

Santé environnement

Analyse de la pertinence d'un dépistage du saturnisme infantile autour d'une ancienne fonderie, Flers (Orne)

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Abréviations | 2 |
| 1. Contexte et objectifs | 3 |
| 2. Synthèse des données disponibles et acquises | 3 |
| 2.1 Historique | 3 |
| 2.2 Considérations générales sur le plomb | 4 |
| 2.3 Données sanitaires recherchées | 5 |
| 2.4 Principaux résultats de l'enquête de population de 2009 et de la campagne environnementale de 2010 | 5 |
| 3. Première question : analyse de la pertinence d'une prise en charge sanitaire des enfants fréquentant la zone d'étude | 7 |
| 4. Deuxième question : analyse des risques éventuels encourus par des enfants qui s'installeraient sur les parcelles les plus contaminées de la zone d'étude | 7 |
| 4.1 Matériels et méthodes | 8 |
| 4.2 Résultats | 10 |
| 4.3 Conclusion | 10 |
| 5. Conclusion générale | 10 |
| Références bibliographiques | 12 |
| Annexes | 13 |

Analyse de la pertinence d'un dépistage du saturnisme infantile autour d'une ancienne fonderie, Flers (Orne)

Réalisation de l'étude et rédaction du rapport

Caroline OBERT - Cire Normandie

Yvonnick GUILLOIS-BECEL - Cire Ouest

Relecture

Arnaud MATHIEU - Cire Normandie

Frédéric DOR - Institut de veille sanitaire

Remerciements

Nous tenons à remercier :

- pour leur appui méthodologique :
 - Cécile KAIRO (Institut de veille sanitaire),
 - Clémentine DEREUMAUX (Institut de veille sanitaire) ;
- pour leur participation à la réalisation de l'étude sur le terrain :
 - l'ensemble des participants à l'enquête,
 - Bertrand Gagnières (Cire Ouest),
 - Michel Paris et Anne-Marie Levet (Agence régionale de santé de Basse-Normandie),
 - La communauté d'agglomération du Pays de Flers.

Abréviations

| | |
|---------------|---|
| ARS | Agence régionale de santé |
| BCF | Facteur de bioconcentration |
| CAPF | Communauté d'agglomération du Pays de Flers |
| Cire | Cellule interrégionale d'épidémiologie |
| Cnil | Commission nationale de l'informatique et des libertés |
| Ddass | Direction départementale des affaires sanitaires et sociales |
| EAT2 | Etude alimentaire totale française 2 |
| IEUBK | Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children |
| Ineris | Institut national de l'environnement industriel et des risques |
| InVS | Institut de veille sanitaire |
| Leres | Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé |
| QI | Quotient intellectuel |
| SNSPE | Système national de surveillance des plombémies de l'enfant |
| US-EPA | Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis d'Amérique |

1. Contexte et objectifs

Dans la commune de Flers (Orne), la fonderie Sonofoque a fonctionné pendant plus d'un siècle et a généré des inquiétudes auprès de la population riveraine liées aux rejets atmosphériques. Des mesures dans les sols et poussières réalisées après la fermeture de l'usine en 2003, ont confirmé l'existence d'une contamination au plomb autour de l'ancienne fonderie.

Dans ce contexte et en l'absence de signal sanitaire déclaré, la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (Ddass) de l'Orne (actuelle délégation territoriale de l'Agence régionale de santé (ARS) de Basse-Normandie) et les autorités locales ont sollicité la Cellule interrégionale d'épidémiologie (Cire) Ouest pour évaluer :

- la pertinence d'une prise en charge sanitaire des enfants fréquentant la zone d'étude ;
- la nécessité de mesures de réduction des expositions au plomb le cas échéant ;
- les éventuels risques encourus par des enfants qui s'installeraient sur les parcelles les plus contaminées de la zone d'étude.

Le rattachement de la région Basse-Normandie à la Cire Normandie a entraîné la transmission de ce dossier et son partage dans son étude et sa rédaction entre la Cire Ouest et la Cire Normandie.

Dans cette note, il est proposé de répondre distinctement aux deux questions suivantes :

- 1) pertinence de la prise en charge sanitaire des enfants fréquentant la zone d'études et recommandations au regard de la contamination actuelle des sols ;
- 2) évaluation des risques encourus par des enfants qui s'installeraient sur les parcelles les plus contaminées par le plomb dans la zone d'étude.

Le saturnisme infantile est défini par une plombémie (taux de plomb dans le sang) mesurée supérieure à 100 µg/L ; la découverte d'un cas de saturnisme infantile entraîne une proposition de prise en charge médicale de l'enfant.

Il n'est pas recommandé de mener systématiquement des campagnes de dépistage du saturnisme infantile par dosage du plomb sanguin même lorsque du plomb est retrouvé dans l'environnement. En effet, le dépistage nécessite un prélèvement sanguin et reste un geste invasif générant des inquiétudes au sein des populations. Cet acte n'est ainsi envisagé que lorsqu'une surimprégnation par le plomb est suspectée [1]. Pour cela, il s'agit avant tout de s'appuyer sur l'analyse des données disponibles ou acquises dans la situation, puis le cas échéant de conduire une estimation des plombémies attendues chez les enfants à partir de modèles de prédiction. Cette estimation permet de déterminer si les doses auxquelles est exposée la population sont génératrices d'un risque saturnin nécessitant une prise en charge sanitaire.

2. Synthèse des données disponibles et acquises

2.1. Historique

En 2003, la fonderie Sonofoque qui fonctionnait à Flers (Orne) depuis 1896 a cessé ses activités. Lors des dernières années de fonctionnement, l'entreprise, située en zone urbaine à environ 600 mètres à l'est du centre-ville, a été à l'origine de nombreuses plaintes des riverains relayées par les médias (Ouest France, Alençon, 26 octobre 2000) concernant ses rejets atmosphériques. La fonderie avait pour principales productions des pièces en fonte pour la voirie, des contrepoids pour chariots élévateurs et lests de bateaux.

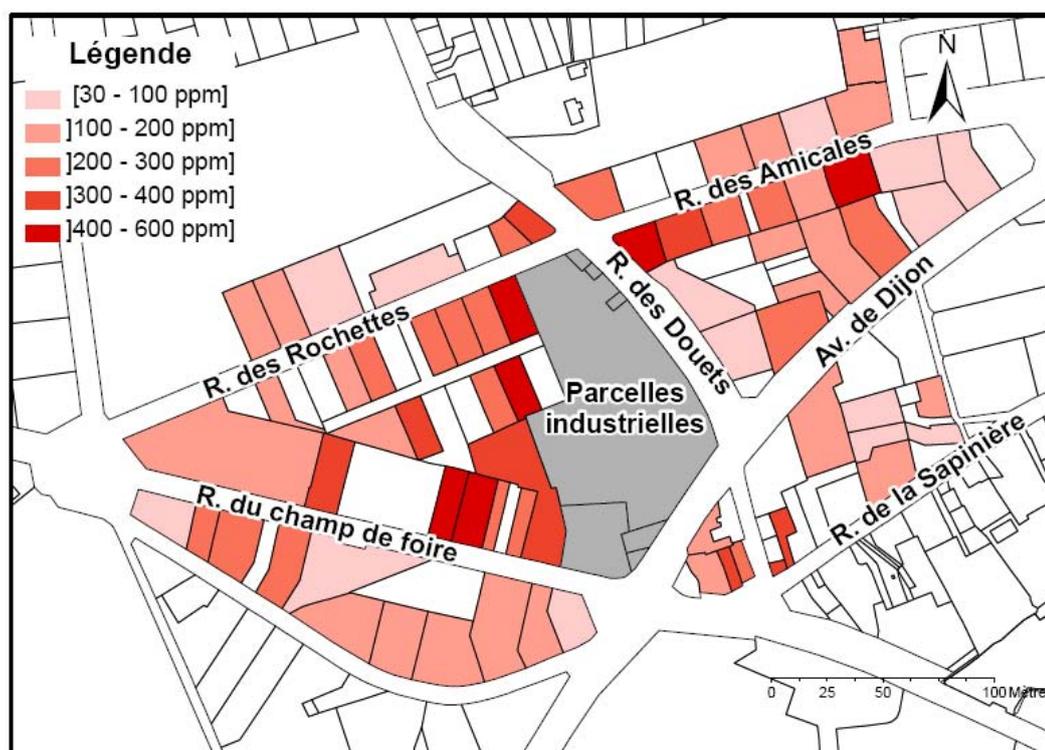
Certaines industries, dont les fonderies, sont connues pour avoir impacté leur environnement proche par l'émission de métaux, notamment de plomb. Ainsi, les résultats d'un diagnostic environnemental de la parcelle industrielle de Sonofoque suggéraient que le plomb présent dans les ferrailles de récupération, utilisées comme matière première, pouvait avoir contaminé l'environnement de la fonderie.

