ingestion de terre et de poussières est également un paramètre très important. Par défaut, le logiciel fixe le taux d'ingestion entre 85 et 135 mg/jour, selon l'âge des enfants (la valeur la plus élevée correspondant aux enfants de 1 à 3 ans). Si, au lieu de ces valeurs par défaut, on utilise la valeur de 400 mg/jour à partir de 2 ans, l'impact sur les résultats est également tout à fait significatif (scénario 4).

La biodisponibilité du plomb contenu dans le sol est fixée par défaut à 30 % : si des informations permettent de mieux apprécier les caractéristiques locales en matière de biodisponibilité du plomb, des valeurs différentes peuvent être introduites dans le modèle, ce qui modifie les résultats de manière tout à fait significative.

Les scénarios 5 et 6 montrent l'impact sur la plombémie de la consommation d'eau ayant une concentration moyenne de 50 $\mu\text{g}/\text{L}$ ou de 200 $\mu\text{g}/\text{L}$ pour un enfant faiblement exposé par ailleurs. La plombémie attendue est respectivement de 67 et 154 $\mu\text{g}/\text{L}$.

Le logiciel IEUBK a été conçu pour modéliser une exposition chronique au plomb. Il n'est donc pas adapté à la modélisation de l'ingestion de peintures, comportement qui a peu de chances d'apporter une dose de plomb régulière et qui peut, en une seule prise, amener l'ingestion de plusieurs millions de microgrammes de plomb et se traduire par une intoxication aiguë. Par contre, en cas de présence de peintures au plomb dégradées, le

³⁹ Le logiciel ne permet pas d'entrer des données de concentration surfacique

modèle IEUBK permet d'étudier l'impact sur la plombémie de la contamination des poussières intérieures, contaminées elles-mêmes par la dégradation des peintures. Si on considère (scénario 7) un enfant exposé à une concentration en plomb des poussières intérieures de 1200 µg/g⁴⁰, liée à la présence de peintures au plomb dégradées, cet enfant étant peu exposé par ailleurs (idem scénario 1), la plombémie modélisée est de 101 µg/L.

L'interface d'IEUBK permet de considérer l'apport d'autres sources que celles précédemment citées. On peut utiliser cette fonction pour simuler l'ingestion régulière de peintures, de cosmétiques, de médicaments traditionnels... On peut ainsi essayer d'apprécier l'impact (théorique) de l'ingestion régulière de peintures. On supposera (scénario 8) que la concentration surfacique de plomb dans les peintures est de 10 mg/cm² et que l'enfant décroche une épaisseur suffisante pour récupérer l'ensemble des couches contenant du plomb. On supposera aussi l'ingestion moyenne quotidienne, depuis l'âge de 2 ans, de 10 mm² d'écaillés de cette peinture, soit 1000 µg de plomb par jour. On supposera que la biodisponibilité du plomb des écaillés est de l'ordre de 20 %. On retiendra pour les autres paramètres de ce scénario les valeurs du scénario 1, ce qui suppose l'absence de contamination spécifique des poussières. La plombémie moyenne prédite pour un enfant de 2 à 3 ans est alors de 275 µg/L. Si, de plus, la concentration des poussières intérieures est égale à 1200 µg/g, la plombémie moyenne prédite est alors de 309 µg/L (scénario 9). Rappelons que cet exercice n'a qu'un intérêt qualitatif, car il sort du domaine strict d'application d'IEUBK [123].

Tableau 13 : résultats du modèle IEUBK dans différents scénarios d'exposition pour un enfant de 2 à 3 ans : dose absorbée selon la source et plombémie attendue

Scénario	Dose interne (µg/j)						Plombémie attendue* µg/L	Probabilité plombémie > 100 µg/L
	Air	Alimentation	Eau	Terre et poussières	Peinture	Total		
(1) Base	0,03	6,05	0,25	1,23	0	7,55	28	0,3 %
(2) idem 1 avec sol 500 µg/g	0,03	5,49	0,22	14,59	0	20,33	75	27,3 %
(3) idem 2 avec poussières intérieures 100 µg/g	0,03	5,67	0,23	10,05	0	16	59	13,1 %
(4) idem 2 avec taux d'ingestion sol+poussières de 400 mg/j	0,03	4,64	0,19	36,57	0	41,43	134	73,3 %
(5) idem 1 avec eau à 50 µg/L	0,03	5,58	11,3	1,13	0	18,08	67	19,5%
(6) idem 1 avec eau à 200 µg/L	0,03	4,59	37,28	0,93	0	42,83	154	82,1%
(7) idem 1 avec poussières intérieures à 1200 µg/g	0,03	5,18	0,21	22,16	0	27,58	101	51,1 %
(8) idem 1 avec ingestion de peintures	0,03	3,04	0,12	0,62	95,06	98,87	275	98,4 %
(9) idem 8 avec poussières intérieures à 1200 µg/g	0,03	2,91	0,12	12,43	90,88	106,37	309	99,2 %

* plombémie moyenne géométrique

On voit que l'approche par IEUBK amène à des résultats plus faibles que ceux basés sur la dose externe journalière multipliée par le facteur 1,6 comme développé dans le paragraphe précédent. La différence est principalement due à la prise en compte de biodisponibilités plus faibles que celle de l'alimentation et au phénomène de saturation.

Les figures suivantes illustrent différentes situations modélisées par IEUBK, qui permettent d'apprécier la variation de la plombémie, et de la probabilité de dépassement du seuil de plombémie de 100 µg/L, en fonction des concentrations en plomb dans différents milieux (ces modélisations ont été faites pour des enfants de la classe d'âge 2 à 3 ans) :

⁴⁰ Valeur considérée comme crédible par le manuel IEUBK dans des habitats ayant des peintures au plomb dégradées [123]

- la Figure 14 correspond à la situation d'un enfant exposé à un sol pollué et à des poussières intérieures polluées par l'apport de terre extérieure, avec une exposition de base par ailleurs (similaire au scénario 1). Les courbes en trait plein correspondent à un taux d'ingestion de terre et poussières de 85 à 135 mg/J (valeur par défaut IEUBK) ; les pointillés correspondent à un taux d'ingestion plus élevé, de 400 mg/J à partir de l'âge de 1 an.

- la Figure 15 illustre la situation d'un enfant exposé depuis sa naissance à une eau d'alimentation contenant du plomb, avec une exposition de base par ailleurs.

- la Figure 16 illustre une situation d'exposition à des poussières intérieures contenant du plomb provenant de la dégradation de peintures, l'enfant ayant une exposition de base par ailleurs.

Figure 14 : plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la concentration en plomb dans le sol et le taux d'ingestion

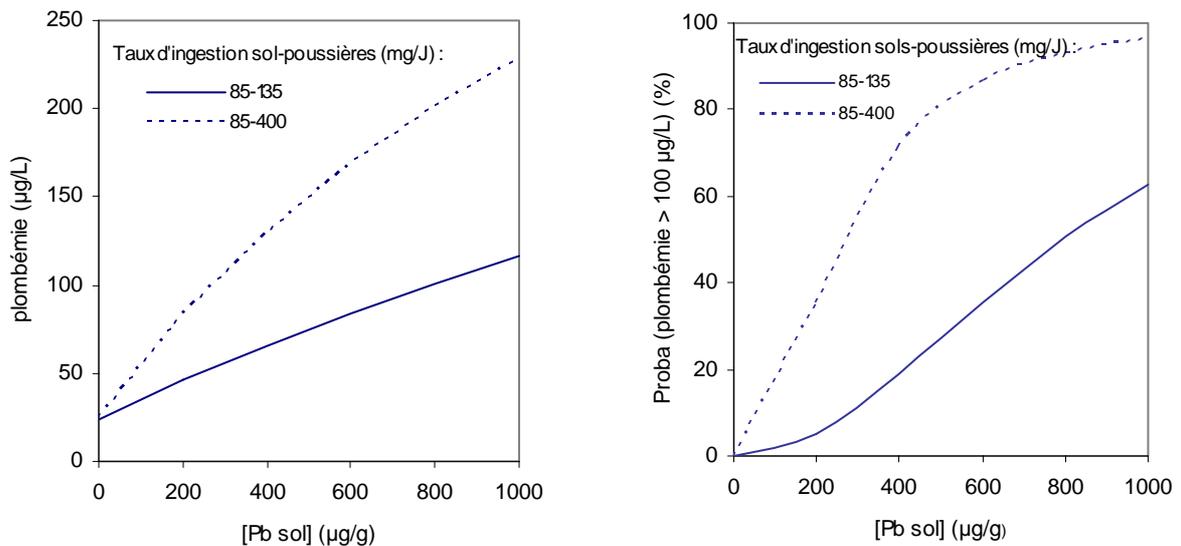


Figure 15 : plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la concentration en plomb dans l'eau

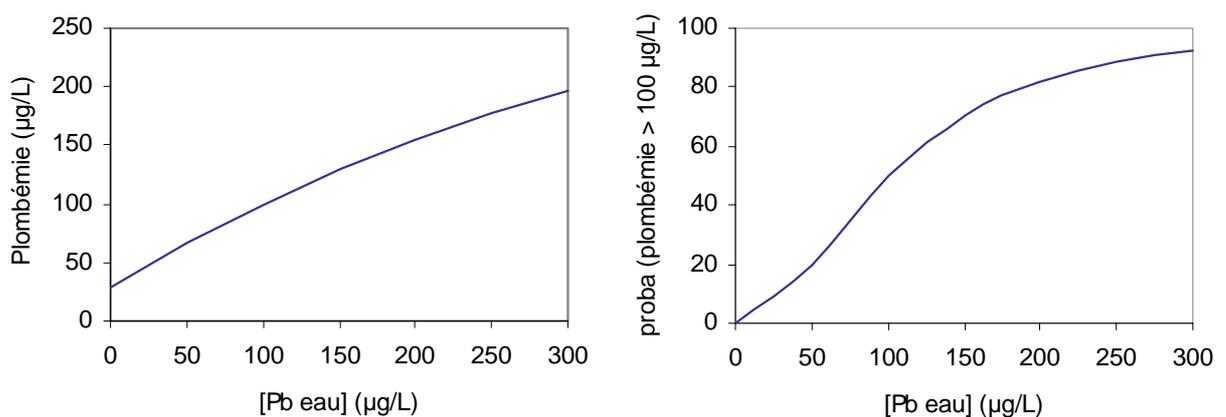
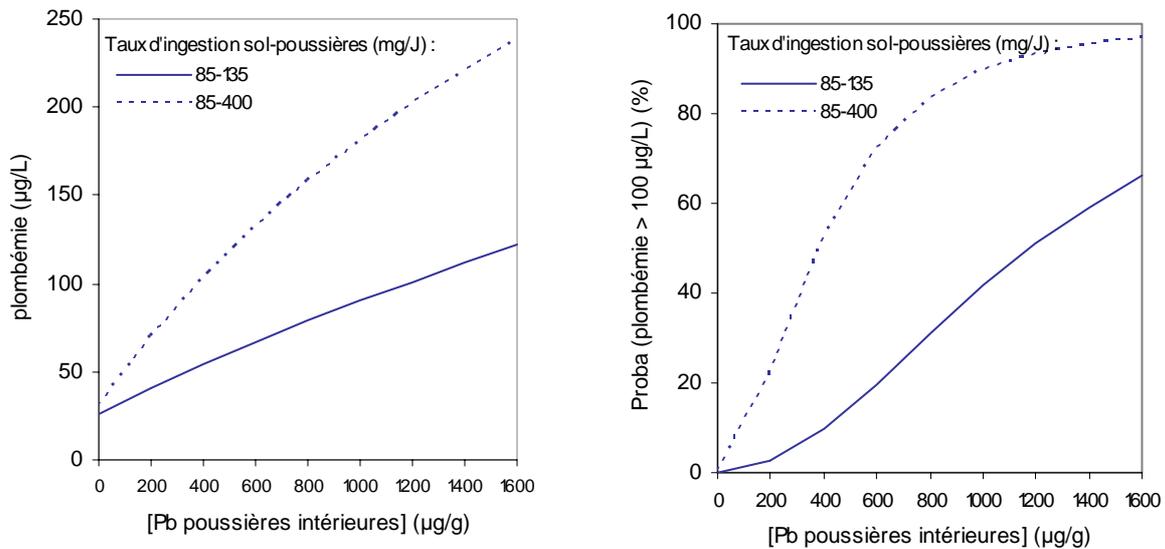
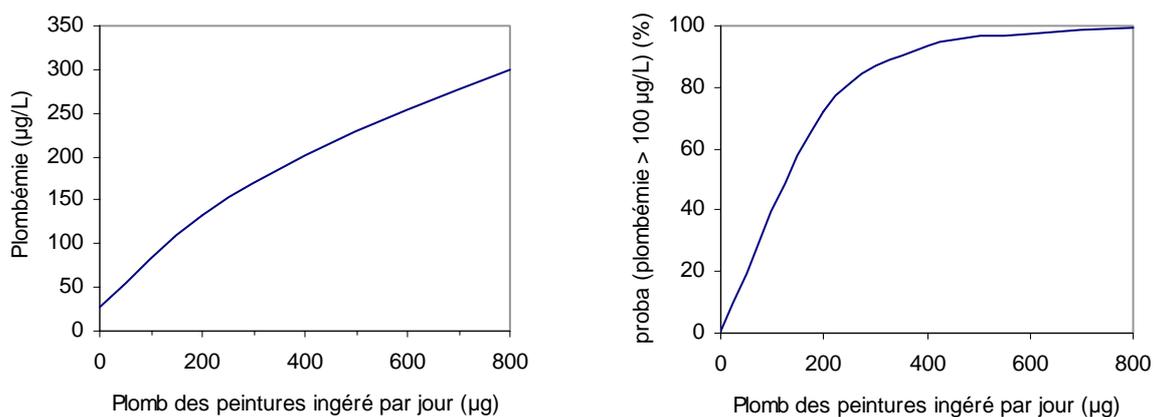


Figure 16 : plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la concentration en plomb dans les poussières intérieures



La Figure 17 correspond à une situation d'ingestion régulière de peinture à partir de l'âge de 1 an, avec une exposition de base par ailleurs⁴¹. Rappelons que cette situation est très théorique. On peut toutefois utiliser cette figure pour d'autres situations d'apport spécifique de plomb (cosmétiques, médicaments), à condition de considérer que la biodisponibilité du plomb dans ces media est de 20 %, comme fixé ici.

Figure 17 : plombémie, et probabilité de dépassement du seuil de 100 µg/L, prédites par le modèle IEUBK selon la quantité de plomb des peintures ingérée par jour



⁴¹ L'apport journalier a été limité à 800 µg de plomb car des expositions environnementales associées à des plombémies supérieures à 300 µg/L sortent du domaine de calibration d'IEUBK.

