

Santé environnement

Imprégnation des enfants français par le plomb en 2008-2009

Enquête Saturn-Inf 2008-2009

Enquête nationale de prévalence du saturnisme
chez les enfants de 6 mois à 6 ans



INSTITUT
DE VEILLE SANITAIRE

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| Abréviations | 6 |
| 1. Introduction | 7 |
| 2. Méthodes | 8 |
| 2.1 Type d'étude | 8 |
| 2.2 Population d'étude | 8 |
| 2.3 Échantillonnage | 9 |
| 2.4 Données recueillies | 11 |
| 2.5 Aspects opérationnels | 12 |
| 2.6 Dosages du plomb dans le sang | 16 |
| 2.7 Analyses statistiques | 17 |
| 3. Résultats | 20 |
| 3.1 Inclusions dans l'enquête Saturn-Inf | 20 |
| 3.2 Comparaison des caractéristiques des enfants inclus dans l'échantillon et des refus | 27 |
| 3.3 Description de la population d'étude | 28 |
| 3.4 Niveaux de plombémie chez les enfants en France | 32 |
| 3.5 Facteurs associés aux différents niveaux de plombémie | 36 |
| 4. Discussion | 39 |
| 4.1 Forces et limites de l'étude | 39 |
| 4.2 Évolutions temporelles et géographiques | 40 |
| 4.3 Comparaisons internationales | 41 |
| 4.4 Facteurs associés à la plombémie | 41 |
| 5. Conclusion | 45 |
| Références bibliographiques | 47 |
| Annexe | 51 |

Imprégnation des enfants français par le plomb en 2008-2009

Enquête Saturn-Inf 2008-2009

**Enquête nationale de prévalence du saturnisme
chez les enfants de 6 mois à 6 ans**

Auteurs du rapport

Anne Etchevers, Philippe Bretin, Alain Le Tertre, Camille Lecoffre, Département santé environnement (DSE)

Relecteur du rapport

Christophe Heyman, Cire Nord Pas-de-Calais et Picardie

Équipe Projet

Responsable de l'étude : Philippe Bretin

Épidémiologiste, chargée d'étude : Anne Etchevers

Statisticiens : Alain Le Tertre et Yann Le Strat

Chargée d'étude : Camille Lecoffre

Métrologistes : Marie-Laure Bidondo et Mathilde Pascal

Assurance qualité : Bénédicte Bérat

Ingénieurs SIG : Perrine de Crouy-Chanel et Morgane Stempfelet

Gestion juridique, administrative et financière : Alwena Dantec, Karine de Proft, Christelle Fauconnier, Nathalie Ferragne, Corinne Gaillard, Alissa Lancry, Didier Leboeuf, Christelle Lemoisson, Laurent Rivas

Documentaliste : Edwige Bertrand

Comité scientifique

Emmanuel Briand, chef du bureau Environnement intérieur – Milieux de travail – Accidents, Direction générale de la santé (DGS)

Christophe Declercq, médecin épidémiologiste, Institut de veille sanitaire (InVS)

Marcelle Delour, chef du service de Protection maternelle et infantile de la Ville de Paris

Alain Fontaine, médecin de santé publique, Mission stratégie et recherche, DGS

Robert Garnier, responsable du Centre antipoison et de toxicovigilance (CAPTV) de Paris

Luc Ginot, directeur du Service communal d'hygiène et de santé (SCHS) d'Aubervilliers

Philippe Glorennec, enseignant chercheur, École des hautes études en santé publique (EHESP), Rennes

Hubert Isnard, médecin épidémiologiste, Coordonnateur de la Cire Ile-de-France – Champagne-Ardennes

Odile Kremp, pédiatre, Société française de pédiatrie

Yann Le Strat, statisticien, InVS

Agnès Lepoutre, médecin épidémiologiste, InVS

Joël Poupon, Laboratoire de toxicologie biologique, Hôpital Lariboisière, Paris

Jean-Louis Salomez, professeur de santé publique, CHRU de Lille (président du Comité scientifique)

Coordination et réalisation technique de l'étude Saturn-Inf

Services hospitaliers participants

| Département | Ville | Établissement | Service ou Pôle |
|-------------|----------------------|---|--|
| 01 | BELLEY | Centre hospitalier de Belley | Service de pédiatrie |
| 01 | BOURG-EN-BRESSE | Centre hospitalier Fleyriat | Pôle mère enfant, Service de Pédiatrie |
| 02 | CHÂTEAU-THIERRY | Centre hospitalier de Château-Thierry | Service de pédiatrie |
| 02 | SAINT-QUENTIN | Centre hospitalier de Saint-Quentin | Service de pédiatrie |
| 03 | MOULINS | Centre hospitalier de Moulins-Yzeure | Service de pédiatrie |
| 05 | GAP | Centre hospitalier de Gap | Service de pédiatrie |
| 06 | GRASSE | Centre hospitalier de Grasse | Service de pédiatrie |
| 06 | NICE | CHU de Nice | Service de chirurgie infantile |
| 07 | AUBENAS | Centre hospitalier d'Aubenas | Service de pédiatrie |
| 08 | CHARLEVILLE-MÉZIÈRES | Centre hospitalier de Charleville-Mézières | Service de pédiatrie |
| 08 | SEDAN | Centre hospitalier de Sedan | Service de pédiatrie |
| 09 | FOIX | Centre hospitalier du Val-d'Ariège | Pôle femme mère enfant |
| 13 | AIX-EN-PROVENCE | Centre hospitalier d'Aix-en-Provence | Service de pédiatrie |
| 13 | AUBAGNE | Centre hospitalier d'Aubagne | Service de pédiatrie |
| 13 | MARSEILLE | Hôpital La Timone-Enfants | Service d'anesthésie, de réanimation pédiatrique |
| 13 | MARSEILLE | Hôpital Nord de Marseille | Service de médecine infantile |
| 13 | SALON-DE-PROVENCE | Centre hospitalier de Salon-de-Provence | Service de pédiatrie |
| 14 | CAEN | CHU Côte-de-Nacre | Service de chirurgie infantile du CHU de Caen |
| 14 | FALAISE | Centre hospitalier de Falaise | Service de pédiatrie |
| 14 | LISIEUX | Centre hospitalier de Lisieux | Pôle mère enfant |
| 15 | AURILLAC | Centre hospitalier Henri Mondor | Service de pédiatrie |
| 16 | SAINT-MICHEL | Centre hospitalier d'Angoulême | Service de pédiatrie et de néonatalogie |
| 17 | ROCHEFORT | Centre hospitalier de Rochefort | Service de pédiatrie |
| 17 | SAINTE | Centre hospitalier de Saintes | Service de pédiatrie |
| 18 | BOURGES | Centre hospitalier Jacques Cœur | Service de pédiatrie |
| 18 | VIERZON | Centre hospitalier de Vierzon | Service de pédiatrie |
| 19 | BRIVE-LA-GAILLARDE | Centre hospitalier de Brive-la-Gaillarde | Service de pédiatrie |
| 21 | BEAUNE | Centre hospitalier de Beaune | Service de pédiatrie |
| 22 | PAIMPOL | Centre hospitalier de Paimpol | Service de pédiatrie |
| 23 | GUÉRET | Centre hospitalier de Guéret | Service de pédiatrie |
| 24 | PÉRIGUEUX | Centre hospitalier de Périgueux | Service de pédiatrie |
| 26 | ROMANS-SUR-ISERE | Centre hospitalier de Romans-Saint-Vallier | Service de pédiatrie |
| 29 | BREST | CHRU de Brest | Service de pédiatrie |
| 29 | MORLAIX | Centre hospitalier des Pays-de-Morlaix | Pôle prestataire service clinique et pédiatrique |
| 30 | ALÈS | Centre hospitalier d'Alès | Service de pédiatrie |
| 32 | AUCH | Centre hospitalier d'Auch | Service de pédiatrie |
| 33 | BORDEAUX | CHU de Bordeaux- Hôpital Pellegrin Enfants | Service d'anesthésie et de réanimation |
| 33 | LIBOURNE | Centre hospitalier de Libourne | Service de pédiatrie |
| 34 | BÉZIERS | Centre hospitalier de Béziers | Service de pédiatrie |
| 34 | MONTPELLIER | CHU de Montpellier | Service d'anesthésie et de réanimation |
| 35 | FOUGÈRES | Centre hospitalier de Fougères | Service de pédiatrie |
| 35 | REDON | Centre hospitalier de Redon | Service de pédiatrie |
| 35 | RENNES | CHRU de Rennes-Hôpital Sud Anne de Bretagne | Service de pédiatrie |
| 36 | CHÂTEAURoux | Centre hospitalier de Châteauroux | Service de pédiatrie |
| 38 | VOIRON | Centre hospitalier de Voiron | Service de pédiatrie |
| 39 | DOLE | Centre hospitalier Pasteur | Service de pédiatrie |
| 39 | SAINT-CLAUDE | Centre hospitalier de Saint-Claude | Service de pédiatrie |
| 40 | MONT-DE-MARSAN | Centre hospitalier de Mont-de-Marsan | Service de pédiatrie |
| 41 | BLOIS | Centre hospitalier de Blois | Service de pédiatrie et de médecine néonatale |