En 2006, la communauté d'agglomération du pays de Flers (CAPF) a fait réaliser un diagnostic des teneurs en plomb des sols à proximité de la fonderie [2]. En 2007, cette campagne a été complétée par trois prélèvements sur une parcelle mitoyenne de l'ancienne fonderie. Ces derniers ont révélé des concentrations en plomb de 230, 330 et 780 ppm sur les 15 premiers centimètres du sol [3]. A titre de comparaison, la moyenne des teneurs en plomb dans les sols en France est de 30,3 mg/kg, avec un 90^e percentile à 43,8 mg/kg [4].

En juin 2009, des mesures réalisées grâce à un spectromètre portable à fluorescence X (méthode semi-quantitative) ont permis de déterminer le périmètre de la zone impactée par les rejets de la Sonofoque. Ces investigations ont mis en évidence des concentrations en plomb au-delà de 500 ppm autour de l'usine, en particulier à l'ouest du site (figure 1). La zone impactée ainsi délimitée était quasi exclusivement destinée à l'habitat ; aucun établissement accueillant des enfants (école, crèche) n'a été identifié sur le secteur. Les investigations ont également permis de s'assurer que les autres principaux métaux et métalloïdes toxiques (cadmium, chrome, arsenic, mercure) étaient présents dans la gamme habituelle des concentrations rencontrées dans les sols [5].

Figure 1

Concentration en plomb dans les sols autour de l'ancienne fonderie - Mesures par fluorescence X



2.2. Considérations générales sur le plomb [6]

Principaux effets sanitaires d'une exposition au plomb

Le plomb perturbe de nombreuses voies métaboliques et différents processus physiologiques. Les principaux organes cibles sont le système nerveux central, les reins et la moelle osseuse. Aux faibles niveaux d'intoxication, l'effet le plus préoccupant du plomb est la diminution des performances cognitives et sensorimotrices. De nombreuses études épidémiologiques ont montré l'existence d'une association entre les niveaux de plombémie de la petite enfance et les performances à l'âge scolaire. Les méta-analyses donnent une fourchette de 1 à 3 points de baisse de QI pour une augmentation de la plombémie de 100 µg/L. Les études actuelles suggèrent qu'il n'y a pas d'effet seuil net, et que des effets néfastes sont

possibles pour des plombémies inférieures à 100 µg/L, notamment sur le développement cognitif et psychomoteur du jeune enfant [1;7].

Le plomb incorporé par voie digestive, respiratoire ou sanguine (mère-fœtus) se distribue dans le sang, les tissus mous et surtout le squelette (94 %), dans lequel il s'accumule progressivement et reste stocké très longtemps (demi-vie >10 ans). La plombémie mesurée sur sang veineux est l'indicateur retenu pour évaluer l'imprégnation par le plomb. Le cas de saturnisme chez l'enfant a été défini à partir de cet indicateur : un cas est une personne de moins de 18 ans dont la plombémie dépasse le seuil de 100 µg/L de sang.

Population sensible

Les enfants en bas âge, âgés de moins de 6 ans, sont une cible particulière de l'intoxication saturnine car ils ingèrent plus souvent du plomb du fait de leur comportement main-bouche, que leur coefficient d'absorption digestive est élevé et que leur système nerveux est en développement.

Les femmes enceintes ou en âge de procréer sont une deuxième population à considérer. Elles ne l'ont cependant pas été dans le cadre de ce dossier.

Principales sources environnementales de pollution au plomb des enfants

Pour les jeunes enfants, les principales sources d'exposition au plomb sont les peintures des habitations anciennes, souvent à base de céruse. Le plomb des peintures peut être absorbé sous forme de poussières ou d'écaillés par les enfants lorsque les peintures sont dégradées ou lorsque des travaux sont entrepris sans précaution.

Certaines activités industrielles sont également ou ont été source de plomb pour leur environnement. Les enfants vivant à proximité de ces activités ou sur des terrains pollués par ces activités peuvent avoir une imprégnation au plomb anormalement élevées. Les enfants de personnes travaillant au contact du plomb peuvent aussi être intoxiqués par les poussières rapportées au domicile.

Le plomb des canalisations peut être solubilisé par l'eau de distribution lorsque celle-ci a certaines caractéristiques physico-chimiques ou bien lorsque le réseau intérieur est mal conçu (grandes longueurs de canalisations en plomb, juxtaposition de métaux de nature différente, traitements d'eau sur des canalisations en plomb...). Ce plomb hydrique a un impact sur la plombémie moyenne de la population mais est rarement la cause principale d'intoxications saturnines.

Enfin, certaines sources spécifiques peuvent être à l'origine d'intoxications : la pratique de loisirs à risque entraînant la manipulation d'objets en plomb, la consommation d'aliments ou de boissons acides après contact prolongé avec une céramique artisanale, un étain décoratif ou un récipient en cristal, l'utilisation de certains remèdes traditionnels contenant du plomb par des populations issues d'Asie du sud-est, d'Inde, du Moyen-Orient ou d'Amérique latine, l'utilisation de certains cosmétiques traditionnels contenant du plomb tels que khôl et surma.

2.3. Données sanitaires recherchées

Dans le cadre du Système national de surveillance des plombémies de l'enfant (SNSPE) et de la déclaration obligatoire des cas de saturnisme, aucune déclaration de plombémie supérieure à 100 µg/L n'a été reçue par l'InVS pour un enfant fréquentant la zone autour de l'ancienne fonderie Sonofoque entre 1995 et 2010.

2.4. Principaux résultats de l'enquête de population de 2009 et de la campagne environnementale de 2010

Afin de répondre aux questionnements de l'ARS, une enquête en population a été réalisée du 12 au 17 novembre 2009 au moyen de questionnaires en face-à-face avec les riverains domiciliés dans le périmètre de la zone impactée par l'usine dont les principaux résultats sont exposés ci-après. Les détails de cette enquête sont disponibles en annexe 1.

Soixante-et-un foyers ont accepté de participer à l'enquête, soit un taux de participation de 70,9 %. Les 61 foyers regroupaient 126 personnes domiciliées dans la zone d'étude dont 4 enfants âgés de moins de 6 ans. L'âge médian des personnes domiciliées était de 55 ans [2 à 91 ans]. Par ailleurs, 3 assistantes maternelles gardaient sur la zone 10 enfants âgés de moins de 6 ans. Trois autres enfants étaient gardés par des grands-parents à raison d'une journée par semaine. Aucun des 13 enfants gardés n'était domicilié dans le secteur. Au total, la population à risque était constituée de 17 enfants dont 4 domiciliés sur la zone. Ces 17 enfants ont été recensés auprès de 9 foyers différents.

L'habitat était exclusivement de type individuel et majoritairement ancien : 40 habitations (65,6 %) étaient antérieures à 1949, date d'interdiction des peintures à la céruse. Les canalisations d'eau potable en plomb étaient fréquentes. Ainsi, 41 foyers (67,2 %) rapportaient la présence d'une canalisation en plomb à l'aval du compteur ou en amont au niveau du branchement public. Six des 9 habitations fréquentées par des enfants étaient antérieures à 1949, toutes comportaient des canalisations au plomb.

La superficie des parcelles variait de 77 m² à 2 452 m² avec une superficie médiane de 426 m², ce qui laisse la possibilité de faire un potager ou une aire de jeux pour les enfants. Vingt-trois foyers rapportaient l'existence d'un potager ou d'un verger localisé dans la zone d'étude. Ces potagers-vergers étaient de faibles dimensions et contribuaient marginalement à l'alimentation des foyers. En effet, respectivement 70 % et 79 % des foyers ne rapportaient aucune consommation de légumes et de fruits provenant de la zone d'étude. Concernant les foyers fréquentés par des enfants, le potager représentait moins de 5 % de la consommation totale de légumes du foyer, sauf pour un, pour lequel, le taux d'autoconsommation du foyer évoqué était compris entre 5 et 20 %. Cependant, les enfants n'y étaient pas présents plus d'une journée par semaine. S'agissant des fruits, les productions représentaient moins de 5 % des consommations pour l'ensemble des foyers fréquentés par des enfants.