9 Conduite à tenir en cas de recherche infructueuse de la source d'intoxication

A la suite des investigations réalisées, on peut être dans la situation où aucune source d'exposition ne peut expliquer la plombémie de l'enfant :

- soit parce qu'on n'a pas trouvé de plomb dans l'environnement de l'enfant,
- soit parce que les concentrations dans l'environnement et/ou l'exposition de l'enfant aux sources identifiées sont trop faibles pour expliquer la plombémie.

Avant de stopper les investigations, il conviendra de faire une analyse critique des investigations réalisées et de vérifier si certains points peuvent être raisonnablement approfondis. On sera particulièrement exigeant dans cette analyse critique si la plombémie de l'enfant est élevée (supérieure à 250 µg/L).

Il est possible que la plombémie de l'enfant soit le résultat d'un équilibre avec une charge osseuse élevée acquise lors d'une phase d'intoxication antérieure. Certains enfants ayant été fortement intoxiqués peuvent garder des plombémies élevées pendant plusieurs années, et cela malgré des cures de chélation à répétition. La famille pourra être de nouveau questionnée, concernant les lieux et modes de vie de l'enfant dans les années précédentes. Ces informations pourront éventuellement conforter l'hypothèse d'une intoxication ancienne. L'avis du centre antipoison et de toxicovigilance peut être demandé dans une telle situation.

On ne sera pas étonné d'une plombémie élevée chez un enfant récemment immigré en France en provenance de pays ayant une faible réglementation de protection de l'environnement. Les émissions industrielles de plomb peuvent être élevées et de nombreux pays n'ont pas aboli l'essence au plomb.

Pour des enfants très jeunes, il est possible que leur plombémie soit le reflet d'une imprégnation acquise pendant la période prénatale, et liée à l'imprégnation de la mère. La prescription d'une plombémie à la mère peut permettre de vérifier cette hypothèse.

La prescription d'une plombémie à l'ensemble de la famille peut aussi aider à orienter les recherches.

Une erreur d'analyse de la plombémie n'est pas exclue. Il faudra demander au médecin traitant, si ce n'est déjà fait, de prescrire une nouvelle plombémie. La confirmation de la plombémie peut conforter dans la décision de réaliser des investigations complémentaires.

Si la décision est prise de stopper les investigations, il faudra demander au médecin traitant de communiquer au Misp les plombémies de suivi de l'enfant. En cas d'augmentation significative de la plombémie, il faudra reprendre l'enquête, avec l'aide d'une personne ayant la pleine confiance de la famille : certaines questions peuvent avoir été mal comprises, ou bien la famille n'aura pas souhaité donner certaines informations.

10 Cas particulier des plombémies au cordon

Objectifs de l'investigation

La plombémie de l'enfant nouveau-né peut être mesurée sur un prélèvement du sang du cordon ombilical. Au cas où la plombémie dépasse 100 µg/L, elle doit être déclarée à la Ddass, comme toute plombémie réalisée chez un enfant.

Cette analyse est rarement faite. Elle peut l'être dans les situations suivantes :

- le médecin qui suit la grossesse a pu repérer chez la mère des facteurs de risque d'imprégnation par le plomb et prescrire une plombémie au cordon pour vérifier l'impact éventuel sur le nourrisson ; cette plombémie au cordon peut même avoir été prescrite après réalisation d'une plombémie chez la mère dont le résultat était élevé,
- la plombémie au cordon a pu être faite dans le cadre de la surveillance de la population ou d'une étude épidémiologique, sans connaissance préalable de facteurs de risque pour la mère.

Dans les deux situations, la plombémie élevée de l'enfant est liée à l'imprégnation de la mère, le plomb passant facilement la barrière placentaire (à la naissance, la plombémie du nouveau-né et celle de la mère sont bien corrélées, avec des moyennes en général un peu plus faibles sur le sang du cordon). Dans ces conditions, on peut se demander si la réalisation d'une investigation peut apporter un bénéfice pour l'enfant, sachant que l'enquête environnementale préconisée par le code de la santé publique a pour but de protéger les enfants et non les adultes. En fait, la réalisation d'une investigation est justifiée dans tous les cas :

- si l'exposition de la mère est récente, il est possible et même probable que l'enfant sera soumis aux mêmes sources d'exposition ; il faut donc les identifier,
- si l'imprégnation de la mère est ancienne, le fœtus ayant été imprégné par le plomb puisé dans le squelette de la mère pendant la grossesse, il ne sera pas possible de retrouver la source. Toutefois l'enfant étant dès la naissance imprégné par le plomb, il est particulièrement important qu'il ne soit pas exposé par la suite, même à des sources mineures.

L'investigation aura donc deux objectifs :

- comprendre de quelle façon la mère a été imprégnée par le plomb,
- rechercher si des sources de plomb existent dans l'environnement du nourrisson.

Au cas où la plombémie de la mère n'a pas été mesurée pendant la grossesse, il est utile de la réaliser, à la fois pour confirmer l'imprégnation de la mère et celle de l'enfant (la réalisation d'un prélèvement de sang veineux chez un nourrisson est délicate).

Modalités de l'investigation

Il sera procédé à une visite au domicile au cours de laquelle la mère pourra être questionnée et les éventuelles sources d'exposition au plomb pour la mère et pour l'enfant recherchées. On pourra s'appuyer sur le questionnaire d'enquête à domicile (Annexe 3).

La mère sera particulièrement questionnée sur :

- l'existence d'une intoxication connue au plomb, même ancienne,
- son parcours professionnel et celui de son conjoint,
- la pratique de loisirs liés au plomb,
- l'usage de cosmétiques⁴², de compléments alimentaires ou de médicaments traditionnels,
- l'utilisation de vaisselle pouvant relarguer du plomb⁴²,
- une éventuelle pratique de pica pendant la grossesse (argile, sol, plâtre, écailles de peinture...),
- la réalisation de travaux de rénovation de son logement pendant la grossesse.

Les sources de plomb au domicile seront recherchées, en tenant compte des suspicions concernant l'exposition de la mère, mais aussi, indépendamment de l'exposition de la mère, pour prévenir une éventuelle exposition supplémentaire de l'enfant au domicile pendant sa petite enfance.

11 Cas particulier des jeunes travailleurs ou stagiaires professionnels

Les actions de dépistage et de prévention du saturnisme initiées après la découverte des premiers enfants intoxiqués à Paris en 1985 étaient clairement ciblées en direction de jeunes enfants. Il s'agissait de lutte contre le saturnisme « infantile », par opposition au saturnisme professionnel connu, lui, depuis plus d'un siècle.

La loi du 29 juillet 1998 a élargi le champ d'intervention à « l'enfant mineur ». Dans la pratique, les actions sont restées ciblées sur les âges les plus à risque (1 à 6 ans). Toutefois,

⁴² Une étude réalisée dans les maternités du nord des Hauts-de-Seine a montré que 1,8% des nouveau-nés avaient une plombémie > 100 µg/L. Dans 14 cas sur 18, les seules sources d'intoxication retrouvées étaient l'usage par la mère de khôl et de plats à tagine d'origine marocaine [127].

la déclaration des cas de saturnisme à la Ddass est obligatoire pour toute personne de moins de 18 ans.

Du fait du ciblage du dépistage sur de jeunes enfants et aussi du risque d'exposition plus faible après 6 ans, la déclaration de cas est plus rare après cet âge. Des cas peuvent survenir chez des jeunes pour des raisons identiques à celles des adultes : expositions professionnelles, loisirs à risque, bricolage dans des immeubles anciens, usage de cosmétiques ou de céramiques traditionnelles, eau du robinet...

Les expositions professionnelles peuvent advenir chez des jeunes pendant leur cursus scolaire dans des ateliers d'établissements d'enseignement professionnel ou lors de stages en entreprise, ou, à partir de 16 ans, chez des jeunes travaillant dans une entreprise, notamment en contrat d'apprentissage.

Les jeunes au travail bénéficient d'une protection particulière et ne devraient pas être exposés au plomb. La directive européenne 94/33/CE du 22 juin 1994 relative à la protection des jeunes au travail interdit explicitement qu'ils soient exposés au plomb ou à ses composés.

A noter que, dans le milieu du travail, la valeur limite à ne pas dépasser pour la plombémie a été fortement abaissée par le décret du 23 décembre 2003, mais qu'elle reste encore élevée : la limite est de 400 µg/L pour les hommes et de 300 µg/L pour les femmes (article R. 231-58-6 du code du travail). Des précisions concernant la surveillance des travailleurs sont données en Annexe 18.

Dans le cadre du code de la santé publique, la définition du cas de saturnisme de l'enfant mineur est la même, quel que soit l'âge : dépassement pour la première fois d'une plombémie de 100 µg/L.

La déclaration d'un cas de saturnisme chez un jeune en lien avec son milieu scolaire ou professionnel peut émaner d'un médecin de l'éducation nationale, d'un médecin du travail, ou du médecin traitant. Le risque professionnel ne fait pas partie de la liste des facteurs de risque à cocher sur la fiche de déclaration mais il peut être indiqué en clair dans « autres facteurs de risque ». La survenue chez un jeune d'un saturnisme possiblement lié à une exposition professionnelle doit amener à contacter le médecin déclarant :

- pour connaître les circonstances de l'exposition et les actions de prévention engagées,
- pour savoir si d'autres cas sont survenus dans l'entourage professionnel ou scolaire, qui n'auraient pas été déclarés (la différence des valeurs limites entre la réglementation du travail et le code de la santé peut faire omettre la déclaration).

L'intervention de la Ddass ou du SCHS dans l'atelier n'est normalement pas nécessaire et pourrait occasionner des conflits de compétence :

- un jeune en stage ou en apprentissage est protégé par la réglementation du travail qui interdit qu'il soit exposé. L'employeur doit garantir cette non exposition, avec l'aide du médecin du travail. Au cas où les règles d'hygiène et sécurité au travail ne seraient pas respectées, l'inspecteur du travail peut intervenir, avec l'aide du médecin inspecteur régional du travail, et imposer des travaux ou des modifications de règles de fonctionnement.
- en milieu scolaire, le responsable de l'établissement doit assurer la protection des élèves, avec l'aide du médecin de l'éducation nationale et du médecin de prévention, spécialiste de médecine du travail.

La Ddass et le SCHS ont toutefois, de par le code de la santé publique, l'obligation de rechercher les causes d'une intoxication, de faire en sorte qu'elle cesse, et de s'assurer que d'autres personnes mineures ne sont pas exposées. Il est donc justifié qu'ils demandent des informations précises sur les investigations menées par le médecin du travail ou le médecin de l'éducation nationale et sur les solutions adoptées pour faire cesser l'exposition. Ils peuvent éventuellement proposer de participer à une visite conjointe de l'atelier.

Lorsqu'une plombémie a été réalisée chez un jeune en lien avec une activité liée au plomb et qu'elle s'est avérée supérieure à 100 µg/L, il est très probable que l'exposition est liée à l'activité professionnelle, mais ce n'est pas certain. Il est nécessaire que des questions

soient posées au jeune sur les différentes sources auxquelles il pourrait être exposé. L'entretien peut être réalisé par le médecin du travail, le médecin de l'éducation nationale ou bien la Ddass (ou le SCHS). En cas de suspicion d'autres sources actuelles que l'activité professionnelle, c'est à la Ddass ou au SCHS qu'il appartient de faire les vérifications nécessaires.

12 Forme de la conclusion

La conclusion de l'investigation représente la synthèse objective des recherches menées et de leurs résultats. Elle doit donner une information succincte mais la plus juste possible pour le lecteur. Pour aboutir à une conclusion représentative on pourra reprendre, sous forme synthétique, les connaissances acquises au cours de l'investigation, par exemple sous la forme du Tableau 14.

Tableau 14 : exemple de récapitulatif des sources investiguées

Lieux	sources investiguées	Evaluation de l'exposition au plomb
Domicile	peintures	élevée via poussières
Domicile	sols	aucune
Domicile	vaisselle	faible
Domicile	eau	faible
Domicile	autres par questionnaire	aucune
Logement nourrice	peintures	aucune
Logement nourrice	autres par questionnaire	aucune
Ecole	peintures (non mesurées)	peu probable (construction récente)

Pour la rédaction de la conclusion, les termes suivants peuvent être utilisés :

- Source unique d'exposition au plomb

Une seule source d'exposition a été identifiée lors des investigations, suffisante en durée d'exposition et en concentration pour expliquer l'intoxication au plomb.

- Source prépondérante associée à une ou plusieurs sources secondaires

Par la quantité de plomb mise en évidence et/ou par la durée suffisante d'exposition, une source d'exposition apparaît prépondérante. Néanmoins, l'enquête a mis en évidence d'autres sources contenant du plomb qui semblent être à l'origine d'une exposition plus modérée. Ces sources constituent des sources secondaires, qui devront être prises en compte dans les mesures correctrices.

- Association de plusieurs sources modérées d'exposition au plomb

Chacune de ces sources ne peut expliquer à elle seule la plombémie mais il se peut que l'ensemble de ces sources concoure à l'exposition de façon suffisante pour expliquer la plombémie (il y a risque aussi que la source prépondérante n'ait pas été identifiée).

- Absence de source significative d'exposition au plomb

Du plomb a été trouvé dans l'environnement de l'enfant mais ne paraît pas être à l'origine de l'intoxication. Il s'agit peut-être d'une intoxication ancienne ou bien la source actuelle d'exposition est passée inaperçue.

- Aucune source de plomb n'a été trouvée dans l'environnement de l'enfant

Il s'agit peut-être d'une intoxication ancienne ou bien la source actuelle d'exposition est passée inaperçue.

En règle générale, lors de la rédaction de la conclusion, il conviendra de laisser la place au doute car on peut n'avoir pas été exhaustif dans la recherche du plomb ou bien s'être trompé dans l'évaluation de l'exposition. Il est préférable d'utiliser des formules du type : « Selon

toute vraisemblance, l'intoxication est due à... », plutôt que : « l'enfant a été intoxiqué par... ». Si on est encore plus dubitatif, on peut utiliser une formule du type : « il est possible que l'intoxication soit due à... ».

L'utilisation de ces formules n'est pas neutre. Une conclusion trop affirmative par rapport à la réalité de l'investigation peut avoir des conséquences disproportionnées en termes de coûts de gestion du risque et même d'un point de vue des responsabilités civiles et pénales.

Annexes

Annexe 1 : extraits du code de la santé publique

Article L1334-1

(Loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 art. 176 I Journal Officiel du 14 décembre 2000)

(Loi n° 2001-398 du 9 mai 2001 art. 3 I Journal Officiel du 10 mai 2001)

(Loi n° 2004-806 du 9 août 2004 art. 72 Journal Officiel du 11 août 2004)

Le médecin qui dépiste un cas de saturnisme chez une personne mineure doit, après information de la personne exerçant l'autorité parentale, le porter à la connaissance, sous pli confidentiel, du médecin inspecteur de santé publique de la direction départementale des affaires sanitaires et sociales qui en informe le médecin responsable du service départemental de la protection maternelle et infantile. Par convention entre le représentant de l'Etat dans le département et le président du conseil général, le médecin responsable du service départemental de la protection maternelle et infantile peut être en charge de recueillir, en lieu et place des services de l'Etat, la déclaration du médecin dépistant.