| Département | Ville | Établissement | Service ou Pôle |
|-------------|----------------------|---|--|
| 41 | ROMORANTIN-LANTHENAY | Centre hospitalier de Romorantin-Lanthenay | Service de pédiatrie |
| 42 | MONTBRISON | Centre hospitalier de Montbrison | Service de pédiatrie |
| 44 | CHÂTEAUBRIANT | Centre hospitalier de Châteaubriant | Service de pédiatrie et néonatalogie |
| 45 | GIEN | Centre hospitalier de Gien | Service de pédiatrie |
| 46 | CAHORS | Centre hospitalier Jean Rougier | Service de pédiatrie de Cahors |
| 47 | AGEN | Centre hospitalier d'Agen | Service de pédiatrie |
| 47 | MARMANDE | Centre hospitalier de Marmande-Tonneins | Service de pédiatrie |
| 49 | CHOLET | Centre hospitalier de Cholet | Service de pédiatrie |
| 50 | AVRANCHES | Centre hospitalier d'Avranches-Granville | Service de pédiatrie néonatalogie |
| 51 | ÉPERNAY | Centre hospitalier d'Épernay | Service de pédiatrie |
| 51 | REIMS | Centre hospitalier de Reims | Service de pédiatrie A-AMH |
| 51 | VITRY-LE-FRANCOIS | Centre hospitalier de Vitry-le-François | Service de pédiatrie |
| 52 | CHAUMONT | Centre hospitalier de Chaumont | Service de pédiatrie néonatalogie |
| 52 | SAINT-DIZIER | Centre hospitalier de Saint-Dizier | Service de pédiatrie |
| 53 | LAVAL | Centre hospitalier de Laval | Service de pédiatrie |
| 54 | BRIEY | Centre hospitalier de Briey | Service de pédiatrie, Pôle femme-mère enfant |
| 54 | MONT-SAINT-MARTIN | Association Hospitalière du Bassin de Longwy | Service de pédiatrie |
| 56 | VANNES | Centre hospitalier Bretagne-Atlantique-Vannes | Service de pédiatrie |
| 57 | SAINT-AVOLD | Hôpital de Saint-Avold | Service de pédiatrie |
| 57 | SARREGUEMINES | Centre hospitalier du Parc | Service de pédiatrie |
| 59 | ARMENTIÈRES | Centre hospitalier d'Armentières | Service de pédiatrie |
| 59 | CAMBRAI | Centre hospitalier de Cambrai | Service de pédiatrie |
| 59 | DOUAI | Centre hospitalier de Douai | Service de médecine et de chirurgie de l'enfant |
| 59 | LILLE | Hôpital Jeanne de Flandre-CHRU de Lille | Service de pédiatrie |
| 59 | MAUBEUGE | Centre hospitalier de Maubeuge | Service de pédiatrie |
| 59 | ROUBAIX | Centre hospitalier de Roubaix | Service de pédiatrie |
| 59 | SECLIN | Centre hospitalier de Seclin | Service de pédiatrie |
| 59 | TOURCOING | Centre hospitalier de Tourcoing | Service de pédiatrie et de néonatalogie |
| 59 | VALENCIENNES | Centre hospitalier de Valenciennes | Service de chirurgie Infantile |
| 60 | COMPIÈGNE | Centre hospitalier de Compiègne | Service de pédiatrie |
| 61 | ARGENTAN | Centre hospitalier d'Argentan | Service de pédiatre et de médecine de l'adolescent |
| 62 | ARRAS | Centre hospitalier d'Arras | Service de pédiatrie |
| 62 | BÉTHUNE | Centre hospitalier de Béthune | Service de pédiatrie |
| 62 | BOULOGNE-SUR-MER | Centre hospitalier de Boulogne-sur-Mer | Service de pédiatrie |
| 62 | RANG-DU-FLIERS | Centre hospitalier de l'arrondissement de Montreuil | Service de pédiatrie |
| 63 | CLERMONT-FERRAND | CHU de Clermont-Ferrand | Service de pédiatrie B |
| 67 | SAVERNE | Centre hospitalier Sainte-Catherine | Service de pédiatrie |
| 67 | STRASBOURG | CHU de Strasbourg | Pôle d'anesthésie |
| 67 | WISSEMBOURG | Centre hospitalier de Wissembourg | Service de pédiatrie |
| 68 | MULHOUSE | Centre hospitalier de Mulhouse | Service de pédiatrie |
| 70 | VESOUL | Centre hospitalier de La Haute-Saône | Service de pédiatrie |
| 71 | MONTCEAU-LES-MINES | Centre hospitalier de Montceau-les-Mines | Service de pédiatrie |
| 72 | LA FLÈCHE | Centre hospitalier intercommunal, Pôle Santé Sarthe et Loir "Le Bailleul" | Service de pédiatrie |
| 73 | CHAMBÉRY | Centre hospitalier de Chambéry | Service de pédiatrie nourrissons B4 |
| 74 | ANNEMASSE | Centre hospitalier d'Annemasse-Bonneville | Service de pédiatrie |
| 75 | PARIS | Hôpital Necker-Enfants Malades | Service d'orthopédie pédiatrique |
| 75 | PARIS | Hôpital Robert Debré | Service de chirurgie infantile orthopédique |
| 75 | PARIS | Hôpital Trousseau | Service de chirurgie orthopédique |
| 76 | DIEPPE | Centre hospitalier de Dieppe | Service de pédiatrie |