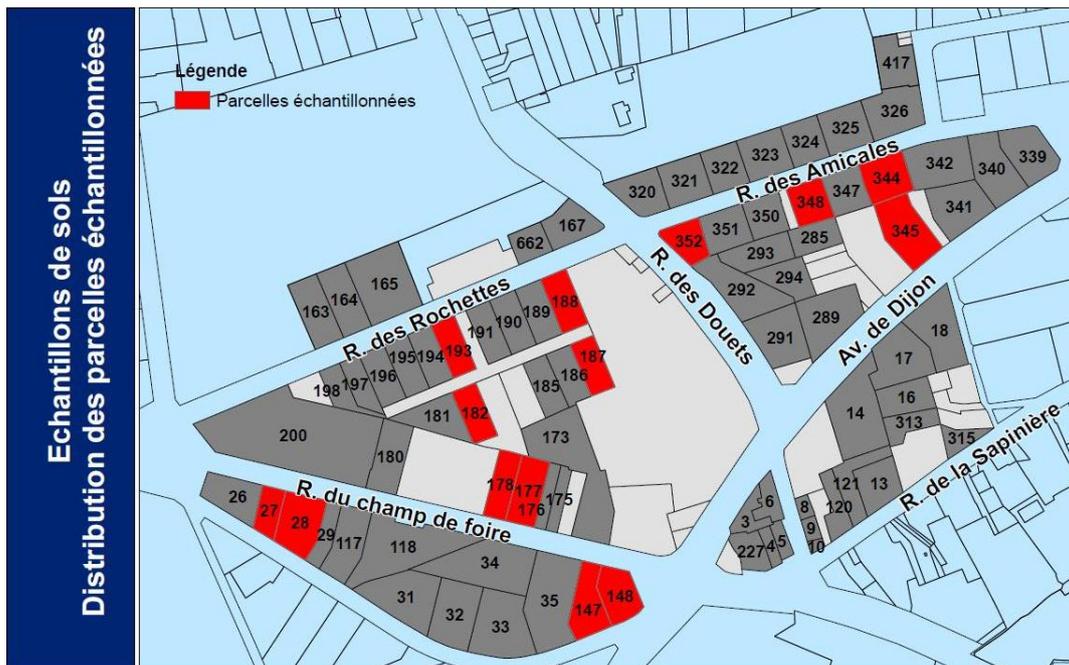
Aucun foyer ne rapportait des activités professionnelles ou de loisirs (vitrailerie, poterie émaillée) exposant au plomb.

Les populations enquêtées ont par ailleurs attiré l'attention des enquêteurs sur la présence dans les combles de quantités importantes de poussières attribuées aux anciens rejets atmosphériques de la fonderie.

Pour compléter l'enquête en population, une campagne de prélèvements a été organisée les 16 et 17 mars 2010 afin de mesurer la concentration en plomb des milieux d'exposition (sols, poussières, eau) et la bioaccessibilité du plomb présent sur le site. Les résultats de cette campagne sont présentés en annexe 2.

I Figure 2 I

Distribution géographique des parcelles échantillonnées (sols)



Confirmant les niveaux des pollutions déjà mesurés en 2006, les teneurs dans les sols sur les huit échantillons réalisés, vont de 103 à 621 mg/kg.

Dans les poussières, les résultats s'échelonnent de 45 mg/kg à 225 mg/kg

Les données recueillies dans le cadre de cette étude ont fait l'objet d'une déclaration auprès de la Commission nationale de l'informatique et des libertés (Cnil ; déclaration 1517101) et ont été traitées dans le respect des obligations prévues par la loi du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés, modifiée en août 2004.

3. Première question : analyse de la pertinence d'une prise en charge sanitaire des enfants fréquentant la zone d'étude

L'enquête en population réalisée en novembre 2009 a mis en évidence la présence de 17 enfants de 0 à 6 ans fréquentant la zone d'étude. Ils sont soit domiciliés (4 enfants), soit gardés (13 enfants) par une assistance maternelle ou par des grands-parents.

Les résultats de la campagne environnementale montrent que les parcelles fréquentées par des enfants de 0 à 6 ans présentent une concentration médiane de 161 mg/kg de plomb dans les sols. Bien que ces concentrations soient supérieures à la moyenne des teneurs en plomb dans les sols de France, elles sont cependant très largement inférieures à celles qui ont été des repères pour déclencher des prises en charge des populations auparavant. Elles ne présentent donc aucune préoccupation ni sanitaire ni environnementale au regard des connaissances acquises ces dernières années [8].

Par ailleurs, au vu des résultats de l'enquête en population, il n'est pas pertinent d'envisager une contribution d'autres sources d'exposition par le plomb.

Il n'y a donc pas lieu de proposer l'organisation d'un dépistage du saturnisme pour les enfants fréquentant cette zone¹. Il n'y a pas non plus de raisons de proposer des recommandations d'hygiène ou d'occupation du sol.

4. Deuxième question : analyse des risques éventuels encourus par des enfants qui s'installeraient sur les parcelles les plus contaminées de la zone d'étude

Des concentrations en plomb plus élevées ont été mesurées dans quelques parcelles sur lesquelles aujourd'hui aucun enfant ne vient séjourner et ne peut donc entrer en contact. Cependant, dans une optique d'anticipation, il a été demandé à la Cire d'analyser les conséquences d'une évolution de la population qui viendrait à résider sur ces parcelles et notamment la présence d'enfants. Dans ces conditions, il a été souhaité d'estimer les plombémies attendues pour des enfants domiciliés sur l'une des parcelles de la zone d'étude, en particulier les plus contaminées, et susceptibles de consommer des végétaux produits localement sur ces sols. Ce scénario est hypothétique car selon l'enquête en population réalisée par la Cire Ouest en novembre 2009, aucun enfant ne fréquente (domicilié ou gardé) ces parcelles et ne consomme des légumes et fruits provenant des potagers de la zone.

¹ A titre indicatif, une estimation des plombémies des enfants présents actuellement sur la zone a été effectuée à partir de deux méthodes. La méthodologie et les résultats sont disponibles en annexe 3.

4.1. Matériels et méthodes

Définition de la zone d'étude

La zone d'étude a été définie à partir des mesures par fluorescence X réalisées en 2009 et du diagnostic réalisé en 2006. Cette zone correspond aux parcelles impactées par les rejets de la fonderie.

Modèles utilisés pour l'estimation des plombémies et considérations inhérentes

Les plombémies attendues pour les enfants ont été estimées selon deux méthodes de calculs couramment utilisées par les agences sanitaires et bureaux d'étude : la méthode préconisée par l'InVS dans le guide « Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb » [1] et le modèle IEUBK (Integrated Exposure Uptake Biokinetic Model for Lead in Children, version 1.1 pour Windows®).

L'utilisation de l'équation du guide InVS conduit à une estimation des plombémies attendues pour les enfants de 2-6 ans, en prenant en compte leur exposition *via* l'ingestion de terres et poussières contaminées en plomb et de leur alimentation. Comme recommandé dans le guide, l'exposition *via* l'inhalation de plomb atmosphérique n'a pas été prise en compte ; l'usine Sonofoque étant désormais fermée, il n'est pas attendu de concentrations en plomb supérieures à $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air.

Le modèle IEUBK permet de calculer la plombémie attendue dans la population infantile 0-6 ans, et fournit également le pourcentage de dépassement de la valeur de gestion de $100 \mu\text{g}/\text{L}$ dans la population infantile.

Ce modèle, développé par l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis d'Amérique (US-EPA) pour estimer la distribution des plombémies attendues [9], est basé sur une série d'équations qui permettent de prédire les plombémies en simulant les processus physiologiques qui déterminent la concentration en plomb du sang, notamment en tenant compte des phénomènes d'excrétion et de saturation de l'absorption.

Le modèle repose sur quatre étapes :

- l'estimation des doses externes d'exposition ;
- l'estimation de la fraction absorbée ;
- la simulation des processus physiologiques ;
- l'estimation de la distribution de la plombémie attendue.

Pour les deux méthodes utilisées, les paramétrages du modèle ou des équations nécessitent de renseigner les éléments suivants :

- les budgets espace-temps des enfants ;
- les variables humaines d'exposition (par exemple les taux quotidiens de ventilation ou d'ingestion de sols et poussières) ;
- les concentrations en plomb (et la biodisponibilité pour le modèle IEUBK) pour chaque milieu d'exposition.

Cependant, dans les deux cas, des paramètres par défaut peuvent être proposés en l'absence de données plus spécifiques de la zone d'étude.

Ainsi, dans IEUBK, certaines variables sont préremplies. Toutefois le paramétrage doit être adapté afin que les plombémies simulées reflètent au mieux la situation locale.

Scénario retenu

Le scénario retenu est celui d'un enfant domicilié sur l'une des parcelles les plus contaminées de la zone d'étude et susceptible de consommer des végétaux produits localement sur ces sols.

Le guide d'estimation des plombémies infantiles de l'InVS préconise de décliner pour chaque scénario, trois types d'estimation de l'exposition :

- une estimation d'exposition moyenne (scénario 2a) ;
- une estimation d'exposition défavorable avec environnement dégradé (scénario 2b) ;
- une estimation d'exposition défavorable avec comportement extrême des enfants (scénario 2c).

Le modèle IEUBK a été paramétré avec un scénario similaire au scénario 2a.

L'impact de la consommation des végétaux produits localement sur les plombémies a été estimé avec le modèle IEUBK : scénario 3. En effet, on ne peut garantir que les nouveaux enfants s'installant dans la zone ne soient pas des autoconsommateurs de produits issus des potagers. Si la prise en compte de l'autoconsommation n'est pas préconisée dans la méthode de l'InVS, le modèle IEUBK permet de choisir le taux d'autoconsommation, et d'évaluer son influence sur l'estimation des niveaux de plombémies des enfants.