Le médecin recevant la déclaration informe le représentant de l'Etat dans le département de l'existence d'un cas de saturnisme dans les immeubles ou parties d'immeubles habités ou fréquentés régulièrement par ce mineur.

Le représentant de l'Etat fait immédiatement procéder par le directeur départemental des affaires sanitaires et sociales ou, par application du troisième alinéa de l'article L. 1422-1, par le directeur du service communal d'hygiène et de santé de la commune concernée à une enquête sur l'environnement du mineur, afin de déterminer l'origine de l'intoxication. Dans le cadre de cette enquête, le représentant de l'Etat peut prescrire la réalisation d'un diagnostic portant sur les revêtements des immeubles ou parties d'immeubles habités ou fréquentés régulièrement par ce mineur.

Le représentant de l'Etat peut également faire procéder au diagnostic visé ci-dessus lorsqu'un risque d'exposition au plomb pour un mineur est porté à sa connaissance.

Nota : Loi 2004-806 du 9 août 2004 art. 77 III : A titre transitoire, les dispositions des articles L. 1334-1 à L. 1334-6 du code de la santé publique dans leur rédaction antérieure à l'entrée en vigueur de la présente loi restent applicables jusqu'à la publication des décrets prévus par les dispositions du chapitre IV du titre III de la première partie du code dans sa rédaction issue de la présente loi.

Article L1334-2

(Loi n° 2000-1208 du 13 décembre 2000 art. 176 I Journal Officiel du 14 décembre 2000)

(Loi n° 2001-398 du 9 mai 2001 art. 3 I Journal Officiel du 10 mai 2001)

(Loi n° 2004-806 du 9 août 2004 art. 73 Journal Officiel du 11 août 2004)

Dans le cas où l'enquête sur l'environnement du mineur mentionnée à l'article L. 1334-1 met en évidence la présence d'une source d'exposition au plomb susceptible d'être à l'origine de l'intoxication du mineur, le représentant de l'Etat dans le département prend toutes mesures nécessaires à l'information des familles, qu'il incite à adresser leurs enfants mineurs en consultation à leur médecin traitant, à un médecin hospitalier ou à un médecin de prévention, et des professionnels de santé concernés. Il invite la personne responsable, en particulier le propriétaire, le syndicat des copropriétaires, l'exploitant du local d'hébergement, l'entreprise ou la collectivité territoriale dont dépend la source d'exposition au plomb identifiée par l'enquête, à prendre les mesures appropriées pour réduire ce risque.

Si des revêtements dégradés contenant du plomb à des concentrations supérieures aux seuils définis par arrêté des ministres chargés de la santé et de la construction sont susceptibles d'être à l'origine de l'intoxication du mineur, le représentant de l'Etat dans le département notifie au propriétaire ou au syndicat des copropriétaires ou à l'exploitant du local d'hébergement son intention de faire exécuter sur l'immeuble incriminé, à leurs frais, pour supprimer le risque constaté, les travaux nécessaires, dont il précise, après avis des

services ou de l'opérateur mentionné à l'article L. 1334-4, la nature, le délai dans lesquels ils doivent être réalisés, ainsi que les modalités d'occupation pendant leur durée et, si nécessaire, les exigences en matière d'hébergement. Le délai dans lequel doivent être réalisés les travaux est limité à un mois, sauf au cas où, dans ce même délai, est assuré l'hébergement de tout ou partie des occupants hors des locaux concernés. Le délai de réalisation des travaux est alors porté à trois mois maximum.

Les travaux nécessaires pour supprimer le risque constaté comprennent, d'une part, les travaux visant les sources de plomb elles-mêmes et, d'autre part, ceux visant à assurer la pérennité de la protection.

A défaut de connaître l'adresse actuelle du propriétaire, du syndicat des copropriétaires ou de l'exploitant du local d'hébergement ou de pouvoir l'identifier, la notification le concernant est valablement effectuée par affichage à la mairie de la commune ou, à Paris, Marseille et Lyon, de l'arrondissement où est situé l'immeuble, ainsi que par affichage sur la façade de l'immeuble.

Le représentant de l'Etat procède de même lorsque le diagnostic mentionné à l'article précédent met en évidence la présence de revêtements dégradés contenant du plomb à des concentrations supérieures aux seuils définis par arrêté des ministres chargés de la santé et de la construction et constituant un risque d'exposition au plomb pour un mineur.

Dans le délai de dix jours à compter de la notification de la décision du représentant de l'Etat dans le département, le propriétaire ou le syndicat des copropriétaires ou l'exploitant du local d'hébergement peut soit contester la nature des travaux envisagés soit faire connaître au représentant de l'Etat dans le département son engagement de procéder à ceux-ci dans le délai figurant dans la notification du représentant de l'Etat. Il précise en outre les conditions dans lesquelles il assurera l'hébergement des occupants, le cas échéant.

Dans le premier cas, le président du tribunal de grande instance ou son délégué statue en la forme du référé. Sa décision est, de droit, exécutoire à titre provisoire.

A défaut soit de contestation, soit d'engagement du propriétaire ou du syndicat des copropriétaires ou de l'exploitant du local d'hébergement dans un délai de dix jours à compter de la notification, le représentant de l'Etat dans le département fait exécuter les travaux nécessaires à leurs frais.

Nota : Loi 2004-806 du 9 août 2004 art. 77 III : A titre transitoire, les dispositions des articles L. 1334-1 à L. 1334-6 du code de la santé publique dans leur rédaction antérieure à l'entrée en vigueur de la présente loi restent applicables jusqu'à la publication des décrets prévus par les dispositions du chapitre IV du titre III de la première partie du code dans sa rédaction issue de la présente loi.

Annexe 2 : sources inhabituelles d'intoxication par le plomb des enfants et femmes enceintes relevées dans la bibliographie internationale

Sources	Caractéristiques	Pays	Utilisation
Remèdes traditionnels			
Azarcon, greta, coral, liugz, maria luisa, rueda	Poudre orange-jaune contenant jusqu'à 95 % de plomb, peut provenir des usines de poterie car utilisée comme verni pour les céramiques à basse température (PbO)	Mexico	troubles gastro-intestinaux
Paylooah, Ba-baw-san, Cordyceps, Chui fong Tokuwon, Deshi Dewa, Hai Gen fen, Koosar, Payloo-ah, Po Ying Tan, Jin Bu Huan	Poudres, herbes, contenant jusqu'à 20 % de plomb	Asie du Sud Est, Chine	fièvre, érythème, douleur, hypertension artérielle, diabète, infertilité, troubles du sommeil
Ghasard, Bala Goli, Kandu, Kushta	Poudre contenant 2 % à 73 % de plomb,	Inde, Pakistan	troubles gastro-intestinaux, maladies du cœur, du cerveau, de l'estomac
Saoot, Cebagin, Santrinj, Al Murrah, Bint Dahab, Farouk,	Poudre contenant 50 % à 98 % d'oxyde de plomb	Arabie Saoudite	Percée dentaire, douleurs, troubles gastro-intestinaux
Médecine Ayurvédique	Poudres, comprimés, capsules, contenant de quelques µg/g à 37 % de plomb	Inde, Tibet, Sri Lanka, Pakistan, Mongolie, Malaisie	Indications diverses
Bokhoor	Bâtonnets dégageant une fumée contenant du sulfite de plomb	Koweit	utilisé pour calmer les enfants
Suppléments calciques	provenant d'os de viande, de dolomite	USA	suppléments diététiques
Cosmétiques			
fards traditionnels ou colorants capillaires : Khôl ou (Al)khôl, Surma, Kajal,	poudre grise ou noire pouvant contenir de moins de 0.6 % à 90 % de plomb (galène ou antimoine)	Inde, Pakistan, Oman, Autres pays d'Asie et du Moyen-Orient, Afrique du Nord	Usage médicinal ou cosmétique. Appliqués sur la marge conjonctivale des paupières, les sourcils, le nombril, la peau
Tiro		Niger	
Aliments contaminés			
Cidre, Vin, Farine, Friandises		Divers Israël, Mexico	contamination alimentaire durant la fabrication artisanale
Colorants alimentaires (Loozena)	poudre orange	Irak	
Gibiers d'eau issus de la chasse	concentration moyenne dans la viande de 6.1 µg/g	Groenland	forte consommation de gibier

Sources	Caractéristiques	Pays	Utilisation
Ustensiles alimentaires domestiques			
Céramiques (poterie, faïence, porcelaine)	Verni contenant du plomb	Divers	Conservation des aliments ou des boissons avant consommation, cuisson
Récipients en cristal	Contient par définition au moins 24 % de plomb		
Urne ou bouilloire métallique	Contenant des soudures au plomb		Chauffage de l'eau notamment pour biberons
Autres			
Activité professionnelle ou de loisir des parents	Fonderie, récupération de métaux, restauration de locaux ou mobiliers, fabrication de vitraux, émaux, poterie, munitions...	Divers	Exposition à la maison ou lors d'activités éducatives.
Ingestion accidentelle par l'enfant d'objets et produits divers (ou port fréquent à la bouche)	Objets métalliques, jouets en plomb, plombs de pêche ou de chasse, montre, bijoux, craie de billard, enduit liquide pour céramique, berceaux peints anciens ou importés, crayons à dessiner...	Divers	
Poussières de stores de vinyle	Décomposition avec le temps et l'effet du soleil.	Chine, Taiwan, Mexique, USA	
Emission de plomb lors de combustions	Bougies à mèches métalliques, vieux magazines.	USA	
Pica chez la femme enceinte	Ingestion de terre, terre glaise, écailles de peinture, amidon de repassage, glaçons... Un cas rapporté avec plombémie du nouveau-né au cordon >1000 µg/L	Divers, mais rapporté surtout chez femmes afro-américaines et mexicaines	

Annexe 3 : questionnaire d'enquête à domicile

Questionnaire pour l'investigation des cas de saturnisme

Support pour la visite au domicile

Ce questionnaire a comme objectifs d'être :

- une liste des informations à recueillir par questionnement des parents et observation des lieux,
- le support de recueil de ces informations lors de la visite, pouvant être complété aussi après la visite,
- le support où seront listées l'ensemble des actions de prélèvement et mesurage du plomb qui ont été réalisées au domicile, en lien avec les informations recueillies auprès de la famille et par l'observation des lieux (le relevé de ces actions sera fait sur des supports séparés : relevés d'analyses XRF, fiches de prélèvement...),
- le document définissant les investigations complémentaires à réaliser hors domicile.

Il est destiné à la visite au domicile mais peut aussi être le support de la visite d'autres lieux de vie (logement d'une nourrice par exemple).

Son contenu peut éventuellement être adapté selon les besoins locaux.

*Une fois rempli, ce document est **confidentiel** et doit rester interne au service chargé de l'investigation.*

Date(s) de la (des) visite(s) réalisée(s) pour remplir le questionnaire :

Nom(s) du (ou des) enquêteur(s) :

Adresse et localisation exacte du logement visité :

Nom de la famille :

1- Informations générales (questions à la famille)

- savez-vous pourquoi le médecin a prescrit une plombémie à l'enfant ?

- s'assurer des coordonnées du médecin traitant) :

- comment pensez vous que l'enfant est exposé au plomb ?

- combien de personnes habitent le logement ?

Liste des enfants mineurs habitant le logement

Nom	Prénom	Date de naissance	A-t-il eu une plombémie ?

Liste des autres occupants du logement

Nom	Prénom	Lien de parenté avec l'enfant

- Etes-vous propriétaire ou locataire ? propriétaire locataire

Si autre statut d'occupation, préciser :

Titulaire du bail ou autre statut d'occupation non propriétaire :

Nom :

Adresse :

Tél :

Propriétaire (ou de son représentant):

Nom :

Adresse :

Tél :

Syndic de gestion :

Nom :

Adresse :

Tél :

- avez-vous fait une demande de logement social ? oui non *Si oui :*

Numéro de la demande :

Date ou ancienneté de la demande :

- êtes-vous en relation régulière avec un travailleur social (assistante sociale, éducateur...) ?

oui non *si oui, nom et coordonnées :*

- depuis quand habitez vous ce logement ?

Le cas échéant, préciser les adresses de vie de l'enfant pendant les 12 derniers mois :

Dates d'occupation	Adresse complète	Date de construction approximative	Présence de peintures dégradées ? Travaux de rénovation ?

Autres lieux de vie de l'enfant

- Est-ce que l'enfant séjourne régulièrement hors du domicile ? (école, nourrice, halte-garderie, famille, voisin...) oui non

Si oui, remplir le tableau ci après :

Type de lieu de garde	Localisation (nom du contact, adresse et n° tél.	Nbre d'heures approximatif passé par semaine	Présence de peintures dégradées ? Travaux de rénovation ?

- Est-ce que l'enfant fréquente régulièrement un jardin public ou un lieu de jeu extérieur non dépendant du domicile ou d'un lieu de garde ? oui non *si oui, remplir le tableau*

Localisation	Nbre d'heures approximatif passé par semaine	Présence de peintures dégradées ? L'enfant est-il surveillé ?

Informations complémentaires :

2- Description générale du domicile *(observations de l'enquêteur)*

- type d'habitat : immeuble collectif maison individuelle *(cocher)*
- si immeuble collectif, étage :
- description de la parcelle et de l'immeuble : *(joindre éventuellement un schéma de la parcelle)*

- localisation exacte du logement au sein de l'immeuble ou de la parcelle :

- description du logement, liste des pièces d'habitation et des dépendances :
(joindre un schéma du logement avec numérotation des pièces)

- nombre de pièces principales du logement :

- description des parties communes *(s'il y a lieu)* :

- quelle est la date approximative de construction de l'immeuble ?

- si date non connue :

. l'immeuble a-t-il été construit avant 1949 ? oui non

. l'immeuble a-t-il été construit avant 1955 ? oui non

Informations complémentaires :

3- Risques liés aux peintures et autres revêtements du domicile

Sont visés ici les peintures, enduits, vernis, papiers peints comprenant une fine feuille de plomb, ainsi que les éléments en plomb métal directement à portée de main de l'enfant : feuilles d'étanchéité de balcons ou rebords extérieurs de fenêtres, tuyaux d'eau ou de gaz. Sont concernés le **logement** et les **parties communes** s'il y a lieu, **intérieur comme extérieur**.

- y a t il eu récemment (moins de 6 mois) des travaux de réfection des peintures, rénovation du logement, remplacement de fenêtres, sablage ou décapage de peintures à l'intérieur ou à l'extérieur du logement ?

oui non Si oui, préciser (date, durée, type de travaux) :

Faire une visite complète du domicile, intérieur et extérieur. Remplir le tableau ci-après en fonction des réponses de la famille aux 3 questions suivantes et de l'observation des lieux ; le compléter en fonction des résultats des analyses.