| Département | Ville | Établissement | Service ou Pôle |
|-------------|--------------------------|--|---|
| 76 | LE HAVRE | Centre hospitalier du Havre | Service de pédiatrie |
| 76 | ROUEN | CHU de Rouen | Hôpital de jour, service de pédiatrie |
| 76 | SAINT-AUBIN-LES-ELBEUF | Centre hospitalier d'Elbeuf-Louviers-Val-de-Reuil | Pôle femme mère et enfant |
| 77 | COULOMMIERS | Centre hospitalier Arbeltier | Service de pédiatrie |
| 77 | MELUN | Centre hospitalier Marc Jacquet | Service de pédiatrie |
| 77 | MONTEREAU | Centre hospitalier de Montereau | Service de pédiatrie |
| 77 | PROVINS | Centre hospitalier Léon Binet | Service de pédiatrie |
| 78 | RAMBOUILLET | Centre hospitalier de Rambouillet | Service de pédiatrie |
| 79 | NIORT | Centre hospitalier de Niort | Service de pédiatrie |
| 80 | ABBEVILLE | Centre hospitalier d'Abbeville | Service de pédiatrie |
| 80 | AMIENS | CHU d'Amiens – Hôpital Nord | Pôle de pédiatrie |
| 81 | CASTRES | Centre hospitalier de Castres-Mazamet | Service de pédiatrie néonatalogie |
| 82 | MONTAUBAN | Centre hospitalier de Montauban | Service de pédiatrie |
| 83 | FRÉJUS | Centre hospitalier de Fréjus-Saint-Raphaël | Service de pédiatrie |
| 84 | AVIGNON | Centre hospitalier d'Avignon-Hôpital Henri Duffaut | Service de pédiatrie du CH d'Avignon |
| 85 | FONTENAY-LE-COMTE | Centre hospitalier de Fontenay-le-Comte | Service de pédiatrie |
| 85 | LA ROCHE-SUR-YON | Centre hospitalier Les Oudairies | Service de pédiatrie |
| 86 | POITIERS | CHU de Poitiers | Service d'anesthésie et de pédiatrie |
| 87 | LIMOGES | CHU de Limoges | Service d'anesthésie |
| 87 | LIMOGES | CHU de Limoges | Service de chirurgie pédiatrique |
| 88 | REMIREMONT | Centre hospitalier de Remiremont | Service de pédiatrie |
| 88 | SAINT-DIÉ-DES-VOSGES | Centre hospitalier de Saint-Dié | Pôle mère enfant |
| 89 | AUXERRE | Centre hospitalier d'Auxerre | Service de pédiatrie |
| 89 | SENS | Centre hospitalier de Sens | Service de pédiatrie et néonatalogie |
| 90 | BELFORT | Centre hospitalier de Belfort-Montbéliard | Pôle femme, mère, enfant |
| 91 | DOURDAN | Centre hospitalier de Dourdan | Service de pédiatrie |
| 91 | ORSAY | Centre hospitalier d'Orsay | Service de pédiatrie |
| 92 | CLAMART | Hôpital Antoine Béclère | Service de pédiatrie |
| 92 | LEVALLOIS-PERRET | Hertford British Hospital | Service de pédiatrie et de néonatalogie |
| 93 | BONDY | Hôpital Jean Verdier | Service de pédiatrie |
| 93 | MONTREUIL | Centre hospitalier André Grégoire | Service de pédiatrie |
| 93 | MONTREUIL | Centre hospitalier André Grégoire | Hôpital de Jour |
| 93 | SAINT-DENIS | Centre hospitalier de Saint-Denis | Service de pédiatrie |
| 94 | CRÉTEIL | Centre hospitalier Intercommunal de Créteil | Service de pédiatrie |
| 94 | VILLENEUVE-SAINT-GEORGES | CHI de Villeneuve-Saint-Georges | Service de pédiatrie |
| 95 | ARGENTEUIL | Centre hospitalier Victor Dupouy | Service de pédiatrie |
| 95 | MONTMORENCY | Hôpital Simone Veil | Service de pédiatrie |
| 971 | BASSE TERRE | Centre hospitalier de La Basse Terre | Service de médecine et de chirurgie de l'enfant |
| 971 | POINTE-À-PITRE | CHU de Pointe-à-Pitre-Abymes | Service de chirurgie pédiatrique |
| 972 | FORT-DE-FRANCE | CHU de Fort-de-France | Service de pédiatrie |
| 972 | LA TRINITE | Centre hospitalier Louis Domergue | Pole mère enfant |
| 972 | LE LAMENTIN | Centre hospitalier du Lamentin | Service de pédiatrie |
| 974 | SAINT-DENIS | Centre hospitalier Félix Guyon | Service de pédiatrie |
| 974 | SAINT-PAUL | Centre hospitalier Gabriel Martin | Service de pédiatrie |
| 974 | SAINT-PIERRE | Groupe Hospitalier Sud Réunion | Service de pédiatrie générale |
| 2A | AJACCIO | Centre hospitalier d'Ajaccio | Pôle femme, mère, enfant |
| 2B | BASTIA | Centre hospitalier de Bastia | Service de pédiatrie |

Laboratoires hospitaliers participants

Tous les laboratoires des hôpitaux inclus ci-dessus ont participé à l'étude.

Laboratoire d'analyse des plombémies

Institut de santé au travail du nord de la France (ISTNF), Lille, France – Laurence Labat et Betty Dehon

Monitoring de l'étude

En métropole : Société Quanta Médical, Rueil-Malmaison, France – Chef de Projet : Saïd Mouajjah

Aux Antilles : Alain Bateau, Sylvie Cassadou et Jean-Loup Chappert, Cire Antilles-Guyane

À l'Île de la Réunion : Anne Etchevers, InVS

Équipe InVS pour la supervision du terrain

Chefs de projet : Philippe Bretin et Agnès Lepoutre

Épidémiologistes, chargées d'étude : Anne Etchevers et Catherine de Launay

Monitrice d'étude : Camille Lecoffre

Métrologue : Marie-Laure Bidondo

Assurance qualité : Bénédicte Bérat

Assistante : Corinne Gaillard

Remerciements

Aux personnels des centres hospitaliers (personnels soignants, administratifs, biologistes...) et aux familles qui ont contribué à la mise en œuvre et à la réussite de cette étude.

Abréviations

Afssaps : Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé

Anah : Agence nationale de l'habitat

AP-HM : Assistance publique–Hôpitaux de Marseille

AP-HP : Assistance publique–Hôpitaux de Paris

ASTEE : Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement

BRGM : Bureau de recherches géologiques et minières

CCTIRS : Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé

CMUc : Couverture médicale universelle complémentaire

Cnam : Conservatoire national des arts et métiers

CPP : Comité de protection des personnes

CREP : constat de risque d'exposition au plomb

CSTB : Centre scientifique et technique du bâtiment

Ddass : Direction départementale des affaires sanitaires et sociales¹

EAT : Étude de l'alimentation totale

EDTA : Acide éthylène-diamine-tétracétique

IC : Intervalle de confiance

Inserm : Institut national de la santé et de la recherche médicale

INSPQ : Institut national de santé publique du Québec

ISTNF : Institut de santé au travail du nord de la France

µg/L : microgramme par litre

PMSI : Programme de médicalisation des systèmes d'information

PNSE : Plan national santé environnement

PSPH : participant au service public hospitalier

RNSP : Réseau national de santé publique

ZEAT : Zone d'études et d'aménagement du territoire

¹ Depuis le 1^{er} avril 2010, les Ddass ont été intégrées dans les Agences régionales de santé (ARS), sous le nom de Délégations territoriales de l'ARS.

1 Introduction

Les connaissances sur l'imprégnation des enfants de la population française par le plomb étaient jusqu'ici principalement issues d'une enquête nationale menée par l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm) et le Réseau national de santé publique (RNSP) en 1995 et 1996 auprès d'enfants âgés de 1 à 6 ans. Cette enquête montrait que le taux de prévalence du saturnisme, défini par une plombémie supérieure à 100 µg/L, était de 2,1 % dans cette classe d'âge, ce qui correspondait à 84 000 enfants sur l'ensemble du territoire (Huel *et al.* 1997; Inserm 1999).

Toutefois, les actions de dépistage du saturnisme infantile mises en œuvre depuis une quinzaine d'années n'ont permis d'identifier qu'une très faible partie des 84 000 enfants attendus : le nombre de cas de saturnisme chez des enfants et jeunes de moins de 18 ans identifiés dans le cadre de campagnes de dépistage ou d'actions de repérage individuel sur l'ensemble de la France était annuellement de l'ordre de 500 au début des années 2000 (Institut de veille sanitaire 2012). L'activité de dépistage était donc clairement insuffisante pour identifier une part importante des enfants à plombémie élevée, mais la baisse de rendement du dépistage (Lecoffre *et al.* 2010) et la diminution de certaines sources d'exposition laissait penser aussi que la prévalence de l'intoxication avait baissé au fil des années.

Il apparaissait donc nécessaire de réaliser une nouvelle enquête sur l'imprégnation des enfants par le plomb, pour évaluer l'impact des actions de prévention mises en œuvre depuis 1996 et pour aider à définir, dimensionner et évaluer les actions à mettre en œuvre dans le futur. Cette enquête a été inscrite parmi les actions prioritaires du premier Plan national santé environnement (PNSE). La loi du 9 août 2004 relative à la politique de santé publique avait également fixé dans ses objectifs de « réduire de 50 % la prévalence des enfants ayant une plombémie >100 µg/L : passer de 2 % en 1996 à 1 % en 2008 » (objectif n°18). L'indicateur retenu était « le nombre d'enfants de 1 à 6 ans ayant une plombémie >100 µg/L en population générale et dans les groupes à risque ». La prévalence étant connue en 1996 pour les enfants de 1 à 6 ans, il était nécessaire de la connaître en 2008 pour vérifier que l'objectif était atteint.