Paramètres d'entrée des modèles

Les choix des paramètres d'entrée sont détaillés dans l'annexe 4.

I Tableau 1 I

Synthèse des paramètres d'entrée des scénarios 2 et 3

| | Modèle InVS | | | Modèle IEUBK | |
|--|-------------|-------------|-------------|------------------------------|--|
| | Scénario 2a | Scénario 2b | Scénario 2c | Scénario 2a | Scénario 3 |
| Taux d'ingestion de sols et poussières | 24 mg/j | 24 mg/j | 91 mg/j | 24 mg/j | 24 mg/j |
| Concentration en plomb dans les sols | 297 mg/kg | 621 mg/kg | 297 mg/kg | 297 mg/kg | 297 mg/kg |
| Concentration en plomb dans les poussières | 128 mg/kg | 225 mg/kg | 128 mg/kg | 128 mg/kg | 128 mg/kg |
| Bioaccessibilité gastrique du plomb dans les sols | / | / | / | 85 % | 85 % |
| Accessibilité du plomb dans les poussières | / | / | / | 73 % | 73 % |
| Apports alimentaires en plomb | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j |
| Concentration atmosphérique en plomb | / | / | / | 0,03 µg/m ³ | 0,03 µg/m ³ |
| Concentration en plomb dans l'air intérieur | / | / | / | 30 %*0,03 µg/m ³ | 30 %*0,03 µg/m ³ |
| Budget espace temps | / | / | / | valeurs par défaut du modèle | valeurs par défaut du modèle |
| Autoconsommation | / | / | / | / | 2,85 µg/g 44 % légumes 16 % fruits |

Sensibilité des modèles

Afin d'identifier les paramètres les plus influents sur le résultat de la modélisation *via* IEUBK, une analyse de sensibilité a été réalisée en faisant varier chaque paramètre d'entrée du modèle de 5 % et 50 %, indépendamment des autres paramètres.

4.2. Résultats

Selon la méthode InVS, la plombémie attendue pour un enfant qui viendrait habiter sur l'une des parcelles les plus contaminées de la zone d'étude est de 22 µg/L dans le cas d'une exposition moyenne. Dans le cas d'une exposition défavorable, elle s'élève à 29 µg/L en environnement dégradé (scénario 2b) et à 44 µg/L avec un comportement défavorable de l'enfant (scénario 2c).

La modélisation par IEUBK montre que la moyenne géométrique attendue des plombémies des enfants est de 29 µg/L. Parmi les enfants exposés à ce scénario, 0,44 % sont susceptibles de présenter une plombémie supérieure à 100 µg/L.

Ces résultats sont bien inférieurs au seuil de gestion de 100 µg/L et n'entraînent donc pas de prise en charge particulière.

Cependant, la modélisation par IEUBK montre que la consommation de fruits et légumes produits localement a une influence importante sur la plombémie estimée : 20,15 % des enfants sont susceptibles de présenter une plombémie supérieure à 100 µg/L avec une autoconsommation de légumes de 44 % et de fruits de 16 %. La moyenne géométrique des plombémies attendue dans ces conditions (67,5 µg/L) reste néanmoins inférieure à 100 µg/L.

4.3. Conclusion

Quelle que soit la méthode d'estimation des plombémies, les résultats sont largement inférieurs au seuil de 100 µg/L fixé dans la réglementation française. Il n'y a donc pas de pertinence à proposer un dépistage aux enfants des familles qui viendraient s'installer sur ces parcelles particulièrement contaminées.

Par ailleurs, l'autoconsommation des légumes qui auraient été produits dans ces parcelles s'avère avoir une contribution substantielle à l'exposition des enfants qui restent cependant inférieures au seuil de prise en charge.

En conséquence, il n'est pas nécessaire d'émettre des recommandations particulières. Il est cependant utile de rappeler l'application de mesures d'hygiène qui permettra de réduire l'exposition au plomb des populations :

- lavage des mains, notamment avant de préparer le repas ou de passer à table ;
- entretien régulier du domicile (ménage humide) ;
- lavage et épluchage des légumes produits localement.

5. Conclusion générale

Cette étude a été menée afin de répondre aux interrogations de l'ARS concernant :

- la pertinence d'une prise en charge sanitaire des enfants fréquentant la zone d'étude ;
- la nécessité de mesures de réduction des expositions au plomb le cas échéant ;
- les éventuels risques encourus par des enfants qui s'installeraient sur les parcelles les plus contaminées de la zone d'étude.

Dans un premier temps, la Cire rappelle qu'afin d'éliminer la source de contamination, il est nécessaire de s'assurer de l'absence de source d'envol de poussières au droit de la fonderie.

Au vu des résultats de l'enquête en population, de la campagne environnementale, et des plombémies modélisées, la situation ne présente aucune préoccupation sanitaire ni pour les enfants résidant actuellement sur la zone d'étude, ni pour ceux qui viendraient à s'installer.

C'est pourquoi il n'y a pas lieu de proposer l'organisation d'un dépistage pour ces enfants.

Toutefois, il a été signalé un empoussièrement important des combles de certaines maisons, sans qu'un contrôle ait été effectué dans l'ensemble des habitats. Aussi, pour s'assurer d'une limitation des éventuelles expositions, il peut être pertinent de rappeler les mesures d'hygiène suivantes :

- se laver les mains, notamment avant de préparer le repas ou de passer à table ;
- entretenir régulièrement son domicile (ménage humide, c'est-à-dire avec une serpillère et/ou des chiffons humides afin d'éviter une remise en suspension des poussières) ;
- laver et éplucher les végétaux produits localement.

Il conviendra au maire de la commune de s'assurer de la diffusion de ces recommandations auprès des personnes concernées.

Références bibliographiques

- [1] Institut de veille sanitaire. Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb. Analyse de la pertinence de la mise en œuvre d'un dépistage : du diagnostic environnemental à l'estimation des expositions. Institut de veille sanitaire, 2002.
- [2] Excipe France GB. Site de la fonderie Sonofoque à Flers (61). Etude de la surveillance de la qualité des sols. Avon (Fra): Excipe France, 2007 Jan. Rapport n° REx00868-02 / CEx.Z06.0071.
- [3] Excipe France GB. Parcelle 187 mitoyenne du site de l'ancienne fonderie Sonofoque à Flers (61). Etude complémentaire de la qualité des sols. Avon (Fra): Excipe France, 2007 Jul. Rapport n° REx00901 / CEx.Z07.0021.
- [4] Sébastien Denys. Guide pour l'orientation des actions à mettre en œuvre autour d'un site dont les sols sont potentiellement pollués par le plomb. Rapport n° DRC-57282/DESP-R030f. Ineris, Oct 2004.
- [5] Laperche V, Auger P. Compte rendu de mission à Flers, usine Sonofoque. Mesures XRF, prélèvements et analyses de contrôle. Orléans (Fra): BRGM, 2009 May. Rapport n° BRGM EPI 2009-XXX.
- [6] Institut de veille sanitaire. Le saturnisme chez l'enfant – Aide-mémoire [en ligne]. <http://www.invs.sante.fr/surveillance/saturnisme/default.htm> (consulté le 19 Juillet 2011)
- [7] Inserm INdISedIRM. Saturnisme. Quelles stratégies de dépistage chez l'enfant ? Paris (Fra): Collection Expertise Collective, Les éditions Inserm, 2008.
- [8] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Retour d'expérience sur la gestion des sites pollués en France. VDSS, VCI-sols, outils génériques pour l'évaluation des sites pollués: Évaluation et perspectives. Rapport n° DRC-06-75999-DESP/R11. Ineris, Dec 2006.
- [9] Syracuse Research Corporation. User's guide for the integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children. US - Environmental Protection Agency, 2007 May. Report No.: EPA 9285.7 - 42.
- [10] Denys S, Caboche J, Feidt C, Hazebrouck B, Dor F, Dabin C *et al.* Biodisponibilité et bioaccessibilité des métaux et métalloïdes des sols pollués pour la voie orale chez l'homme. Définitions, protocole et retour d'expérience international. *Environnement, risques & santé* 2009 Sep;8(5):433-8.
- [11] Laperche V, Mossman J R. Protocole d'échantillonnage des sols pollués par du plomb. BRGM/RP-52928-FR. Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), 2004.
- [12] Stanek EJ III, Calabrese EJ, and Zorn M. 2001. Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion. *Hum. Ecol. Risk Assess.* 7(2):329-55.
- [13] Etude de l'alimentation totale française 2 (EAT 2). Tome 1. Rapport d'expertise. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation de l'environnement et du travail, Juin 2011.
- [14] Ministère de l'écologie de l'énergie, du développement durable et de la mer. Bilan de la qualité de l'air en France en 2008. Paris, 2009.
- [15] Dubeaux D. Les Français ont la main verte. Insee Première n°338. Août 1994.
- [16] Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques: Plomb et ses dérivés. Version N°2-1/2003 [en ligne] <http://www.ineris.fr/substances/fr/substance/cas/7439-92-1/2> (consulté le 8 septembre 2011)