- à quel endroit dort l'enfant ?

- à quels endroits précisément l'enfant aime-t-il jouer ou se cacher ? (que ce soit dans le logement, dans les parties communes intérieures, dans des dépendances, à l'extérieur...)

- l'enfant a-t-il tendance à manger des écailles de peinture, gratter, sucer ou mordiller des éléments du bâtiment peints ou susceptibles de contenir du plomb (à l'intérieur comme à l'extérieur) ?

oui non Si oui, à quels endroits ?

Lieux où l'enfant dort, joue, se cache...	Nature et état général des surfaces suspectées	Localisation éventuelle d'éléments où l'enfant mange des écailles, mordille, suce, gratte ou porte les mains (noter si traces visibles)	Concentration maximum de plomb sur ces éléments
<i>Exemples :</i>	<i>Exemples :</i>	<i>Exemples :</i>	<i>Exemples :</i>
<i>Chambre enfant</i>	<i>Peintures dégradées par endroits</i>	<i>Grattage du mur en bord du lit selon la mère. Traces visibles</i>	<i>0,1 mg/cm²</i>
<i>Cuisine</i>	<i>Peintures cloquées par l'humidité</i>	<i>Porte fréquemment les mains sur mur dégradé à l'entrée selon la mère</i>	<i>15 mg/cm²</i>
<i>Salon (lieu de jeu principal)</i>	<i>Peintures cloquées en allège, fenêtre et plinthes</i>	<i>Joue sur la moquette</i>	<i>Allège : 7 mg/cm² Fenêtre : 9 mg/cm²</i>
<i>Balcon (accès occasionnel)</i>	<i>Feuille d'étanchéité</i>	<i>Joue directement sur le revêtement au sol</i>	<i>Plomb métal</i>
<i>Hall parties communes (lieu de jeu fréquent)</i>	<i>Peintures très dégradées</i>	<i>Gratte parfois le mur selon la mère. Traces de grattage près porte d'entrée</i>	<i>18 mg/cm²</i>
<i>Cours (lieu de jeu occasionnel)</i>	<i>Enduit cloqué en bas des murs</i>	<i>Gratte parfois le mur selon la mère</i>	<i>0,2 mg/cm²</i>
...			

Analyses et prélèvements de peintures et poussières *(cocher)*

des analyses des peintures par fluorescence X ont été réalisées
Références du ou des rapports (date, signataire) :

des prélèvements d'échantillons de peinture ont été faits pour analyse en laboratoire
Références des échantillons :

des échantillons de poussières au sol ont été prélevés
Références des échantillons :

d'autres types d'échantillons ont été prélevés
Préciser :

Informations complémentaires :

4- Risques liés à l'eau du robinet

Questions à la famille

- d'où vient l'eau du robinet ? adduction publique puits privé
- avez-vous des canalisations en plomb dans le logement ou dans l'immeuble ?
 oui non nsp *si oui, préciser :*

- est-ce que l'enfant consomme de l'eau du robinet au domicile ? oui non
- s'il s'agit d'un nourrisson, est-ce que les biberons ou d'autres aliments qui lui sont destinés sont préparés avec l'eau du robinet ? oui non
- quel(s) robinet(s) est(sont) principalement utilisé(s) pour puiser l'eau de consommation et l'eau destinée à la préparation des repas ?

- l'eau consommée est-elle prélevée préférentiellement à un moment déterminé de la journée ?
 oui non *Préciser :*

- est-ce que la famille prend habituellement la précaution de laisser couler l'eau avant de la soutirer pour les usages alimentaires ? oui non

Examen des caractéristiques de l'immeuble et du réseau privé de distribution

- des canalisations en plomb desservant les points de puisage d'eau de consommation ont-elles été repérées visuellement par l'enquêteur ? oui non repérage non réalisé

Si des canalisations en plomb ont été repérées, remplir le tableau suivant :

Localisation (intérieur logement, colonnes montantes, sous-sol, branchement...)	Longueur

- existe-t-il des caractéristiques du réseau d'eau intérieur susceptibles de favoriser la dissolution du plomb des canalisations ? (*grandes longueurs limitant l'effet du rinçage, passage de canalisations en plomb dans des locaux surchauffés, canalisations d'eau chaude en plomb, nombreuses juxtapositions de métaux, bras morts...*) oui non nsp *Si oui, préciser :*

Informations complémentaires :

- selon le distributeur d'eau, le branchement est : en plomb autre matériau nsp
- si la nature du branchement n'est pas connue, taux de branchements publics en plomb dans l'unité de distribution :
- le potentiel de dissolution du plomb de l'eau du réseau public est :
 moyen élevé très élevé
- concentration en plomb à la sortie de l'installation de production :

Prélèvements

- des prélèvements d'eau ont-ils été réalisés ? oui non
- Références des échantillons :

5- Risques liés aux terres polluées

Concerne les lieux extérieurs du domicile ou situés à proximité. Les questions sont à poser et les lieux à visiter dès la première visite au domicile. Sauf en cas de contexte de site pollué ou de suspicion suite aux informations obtenues, les prélèvements pourront être réalisés dans un second temps, et seulement si cela paraît nécessaire en fonction des autres investigations.

- est-ce que l'enfant joue à l'extérieur du(des) bâtiment(s) (*jardin, cours, terrain vague...*) ?

oui non *si oui, préciser les lieux dans le tableau*

Lieux de jeu extérieurs	Y a-t-il des sols nus ? (<i>préciser</i>)

- est-ce que le logement est situé à proximité d'une usine ou activité susceptible de travailler le plomb ? (*traitement de minerais, fonderie de métaux, verrerie, fabrication ou recyclage de batteries ou accumulateurs, aciérie électrique...*) oui non *Si oui, préciser :*

- savez-vous si une activité ayant pu émettre du plomb a existé à proximité dans le passé ? (*même liste + fabrication de munitions, industrie chimique, sidérurgie, cimenterie, câblerie, récupération de métaux, réparation de radiateurs, fabrication de composants électroniques, industries de la céramique, incinérateur, décharge, crassier, fabrication de peintures ou d'encres...*)

oui non *Si oui, préciser :*

- le logement est-il situé à proximité immédiate d'une grosse infrastructure de transport de véhicules automobiles ? oui non *Si oui, préciser :*

Cette infrastructure existe depuis : moins de 20 ans plus de 20 ans nsp

- est-ce que des immeubles anciens situés à proximité ont été démolis ou rénovés dans le passé ?

oui non *Si oui, préciser :*

- est-ce qu'il y a à l'extérieur sur les lieux de jeu de l'enfant des peintures détériorées susceptibles d'enrichir le sol en plomb (sur des éléments tels que fenêtres, volets, murs extérieurs, balustrades, clôtures, grilles, structures de jeux) ? oui non *Si oui, préciser :*

- y-a-t-il des écailles de peinture visibles au sol à proximité de ces éléments ? oui non

Si oui, à quels endroits précisément ?

- est-ce que des vieilles planches ont été brûlées dans un poêle, une cheminée ou à l'extérieur ?

oui non *Si oui, préciser où et le devenir des cendres :*

- la famille a-t-elle un potager ? oui non *Si oui, préciser si l'enfant consomme des légumes autoproduits.*

Prélèvements, mesures et analyses

des prélèvements, mesures ou analyses ont été réalisés en rapport avec le risque sol.

Références des échantillons :

6- Risques liés à l'occupation professionnelle ou aux activités de loisir

- les parents ou d'autres personnes du foyer ont-ils une activité professionnelle ou de loisir telle que (*cocher*) :

Secteur industriel

- Extraction et métallurgie du plomb (y compris la récupération de métaux et de batteries d'accumulateurs) et du zinc
- Fabrication de fils ou de bâtons de soudure (en revanche, leur utilisation est, en principe, sans danger car les températures de mise en œuvre sont insuffisantes pour produire une exposition notable)
- Fabrication de batteries d'accumulateurs
- Fabrication de pigments, peintures, vernis contenant des dérivés inorganiques du plomb, ainsi que leur application en aérosol (pistolet) ou leur usinage
- Typographie et linotypie (procédés d'imprimerie en voie d'abandon)
- Fabrication de protections contre les radiations ionisantes
- Fabrication et utilisation de munitions
- Production de verre (en particulier, de cristal)
- Production et utilisation d'émaux
- Fabrication ou rénovation de vitraux
- Production ou usinage de matières plastiques contenant du plomb, employé comme pigment ou stabilisant
- Production et utilisation de lubrifiants contenant du plomb
- Réparation de radiateurs automobiles
- Fonte, ciselage ou usinage de bronzes au plomb

Secteur du BTP (ou activité de bricolage)

- Pose ou dépose de canalisations en plomb
- Démolition de bâtis anciens
- Décapage thermique ou par ponçage de vieilles peintures ou de peintures antirouille
- Pose et dépose d'ouvrages en plomb sur des toitures, terrasses ou balcons
- Utilisation de films ou de plaques de plomb pour l'isolation contre le bruit, les vibrations et/ou l'humidité
- Découpage au chalumeau de ferrailles peintes
- Pose et dépose de protecteur de câbles d'acier ou de lignes téléphoniques

Loisirs

- Poterie, émaillage,
- Travail sur vitraux
- Chasse, tir sportif
- Fabrication de soldats de plomb, de modèles réduits ou d'objets décoratifs comportant des pièces en plomb ou revêtues d'une peinture au plomb
- Fonte de plomb de chasse, de pêche, de plongée,
- Décapage de peintures de mobiliers anciens, véhicules, bateaux...

- autre activité en lien avec le plomb, préciser :

- quelles sont les activités professionnelles des membres de la famille ?

Nom	Activité ou titre du poste de travail	Lien possible avec le plomb (oui/non)	Employeur (<i>si nécessaire</i>)

- si l'activité professionnelle d'une personne habitant avec l'enfant est liée au plomb :

- a-t-elle une surveillance de sa plombémie ? oui non
- a-t-elle des vêtements réservés au travail ? oui non
- les vêtements de travail sont-ils lavés à la maison ? oui non
- dispose t-elle d'une douche sur le lieu de travail ? oui non

- précisions et avis de l'enquêteur sur le risque lié à des activités professionnelles :

- précisions et avis de l'enquêteur sur le risque lié à des activités de loisir menés au domicile :

Prélèvements, mesures et analyses

des prélèvements, mesures ou analyses ont été réalisés en rapport avec le risque professionnel ou de loisir. Nature et références des échantillons :

7- Facteurs de risque liés au comportement de l'enfant

- est-ce que l'enfant a une tétine ? oui non

- est-ce qu'il suce son pouce ? oui non

- est-ce qu'il porte fréquemment des objets peints à la bouche ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce qu'il porte fréquemment des objets en métal mou à la bouche (soldats de plomb, bijoux, objets en étain, plombs de chasse, plombs de pêche, lest de rideau, perles, objets comportant des soudures (composants électroniques de jouets)...) ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce qu'il suce ou mordille des surfaces peintes ou vernies autres que celles des composants du bâtiment listées plus haut (meubles notamment) ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce qu'il mange du mastic des fenêtres ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce qu'il joue avec des cosmétiques, des préparations pour les cheveux, du talc en poudre d'origine étrangère et les met à la bouche ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce que l'enfant a un bol ou un autre ustensile de cuisine favori qui serait d'origine artisanale ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce que l'enfant a un animal domestique qui pourrait apporter des poussières contaminées de l'extérieur ? oui non Si oui, préciser :

- est-ce que l'enfant a son lit au ras du sol ?

- observation éventuelle de l'enquêteur sur le comportement main-bouche de l'enfant :

Prélèvements, mesures et analyses

des prélèvements, mesures ou analyses ont été réalisés suite aux informations obtenues ci-dessus. Nature et références des échantillons :

8- Autres facteurs de risque au domicile

Cosmétiques traditionnels

- est-ce que la famille importe ou achète sur des marchés des cosmétiques pouvant contenir du plomb tels que Kohl, Surma, Kajal, Tiro...? oui non *Si oui, préciser (appellation, origine, utilisation) :*

- est-ce que des cosmétiques traditionnels sont utilisés pour l'enfant ? oui non *Si oui, préciser :*

Remèdes traditionnels

- est-ce que la famille utilise des remèdes ou compléments alimentaires traditionnels ou des traitements à base d'herbes importées ? oui non *Si oui, préciser :*

- sont-ils utilisés pour l'enfant ? oui non *Si oui, préciser :*

Récipients à usage alimentaire (*poser les questions, se faire montrer les récipients, et faire le tour de la cuisine et des lieux de stockage des aliments*)

- quels récipients sont utilisés par la famille pour préparer, servir et stocker la nourriture destinée à l'enfant, y compris les liquides. Parmi ceux-ci, y a-t-il des récipients en étain, cristal, terre cuite, faïence, ou comportant du métal ou des soudures ?

oui non *Si oui, préciser (origine, date d'acquisition, types d'aliments préparés ou stockés, fréquence d'utilisation pour l'enfant, état des enduits intérieurs des récipients en céramique...):*

- est-ce que la famille utilise des récipients achetés à l'étranger, ou de fabrication artisanale, ou initialement vendus pour un usage décoratif, ou de fabrication ancienne (y compris porcelaine) ?

oui non *Si oui, demander de nouveau s'ils sont utilisés pour des préparations pour l'enfant :*

- est-ce que la famille importe régulièrement des conserves ? oui non *Si oui, préciser :*

Divers (*questions à poser au cas où aucune source n'a été mise en évidence au domicile*)

- est-ce que l'enfant a accès à des lieux où sont stockés les matériaux suivants : peintures, siccatifs, pigments de coloration de peintures, résines époxy, produits d'étanchéité, mastic, teinture, pesticides, fongicides, huile pour moteur, détergents, vieilles batteries, lests pour la pêche, plombs de chasse ou de pêche, métal pour soudure, lests de rideaux ?

oui non *Si oui, préciser :*

Prélèvements, mesures et analyses

des mesures par fluorescence X ont été faites. Préciser :

des prélèvements ont été réalisés. Nature et références des échantillons :

9- Propreté des sols et possibilités de réduction du risque lié aux poussières intérieures

- quelles sortes de revêtements de sol existent dans le logement ?

- linoléum moquette parquet carrelage ciment peint ciment brut
 autre (préciser)

- est-ce que les sols du logement sont lisses et facilement lavables ? oui non Préciser :

- quelle est la technique habituelle de nettoyage des sols,

- balai aspirateur balai-éponge serpillière autre (préciser) :

- les sols du logement apparaissaient lors de la première visite :

- Très propres Assez propres Insuffisamment nettoyés Rarement nettoyés

Remarques complémentaires :

10- Conditions générales de salubrité et de sécurité du logement

Cocher les cases s'il y a lieu

- Eclairage naturel faible
- Surface habitable des pièces faible
- Hauteur sous plafond insuffisante
- Moyens de chauffage insuffisants
- Ventilation insuffisante
- Isolation thermique insuffisante
- Humidité importante
- Risque d'intoxication oxycarbonée
- Risque de chocs électriques
- Installation de gaz dangereuse
- Risque d'incendie
- Risque d'effondrement
- Risque de chute
- Suroccupation

Remarques complémentaires :

Annexe 4 : feuille de synthèse des résultats de l'enquête

(à usage interne du service chargé de l'investigation)

Identification de l'enfant

Nom :

Prénom :

Adresse du domicile :

Date du prélèvement sanguin :/...../..... Date de la déclaration :/...../.....