Une nouvelle enquête nationale de prévalence du saturnisme chez l'enfant a donc été lancée par l'InVS en 2008 après une phase pilote qui s'est déroulée à l'automne 2007 ; l'enquête concerne la tranche d'âge de 6 mois à 6 ans. L'élargissement aux enfants âgés de 6 mois à 1 an devait permettre de connaître les niveaux d'imprégnation à un âge où l'enfant commence à explorer son environnement.

Le comité scientifique mis en place pour cette enquête a défini les objectifs suivants :

- estimer la prévalence nationale du saturnisme chez les enfants de 6 mois à 6 ans ;
- estimer la distribution des plombémies des enfants de 6 mois à 6 ans par région administrative ;
- mettre à jour les connaissances sur les déterminants de la plombémie.

À cette étude d'imprégnation par le plomb a été associée une étude d'imprégnation par le cadmium. L'enquête Saturn-Inf comporte également un volet concernant la séroprévalence des maladies infectieuses et un autre visant à constituer une biothèque qui permettra l'étude ultérieure de l'imprégnation des enfants par d'autres substances. L'enquête Saturn-Inf a ainsi mutualisé les moyens d'étude au service de plusieurs objectifs pour lesquels la population cible, l'échantillonnage de la population, les prélèvements de matrices biologiques et les questionnaires étaient compatibles. Elle a été menée par deux départements de l'Institut de veille sanitaire (InVS) avec un pilotage par le Département santé environnement (DSE). Sont présentés dans ce rapport uniquement les résultats du volet saturnisme.

2 Méthodes

La méthodologie de l'étude est décrite de façon détaillée dans le protocole de l'étude (Etchevers and Bretin 2008a).

2.1 Type d'étude

Il s'agit d'une étude transversale réalisée auprès d'un échantillon d'enfants hospitalisés dans des hôpitaux publics ou privés participant au service public hospitalier (PSPH). Ce choix de recrutement repose sur de nombreux critères : 1) recrutement possible d'enfants sur toute la métropole et les départements d'Outre-Mer ; 2) obtention facilitée d'un échantillon de sang à l'occasion d'une prise de sang prévue dans le cadre des soins ; 3) bonne acceptabilité du prélèvement sanguin à l'hôpital par les parents ; 4) comparabilité possible des résultats avec la précédente enquête de prévalence du saturnisme ayant été réalisée à l'hôpital en 1995-1996 et réétabilité potentielle du schéma d'étude.

2.2 Population d'étude

La population cible est celle des enfants âgés de 6 mois à 6 ans résidant en France en 2008-2009. La population source est composée des enfants de 6 mois à 6 ans résidant en France et hospitalisés dans des services hospitaliers publics, ou privés participant au service public, en 2008-2009.

2.2.1 Critères d'inclusion des enfants

Ont été inclus les enfants :

- âgés de 6 mois à 6 ans ;
- affiliés à la sécurité sociale ;
- en hospitalisation complète ou de jour pendant la période d'étude ;
- pour lesquels une prise de sang avait été prescrite dans le cadre des soins ou pour lesquels un système de prélèvement (cathéter) était déjà en place ;
- résidant en France au moment de l'inclusion.

2.2.2 Critères d'exclusion des enfants

Ont été exclus les enfants :

- hospitalisés spécifiquement pour un bilan ou un traitement du saturnisme (chélation) ;
- atteints de pathologies mettant en jeu le pronostic vital ;
- immunodéprimés ou sous traitement immunosuppresseur (chimiothérapie, corticothérapie par voie générale à des doses équivalentes à plus de 5 mg/kg/jour de prednisone pendant plus de 5 jours pour des traitements récents, ou des doses équivalentes ou supérieures à 0,5 mg/kg/jour de prednisone pendant 30 jours ou plus pour des traitements prolongés) ;
- atteints de maladies chroniques influant sur l'immunité humorale et cellulaire (insuffisance hépatique, insuffisance rénale, syndrome néphrotique, hémopathies et cancers, dénutrition, maladies auto-immunes...);
- transfusés ou ayant reçu des gammaglobulines dans les 6 mois précédents.

Les trois derniers critères d'exclusion ont été définis spécifiquement pour le volet infectieux de l'enquête Saturn-Inf.

2.3 Échantillonnage

La sélection des enfants a été effectuée selon un **plan de sondage à deux degrés** :

- au premier degré : tirage au sort d'hôpitaux avec une double stratification sur la région géographique (22 régions métropolitaines + Martinique + Guadeloupe + Île de la Réunion) et sur le risque d'exposition au plomb dans l'habitat ;
- au deuxième degré : recrutement en tout venant d'enfants, hospitalisés dans des services de pédiatrie ou de chirurgie pédiatrique, satisfaisant aux critères d'inclusion.

La base de sondage utilisée (n=273) correspond à la liste des hôpitaux français :

- publics ou privés participant au service public hospitalier ;
- recensés dans la base nationale du Programme de médicalisation des systèmes d'information (PMSI) ;
- ayant eu au moins 300 hospitalisations d'enfants de 6 mois à 6 ans par an en 2006 ;
- avec au moins un service de pédiatrie générale ou un service de chirurgie pédiatrique.

Dans chaque région, des hôpitaux ont été tirés au sort dans deux strates différentes : la strate composée d'hôpitaux dont la patientèle d'enfants a une forte probabilité d'exposition au plomb dans l'habitat et la strate d'hôpitaux avec des enfants ayant une plus faible probabilité d'exposition. La strate d'hôpitaux avec une forte probabilité d'exposition au plomb dans l'habitat était constituée, dans chaque région, des 25 % d'hôpitaux ayant la plus forte proportion d'enfants habitant des logements potentiellement insalubres construits avant 1949 dans leur patientèle en 2006. Les autres hôpitaux (75 %) ont été classés en faible risque d'exposition. Pour caractériser l'habitat des patients, les données 2007 de l'Agence nationale de l'habitat (Anah) sur le repérage du « parc privé potentiellement indigne » ont été utilisées à un niveau communal. Ce repérage est fondé sur le croisement de données d'origine fiscale : les catégories cadastrales des immeubles d'habitation, un critère sur l'état du logement, d'une part, et l'impôt sur le revenu des personnes physiques, un critère sur les occupants du logement d'autre part. Sont retenus comme logements potentiellement indignes les logements répondant aux catégories du classement cadastral correspondant aux logements médiocres et très médiocres, voire ordinaires, occupés par des ménages aux revenus faibles, eu égard aux plafonds HLM (l'habitat indigne est souvent celui des ménages les plus démunis).

Les hôpitaux de la strate « à risque plomb dans l'habitat » ont été surreprésentés dans le tirage par rapport à la strate à risque faible par une inclusion systématique des hôpitaux « à risque » dans chaque région. Les hôpitaux de la strate à risque représentaient ainsi 45 % des hôpitaux participant contre 25 % initialement dans la base de sondage.

Les régions Nord-Pas-de-Calais, Ile-de-France, Haute-Normandie et Provence-Alpes-Côte d'Azur ont par ailleurs été surreprésentées pour tenir compte du risque de pollution des sols par le plomb. Ce sont les régions ayant le plus grand nombre de sites recensés dans Basias, la banque de données d'anciens sites industriels et activités de service, mise en œuvre par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). Trois hôpitaux supplémentaires ont été tirés au sort dans ces régions.

La surreprésentation des hôpitaux ou régions « à risque » avait pour but d'enrichir l'échantillon en enfants susceptibles d'être surexposés au plomb afin d'améliorer la précision de l'estimation de la prévalence des plombémies supérieures à 100 µg/L.

Après tirage au sort des hôpitaux, au premier degré, les services suivants ont été enquêtés :

- services de pédiatrie générale dans les Centres hospitaliers (CH) avec inclusion possible d'enfants aux urgences ou en hospitalisation de jour ;
- services de chirurgie pédiatrique, associés au service d'anesthésie/réanimation dans les Centres hospitaliers universitaires (CHU) et éventuellement le service d'hospitalisation de jour rattaché.

Il s'agissait d'inclure des enfants issus de services variés avec un profil socioéconomique proche des enfants de la population générale.