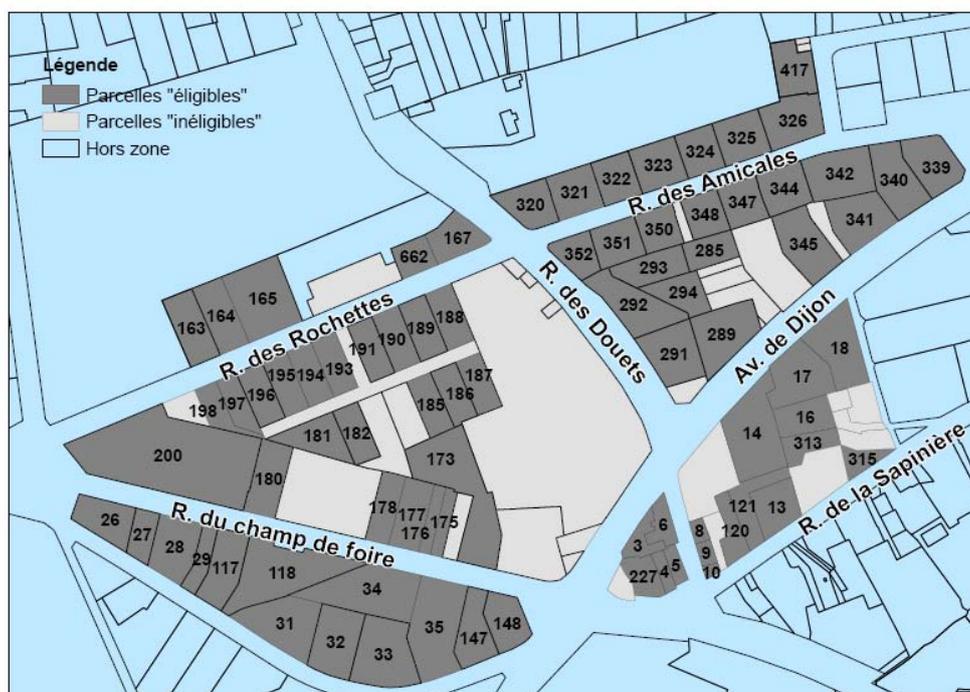
ANNEXES

Annexe 1 - Synthèse de l'enquête en population

La liste des foyers à enquêter a été établie par la CAPF à partir du cadastre. Les parcelles inéligibles pour l'enquête en population étaient soit occupées par des logements collectifs sans possibilité de contact avec les sols, soit inoccupées (figure 3). Deux réunions publiques ont été organisées en mars et octobre 2009 pour les résidents et propriétaires des habitations situées dans le périmètre impacté. Elles avaient notamment pour objectif d'obtenir la participation des populations aux investigations et recueillir leurs éventuelles interrogations en termes de santé publique.

I Figure 3 I

Zone d'étude – Extrait cadastral, Flers (61)

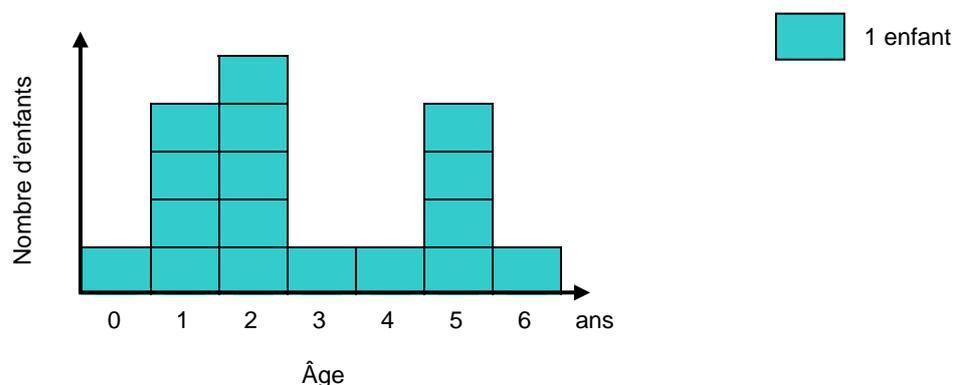


L'enquête a été réalisée au moyen d'un questionnaire standardisé administré en face-à-face auprès des adultes responsables des foyers. Soixante-et-un foyers ont accepté de participer à l'enquête, soit un taux de participation de 70,9 %. Les résultats présentés ci-après sont extraits du rapport d'enquête.

Les 61 foyers regroupaient 126 personnes domiciliées dans la zone d'étude dont 4 enfants âgés de moins de 6 ans. L'âge médian des personnes domiciliées était de 55 ans [2 à 91 ans]. Par ailleurs, 3 assistantes maternelles gardaient sur la zone 10 enfants âgés de moins de 6 ans. Trois autres enfants étaient gardés par des grands-parents à raison d'une journée par semaine. Aucun des 13 enfants gardés n'était domicilié dans le secteur. Au total, la population à risque était constituée de 17 enfants dont 4 domiciliés sur la zone. Neuf des 17 enfants étaient des filles. Ces 17 enfants ont été recensés auprès de 9 foyers différents.

I Figure 4 I

Distribution par âge des enfants fréquentant la zone d'étude, Flers (61)



L'habitat était exclusivement de type individuel et majoritairement ancien : 40 habitations (65,6 %) étaient antérieures à 1949, date d'interdiction des peintures à la céruse. Les canalisations d'eau potable en plomb étaient fréquentes. Ainsi, 41 foyers (67,2 %) rapportaient la présence d'une canalisation en plomb à l'aval du compteur ou en amont au niveau du branchement public. Six des 9 habitations fréquentées par des enfants étaient antérieures à 1949, toutes comportaient des canalisations au plomb.

La superficie des parcelles variait de 77 m² à 2 452 m² avec une superficie médiane de 426 m², ce qui laisse la possibilité de faire un potager ou de la place aux enfants pour jouer. Vingt-trois foyers rapportaient l'existence d'un potager ou d'un verger localisé dans la zone d'étude. Ces potagers-vergers étaient de faibles dimensions et contribuaient marginalement à l'alimentation des foyers. En effet, respectivement 70 % et 79 % des foyers ne rapportaient aucune consommation de légumes et de fruits provenant de la zone d'étude. Concernant les 9 foyers fréquentés par des enfants, le potager représentait moins de 5 % de la consommation totale de légumes pour 8 d'entre eux. Pour le dernier foyer, les enfants n'étaient pas présents plus d'une journée par semaine et le taux d'autoconsommation évoqué était compris entre 5 et 20 % pour les légumes. S'agissant des fruits, les productions représentaient moins de 5 % des consommations pour les 9 foyers.

Aucun foyer ne rapportait des activités professionnelles ou de loisirs (vitrailerie, poterie émaillée) exposant au plomb.

Les populations enquêtées ont par ailleurs attiré l'attention des enquêteurs sur la présence dans les combles de quantités importantes de poussières attribuées aux anciens rejets atmosphériques de la fonderie.

Annexe 2 – Campagne de prélèvements de sols et poussières

Campagne

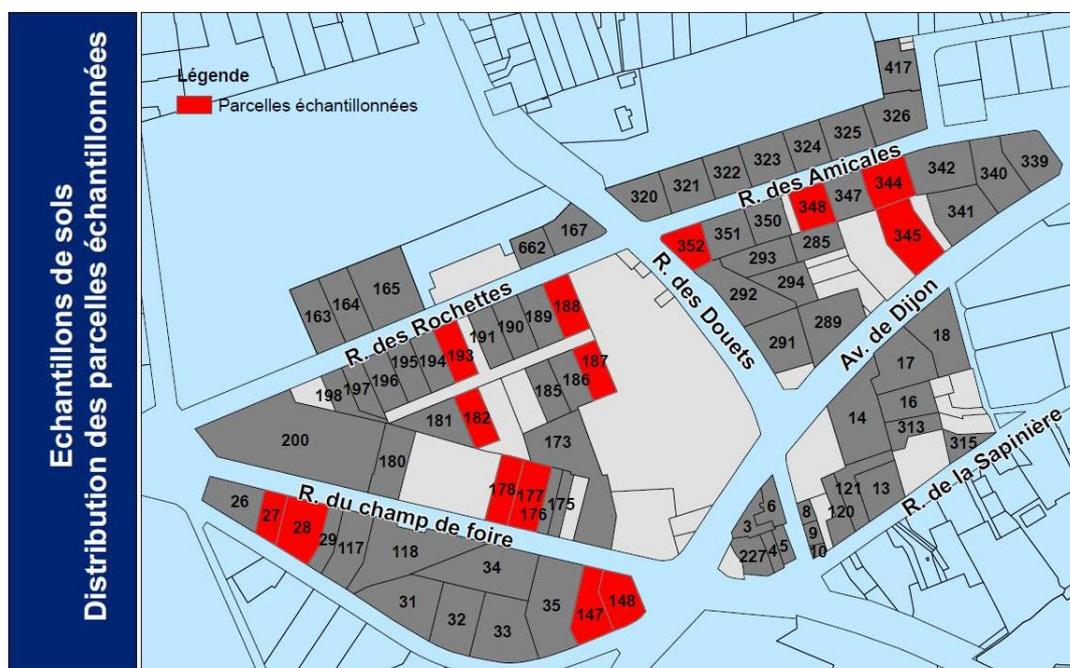
La zone d'étude a été définie à partir des mesures par fluorescence X réalisées en 2009 et du diagnostic réalisé en 2006. Cette zone correspond aux parcelles impactées par les rejets de la fonderie.