Date de mise à jour des résultats de l'enquête :/...../.....

Liste des pièces du dossier d'investigation :

- questionnaire d'enquête à domicile

-
-
-
-
-

Récapitulatif des investigations réalisées

Lieux	sources investiguées	Evaluation de l'exposition au plomb

Conclusion sur les causes de l'intoxication :

Autres investigations à réaliser (le cas échéant) :

Annexe 5 : conseils de prévention à donner lors de la visite au domicile

Les conseils sont à adapter en fonction des informations obtenues lors de la visite, des observations visuelles faites et des analyses de terrain.

PEINTURES AU PLOMB DEGRADEES

Précautions à prendre pour l'enfant potentiellement exposé

- Lui laver les mains le plus souvent possible et particulièrement avant les repas ;
- Lui couper les ongles courts, pour éviter toute accumulation de matière susceptible de contenir du plomb et rendre plus difficiles le grattage et l'écaillage des revêtements
- Veiller à son équilibre alimentaire : l'intoxication par le plomb est aggravée par le manque de fer et de calcium ;
- Favoriser les promenades et les activités en extérieur, la fréquentation de l'école et de la garderie pour l'éloigner des sources d'intoxication,
- Lui donner des jouets s'il n'en a pas.

Des travaux sont nécessaires

- Il est dangereux pour la famille d'entreprendre les travaux elle-même, sous peine d'aggraver l'intoxication de l'enfant. Si cette option est la seule envisageable, il faut que la famille soit parfaitement informée des techniques à utiliser et des précautions à prendre. Elle bénéficiera d'une assistance technique.
- Si c'est une entreprise qui réalise les travaux à la demande du propriétaire, elle doit intégrer le risque lié au plomb dans ses méthodes de travail, de façon à ne pas disséminer de poussières de plomb. Un dispositif existe ou va être mis en place pour assister et contrôler l'entreprise.
- Si les travaux sont mis en œuvre d'office par l'administration, l'entreprise sera choisie en fonction de sa compétence à les mener sans risque d'exposition des occupants de l'immeuble à la poussière de plomb.
- Dans tous les cas :
 - les locaux devront être parfaitement nettoyés après travaux,
 - Les occupants du logement ne doivent pas être présents pendant la période des travaux, particulièrement les enfants et les femmes enceintes.

En l'attente de travaux :

- Empêcher l'enfant d'accéder aux peintures dégradées en interposant un obstacle : meuble, carton, plaque de liège, matériau autocollant, papier peint... ; veiller à ce que le lieu de couchage de l'enfant soit le plus éloigné possible des différents revêtements dégradés accessibles, si nécessaire déplacer le couchage vers un lieu plus approprié ;
- Dans tous les lieux fréquentés par l'enfant, détacher les écailles de peinture sur le point de tomber, avec un chiffon humide et ramasser celles tombées au sol ;
- Nettoyer tous les jours avec une serpillière humide le sol des pièces et des balcons ou terrasses, les rebords de fenêtres ; ne pas utiliser le balai ou l'aspirateur qui disséminent de fines poussières de plomb. Si le sol ne peut être nettoyé correctement sans aspiration (moquette), il est possible de se procurer un aspirateur ayant une grande efficacité dans le piégeage des particules fines. Sinon l'aspirateur devra être passé en l'absence des enfants et avec un maximum d'aération ; si la mère est enceinte, qu'elle fasse réaliser si possible le ménage par un autre adulte de sa famille ;

- Laver fréquemment les jouets de l'enfant (les peluches peuvent contenir d'importantes quantités de poussières) ;
- Veiller à la propreté des biberons et tétines, éviter qu'ils ne traînent par terre et/ou soient en contact de revêtements dégradés (attention aux peintures qui s'écaillent au dessus du lieu où sont entreposés biberons, tétines, et autres) ;
- Si les poussettes sont stockées dans des parties communes dégradées les protéger par un film plastique pour éviter que des écailles ou des poussières ne les recouvrent.

CANALISATIONS EN PLOMB

En présence de canalisations en plomb, il est recommandé lorsque l'eau a stagné quelques heures dans les canalisations (notamment le matin au réveil ou au retour d'une journée de travail) de ne l'utiliser pour la boisson ou la préparation des aliments qu'après une période d'écoulement suffisante pour rincer la canalisation. On peut en général s'assurer du rinçage complet de la canalisation en surveillant la température de l'eau avec le doigt : l'eau en provenance directe de la canalisation publique est en général plus froide.

Pour plus de sécurité, il peut être acheté de l'eau embouteillée pour la boisson.

Il est déconseillé d'utiliser l'eau chaude du robinet pour la préparation des denrées alimentaires (café, thé, cuisson des légumes et des pâtes...) dans la mesure où une température élevée favorise la migration des métaux dans l'eau.

SITE INDUSTRIEL EMETTEUR DE PLOMB OU SITE POLLUE PAR LE PLOMB

La prévention doit consister pour l'essentiel en des mesures collectives. Elles peuvent être complétées par des mesures individuelles :

- veiller à un nettoyage humide fréquent du logement (serpillière), surtout en habitat pavillonnaire, pour limiter l'accumulation de poussières riches en plomb,
- ne pas laisser jouer l'enfant à l'extérieur sur un sol nu,
- ne pas consommer des légumes ou fruits autoproduits ; si cela n'est pas acceptable par la famille, il faut insister sur la nécessité d'un lavage méticuleux avant consommation,
- veiller à une hygiène stricte de l'enfant : lavage des mains fréquent, ongles courts
- veiller à son équilibre alimentaire

AUTRES SOURCES D'EXPOSITION

- ne pas utiliser, pour faire la cuisine ou stocker des aliments, des ustensiles en céramique ou en étain de fabrication artisanale ou à usage normalement décoratif, de même que des récipients en cristal ;
- ne pas utiliser de cosmétiques traditionnels, qui contiennent souvent du plomb (khôl, surma, tiro, kajal...), ni de produit à usage médicamenteux ou complément alimentaire non vendu en pharmacie ;
- en cas d'activité professionnelle ou de loisir d'un parent pouvant exposer au plomb, veiller au respect strict des règles d'hygiène : se doucher et se changer sur le lieu de travail, ne pas amener à la maison des vêtements et chaussures de travail potentiellement contaminés...
- éviter de laisser à la portée des enfants des objets en plomb tels que figurines en plomb, vieux jouets peints, plombs de chasse ou de pêche etc...
- autres conseils en fonction des résultats de la visite.

Annexe 6 : choix de laboratoires pouvant analyser le plomb

Divers laboratoires en France sont capables d'effectuer des analyses de plomb dans différents milieux.

Critères de qualité d'un laboratoire

Pour choisir un laboratoire prestataire en ayant une bonne confiance dans les résultats obtenus, quelques points peuvent être vérifiés :

- l'assurance qualité du laboratoire, éventuellement en vérifiant qu'il possède une accréditation suivant une des deux normes suivantes :
 - ISO/CEI 17025:1999 « Prescriptions générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais ».
 - ISO 15189:2003 « Laboratoires d'analyses de biologie médicale - Exigences particulières concernant la qualité et la compétence ».
- la compétence, l'expérience du laboratoire pour l'analyse demandée, par exemple en consultant les références du laboratoire, le volume d'analyses réalisées par an...
- les méthodes utilisées, les mesures prises pour limiter la contamination,
- les conditions de transport, de réception et de stockage des échantillons,
- le délai d'analyse,
- la participation à des contrôles de qualité externes.

Laboratoires

En tant qu'administration, les Ddass et SCHS peuvent souvent faire appel à titre gratuit à des laboratoires dépendant de l'administration. On peut citer notamment :

- les laboratoires du réseau de la Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes (DGCCRF) : tests de relargage de récipients alimentaires, analyses alimentaires...
- les laboratoires de toxicologie liés aux centres antipoison et de toxicovigilance : analyse de produits divers,
- les laboratoires agréés pour les analyses de contrôle sanitaire des eaux potables : analyses d'eau,
- des laboratoires d'organismes administratifs divers, dont certains ont une expérience forte dans la recherche du plomb dans les peintures, les poussières (lingettes) et autres media, tels que le LCPP ou le LHVP.

On peut avoir recours à d'autres laboratoires tels que :

- les laboratoires habilités à procéder au contrôle du plomb dans l'atmosphère des lieux de travail,
- les laboratoires agréés pour l'analyse de la plombémie en milieu du travail,
- des laboratoires universitaires,
- des laboratoires privés.

Les **analyses isotopiques** peuvent être réalisées notamment par les laboratoires suivants :

- Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé (LERES), Ecole nationale de la santé publique, 35043 Rennes,
- IRH Environnement, 54500 Vandœuvre-lès-Nancy,
- IPE (Isotopes, Pétrologie et Environnement), DSTE (Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement), CP 160/02, Université Libre de Bruxelles, 50 Avenue FD. Roosevelt, 1050 Bruxelles.

Annexe 7 : fiche de prélèvement d'échantillons de peinture

Fiche de prélèvement d'échantillons de peinture

Préleveur : Date de prélèvement :/...../.....

Adresse de l'immeuble :

.....

Numéro de l'échantillon :

Eventuellement :

Partie : commune privative (cocher)

Localisation du bâtiment :

.....

Localisation du logement :

.....

Lieu de prélèvement :

.....

Description du support :

.....

Emplacement exact du prélèvement :

.....

Description de l'échantillon :

.....

Observations :

.....

Laboratoire :

.....

Envoyé au laboratoire le :/...../.....

Résultat :mg/g de plomb acido-soluble plomb total (cocher)

Annexe 8 : méthodes d'analyse chimique d'échantillons de peinture

L'analyse des échantillons peut être fondée sur les normes suivantes :

NF T30-210 septembre 1985 Peintures – (et vernis) – Préparation des extraits acides des peintures liquides ou en poudre

NF T30-201 janvier 1981 Détermination du plomb total – Méthode par absorption atomique dans la flamme

NF T30-211 janvier 1981 Peintures et vernis – Détermination de la teneur en métaux solubles – Détermination de la teneur en plomb soluble

FD T90-112 juillet 1998 Qualité de l'eau – Dosage de huit éléments métalliques (Mn, Fe, Co, Ni, Zn, Ag, Pb) par spectrométrie d'absorption atomique dans la flamme

NF EN ISO 11885 mars 1998 Qualité de l'eau – Dosage de 33 éléments par spectroscopie d'émission atomique avec plasma couplé par induction (NF T90-136)

NF EN 71-3 mars 1995 Sécurité des jouets – Partie 3 : migration de certains éléments et amendement NF EN 71-3/A1 septembre 2000.

Plusieurs méthodes de dosage et des protocoles différents peuvent être utilisés sous réserve d'obtenir des résultats similaires et validés.

Exemples de protocoles pour la préparation des échantillons :

Pour le plomb total, une prise d'échantillon de 100 à 200 mg au préalable broyée dans un mortier en agate et tamisée, est mise en contact avec une solution d'eau régale (acide nitrique et acide chlorhydrique) : le tout est minéralisé à chaud à reflux jusqu'à obtention d'une solution limpide. Le minéralisât refroidi est filtré et mis en fiole jaugée pour dosage.

Pour le plomb acido-soluble, on se réfèrera au protocole donné en annexe de l'arrêté relatif au diagnostic du risque d'intoxication par le plomb des peintures. A noter que ce protocole, issu de la circulaire de janvier 2001 relative aux ERAP (états des risques d'accessibilité au plomb), est un peu différent du protocole de la norme NF EN 71-3 relative aux jouets. En particulier, le temps de contact n'est que de 1 h alors qu'il est de 2h dans la norme relative aux jouets.

Annexe 9 : méthode de prélèvement de poussières par lingettes

L'article 4 de l'arrêté du 12 juillet 1999 concernant le contrôle des locaux après réalisation de travaux d'urgence donnait des indications succinctes sur la méthode de prélèvement. On pourra se référer au texte réglementaire actuel modifiant cet arrêté⁴³.

Matériel à utiliser

Le matériel est constitué : d'une boîte de lingettes, de gants à usage unique, de flacons de taille adaptée au nombre de lingettes qu'ils doivent contenir (50 ml pour une lingette et 150 ml pour trois) et d'un gabarit de 33,3 x 33,3 cm pour délimiter précisément une surface de 0,1 m² à échantillonner. Pour éviter les contaminations entre échantillons, il est préférable que le gabarit soit réalisé en matière lisse qui puisse être essuyée par une lingette entre 2 prélèvements (photo Ddass Hauts-de-Seine).



Il est aussi possible de délimiter la surface à échantillonner par du ruban autocollant, en veillant toutefois à ne pas toucher la surface à échantillonner lors de l'apposition du ruban.

Le choix des lingettes n'est pas précisé par la réglementation bien que n'étant pas indifférent. La plupart des intervenants utilisent des lingettes pour bébé. Il est important de vérifier qu'elles ne contiennent pas de plomb, et qu'elles ne posent pas de problème technique lors de l'analyse. La texture de la lingette doit être telle qu'elle ne se délite pas lorsqu'on la passe sur un support rugueux. L'humidité des lingettes n'est pas normalisée et peut influencer sur l'efficacité du prélèvement. On doit veiller à ce que la boîte de lingettes ne sèche pas avec le temps. La présence d'alcool n'est pas nécessaire ; par ailleurs les lingettes imbibées d'alcool ont tendance à sécher plus vite. Dans une boîte de lingettes, ne pas utiliser la première qui se présente, car elle a plus de risque d'avoir séché que les suivantes. Ne pas utiliser des lingettes imbibées de détergents. En effet, ce type de lingette a tendance à gonfler et les détergents peuvent interférer sur les résultats.

Il existe aux Etats-Unis une méthode normalisée pour vérifier qu'un type de lingette est adapté pour la collecte de poussières en vue de l'analyse du plomb [16]. Cette norme définit des critères d'acceptabilité et des méthodes pour vérifier qu'ils sont atteints. Les critères sont :

- la concentration en plomb des lingettes vierges ($< 1,0 \mu\text{g}$),
- le pourcentage de plomb qui peut être récupéré d'une lingette dopée en plomb et son coefficient de variation ($100 \% \pm 20 \%$ mesurés à $20 \mu\text{g}$, $100 \mu\text{g}$ et $500 \mu\text{g}$),
- le taux d'efficacité de la collecte du plomb sur une surface lisse (75% pour au moins 95% des lingettes),
- la solidité,
- l'humidité visuelle et au toucher et la variabilité du taux d'humidité ($\text{CV} < 25 \%$),
- la variabilité du poids ($\text{CV} < 25 \%$),
- la taille des cotés (10 à 25 cm) et la surface totale (200 à 625 cm²),
- l'épaisseur (0,05 à 0,5 mm).