2.4 Données recueillies

2.4.1 À l'hôpital

Un questionnaire (Etchevers and Bretin 2008a) sur les caractéristiques sociodémographiques de l'enfant et de sa famille et sur les facteurs de risque d'exposition au plomb a été renseigné par le personnel hospitalier, auprès du parent de l'enfant présent. En cas de refus de participation du ou des parents, un questionnaire de refus a été administré pour connaître le motif du refus et les caractéristiques socio-économiques des non-répondants.

Un échantillon de sang a été recueilli pour le dosage de la plombémie. Le prélèvement a été réalisé par les infirmières à l'occasion d'un prélèvement de sang réalisé dans le cadre des soins, ou par le biais d'un cathéter déjà en place.

2.4.2 Autres données

2.4.2.1 Activité des services hospitaliers inclus

Afin de calculer la probabilité d'inclusion de chaque enfant recruté et de réaliser les redressements des poids de sondage permettant d'extrapoler les résultats à la population cible, des données sur l'activité de l'hôpital et du service hospitalier participant ont été obtenues à partir du PMSI ou des services administratifs de chaque établissement. Ces données couvraient la période d'étude.

2.4.2.2 Présence de branchement en plomb au domicile de l'enfant

L'existence d'un branchement en plomb au domicile est à l'origine de la présence de plomb dans l'eau du robinet. Le plomb a été largement utilisé pour la fabrication de canalisations d'eau potable pour les immeubles d'habitation jusque dans les années 1955 et pour les branchements publics jusque dans les années 1960 et, de manière marginale, jusqu'en 1995. Le contact entre l'eau et le plomb conduit inévitablement à une dissolution plus ou moins importante du plomb par corrosion. La solubilité du plomb et donc la concentration maximale en plomb dissous, dépend des caractéristiques physicochimiques de l'eau et en particulier de son acidité mesurée par le pH.

À partir des adresses de domicile des enfants inclus, la présence d'un branchement en plomb a été recherchée auprès des distributeurs d'eau, ceux-ci ayant été identifiés préalablement avec l'aide de la commission « eau potable » de l'Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement (ASTEE). L'identification de branchements en plomb a permis de prendre en compte l'exposition potentielle des enfants inclus au plomb d'origine hydrique.

2.5 Aspects opérationnels

2.5.1 Logistique

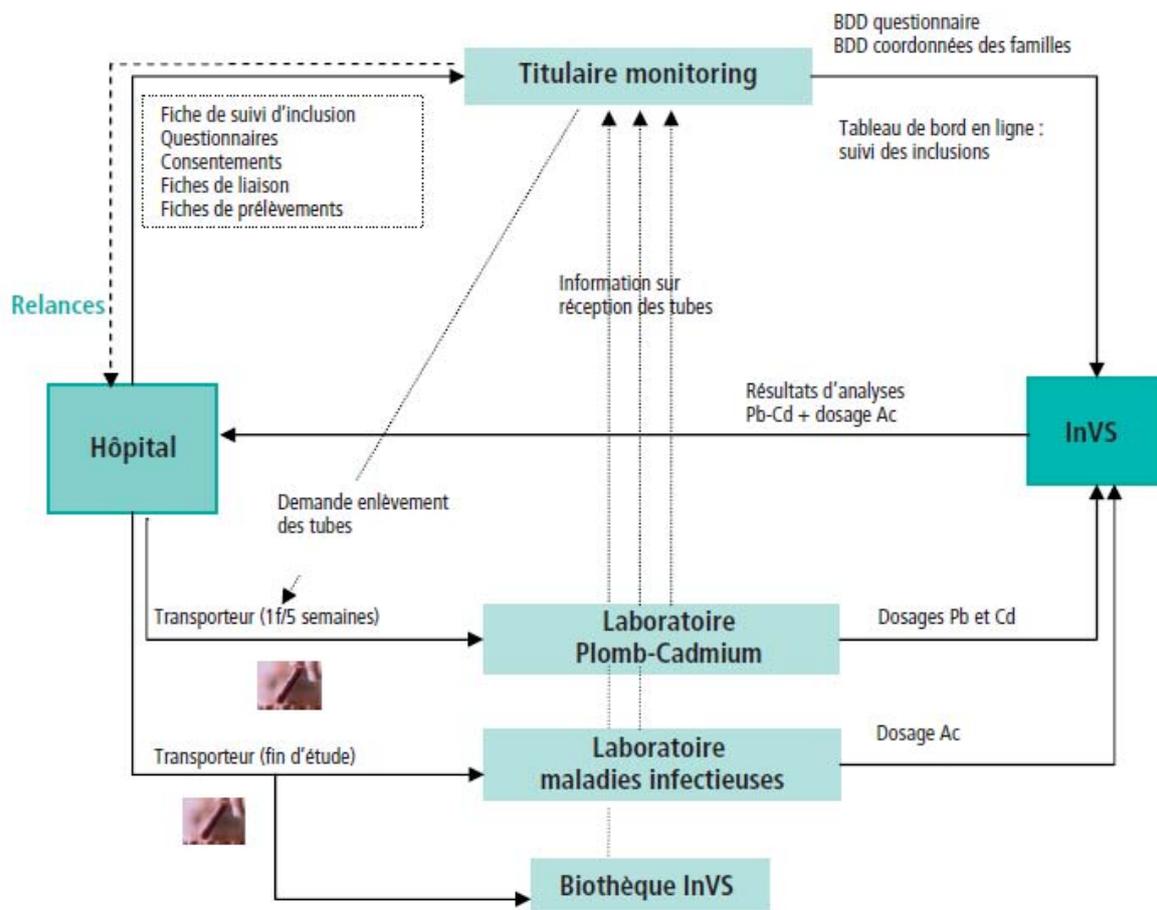
Les aspects logistiques de l'enquête sont décrits dans le protocole (Etchevers and Bretin 2008a). Ils ont été définis après la réalisation d'une enquête pilote, menée fin 2007 (Etchevers and Bretin 2008b).

Pour la mise en œuvre de l'étude, de nombreux prestataires de service ont été mandatés par l'InVS :

- un prestataire de monitoring pour gérer la mise en place de l'étude, le suivi des inclusions, la centralisation et la saisie des données ;
- un prestataire pour le transport des échantillons vers le laboratoire d'analyse du plomb ;
- un laboratoire prestataire pour l'analyse du plomb sanguin.

Des échanges constants ont eu lieu entre les prestataires, l'InVS et l'hôpital (figure 1). La supervision et le contrôle des prestations ont été effectués par l'InVS.

Figure 1 – Transfert d'informations entre les différents intervenants de l'enquête Saturn-Inf