Sols

Les prélèvements de sols ont été réalisés par la Cire et la CAPF. Les analyses de plomb dans les sols ont été réalisées par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) qui a évalué pour chaque échantillon les bioaccessibilités absolues gastriques et gastro-intestinales en utilisant le protocole unifié du groupe BARGE [10]. Les prélèvements ont porté sur les premiers centimètres du sol pour les sols non remaniés [11]. Au total, 10 échantillons de sol avec mesure de la bio-accessibilité ont été réalisés, certains étant composés du sol de deux parcelles contiguës.

I Figure 5 I

Distribution géographique des parcelles échantillonnées (sols)

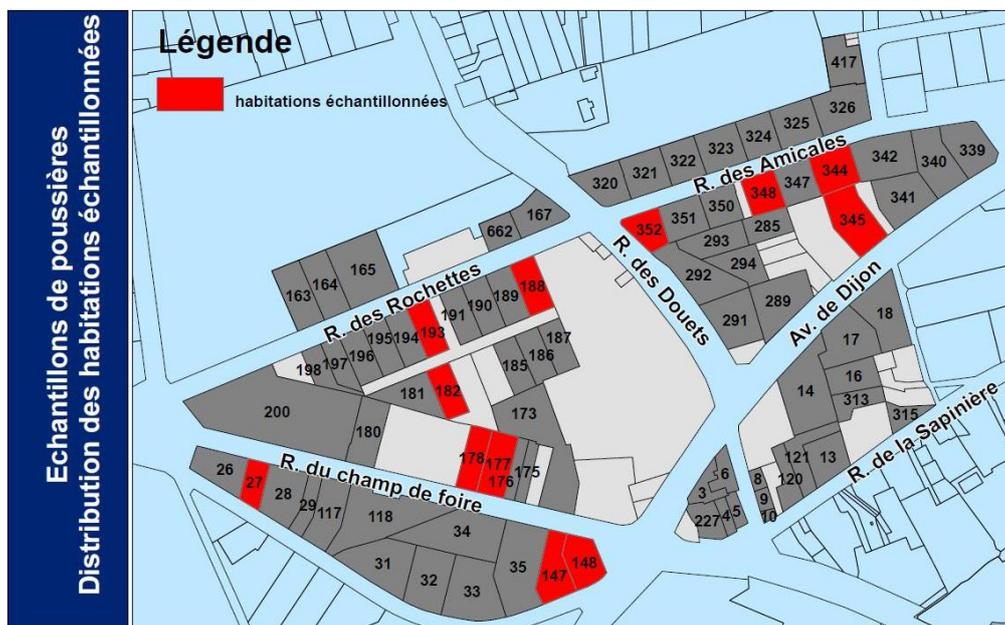


Poussières

Les prélèvements de poussières dans les habitations et les analyses ont été réalisés par le Laboratoire d'étude et de recherche en environnement et santé (LERES) de l'Ecole des hautes études en santé publique. Il a été évalué pour chaque échantillon la concentration en plomb sous forme de plomb total et de plomb acido-soluble. Au total : 12 échantillons de poussières avec mesure du plomb acido-soluble.

I Figure 6 I

Distribution géographique des parcelles échantillonnées (poussières)



Résultats

Sols

I Tableau 2 I

Concentration en Plomb dans les sols, Flers (61)

| | Concentration en Pb dans le sol (mg/kg) ⁽¹⁾ | Bioaccessibilité gastrique (%) | Bioaccessibilité gastrique (mg/kg) ⁽¹⁾ | Bioaccessibilité gastro-intestinale (%) | Bioaccessibilité gastro-intestinale (mg/kg) ⁽¹⁾ |
|----------------|--|--------------------------------|---|---|--|
| Echantillon 1 | 135 | 80 | 108 | 15 | 21 |
| Echantillon 2 | 187 | 90 | 168 | 8 | 15 |
| Echantillon 3 | 277 | 86 | 239 | 6 | 17 |
| Echantillon 4 | 103 | 93 | 96 | 16 | 16 |
| Echantillon 5 | 163 | 84 | 137 | 12 | 20 |
| Echantillon 6 | 317 | 73 | 232 | 9 | 28 |
| Echantillon 7 | 387 | 86 | 333 | 16 | 64 |
| Echantillon 8 | 621 | 74 | 456 | 9 | 54 |
| Echantillon 9 | 434 | 87 | 376 | 7 | 30 |
| Echantillon 10 | 571 | 73 | 418 | 13 | 73 |
| Médiane | 297 | 85 | 236 | 11 | 25 |

⁽¹⁾ Incertitude de 20 % sur les résultats exprimés en (mg/kg).

Poussières

I Tableau 3 I

Concentration en plomb dans les poussières, Flers (61)

| | Concentration en Pb total dans les poussières (mg/kg) | Concentration en Pb acido- soluble dans les poussières (mg/kg) | Accessibilité du Pb dans les poussières (%) |
|----------------|--|--|--|
| Echantillon 1 | 114 | 72 | 63 |
| Echantillon 2 | 49 | 31 | 63 |
| Echantillon 3 | 46 | 32 | 70 |
| Echantillon 4 | 180 | 135 | 75 |
| Echantillon 5 | 128 | 108 | 84 |
| Echantillon 6 | 70 | 52 | 74 |
| Echantillon 7 | 218 | 169 | 78 |
| Echantillon 8 | 225 | 196 | 87 |
| Echantillon 9 | 116 | 94 | 81 |
| Echantillon 10 | 134 | 94 | 70 |
| Echantillon 11 | 167 | 122 | 73 |
| Médiane | 128 | 94 | 74 |

Annexe 3 : Estimations des plombémies pour la situation actuelle

1. Matériels et méthodes

Définition de la zone d'étude

La zone d'étude a été définie à partir des mesures par fluorescence X réalisées en 2009 et du diagnostic réalisé en 2006. Cette zone correspond aux parcelles impactées par les rejets de la fonderie

Modèles utilisés pour l'estimation des plombémies et considérations inhérentes

Pour répondre à la question de la pertinence d'une prise en charge sanitaire des enfants fréquentant la zone résidentielle autour de l'usine Sonofoque, les plombémies attendues pour les enfants ont été estimées selon deux méthodes de calculs couramment utilisées par les agences sanitaires et bureaux d'étude : l'équation préconisée par l'InVS dans le guide « Dépistage du saturnisme infantile autour des sources industrielles de plomb » [1] et le modèle IEUBK (Integrated exposure uptake biokinetic model for lead in children, version 1.1 pour Windows®).

L'utilisation de l'équation du guide InVS conduit à une estimation des plombémies attendues pour les enfants de 2-6 ans, en prenant en compte leur exposition *via* l'ingestion de terres et poussières contaminées en plomb et de leur alimentation. Comme recommandé dans le guide, l'exposition *via* l'inhalation de plomb atmosphérique n'a pas été prise en compte ; l'usine Sonofoque étant désormais fermée, il n'est pas attendu de concentrations en plomb supérieures à $0,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dans l'air.

Le modèle IEUBK permet de calculer la plombémie attendue dans la population infantile 0-6 ans, et fournit également le pourcentage de dépassement de la valeur de gestion de $100 \mu\text{g}/\text{L}$ dans la population infantile.

Ce modèle, développé par l'Agence de protection de l'environnement des Etats-Unis d'Amérique (US-EPA) pour estimer la distribution des plombémies attendues [9], est basé sur une série d'équations qui permettent de prédire les plombémies en fonction de l'exposition au plomb en simulant les processus physiologiques qui déterminent la concentration en plomb du sang, notamment en tenant compte des phénomènes d'excrétion et de saturation de l'absorption.

Le modèle repose sur quatre étapes :

- l'estimation des doses externes d'exposition ;
- l'estimation de la fraction absorbée ;
- la simulation des processus physiologiques ;
- l'estimation de la distribution de la plombémie attendue.

Pour les deux méthodes utilisées, les paramétrages du modèle ou des équations nécessitent de renseigner les éléments suivants :

- les budgets espace-temps des enfants ;
- les variables humaines d'exposition (par exemple les taux quotidiens de ventilation ou d'ingestion de sols et poussières) ;
- les concentrations en plomb (et la biodisponibilité pour le modèle IEUBK) pour chaque milieu d'exposition.