Le prélèvement

L'opérateur met des gants à usage unique pour chaque nouveau prélèvement (sauf entre 2 prélèvements unitaires d'un prélèvement composite).

Il essuie le gabarit avec une lingette pour éviter les contaminations croisées entre échantillons. Cette lingette sera ensuite jetée.

⁴³ non paru à la date de rédaction du présent guide

Il pose une nouvelle lingette à l'intérieur du gabarit posé au sol, qui représente une surface de 0,1 m².

Les conseils suivants sont donnés dans le guide du ministère américain du logement [70] :

- la lingette étant posée à plat à l'intérieur du cadre, l'opérateur pose sa main à plat, doigts joints, par-dessus et coince la lingette entre le pouce et la paume. Il appuie fermement, mais sans excès avec le maximum de surface des doigts et de la paume et déplace la lingette en S de droite à gauche jusqu'à couvrir complètement la surface à échantillonner.
- un deuxième passage est réalisé après avoir pliée en 2 la lingette, la partie contaminée étant bien sûr à l'intérieur. On évitera, en pliant la lingette, de toucher la partie contaminée. Le 2^e passage est réalisé de la même façon que le premier, mais avec la lingette pliée et de haut en bas, c'est-à-dire perpendiculairement au premier passage.

A noter qu'il existe aux Etats-Unis une norme concernant la pratique de ce type de prélèvement [15].

La lingette est ensuite déposée à l'intérieur d'un flacon étiqueté (numéro, adresse et lieu de prélèvement).

En cas de prélèvement composite, une lingette neuve est utilisée pour chaque prélèvement unitaire. Les différentes lingettes ainsi prélevées sont placées dans le même flacon.



Photos Ddass du Nord

Il est important de prendre toutes précautions pour éviter la contamination des échantillons. Notamment, une fois les gants mis, éviter toute manipulation qui pourrait contaminer le prélèvement.

Tout prélèvement individuel ou composite devra faire l'objet d'une fiche de prélèvement explicitant les conditions de prélèvement et sur laquelle sera reporté le résultat.

Un exemple de fiche de prélèvement est donné en Annexe 10.

Réalisation d'un blanc

Pour chaque série de prélèvements envoyée au laboratoire, on réalise un blanc.

Une lingette est sortie de sa boîte avec des gants neufs, agitée puis pliée comme les autres mais sans contact avec aucune surface. Elle est ensuite placée dans un flacon qui sera étiqueté. L'étiquetage ne devra pas permettre au laboratoire de reconnaître qu'il s'agit d'un blanc.

Une fiche de prélèvement est réalisée aussi pour le blanc.

Annexe 10 : fiche de prélèvement de poussières par lingette

Fiche de prélèvement de poussières par lingette

Préleveur : Date de prélèvement :/...../.....

Adresse de l'immeuble :
.....
.....

Echantillon : analysé à part joint avec d'autres lingettes pour prélèvement composite
Numéro de l'échantillon envoyé au laboratoire :

Eventuellement :

Partie : commune privative (*cocher*)

Localisation du bâtiment :
.....
.....

Localisation du logement :
.....
.....

Lieu de prélèvement :
.....
.....

Emplacement exact du prélèvement :
.....
.....

Description du sol au point de prélèvement (nature, rugosité) :
.....
.....

Etat de propreté au point de prélèvement :

Ecailles de peinture visibles Autres éléments grossiers visibles

Présence de poussières visibles Absence d'éléments visibles.

Surface échantillonnée : 0,1 m² autre : (*cocher*)

Marque de lingette utilisée :

Observations :
.....
.....
.....

Laboratoire :
.....

Envoyé au laboratoire le :/...../.....

Résultat :µg/m² de plomb acido-soluble plomb total (*cocher*)

Annexe 11 : méthode d'analyse des poussières

L'article 5 de l'arrêté du 12 juillet 1999 concernant le contrôle des locaux après réalisation de travaux d'urgence donnait des indications sur la méthode d'analyse du plomb des poussières :

« Art. 5. - Le plomb des poussières est dosé après extraction acide (acide chlorhydrique 0,15 N) et action mécanique (agitation manuelle puis quinze minutes dans une cuve à ultrasons) puis après contact de vingt-quatre heures. Les résultats sont exprimés en microgrammes par mètre carré ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) de surface. »

On pourra se référer au texte réglementaire actuel modifiant cet arrêté (non paru à la date de rédaction du présent guide).

Exemple de méthode d'analyse détaillée :

Mode opératoire :

- placer dans le tube en polypropylène de 50 ml à bouchon à vis qui contient la(les) lingette(s) 25 ml d'acide chlorhydrique 0,15 N (HCL normapur, avec $M=36,46 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $d = 1,15$)
- fermer le tube,
- agiter manuellement,
- placer le tube en cuve à ultrasons 15 minutes,
- Agiter de nouveau par retournement (2 à 3 fois),
- laisser en contact 24 h à température ambiante à l'abri de la lumière,
- analyse selon les méthodes habituelles de chaque laboratoire : spectrométrie d'absorption atomique flamme ou électrochimie.

Conditions analytiques / Perkin Elmer 5000 Zeeman :

Four type pyrolytique

Longueur d'onde = 283,3 nm

TOM : 500°C

TOA : 2000°C

Réalisation d'une gamme étalon de 0-5-10-20-30-40 $\mu\text{g}/\text{L}$, dans HNO_3 5 %.

Les échantillons sont éventuellement dilués en milieu HNO_3 5 %.

NB : cette méthode d'analyse est différente de la méthode préconisée aux Etats-Unis, qui analyse le plomb total [17].

Annexe 12 : méthodes de prélèvement de terre

Première étape : Identifier les différentes zones à caractériser

C'est l'étape la plus importante. Les zones à caractériser sont déterminées en fonction du questionnaire aux parents et de l'observation des lieux.

Ex : une pelouse, un potager, une allée...

Un échantillon composite sera réalisé pour chaque zone. Cet échantillon devra être identifié clairement et sans incertitude par un nom ou un numéro approprié.

Deuxième étape : déterminer un nombre de points de prélèvement élémentaires

Au moins 12 prélèvements élémentaires seront réalisés par échantillon composite, sauf en cas de surface très faible. Les points de prélèvement seront choisis aléatoirement sur la zone à caractériser.

Troisième étape : prélever

On doit éviter la contamination de l'échantillon :

- Le matériel de prélèvement devra être propre. S'il vient d'être utilisé pour un précédent échantillon, il sera lavé à l'eau avant d'être réutilisé. Il n'est évidemment pas utile de nettoyer le matériel entre chaque prélèvement élémentaire destiné au même échantillon.
- Il est plus facile de prélever à mains nues car les gants de laboratoire se percent très facilement lors d'un prélèvement de terre. On se lavera les mains entre chaque échantillon.

Il faut prélever la même quantité de terre pour chaque prélèvement élémentaire, de façon que l'échantillon soit le plus représentatif possible de la zone à caractériser.

Sur sol nu travaillé et sur potager :

Le prélèvement se fait à l'aide d'une pelle en plastique (pas de pelle en métal ou peinte). Il existe des pelles de jardinier pour menus travaux qui sont graduées, ce qui permet de contrôler la profondeur d'enfoncement. Le prélèvement se fait dans la couche 0-20 cm.



Photo : Institut supérieur d'agriculture de Lille

Sur pelouse et sur sol nu non travaillé :

Le prélèvement se fait à l'aide d'un cylindre de carottage, qui permet de contrôler la quantité et la profondeur prélevée. Ce type de cylindre en inox est couramment employé en pédologie pour la mesure de la densité du sol.

On place le cylindre sur le sol et on l'enfonce à l'aide d'un marteau sur une profondeur de 3 centimètres. On le dégage ensuite à l'aide d'un outil en veillant à empêcher la terre de ressortir du cylindre. La partie de terre qui dépasse du cylindre est arasée.



Photo : Institut supérieur d'agriculture de Lille

Les prélèvements élémentaires sont placés dans le sac destiné à l'échantillon. Un sac congélateur peut convenir.

Les herbes, racines, cailloux et autres éléments grossiers (> 2cm) sont retirés de l'échantillon. Au cas où l'échantillon est très humide, ce tri pourra être fait par le laboratoire après séchage à l'air.

Lorsque l'ensemble des prélèvements élémentaires a été fait, le sac est fermé et ses références y sont notées.

L'échantillon à analyser doit représenter environ 500 g à 1 kg.

Une fiche de prélèvement est remplie.

Quatrième étape : stockage et transport au laboratoire

Il n'y a pas de précautions particulières à prendre si ce n'est d'éviter que le sac ne soit percé en cours de stockage ou de transport. L'usage d'une glacière n'est pas nécessaire mais peut protéger l'échantillon contre les chocs.

Ne pas trop tarder pour l'analyse si l'échantillon est humide.

Annexe 13 : fiche de prélèvement de terre

Fiche de prélèvement de terre

Date de prélèvement :/...../..... Préleveur :

Adresse du lieu de prélèvement :

Désignation de la zone échantillonnée :

Localisation précise de la zone échantillonnée (faire éventuellement un schéma) :

Description de la zone échantillonnée (nature du sol, couverture végétale ...) :

.....
.....
.....

Type d'échantillon : composite unitaire (cocher)

Si l'échantillon est composite, nombre de prélèvements unitaires :

Profondeur de la couche prélevée : 0-3 cm 0-20 cm (cocher)

autre (préciser)

Référence notée sur l'échantillon :

.....

Description de l'échantillon : contenant, aspect, poids approximatif...(facultatif) :

.....
.....

Laboratoire :

.....

Envoyé au laboratoire le :/...../.....

Code d'échantillon donné par le laboratoire :

Méthode d'analyse :

.....

Résultat en mg/kg de poids sec :

Annexe 14 : analyse chimique du plomb total dans les sols

Préparation de l'échantillon

La préparation de l'échantillon de sol consiste en un séchage à une température inférieure à 40°C, suivi d'un concassage et d'un tamisage à 2 mm. Un sous-échantillon représentatif de la fraction tamisée est broyé jusqu'à passage dans un tamis à maille de 250 µm pour les mises en solution.

On pourra se référer à la norme ISO 11464 :1994(F) : « Qualité du sol – prétraitement des échantillons pour analyses physico-chimiques ».

Digestion

Les échantillons subissent une calcination à 450°C avant leur mise en solution à l'acide fluorhydrique et perchlorique selon la norme NF X31-147 Juillet 1996 : « Qualité des sols - Sols, sédiments - Mise en solution totale par attaque acide ».

Dosage

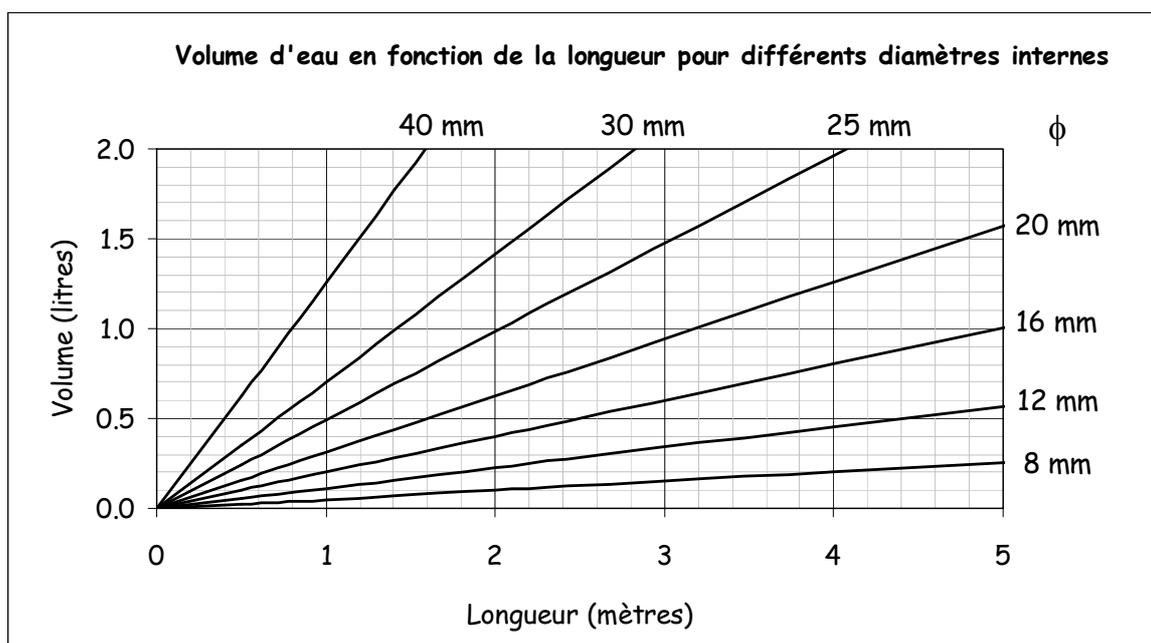
Le dosage du plomb dans la solution d'attaque est réalisé par spectrométrie d'absorption atomique avec atomisation électrothermique.

Le résultat est exprimé en ppm, ou mg/kg, mg kg⁻¹ **de poids sec**.

La limite de quantification est comprise entre 1 et 10 mg/kg [25].

Annexe 15 : calcul du volume interne des canalisations

(extrait du guide pratique AGHTM juin 2001 [8])



Diamètre Interne (mm)	8	10	12	14	16	18	20	25	30	40
Volume par mètre (ml/m)	50	79	113	154	201	254	314	491	707	1257
Longueur (mètre) pour 1 litre	19,9	12,7	8,8	6,5	5,0	3,9	3,2	2,0	1,4	0,8

Remarque : Diamètre interne = Diamètre externe (mesuré) – 2 x épaisseur du matériau

Épaisseurs des principaux matériaux de canalisations :

En principe, les canalisations récentes font l'objet d'un marquage indélébile qui précise notamment le diamètre et l'épaisseur en mm (ce n'est évidemment pas le cas pour les canalisations en plomb). On utilisera donc de préférence ces indications. A défaut, les valeurs suivantes pourront être utilisées :

- Plomb : environ 5 mm
- Cuivre : 1 mm
- Acier Galvanisé : 3 mm
- Acier Inoxydable : 1,2 à 1,5 mm (en fonction du diamètre)
- Matériaux Organiques : variables en fonction du diamètre et de la Pression Nominale, se reporter au marquage de la canalisation (diamètre X épaisseur)

Annexe 16 : conditions de prélèvement, conservation et analyse d'échantillons pour le dosage du plomb dans l'eau de distribution

(d'après le guide pratique AGHTM juin 2001 [8])

Nature des flacons

Utiliser de préférence des flacons en plastique : PE, PFA, FEP...