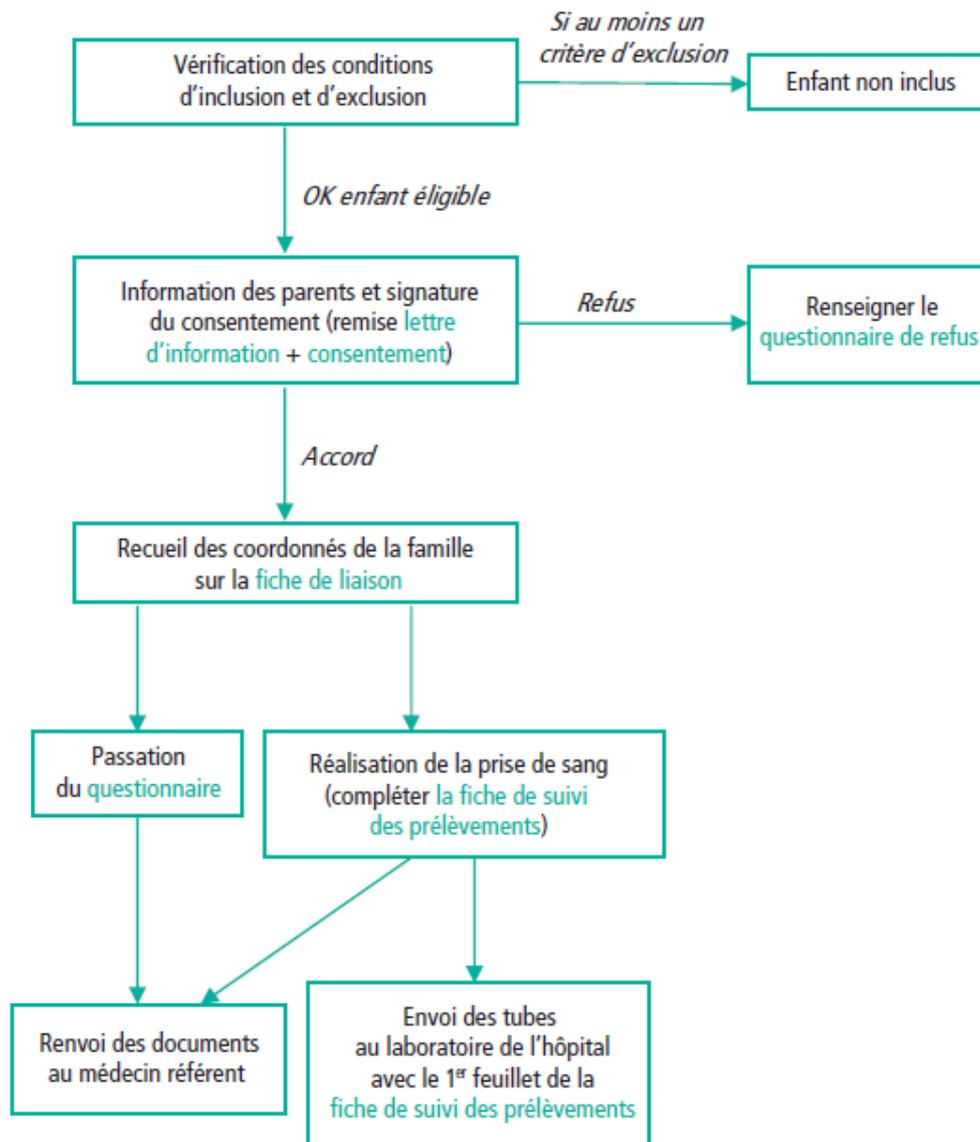
2.5.2 Déroulement de l'étude (figure 2)

Après tirage des hôpitaux, le ou les service(s) éligible(s) de chaque établissement a/ont été contacté(s) par écrit et par téléphone par l'InVS pour présentation de l'étude et proposition de participation. Une fois la charte d'adhésion à l'étude signée par l'établissement, l'étude était mise en place dans le service. L'équipe médicale et paramédicale des services d'inclusion ainsi que les biologistes des laboratoires hospitaliers ont été formés à la méthode et aux outils de l'enquête, lors d'une réunion dans chaque service. Les documents et le matériel d'enquête leur étaient remis.

Les enfants ont été recrutés par les médecins au moment des consultations précédant une hospitalisation (consultation classique, consultation pré-anesthésique) ou pendant l'hospitalisation. Il s'agissait d'hospitalisations programmées ou non programmées (arrivée de l'enfant par les urgences). Lorsque les critères de sélection étaient vérifiés, le médecin proposait aux familles de participer ; une lettre d'information était remise aux parents pour présenter le déroulement de l'étude et les résultats attendus. Les médecins ont inclus les enfants sans tirage au sort et sans sélection, mais en excluant les périodes au cours desquelles l'intensité de l'activité ne laissait pas le temps nécessaire pour cette démarche.

Après recueil du consentement du ou des parents présent(s), le questionnaire était administré par les médecins, les infirmières ou l'attaché de recherche clinique du service, le plus souvent en face à face et exceptionnellement en auto-questionnaire. Les coordonnées de la famille étaient recueillies. Le prélèvement de 1,5 ml de sang total pour l'étude était réalisé par les infirmières au moment du prélèvement biologique prévu pour les soins.

Figure 2 – Déroulement de l'enquête Saturn-Inf à l'Hôpital



Le traitement des échantillons de sang prélevés a été fait sur place par le laboratoire de chaque hôpital, à l'exception de deux hôpitaux qui sous-traitaient à un laboratoire de recherche clinique ou à un laboratoire d'analyses médicales privé. Les échantillons sanguins ont été stockés temporairement dans des congélateurs maintenus à -20°C jusqu'à leur expédition vers le laboratoire d'analyse du plomb, l'Institut

de santé au travail du nord de la France (ISTNF). Une fois toutes les cinq semaines environ, les échantillons ont été transportés au laboratoire de l'ISTNF. Des procédures normalisées ont été élaborées pour le prélèvement des échantillons, leur traitement, leur conservation et leur expédition afin d'assurer la qualité et la traçabilité des données et de normaliser la collecte des données.

L'ensemble des données, à l'exception des résultats biologiques, a été recueilli par questionnaire papier et saisi par le prestataire de monitoring. Une application sécurisée, accessible par internet à tous les hôpitaux et prestataires, a été développée afin de centraliser les informations renseignées par chaque intervenant dans la conduite de l'étude. Cet outil a permis la gestion des inclusions, des prélèvements et des documents par le prestataire de monitoring et l'InVS. Ainsi l'avancement des inclusions a pu être suivi par tous.

2.5.3 Assurance qualité

Afin d'homogénéiser les méthodes de recueil des données et de réduire les biais, des audits d'assurance et de contrôle de la qualité ont été mis en place pour tous les aspects du travail sur le terrain. Les procédures d'assurance qualité permettaient d'évaluer le mode de sélection des enfants, la formation du personnel, l'information des parents, le respect des règles d'éthique, la gestion des documents, la traçabilité des prélèvements. Tout le personnel hospitalier participant avait reçu un guide d'enquête et une formation adaptée à ses fonctions particulières dans l'enquête.

2.5.4 Remise des résultats individuels

Les résultats de plombémie ont été envoyés systématiquement aux familles, avec une information sur le saturnisme rappelant les mesures de prévention primaire ou secondaire adaptées en fonction du niveau de plombémie. Les résultats individuels de plombémie des enfants inclus ont également été communiqués aux médecins investigateurs dans chaque service hospitalier. Les familles dont l'enfant avait une plombémie d'au moins 100 µg/L (cas de saturnisme) ont été convoquées par le médecin hospitalier prescripteur de la plombémie pour la prise en charge et le suivi de l'enfant. La déclaration obligatoire à la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales (Ddass) a été faite par le médecin hospitalier, déclenchant ainsi une enquête environnementale au domicile de l'enfant pour rechercher les sources de plomb à l'origine de son imprégnation. Des mesures de plomb dans les peintures (XRF et écailles), poussières (domicile et parties communes) et eau du logement, sol (aire de jeu de l'enfant), vaisselle et ustensiles de cuisine, cosmétiques traditionnels ont systématiquement été réalisées par le Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB), en partenariat avec la Ddass en métropole. Les résultats des enquêtes ont été communiqués en détail aux familles et ont été transmis à l'InVS.

2.5.5 Aspects éthiques

Le protocole de l'étude a obtenu, conformément à la réglementation sur les recherches biomédicales (article L. 5311-1 du Code de santé publique), l'avis favorable du Comité de protection des personnes (CPP) d'Ile-de-France IX du CHU Henri Mondor de Créteil (étude enregistrée au n°08-022) et l'autorisation de l'Agence française de sécurité sanitaire des produits de santé (Afssaps) (n°RCB 2008-A00436-49). Le consentement écrit d'au moins un parent a été obtenu et celui de l'enfant a été recherché oralement. Les participants pouvaient à tout moment retirer leur participation.

Les données personnelles recueillies sont protégées conformément à la loi « Informatique et libertés » ; les procédures mises en place sont décrites dans le protocole d'enquête (annexe). L'étude a recueilli l'avis favorable du Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé (CCTIRS) (avis n°08-286) et de la commission nationale informatique et liberté (Cnil) (avis n°907160).

2.6 Dosages du plomb dans le sang

Un échantillon de 1,5 ml de sang total a été recueilli dans un tube EDTA et conservé à -20°C jusqu'à l'analyse au laboratoire hospitalier puis au laboratoire doseur. Le dosage du plomb a été réalisé par le laboratoire de l'ISTNF par torche à plasma couplée à un spectromètre de masse (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS)). La limite de quantification était de 0,037 µg/L. La répétabilité et la reproductibilité des dosages sont supérieures à 95 %, pour différents niveaux de concentration (30 et 400 µg/L). Tous les dosages étaient au-dessus de la limite de quantification. Les plombémies supérieures à 80 µg/L ont été dosées une seconde fois dans une autre série pour vérification, jusqu'à obtention d'un écart inférieur à 10 % entre les deux valeurs (deux mesures maximum ont été nécessaires). L'analyse statistique n'a pris en compte que la première mesure. Des procédures de contrôles qualité internes ont été mis en place au sein du laboratoire : des échantillons blancs et de référence (échantillons de sang Utak de concentrations 27,91 µg/L et 394,92 µg/L) ont été analysés tous les 10 échantillons. Les contrôles de qualité externes comprenaient une participation aux contrôles inter laboratoires de l'Afssaps, réalisés en 2007 et 2009, et l'utilisation d'échantillons externes de l'Institut national de santé publique du Québec (INSPQ). La réussite à ces contrôles ont permis la validation des analyses.