Cependant, dans les deux cas, des paramètres par défaut peuvent être proposés en l'absence de données plus spécifiques de la zone d'étude.

Ainsi, dans IEUBK, certaines variables sont pré-remplies. Toutefois le paramétrage doit être adapté afin que les plombémies simulées reflètent au mieux la situation locale.

Scénario retenu

Afin d'estimer les plombémies des enfants recensés autour de l'usine Sonofoque lors de l'enquête en population réalisée en novembre 2009, un premier scénario considère des enfants vivants 100 % de leur temps dans la zone d'étude, exposés aux teneurs en plomb des sols et poussières mesurées sur les parcelles fréquentées par ces enfants lors de la campagne de 2010 (scénario 1).

Selon l'enquête en population réalisée par la Cire Ouest en 2009, ce scénario correspond aux expositions actuelles pour les 17 enfants domiciliés et/ou gardés sur la zone d'étude. D'après cette enquête, ces enfants ne consomment pas de fruits et légumes cultivés dans la zone d'étude.

Par ailleurs, le guide d'estimation des plombémies infantiles de l'InVS, préconise de décliner pour chaque scénario, trois types d'estimation de l'exposition :

- une estimation d'exposition moyenne (scénario 1a) ;
- une estimation d'exposition défavorable avec environnement dégradé (scénario 1b) ;
- une estimation d'exposition défavorable avec comportement extrême des enfants (scénario 1c).

Le modèle IEUBK a été paramétré avec un scénario similaire au scénario 1a.

Paramètres d'entrée des modèles

Taux d'ingestion de sols et poussières

Les valeurs d'ingestion de sols et poussières prises en compte dans ce scénario sont celles proposées dans l'étude de Stanek de 2001 « Biasing factors for simple soil ingestion estimates in mass balance studies of soil ingestion » [12]. Pour une exposition médiane, la valeur de 24 mg/j est utilisée (scénarios 1a et 1b). Pour un comportement dit extrême, le percentile 90 de la distribution de Stanek est utilisé, soit 91 mg/j.

Concentration en plomb et bioaccessibilité dans les sols

Parmi les échantillons de sols analysés lors de la campagne de prélèvement réalisée en 2010, 4 provenaient de foyers associés à la présence d'enfants (tableau 4).

I Tableau 4 I

Concentration en Plomb dans les sols – scénario 1, Flers (61)

| | Concentration en Pb dans le sol (mg/kg) (1) | Bioaccessibilité gastrique (%) |
|----------------|--|--------------------------------|
| Echantillon 1 | 135 | 80 |
| Echantillon 2 | 187 | 90 |
| Echantillon 3 | 277 | 86 |
| Echantillon 4 | 103 | 93 |
| Médiane | 161 | 88 |

(1) Incertitude de 20 % sur les résultats exprimés en (mg/kg).

Les valeurs médianes de la concentration en plomb (161 mg/kg) et de la bioaccessibilité gastrique² (88 %) de ces 4 échantillons de sol ont été retenues pour les calculs du scénario 1 médian (scénarios 1a et 1c).

Pour établir l'estimation d'exposition en environnement dégradé (scénario 1b), la valeur de concentration en plomb dans les sols et de bioaccessibilité la plus élevée parmi les 4 parcelles fréquentées par les enfants de la zone a été prise.

Concentration en plomb et bioaccessibilité dans les poussières

Parmi les 12 échantillons de poussières analysés, 5 provenaient de foyers associés à la présence d'enfants (tableau 5).

I Tableau 5 I

Concentration en Plomb dans les poussières – Scénario 1, Flers (61)

| | Concentration en Pb total dans les poussières (mg/kg) | Concentration en Pb acido-soluble dans les poussières (mg/kg) | Accessibilité du Pb dans les poussières (%) |
|----------------|--|--|--|
| Echantillon 1 | 114 | 72 | 63 |
| Echantillon 2 | 49 | 31 | 63 |
| Echantillon 3 | 46 | 32 | 70 |
| Echantillon 4 | 180 | 135 | 75 |
| Echantillon 5 | 128 | 108 | 84 |
| Médiane | 114 | 72 | 70 |

Le même choix que pour les valeurs de sols a été fait pour les poussières : ainsi les valeurs médianes de la concentration en plomb (114 mg/kg) et de l'accessibilité (70 %) des 5 échantillons de poussières provenant d'habitations fréquentées par des enfants ont été retenues.

Pour établir l'estimation d'exposition en environnement dégradé (scénario 1b), la valeur de concentration en plomb dans les poussières et de bioaccessibilité la plus élevée parmi les 4 parcelles fréquentées par les enfants de la zone a été prise.

Apport alimentaire en plomb

L'apport alimentaire en plomb est tiré de l'étude alimentaire totale française 2 (EAT2) publiée en juin 2011 [13]. Selon ce rapport, l'exposition médiane au plomb pour les enfants de 3 à 14 ans est de 8,7 µg/j.

Concentration en plomb dans l'air

La concentration en plomb dans l'air extérieur a été fixée à 0,03 µg/m³, ce qui correspond à la moyenne annuelle mesurée dans la plupart des agglomérations françaises, selon le dernier bilan annuel dressé par le ministère de l'environnement [14].

Par ailleurs, le modèle IEUBK fixe la concentration en plomb dans l'air intérieur à 30 % de la concentration extérieure.

² Bioaccessibilité : fraction de polluant ingéré qui est extraite par les fluides digestifs ; une partie seulement du plomb extrait au niveau gastro-intestinal passe dans le sang.

Biodisponibilité : fraction de polluant ingéré qui est absorbée et atteint la circulation systémique.

Budget espace temps

Les données de budget espace temps utilisées pour le calcul, sont les valeurs par défaut proposées dans le modèle IEUBK (tableau 6).

I Tableau 6 I

Budget espace temps par défaut dans IEUBK

| Age | Temps passé à l'extérieur (heures) |
|---------------|------------------------------------|
| 6 mois – 1 an | 1 h |
| 1 – 2 ans | 2 h |
| 2 – 3 ans | 3 h |
| 3 – 4 ans | 4 h |
| 4 – 5 ans | 4 h |
| 5 – 6 ans | 4 h |
| 6 – 7 ans | 4 h |

Autres paramètres

D'autres variables utiles pour le paramétrage du modèle IEUBK et pour lesquelles nous ne disposons pas de données spécifiques au contexte de l'étude, ont été choisies par défaut dans le modèle. Les valeurs par défaut proposées par IEUBK qui ont été conservées sont présentées dans le tableau 7 ci-dessous.

I Tableau 7 I

Paramètres par défaut de IEUBK

| | |
|--|---------------------|
| Taux de ventilation | 5 m ³ /j |
| Absorption pulmonaire | 32 % |
| Part des ingestions de sols et poussières attribuables spécifiquement aux sols | 45 % |
| Plombémie de la mère à la naissance de l'enfant | 10 µg/L |
| Biodisponibilité de l'alimentation | 50 % |

I Tableau 8 I

Synthèse des paramètres d'entrée du scénario 1

| | Modèle InVS | | | Modèle IEUBK |
|--|-------------|-------------|-------------|------------------------------|
| | Scénario 1a | Scénario 1b | Scénario 1c | Scénario 1a |
| Taux d'ingestion de sols et poussières | 24 mg/j | 24 mg/j | 91 mg/j | 24 mg/j |
| Concentration en plomb dans les sols | 161 mg/kg | 161 mg/kg | 277 mg/kg | 161 mg/kg |
| Concentration en plomb dans les poussières | 114 mg/kg | 180 mg/kg | 114 mg/kg | 114 mg/kg |
| Bioaccessibilité gastrique du plomb dans les sols | / | / | / | 88 % |
| Accessibilité du plomb dans les poussières | / | / | / | 70 % |
| Apports alimentaires en plomb | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j | 8,7 µg/j |
| Concentration atmosphérique en plomb | / | / | / | 0,03 µg/m ³ |
| Concentration en plomb dans l'air intérieur | / | / | / | 30 %*0,03 µg/m ³ |
| Budget espace temps | / | / | / | valeurs par défaut du modèle |

Sensibilité des modèles

Afin d'identifier les paramètres les plus influents sur le résultat de la modélisation *via* IEUBK, une analyse de sensibilité a été réalisée en faisant varier chaque paramètre d'entrée du modèle de 5 % et 50 %, indépendamment des autres paramètres.

2. Résultats et analyse des incertitudes

Estimations des plombémies infantiles

La modélisation par IEUBK montre que la moyenne géométrique attendue des plombémies des enfants résidant actuellement sur la zone est de 25 µg/L. Parmi ces enfants, 0,15 % (soit moins de 1 enfant) sont susceptibles de présenter une plombémie supérieure à 100 µg/L.

Selon l'équation de l'InVS, la plombémie attendue pour les enfants du secteur est 19 µg/L dans le cas d'une exposition moyenne. Dans le cas d'une exposition défavorable, elle est de 23 µg/L en environnement dégradé et de 34 µg/L pour un comportement défavorable des enfants.