Ces flacons doivent être préalablement lavés à l'acide nitrique ou faire l'objet d'un contrôle régulier du laboratoire afin de s'assurer qu'ils ne risquent pas de contaminer les échantillons.

Acidification

Une acidification à l'aide d'acide nitrique doit être réalisée afin d'amener l'échantillon à un pH < 2.

Pour la plupart des eaux, une acidification à 0,5 % (v/v) convient.

Cette acidification doit avoir lieu de préférence sur le terrain ou à défaut de retour au laboratoire (au plus tard dans les 48H suivant le prélèvement).

Il est préférable de réaliser cette acidification avant d'effectuer tout transvasement d'échantillons, en particulier si le prélèvement de 2 litres est fractionné avant d'être retourné au laboratoire.

En effet, il y a un risque d'adsorption rapide des métaux sur les parois du flacon si l'échantillon n'est pas acidifié (jusqu'à 40 % de l'analyte pour des eaux non minéralisées).

Pour des raisons pratiques (volume d'acide à ajouter et/ou transport d'échantillons de 2 litres au laboratoire) l'acidification de l'échantillon après transvasement dans un volume plus petit peut cependant être acceptable à condition que l'opération soit réalisée sans délai après le prélèvement et que le laboratoire ait vérifié qu'il n'y a pas de phénomène d'adsorption sensible avec l'eau analysée.

Conservation des échantillons

Après acidification, les échantillons peuvent être conservés plusieurs semaines avant analyse.

Analyse

Dans le cadre d'eaux de distribution publique, le prétraitement des échantillons (filtration, minéralisation...) n'est généralement pas nécessaire : le plomb total est assimilé au plomb acido-soluble.

Les méthodes d'analyses utilisées doivent être de préférence normalisées :

NF EN ISO 11885

NF EN ISO 17294-2

NF EN ISO 15586

Les résultats doivent être exprimés en µg/L.

Annexe 17 : fiche de prélèvement d'eau pour analyse du plomb

Fiche de prélèvement d'eau pour analyse du plomb

Identité du préleveur :

Date du prélèvement :/...../..... Heure :

Adresse postale du lieu de prélèvement :

.....
.....
.....

Identification précise du point de prélèvement (bâtiment, étage, pièce, robinet) :

.....
.....
.....
.....

Conditions de prélèvement :

- premier jet sans rinçage ni contrôle de stagnation
- premier jet après rinçage
- premier jet après rinçage puis stagnation contrôlée. Temps de stagnation :
- autre

Précisions sur les conditions de prélèvement

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Volume prélevé :

Identification du flacon :

Laboratoire :

Le laboratoire est accrédité pour l'analyse du plomb dans l'eau : oui non (*cocher*)

Date d'analyse :/...../..... N° d'analyse :

Type d'analyse : plomb total plomb dissous (*cocher*)

Méthode d'analyse :

.....

Résultat ($\mu\text{g/L}$) :

Observations particulières

Annexe 18 : surveillance des travailleurs et mesure du plomb atmosphérique au travail

Pour les travailleurs exposés au plomb métallique et/ou ses composés, la réglementation du travail prévoit une surveillance biologique de l'exposition professionnelle au plomb. Elle comporte, parallèlement aux mesures biologiques (plombémies et autres marqueurs sanguins ou urinaires), des contrôles et mesurages atmosphériques⁴⁴.

Lors de la visite annuelle auprès du médecin du travail, la valeur limite biologique à ne pas dépasser est fixée à 400 microgrammes de plomb par litre de sang pour les hommes et 300 microgrammes de plomb par litre de sang pour les femmes.

Une surveillance médicale particulière des travailleurs est assurée si la concentration de plomb dans l'air est supérieure à **0,05 mg/m³** (moyenne pondérée sur huit heures de travail), ou si une plombémie est supérieure à 200 µg/L de sang pour les hommes ou 100 µg/L de sang pour les femmes (code du travail, *décret du 2003-1254 du 23 décembre 2003*).

Depuis le 01/04/2004, la concentration en plomb métallique et en ses composés dans l'atmosphère des lieux de travail ne doit pas dépasser une valeur moyenne d'exposition ou **VME de 0,1 mg/m³** (moyenne sur 40 heures, exprimée en plomb métal). Sont pris en compte dans l'air intérieur inhalé par le travailleur les vapeurs, fumées et poussières de plomb ayant un diamètre inférieur à 15 µm. Cette valeur définie pour protéger le travailleur est en constante diminution. Antérieurement au 01/04/2004 elle était fixée à 0,15 mg/m³. Cette valeur n'est pas indicative, elle est réglementaire et obligatoire comme pour d'autres substances très toxiques telles que l'amiante, le benzène ou le chlorure de vinyle.

Ces contrôles sont à la charge de l'employeur et peuvent être réalisés, soit par un organisme extérieur agréé par arrêté du ministère du travail, soit par l'entreprise si elle possède l'autorisation de réaliser des autocontrôles en interne.

Les mesures atmosphériques au travail doivent être réalisées :

- de façon régulière suivant une périodicité définie par l'entreprise avec au minimum un contrôle annuel,
- lors de la mise en route d'une nouvelle activité ou de changements de procédures susceptibles d'avoir des conséquences sur l'exposition des travailleurs,
- en cas de dépassement des valeurs limites d'exposition professionnelle.

Ces mesures atmosphériques au travail peuvent évaluer soit l'exposition collective par des contrôles dans l'air ambiant, soit une exposition individuelle par des capteurs portatifs installés à proximité des voies aériennes. En pratique, ces capteurs portatifs fixés aux vêtements sur le haut du buste sont des mini pompes avec filtres qui copient la respiration du travailleur ou des pastilles buvard qui absorbent et retiennent les poussières et vapeurs au voisinage.

Ces mesures de plomb atmosphériques doivent obéir à la norme Afnor « X 43-275 révisée » pour les prélèvements en air ambiant et à la norme Afnor « X 43-257 » pour ceux réalisés à l'échelon du travailleur. Ces normes fixent par exemple le débit d'aspiration de l'air ambiant, la taille de l'orifice du capteur ou le type de membrane.

Les mesures se font le plus fréquemment en air ambiant. La technique comporte successivement :

⁴⁴ Le code du travail précise qu'après avis du médecin du travail, il est possible de se dispenser de la surveillance atmosphérique si elle n'est pas adaptée. Et de fait, la surveillance atmosphérique est souvent inadaptée en milieu de travail où les individus sont exposés à des poussières de diamètre aérodynamique élevé qui ne sont pas respirables, mais contaminent les surfaces et sont principalement absorbées par voie digestive. La surveillance atmosphérique n'est réellement utile qu'en cas d'exposition à des aérosols microparticulaires (fumées, par ex) ou à des vapeurs.

- un prélèvement par pompage de l'atmosphère sur filtre en quartz en cassette fermée avec un orifice de captage de 4 mm de diamètre et un débit d'environ 1 litre d'air par minute,
- une mise en solution de la cassette par de l'acide fluonitrique,
- une analyse par spectrométrie d'absorption atomique.

Références bibliographiques

1. Ademe. Communication au comité scientifique du site Metaleurop de Noyelles-Godault. 28-4-2005.
2. Adgate JL, Weisel C, Wang Y, Rhoads GG, Liou PJ. Lead in house dust: relationships between exposure metrics. *Environ Res* 1995;70(2):134-147
3. Afnor. Norme française X31-100. Qualité des sols - Échantillonnage - Méthode de prélèvement d'échantillons de sol. 1992.
4. Afnor. Norme française NF EN 71-3. Sécurité des jouets ; partie 3 : migration de certains éléments. 1995.
5. Afnor. Norme française P41-021 Repérage du plomb dans les réseaux intérieurs de distribution d'eau potable. 2004.
6. Afssaps. Contrôle national de qualité plombémie 1996. *Annales du Contrôle de qualité* 1997; 10:71-78
7. Afsse, CSTB. Détection du plomb dans les peintures anciennes. 2005. Paris.
8. AGHTM. Guide pratique "Contrôle de la concentration en plomb dans l'eau ; échantillonnage, prélèvement, analyse, interprétation". 2001.
9. Al Saleh I, Mustafa A, Dufour L, Taylor A, Hiton R. Lead exposure in the city of Arar, Saudi Arabia. *Arch Environ Health* 1996; 51(1):73-82
10. Albarede F. Les chronomètres Uranium – Thorium – Plomb. 173p. 1985. Ed. Masson.
11. Alexander LM, Heaven A, Delves HT, Moreton J, Trenouth MJ. Relative exposure of children to lead from dust and drinking water. *Arch Environ Health* 1993;48(6):392-400
12. American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-IV. 1994. Washington.
13. Anaes. Conférence de consensus "Intoxication par le plomb de l'enfant et de la femme enceinte. Prévention et prise en charge médico-sociale". Lille, novembre 2003. Textes des recommandations. Paris, 2004.
14. Aslam M, Wilson JV. Surma--a cosmetic that can be dangerous. *World Health Forum* 1990; 11(3):311-312
15. ASTM International. E1728 - 03 Practice for Field Collection of Settled Dust Samples for Determination of Lead. 2003.
16. ASTM International. E1792 - 03: Standard Specification for Wipe Sampling Materials for Lead in Surface Dust. 2003.
17. ASTM International. E1644 - 04 Practice for Hot Plate Digestion of Dust Wipe Samples for Determination of Lead. 2004.
18. Baize D. Teneurs totales en " métaux lourds " dans les sols français - Résultats généraux du programme ASPITET. *Le courrier de l'environnement* 2000; 39 (<http://www.inra.fr/dpenv/baizec39.htm>)

19. Beausoleil M, Brodeur J. Mesure des concentrations de plomb lessivable de la glaçure de cinq tajines marocains disponibles à Montréal. Direction de la santé publique de Montréal, editor. 2005.
20. Bernard SM, McGeehin MA. Prevalence of blood lead levels \geq 5 micro g/dL among US children 1 to 5 years of age and socioeconomic and demographic factors associated with blood of lead levels 5 to 10 micro g/dL, Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Pediatrics* 2003;112(6 Pt 1):1308-13.
21. Bretin P, Cespedes C, Drieu E, Vigroux J-L. Enquêtes environnementales au domicile d'enfants intoxiqués par le plomb réalisées par la DDASS des Hauts-de-Seine. 1995.
22. Bretin P, Dor F. Note relative aux risques sanitaires pour les enfants présentés par les peintures au chromate de plomb de mobiliers scolaires. InVS, editor. 16-7-2003.
23. Bretin P, Legout C, Coiron C, Macary G, Drouvin M, Le Bail A et al. Evaluation de la fiabilité de la mesure du plomb des poussières par un appareil de terrain à fluorescence X. Drass Ile-de-France, editor. 2001.
24. BRGM. Classeur "Gestion des Sites (potentiellement) Pollués". 2002.
25. BRGM. Guide méthodologique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués. BRGM/RP-52881-FR. 2004.
26. BRGM. Protocole d'échantillonnage des sols urbains pollués par du plomb. RP-52928-FR. 2004.
27. Bruyneel M, De Caluwe JP, des Grottes JM, Collart F. [Use of kohl and severe lead poisoning in Brussels]. *Rev Med Brux* 2002;23(6):519-22.
28. Canfield RL, Henderson CR, Jr., Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 microg per deciliter. *N Engl J Med* 2003;348(16):1517-26.
29. Canoui F, Bretin P, Lecoffre C. Dépistage du saturnisme en France de 1995 à 2002. Comité scientifique national du système de surveillance des plombémies de l'enfant, editor. 2005. Saint-Maurice, Institut de veille sanitaire.
30. Carrington CD, Sheehan DM, Bolger PM. Hazard assessment of lead. *Food Addit Contam* 1993; 10(3):325-35.
31. CDC. Preventing lead poisoning in young children: a statement by CDC - October 1991. 1991. Atlanta, US Department of Health and Human Services, Public Health Service, CDC.
32. CDC. Screening Young Children for Lead Poisoning: Guidance for State and Local Public Health Officials. 1997.
33. CDC. Managing elevated blood lead levels among young children: recommendations from the advisory committee on childhood lead poisoning prevention. 2002.
34. CDC. Preventing Lead Poisoning in Young Children - A Statement by the Centers for Disease Control and Prevention - August 2005. 2005. Atlanta, US Department of Health and Human Services, Public Health Service.
35. Centre antipoison et de toxicovigilance de Nancy. Dépistage du saturnisme infantile en Haute-Saône. Rapport de l'enquête épidémiologique. [Présentation audiovisuelle]. 2004.
36. Cire Rhône-Alpes, InVS, Centre Antipoison de Lyon, DRASS Rhône-Alpes. 10 ans de surveillance du saturnisme infantile en Rhône-Alpes et Auvergne - 1994-2003. DRASS Rhône-Alpes, editor. 1-38. 2004.

37. Comité technique plomb, Direction générale de la santé. Enquête environnementale à mener après dépistage d'un enfant présentant une plombémie supérieure à 150 µg/L. 1994.
38. Commission de toxicovigilance, DGS. Intoxication par le plomb chez l'enfant. 1993. Paris.
39. Commission des communautés européennes. Directive 2001/22/CE de la Commission du 8 mars 2001 portant fixation de modes de prélèvement d'échantillons et de méthodes d'analyse pour le contrôle officiel des teneurs en plomb, cadmium, mercure et 3-MCPD dans les denrées alimentaires. 2001.
40. Commission des communautés européennes. Règlement (CE) N° 466/2001 de la commission du 8 mars 2001 portant fixation de teneurs maximales pour certains contaminants dans les denrées alimentaires. 2001.
41. Conseil de l'Union Européenne. Directive 98/83/CE du Conseil du 3 novembre 1998 relative à la qualité des eaux destinées à l'alimentation humaine. 3-11-1998.
42. Conseil des communautés européennes. Directive 76/768/CEE du Conseil, du 27 juillet 1976, concernant le rapprochement des législations des États membres relatives aux produits cosmétiques. 1976.
43. CSTB. Etude de la conformité réglementaire des Etats des Risques d'Accessibilité au Plomb (ERAP) réalisés dans les logements. 2004.
44. Declercq C, Ladrière L. Programme de dépistage du saturnisme infantile dans 9 communes du Nord et du Pas-de-Calais. [Présentation à la CLIS]. 2004.
45. Declercq C, Ladrière L. Programme de dépistage du saturnisme infantile dans 9 communes du Nord et du Pas-de-Calais; bilan de la campagne 2004-2005. [Présentation à la CLIS]. 18-10-2005.
46. Declercq C, Ladrière L, Brigaud T, Gueudré C, Leclercq M, Haguenoer JM. Bilan de la campagne 2002-2003 de dépistage du saturnisme infantile autour du site METALEUROP de Noyelles-Godault. 1-21. 2003.
47. Douay F, Pruvot C, Mazzuca M. Cadmium, lead and zinc concentrations in soil and vegetables from kitchen gardens in urban and highly-contaminated areas of northern France: evaluation of the risk of population exposure. Proceedings of 9th International FZK / TNO Conference on Soil-Water Systems, Bordeaux 2005.
48. Drassif, InVS. Dix ans de surveillance du saturnisme de l'enfant en Ile-de-France. 1-90. 2003. Paris, Drass Ile-de-France. <http://ile-de-france.sante.gouv.fr>.
49. EPA. Lead and Copper Rule. 1991.
50. Ernhart CB. A critical review of low-level prenatal lead exposure in the human: 1. Effects on the fetus and newborn. *Reprod Toxicol* 1992;6(1):9-19.
51. EURACHEM, CITAC. Guide "Quantifier l'incertitude dans les mesures analytiques". LNE . 2000.
52. European Commission. Developing a new protocol for the monitoring of lead in drinking water. EUR 19087 EN. 1999.
53. Farfel MR, Chisolm JJ, Jr. Health and environmental outcomes of traditional and modified practices for abatement of residential lead-based paint. *Am J Public Health* 1990; 80(10):1240-5.
54. Farfel MR, Lees PS, Rohde CA, Lim BS, Bannon D, Chisolm JJ, Jr. Comparison of a wipe and a vacuum collection method for the determination of lead in residential dusts. *Environ Res* 1994; 65(2):291-301.