2.7 Analyses statistiques

2.7.1 Plan de sondage et pondérations

L'enquête Saturn-Inf est une enquête sur échantillon, ce qui signifie que les enfants inclus « représentent » un grand nombre d'autres enfants français qui ne sont pas inclus dans l'enquête. Afin que les résultats soient extrapolés à l'ensemble des enfants français et ne se limitent pas à l'échantillon, des facteurs de pondération ou « poids de sondage » ont été calculés et intégrés à l'ensemble des analyses et estimations (moyennes, distribution, taux de prévalence, régression linéaire et régression par quantile). Ces poids de sondage permettent de tenir compte de la non-réponse et de la probabilité (π) inégale d'être sélectionné dans l'enquête (pour un Centre hospitalier et pour un enfant). Pour estimer les variances et les intervalles de confiance (IC), la méthode du Bootstrap (Canty AJ, 1999) a été utilisée.

Le **poids de sondage initial** de l'enfant correspond à l'inverse de la probabilité d'inclusion de l'enfant dans l'étude :

$$\text{poids de sondage initial de l'enfant} = 1 / \pi \text{ enfant}$$

La probabilité d'inclusion de l'enfant a été calculée dans chacune des deux strates de la région d'hospitalisation :

$$\text{probabilité d'inclusion } (\pi) \text{ de l'enfant} = \pi \text{ hôpital} \times \pi \text{ enfant/service}$$

π hôpital = nombre d'hôpitaux participant dans la strate / nombre d'hôpitaux de la strate

π enfant/service = nombre d'enfants inclus / nombre d'enfants hospitalisés dans le service pendant la période d'étude

Le **poids de sondage final** de chaque enfant est égal au poids de sondage initial multiplié par différents coefficients de redressement :

$$\text{poids de sondage final} = \text{poids sondage} \times \text{coefficients de redressement}$$

Plusieurs redressements ont été mis en œuvre pour corriger d'éventuelles distorsions d'échantillonnage et permettre de faire l'inférence à la population cible : un redressement par rapport à la population source puis un redressement par rapport à la population cible.

Le redressement par rapport à la population source a été fait : 1) au niveau de l'hôpital afin qu'au sein d'une même strate, la somme des poids des enfants d'un hôpital inclus soit égale à la taille de cet hôpital. Le coefficient de redressement a été calculé en prenant comme indicateur de taille le nombre d'enfants

hospitalisés en 2008 dans l'hôpital ; 2) au niveau des strates régionales avec « hôpitaux à risque ou non d'exposition au plomb dans l'habitat » afin que la somme des poids des enfants inclus dans une strate soit égale au nombre d'enfants réellement hospitalisés dans la strate. Le redressement a été fait en prenant comme indicateur de taille le nombre d'enfants hospitalisés en 2008 dans les hôpitaux de la strate inclus dans la population source.

Enfin, le redressement par rapport à la population cible a été réalisé par post-stratification sur le sexe (2 classes), l'âge (3 classes : 6 mois-1 an, 1-3 ans et 4-6 ans), la Zone d'études et d'aménagement du territoire (ZEAT, regroupement de régions administratives) du lieu de résidence (9 classes) et le fait de bénéficier ou non de la couverture médicale universelle complémentaire (CMUc) (2 classes). La CMUc a été choisie comme marqueur de la précarité. Des données de la Caisse nationale d'Assurance maladie (Cnam) sur l'année 2008 et du recensement général de la population 2006 ont été utilisées comme données de référence. Après regroupement de quelques strates pour obtenir des effectifs non nuls, au total 102 strates ont été constituées.

2.7.2 Analyses descriptives

Les caractéristiques sociodémographiques et socioéconomiques de la population d'étude ont été décrites, ainsi que la fréquence d'exposition aux facteurs de risque vis-à-vis du plomb.

La distribution des plombémies étant asymétrique, une transformation logarithmique a été utilisée.

La prévalence a été estimée pour la France entière. Les moyennes géométriques et arithmétiques non ajustées ainsi que les percentiles sont présentés, avec leur intervalle de confiance à 95 % (IC 95%), pour la France et par région (NB : la Réunion, la Guadeloupe et la Martinique sont trois régions distinctes). Afin d'améliorer l'estimation de la moyenne géométrique régionale, une moyenne géométrique bayésienne empirique a également été calculée par un modèle à effet aléatoire sur la région. En effet, la taille et la distribution géographique de l'échantillon engendraient beaucoup d'incertitude dans le calcul de la valeur moyenne dans chaque région. La moyenne géométrique bayésienne empirique permet de réduire cette incertitude en combinant la moyenne observée sur la région à celles observées dans les autres régions. Schématiquement, l'information apportée par la connaissance des moyennes observées dans les autres régions est injectée lors du calcul de la moyenne dans la région.

Les moyennes géométriques non ajustées et les percentiles sont présentés par âge, sexe et selon les caractéristiques des populations.

2.7.3 Analyses multivariées sur les déterminants de la plombémie

Nous avons utilisé un modèle linéaire généralisé (GLM) pour quantifier les facteurs de risque des plombémies. Nous avons aussi mis en œuvre une régression par quantile sur le percentile 95 des plombémies pour identifier les facteurs de risque des enfants plus fortement exposés. Les facteurs d'exposition et d'ajustement ont été sélectionnés *a priori* pour la modélisation à partir des connaissances existantes de l'influence de chaque variable sur l'exposition au plomb. Dans ces deux modélisations, il a été choisi d'étudier uniquement les facteurs environnementaux d'exposition au plomb. Les facteurs de risque socioéconomiques pouvant aider au repérage des populations à risque et à la prévention des surexpositions au plomb seront estimés dans un travail complémentaire visant à définir les facteurs prédictifs des plombémies. Les facteurs d'exposition au plomb retenus sont : la présence de peintures anciennes dégradées dans les logements antérieurs à 1949 ou dans les parties communes des logements antérieurs à 1949, la réalisation de travaux dans les logements antérieurs à 1949, la consommation d'eau du robinet combinée à la présence de branchement en plomb, la profession à risque des parents, le tabagisme passif et le pays de naissance de la mère connu pour de fortes utilisations de plomb. La présence de canalisations intérieures au plomb n'a pas été retenue car la qualité de cette variable a été jugée comme insuffisante. En effet, les réponses fournies par les parents étaient discordantes avec l'observation faite par l'enquêteur du CSTB au sein d'un sous-échantillon de 500 logements issus de Saturn-Inf (données non publiées). Les facteurs d'ajustement choisis sont l'âge (calculé au jour du prélèvement sanguin), le sexe, le comportement à risque de l'enfant vis-à-vis des peintures (grattage, mise à la bouche des peintures), le nombre de frères et sœurs et le taux d'occupation du logement (calculé à partir du nombre de personnes résidant dans le logement et du nombre de pièces principales). La date de construction des logements a été catégorisée en fonction du risque d'exposition aux peintures à la céruse : avant 1949 (plus haut risque car peu utilisée après 1949) et après 1949. À partir de la profession donnée par les parents, nous avons codé la variable « profession à risque d'exposition au plomb des parents » en 3 catégories : « professionnellement exposés », « possiblement exposés » et « non exposés professionnellement ». Dans le but d'étudier si l'enfant peut être exposé au plomb par le biais de la médecine traditionnelle, des cosmétiques et des céramiques utilisés dans le foyer, une variable proxy intitulée « pays de naissance de la mère connu pour de fortes utilisations de plomb » a été créée à partir d'une liste de pays dans lesquels le plomb a été retrouvé dans différents produits d'usage. La liste des pays a été définie par une revue de la littérature (Bretin P and Schapiro E, 2006). Les facteurs d'ajustement de type continu (âge et taux d'occupation) ont été délibérément sur-ajustés pour une meilleure prise en compte des phénomènes de confusion (Harrell FE 2001). La forme de la

relation les reliant au plomb a été ajustée en utilisant des fonctions *splines naturels*. Nous avons également défini *a priori* les facteurs de risque ainsi que leurs éventuelles interactions. Le modèle prend en compte le logarithme de la plombémie afin de stabiliser les résidus du modèle. L'analyse multivariée a été réalisée sur le jeu complet de données pour l'ensemble des variables du modèle (3 512 enfants).