Ces résultats sont bien inférieurs au seuil de gestion de 100 µg/L et n'entraînent donc pas de prise en charge particulière.

Analyse des incertitudes

Les scénarios et le budget espace-temps correspondent à des enfants de 2 à 3 ans vivant 100 % de leur temps dans la zone d'étude. Ces hypothèses majorent les expositions des enfants aux sources locales de plomb. Ainsi, l'enquête en population a montré que, parmi les 17 enfants fréquentant la zone d'étude :

- 10 enfants sont gardés sur la zone par des assistantes maternelles 5 jours sur 7 ;
- 3 enfants ne passent qu'une journée par semaine sur la zone ;
- 4 enfants sont domiciliés sur la zone.

Par ailleurs, les foyers à investiguer dans le cadre de la campagne de prélèvements à des fins d'analyses ont été sélectionnés parmi les parcelles les plus contaminées. En conséquence, les concentrations en plomb dans les sols utilisées pour le paramétrage des modélisations de ce scénario sur l'ensemble de la zone d'étude sont surestimées.

De façon générale, la fraction biodisponible d'un contaminant est inférieure à la fraction bio-accessible de ce même contaminant. Dans le cas des métaux et notamment du plomb, la bioaccessibilité absolue est souvent utilisée comme une estimation conservatrice de la biodisponibilité absolue [10]. De plus, privilégier pour paramétrer le modèle IEUBK la bio-accessibilité gastrique du plomb dans les sols plutôt que la bio-accessibilité gastro-intestinale pourrait être une cause supplémentaire de majoration des plombémies : en effet, sur les échantillons analysés, la bio-accessibilité en phase gastrique est nettement supérieure à la bio-accessibilité en phase gastro-intestinale (multiplication par un facteur > 7), alors que le test de bio-accessibilité en phase gastro-intestinale pourrait peut-être mieux simuler les conditions des échanges avec le sang au niveau de l'intestin grêle. De façon similaire pour les poussières, les analyses du plomb acido-soluble simulent la solubilisation du plomb dans l'estomac. Les valeurs retenues pour la bio-accessibilité du plomb dans les poussières pourraient donc également majorer les plombémies attendues.

Sensibilité du modèle IEUBK

L'analyse de sensibilité permet d'obtenir un classement des paramètres en fonction de l'impact sur le calcul final. Une variation de l'apport alimentaire en plomb est le paramètre le plus sensible selon les hypothèses prises en compte.

Annexe 4 : Paramètres d'entrée des scénarios 2 et 3

Concentration en plomb et bioaccessibilité dans les sols

Afin de construire le scénario 2, les valeurs médianes des concentrations en plomb dans les sols et des bioaccessibilités de l'ensemble des parcelles de la zone prélevées lors de la campagne de 2010, ont été retenues (tableau 3). La médiane correspond à une concentration en plomb dans le sol égale à 297 mg/kg associée à une bioaccessibilité gastrique de 85 %.

Dans le cadre du scénario 2b, correspondant à un environnement dégradé, les valeurs de concentration en plomb et de bioaccessibilité dans les sols les plus élevées de la zone ont été retenues : 621 mg/kg dans les sols et bioaccessibilité égale à 93 %.

Concentration en plomb et bioaccessibilité dans les poussières

De même que pour les données dans les sols, les valeurs médianes des concentrations en plomb dans les poussières et des bioaccessibilités, de l'ensemble des parcelles de la zone prélevées lors de la campagne de 2010, ont été retenues. Soit une concentration en plomb dans les poussières égale à 128 mg/kg associée à une bioaccessibilité gastrique de 74 %.

Dans le cadre du scénario 2b, la concentration en plomb dans les poussières la plus élevée de la zone a été retenue : 225 mg/kg dans les poussières, associée à une bioaccessibilité de 87 %.

Les autres paramètres liés au calcul du scénario 2 sont identiques à ceux utilisés pour le scénario 1 (annexe 3).

Autoconsommation

Dans le cadre du scénario 3, l'hypothèse d'une autoconsommation de fruits et légumes issus des potagers de la zone a été testée dans le modèle IEUBK.

Dans le modèle IEUBK une part variable d'autoconsommation de fruits et de légumes (0 %, puis 44 % pour les légumes et 16 % pour les fruits) a ensuite été incluse. Ces pourcentages sont issus de l'étude de Dubeaux [15] qui permet d'accéder à des taux d'autoconsommation pour les adultes possédant un jardin potager. L'hypothèse a été faite que les enfants ont la même autoconsommation que leurs parents.

Les concentrations en plomb dans les fruits et les légumes produit localement ont été modélisées à partir d'un facteur de bioconcentration (BCF). Le BCF permet, à partir de la concentration en toxique dans le sol, d'estimer la concentration en toxique dans les végétaux en fonction de leur type (légume-racine, légume-fruit, légume-feuille) en appliquant la formule suivante :

$$[\text{plante}] = \text{BCF} * [\text{sol}] \quad \text{avec} \quad [\text{plante}] = \text{concentration en plomb dans la plante, en } \mu\text{g/g}$$
$$[\text{sol}] = \text{concentration en plomb dans le sol, en } \mu\text{g/g}$$

La littérature scientifique rapporte un BCF de 0,096 [16] pour le plomb. Cette valeur est un peu élevée car obtenue pour des légumes-feuilles, plus exposés aux poussières que les autres types de légumes, mais sur des sols dont la gamme de pollution (300 mg/kg) correspond au site de Flers.

En appliquant un BCF de 0,096, et avec une concentration dans le sol de 297 mg/kg (concentration retenue pour le scénario 2), la concentration en plomb estimée dans la plante est de 28,5 µg/g de matière sèche. Le taux d'humidité dans les légumes étant d'environ 90 % (Guide d'échantillonnage des plantes potagère dans le cadre des diagnostics environnementaux, 2007), la concentration en plomb entrée dans le modèle est égale à 2,85 µg/g de matière fraîche.

Analyse de la pertinence d'un dépistage du saturnisme infantile autour d'une ancienne fonderie, Flers (Orne)

Suite à la fermeture de la fonderie Sonofoque à Flers (61), des analyses des sols des parcelles avoisinantes ont été réalisées et ont mis en évidence des concentrations élevées en plomb. Une étude a été réalisée afin d'évaluer la pertinence d'un dépistage du saturnisme infantile :

- pour les enfants résidant actuellement sur cette zone ;
- pour des enfants qui viendraient habiter sur les parcelles les plus contaminées.

La zone d'étude a été définie grâce aux mesures réalisées avec un spectromètre portable à fluorescence X. Afin d'identifier les habitudes des riverains de la fonderie et les éventuels comportements à risque, une enquête en population a été réalisée. Parallèlement à cette enquête, des prélèvements et analyses de sols et de poussières ont permis d'obtenir des valeurs précises de concentrations en plomb.

Les résultats des analyses montrent que les parcelles fréquentées par des enfants de moins de 6 ans ne présentent aucune préoccupation sanitaire au regard des connaissances acquises ces dernières années.

Le scénario correspondant à des enfants qui s'installeraient sur les parcelles les plus contaminées a été étudié à l'aide de deux méthodes : la méthode développée par l'InVS et le logiciel IEUBK. Quelle que soit la méthode d'estimation, les plombémies modélisées sont largement inférieures au seuil de 100 µg/L fixé dans la réglementation française.

Les résultats de cette étude montrent qu'il n'est pas pertinent d'organiser un dépistage du saturnisme infantile ni pour les enfants résidant actuellement sur la zone d'étude, ni pour ceux qui viendraient s'installer.

Mots clés : saturnisme, fonderie, dépistage, plomb

Analysis on the relevance of screening lead poisoning in children around an old foundry, Flers (Orne)

Following the closure of the Sonofoque foundry in Flers (61), analysis of soil surrounding the plots were performed and showed high lead levels. A study was conducted to evaluate the relevance of screening for lead poisoning in children:

- for children currently living in this area;*
- for children likely to come and live on the most contaminated plots.*

The study area was defined by the measures taken with a mobile fluorescent X-ray spectrometer. A population survey was conducted to identify the habits of resident living around the foundry and the potential risk behaviours. Parallel to this investigation, precise values for leads levels were obtained through samples and soil and dust analyses.

The results show that the plots attended by children less than 6 years present no health concern in terms of knowledge gained in recent years.

The scenario corresponding to children who would settle on the most contaminated plots was studied using two methods: the method developed by InVS and the IEUBK software. Whatever the method of estimation, modelled blood lead levels are well below the threshold of 100 mg / L set in French regulations.

The results of this study show that screening lead poisoning in children is not relevant, whether it is for children currently living in the study area or for those who are likely to settle there.

Citation suggérée :

Obert C, Guillois-Becel Y. Analyse de la pertinence d'un dépistage du saturnisme infantile autour d'une ancienne fonderie, Flers (Orne). Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2012. 24 pages. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>