55. Fassin D. Public health as culture. The social construction of the childhood lead poisoning epidemic in France. *Br Med Bull* 2004;69:167-77.
56. Fassin D, Naude AJ. Plumbism reinvented: childhood lead poisoning in France, 1985-1990. *Am J Public Health* 2004;94(11):1854-63
57. Fernando NP, Healy MA, Aslam M, Davis SS, Hussein A. Lead poisoning and traditional practices: the consequences for world health. A study in Kuwait. *Public Health* 1981;95(5):250-60.
58. Flajnik C, Shrader D. Determination of lead in blood by GFAAS-Deuterium and Zeeman Background Correction. 1993.
59. Flegal AR. High gradients of lead isotopic composition in north east Pacific upwelling filaments. *Nature* 1989; 339:458-60.
60. Freeman NC, Sheldon L, Jimenez M, Melnyk L, Pellizzari E, Berry M. Contribution of children's activities to lead contamination of food. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2001; 11(5):407-13.
61. Garnier R. Toxicité du plomb et de ses dérivés. *Encyclopédie Médico Chirurgicale. Toxicologie - Pathologie professionnelle* [16-007-A-10]. 2005. Paris, Elsevier SAS.
62. Ginot L. Le saturnisme infantile à Aubervilliers 1992-1994. Etude de la prévalence dans un groupe d'enfants demeurant en habitat ancien. Evaluation de deux stratégies de dépistage. Approche des seuils de toxicité. 1995.
63. Glorennec P, Bemrah N, Tard A, Robin A, Le Bot B, Bard D. Modélisation probabiliste de l'exposition globale au plomb des jeunes enfants en France : approche intégrée des différents milieux d'exposition. Article soumis à publication 2006.
64. Glorennec P, Le Bot B, Saramito G, Arcelin C. Exposures to lead via dust ingestion of french children: a pilot study. *International Society for Exposure Analysis*, editor. 15th Annual conference. 31-10-2005.
65. Gulson BL. Revision of estimates of skeletal contribution to blood during pregnancy and postpartum period. *J Lab Clin Med* 2000; 136(3):250-251
66. Gulson BL, Jameson CW, Mahaffey KR, Mizon KJ, Patison N, Law AJ et al. Relationships of lead in breast milk to lead in blood, urine, and diet of the infant and mother [see comments]. *Environmental Health Perspectives* 1998; 106(10):667-74.
67. Haley VB, Talbot TO. Seasonality and trend in blood lead levels of New York State children. *BMC Pediatr* 2004;4(1):8.
68. Hardy A, Walton R, Vaishnav R. Composition of eye cosmetics (kohls) used in Cairo. *Int J Environ Health Res* 2004;14(1):83-91.
69. Healy MA, Aslam M, Bamgboye OA. Traditional medicine and lead-containing preparations in Nigeria. *Public Health* 1984;98(1):26-32.
70. HUD (Département américain de l'habitat et du développement urbain). Guide temporaire pour l'identification et le traitement des risques liés à la peinture au plomb dans l'habitat public et l'habitat indien. Washington: HUD, 1995.
71. Huel G, Frery N, Takser L, Jouan M, Hellier G, Sahuquillo J et al. Evolution of blood lead levels in urban French population (1979-1995). *Rev Epidemiol Sante Publique* 2002;50(3):287-95.
72. Huel G, Jouan M, Frery N, Huet M. Surveillance de la population française vis-à-vis du risque saturnin. Inserm, editor. 1-90. 1997. Paris, RNSP.
73. Ineris. Guide pour l'orientation des actions à mettre en œuvre autour d'un site dont les sols sont potentiellement pollués par le plomb. 2004.

74. Inserm. Plomb dans l'environnement. Quels risques pour la santé ? 1-461. 1999. Paris.
75. Inserm, RNSP, DGS. Surveillance de la population française vis-à-vis du risque saturnin. Saint-Maurice: RNSP, 1997.
76. Institut de veille sanitaire. Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb. Analyse de la pertinence de la mise en oeuvre d'un dépistage : du diagnostic environnemental à l'estimation des expositions. 2002.
77. JECFA. 53rd report of the Joint FAO/OMS Expert Committee on Food Additives. Rome. 1999.
78. Joly M, Ballet Y, Boudene B. Les dérivés du plomb dans la peinture et la diversité de leurs impacts toxicologiques. *Journal de toxicologie clinique et expérimentale* 1987;5:309-22.
79. Jones TF, Moore WL, Craig AS, Reasons RL, Schaffner W. Hidden threats: lead poisoning from unusual sources. *Pediatrics* 1999;104(5 Pt 2):1223-5.
80. Keinonen M. The isotopic composition of lead in man and the environment in Finland 1966-1987: isotope ratios of lead as indicators of pollutant source. *Sci Total Environ* 1995;166(1-3):245-62.
81. Koller K, Brown T, Spurgeon A, Levy L. Recent developments in low-level lead exposure and intellectual impairment in children. *Environ Health Perspect* 2004; 112(9):987-94.
82. La Ruche G, Le Loc'h H, Féliers C, Gastellu-Etchegorry M. Imprégnation saturnine des enfants de 6 mois à 6 ans résidant dans la zone d'attractivité de l'hôpital d'Argenteuil, 2002-2004. *BEH* 2004; 50/2004:233-4.
83. Labat L, Olichon D, Poupon J, Bost M, Haufroid V, Moesch C et al. Etude multicentrique de la variabilité de la mesure de la plombémie pour de faibles concentrations proches du seuil de 100 µg/L. *Ann.Toxicol.Anal.* 17 (III), 157. 2005.
84. Lanphear BP, Burgoon DA, Rust SW, Eberly S, Galke W. Environmental exposures to lead and urban children's blood lead levels. *Environ Res* 1998;76(2):120-30.
85. Lanphear BP, Eberly S, Howard CR. Long-term effect of dust control on blood lead concentrations. *Pediatrics* 2000; 106(4):E48.
86. Lanphear BP, Emond M, Jacobs DE, Weitzman M, Tanner M, Winter NL *et al.* A side-by-side comparison of dust collection methods for sampling lead-contaminated house dust. *Environ Res* 1995;68(2):114-23.
87. Lanphear BP, Hornung R, Ho M, Howard CR, Eberly S, Knauf K. Environmental lead exposure during early childhood. *J Pediatr* 2002;140(1):40-7.
88. Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC *et al.* Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environ Health Perspect* 2005;113(7):894-9.
89. Lanphear BP, Matte TD, Rogers J, Clickner RP, Dietz B, Bornschein RL *et al.* The contribution of lead-contaminated house dust and residential soil to children's blood lead levels. A pooled analysis of 12 epidemiologic studies. *Environ Res* 1998;79(1):51-68.
90. Leblanc JC. Etude de l'alimentation totale française. Inra, editor. 2004.
91. Lioy PJ, Freeman NC, Millette JR. Dust: a metric for use in residential and building exposure assessment and source characterization. *Environ Health Perspect* 2002;110(10):969-83.
92. Meranger JC. Lead in ceramic glazes. *Can J Public Health* 1973;64(5):472-76.

93. Meyer-Baron M, Seeber A. A meta-analysis for neurobehavioural results due to occupational lead exposure with blood lead concentrations <70 microg/100 ml. *Arch Toxicol* 2000;73(10-11):510-8.
94. Mielke HW, Reagan PL. Soil is an important pathway of human lead exposure. *Environ Health Perspect* 1998; 106 Suppl 1:217-229
95. Monna F. Pb isotopic composition of airborne particulate material from France and the southern United Kingdom : implications for Pb pollution sources in urban areas. *Envir Sci Technol* 1997; 31:2277-86.
96. Montiel A, Squinazi F, Hartemann P, Welté B, Coiron C, Rosin C et al. Utilisation des isotopes du plomb pour mettre en évidence une origine prépondérante du plomb sanguin. *Spectra Analyse* 1999;221:25-30.
97. Mushak P. Uses and limits of empirical data in measuring and modeling human lead exposure. *Environ Health Perspect* 1998;106 Suppl 6:1467-84.
98. Naeher LP, Rubin CS, Hernandez-Avila M, Noonan GP, Paschal D, Narciso J et al. Use of isotope ratios to identify sources contributing to pediatric lead poisoning in Peru. *Arch Environ Health* 2003;58(9):579-89.
99. Needleman HL, Landrigan PJ. What level of lead in blood is toxic for a child? *Am J Public Health* 2004;94(1):8.
100. NIOSH. Lead in blood and urine. 1994.
101. Nir A, Tamir A, Zelnik N, Iancu TC. Is eye cosmetic a source of lead poisoning? *Isr J Med Sci* 1992; 28(7):417-21.
102. O'Donnell G. Uncertainty of measurement of the analysis of lead in blood by graphite furnace AAS calibrating with a commercial available standard. 24-11-2000.
103. Oliveira S, Aro A, Sparrow D, Hu H. Season modifies the relationship between bone and blood lead levels: the Normative Aging Study. *Arch Environ Health* 2002; 57(5):466-72.
104. OMS. Classification statistique internationale des maladies et des problèmes de santé connexes - CIM 10. 1994. Genève.
105. Organisation mondiale de la santé. Stratégie de l'OMS pour la médecine traditionnelle pour 2002-2005. 2002.
106. Parlement européen, Conseil de l'Union Européenne. Directive 2002/46/CE du Parlement européen et du Conseil du 10 juin 2002 relative au rapprochement des législations des États membres concernant les compléments alimentaires. 2002.
107. Parsons PJ, Chisolm J. The lead laboratory. 1997.
108. Patriarca M, Castelli M, Corsetti F, Menditto A. Estimate of uncertainty of measurement from a single-laboratory validation study: application to the determination of lead in blood. *Clin Chem* 2004; 50(8):1396-405.
109. Peltier A, Guillemain C, Gendre JC, Stempffer JC, Pellé-Duporté D, Schmitt JP. Etude de la solubilité des composés du plomb utilisés dans les ateliers d'émaillage. *Cahiers de notes documentaires de l'INRS* 1992;146:43-50.
110. Rabinowitz MB, Wetherill GW. Identifying sources of lead contamination by stable isotope techniques. *Current research* 1972;6(8):705-9.
111. Rasmussen P. Can metal concentrations in indoor dust be predicted from soil geochemistry ? *Canadian journal of analytical sciences and spectroscopy* 2004;49(3):166-74.

112. Rogan WJ, Ware JH. Exposure to lead in children--how low is low enough? *N Engl J Med* 2003; 348(16):1515-6.
113. Roscoe RJ, Gittleman JL, Deddens JA, Petersen MR, Halperin WE. Blood lead levels among children of lead-exposed workers: A meta-analysis. *Am J Ind Med* 1999; 36(4):475-81.
114. Rosen JF, Mushak P. Primary prevention of childhood lead poisoning--the only solution. *N Engl J Med* 2001; 344(19):1470-1.
115. Rothenberg SJ, Khan F, Manalo M, Jiang J, Cuellar R, Reyes S et al. Maternal bone lead contribution to blood lead during and after pregnancy. *Environmental Research* 2000; 82(1):81-90.
116. Ryu JE, Ziegler EE, Nelson SE, Fomon SJ. Dietary intake of lead and blood lead concentration in early infancy. *Am J Dis Child* 1983; 137(9):886-91.
117. Schapiro E, Bretin P. Sources inhabituelles d'exposition au plomb chez l'enfant et la femme enceinte. InVS, editor. 2006.
118. Schroder L, Basta NT, Casteel SW, Evans TJ, Payton ME, Si J. Validation of the in vitro gastrointestinal (IVG) method to estimate relative bioavailable lead in contaminated soils. *J Environ Qual* 2004; 33(2):513-21.
119. Sterling DA, Roegner KC, Lewis RD, Luke DA, Wilder LC, Burchette SM. Evaluation of four sampling methods for determining exposure of children to lead-contaminated household dust. *Environ Res* 1999; 81(2):130-41.
120. US Environmental Protection Agency. Risk analysis to support standards for lead in paint, dust, and soil. EPA 747-R-97-006 June 1, editor. 747-R-97-006 Vol 1. 1998.
121. US Environmental Protection Agency. Lead; Identification of dangerous levels of lead. *Federal Register* 2001; 66(4):1206-40.
122. US Environmental Protection Agency. User's Guide for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children (IEUBK) Windows^{® 32-bit version}. 2002. Washington.
123. US Environmental Protection Agency. Guidance Manual for the Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children. 1994. Washington.
124. Verberk MM, Willems TE, Verplanke AJ, De Wolff FA. Environmental lead and renal effects in children. *Arch Environ Health* 1996; 51(1):83-7.
125. Weisel CP, Zhang J, Turpin BJ, Morandi MT, Colome S, Stock TH et al. Relationship of Indoor, Outdoor and Personal Air (RIOPA) study: study design, methods and quality assurance/control results. *J Expo Anal Environ Epidemiol* 2005; 15(2):123-37.
126. White PD, Van Leeuwen P, Davis BD, Maddaloni M, Hogan KA, Marcus AH et al. The conceptual structure of the integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children. *Environ Health Perspect* 1998; 106 Suppl 6:1513-30.
127. Yazbeck C, Cheymol J, Dandres A. Actualités sur l'intoxication materno-foetale au plomb : enquête du RPN92. Actes du colloque international habitat insalubre et santé. Saint-Denis. 20-21 mai 2005. 2005.

ISBN : 2-11-095899-5
Tirage : 650 exemplaires
Dépot légal : Juin 2006
Imprimé par FRANCE REPRO - Maisons-Alfort



INSTITUT DE
VEILLE SANITAIRE

Département santé environnement

12, rue du Val d'Osne - 94415 Saint-Maurice cedex
Tél. : 33(0) 1 41 79 67 00 - Fax : 33(0) 1 41 79 67 67
<http://www.invs.sante.fr>