Toutes les analyses réalisées ont pris en compte le plan d'échantillonnage de l'étude, soit directement, soit par une méthode de ré-échantillonnage sur 1 000 jeux de données. Elles ont été réalisées sous le logiciel R (R : a Language and Environment for Statistical Computing 2012) à l'aide des packages *Survey* (Lumley T, 2011) et *Quantreg* (Koenker R, 2012) et sous le logiciel Stata® version 11.0 (StataCorp.2009 2011).

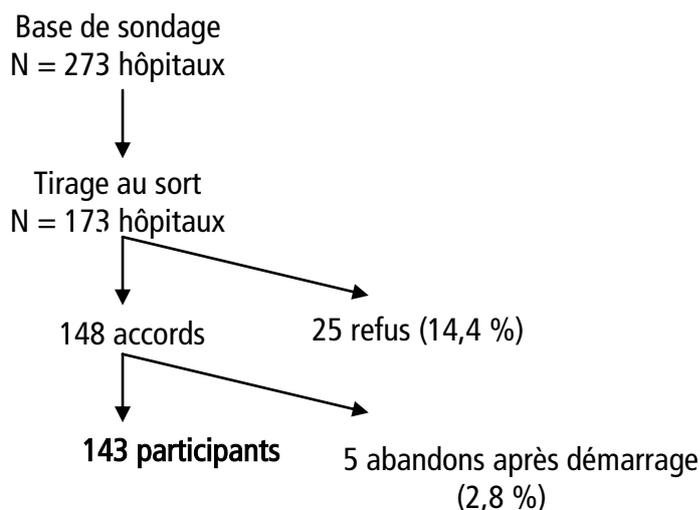
3 Résultats

3.1 Inclusions dans l'enquête Saturn-Inf

3.1.1 Participation des hôpitaux

Des contacts ont été pris avec 173 hôpitaux tirés au sort parmi les 273 sur la base de sondage (figure 3). Des échanges téléphoniques ont été nécessaires pour 76,3 % d'entre eux, en plus du courrier de présentation de l'étude et de demande de participation. Au final, 143 établissements ont participé. Le rapport du nombre d'hôpitaux participants sur le nombre d'hôpitaux tirés au sort donne un taux de participation des hôpitaux de 82,6 %. Le manque de temps et l'absence de rémunération étaient les principales causes de refus.

Figure 3 – Participation des établissements



Dans les régions Auvergne, Languedoc-Roussillon, Haute-Normandie, Bourgogne et Alsace, les taux de participation des hôpitaux étaient inférieurs à 70 % (tableau 1). Le nombre d'hôpitaux participants étant faible dans ces régions, il a été plus difficile d'obtenir les effectifs d'inclusion attendus.

Tableau 1 – Participation des hôpitaux à l'enquête Saturn-Inf par région

| Région | Nombre d'hôpitaux tirés au sort | Nombre d'hôpitaux participants | Taux de réponse des hôpitaux |
|---|---------------------------------|--------------------------------|------------------------------|
| AQUITAINE | 6 | 6 | 100 % |
| CENTRE | 6 | 6 | 100 % |
| CORSE | 2 | 2 | 100 % |
| DOM (Martinique, Guadeloupe et Réunion) | 8 | 8 | 100 % |
| LIMOUSIN | 3 | 3 | 100 % |
| NORD-PAS-DE-CALAIS | 13 | 13 | 100 % |
| POITOU-CHARENTES | 5 | 5 | 100 % |
| RHÔNE-ALPES | 9 | 8 | 89 % |
| LORRAINE | 7 | 6 | 86 % |
| PAYS-DE-LA-LOIRE | 7 | 6 | 86 % |
| BASSE-NORMANDIE | 6 | 5 | 83 % |
| MIDI-PYRÉNÉES | 6 | 5 | 83 % |
| PICARDIE | 6 | 5 | 83 % |
| FRANCHE-COMTÉ | 5 | 4 | 80 % |
| ILE-DE-FRANCE | 24 | 19 | 79 % |
| BRETAGNE | 9 | 7 | 78 % |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | 9 | 7 | 78 % |
| PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR | 13 | 10 | 77 % |
| ALSACE | 6 | 4 | 67 % |
| BOURGOGNE | 6 | 4 | 67 % |
| HAUTE-NORMANDIE | 6 | 4 | 67 % |
| AUVERGNE | 5 | 3 | 60 % |
| LANGUEDOC-ROUSSILLON | 6 | 3 | 50 % |

Les hôpitaux participants étaient composés de :

- 20 CHU dont 4 hôpitaux de l'Assistance publique des hôpitaux de Paris (AP-HP) et 2 hôpitaux de l'Assistance publique des hôpitaux de Marseille (AP-HM) ;
- 123 CH.

Les services inclus étaient les suivants :

- 18 services de chirurgie associés aux services d'anesthésie-réanimation ;
- 125 services de pédiatrie associés aux services d'urgence.

3.1.2 Période d'étude

Les premières inclusions ont démarré le 8 septembre 2008 ; les dernières datent du 30 avril 2009 (figure 4). Tous les hôpitaux n'ont pas commencé à inclure des enfants à la même date ; la mise en place de l'enquête s'est étalée de septembre à novembre 2008. La durée de la période d'étude par service a varié de 1,4 à 7 mois, avec une moyenne de 4,2 mois par service (figure 5). Pour 25 % des hôpitaux, la période est allée au-delà de 5 mois. La durée de la période d'étude n'était pas proportionnelle à l'activité ni à la taille des services.

Figure 4 – Période et rythme d'inclusion dans l'enquête Saturn-Inf

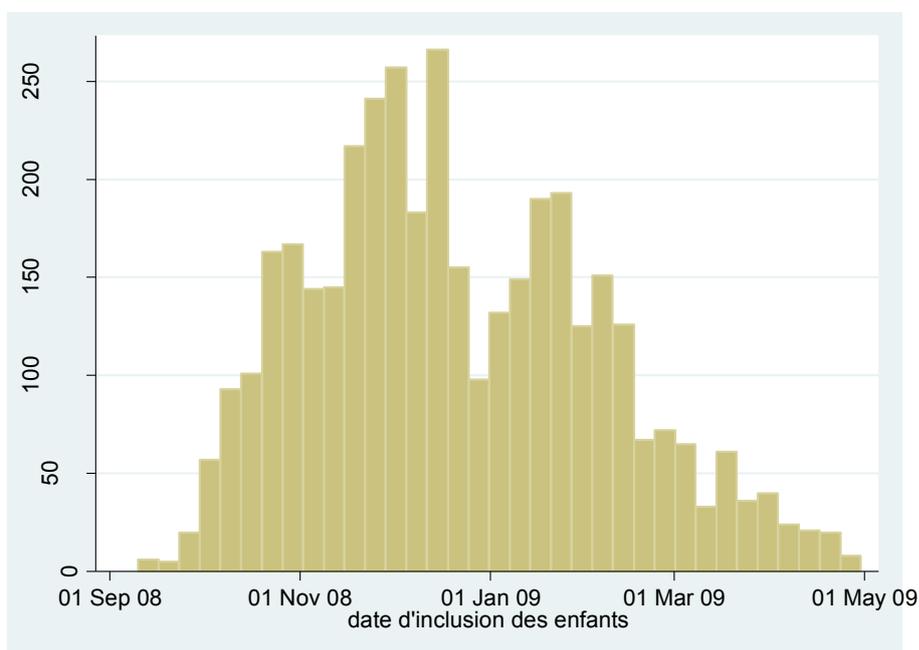
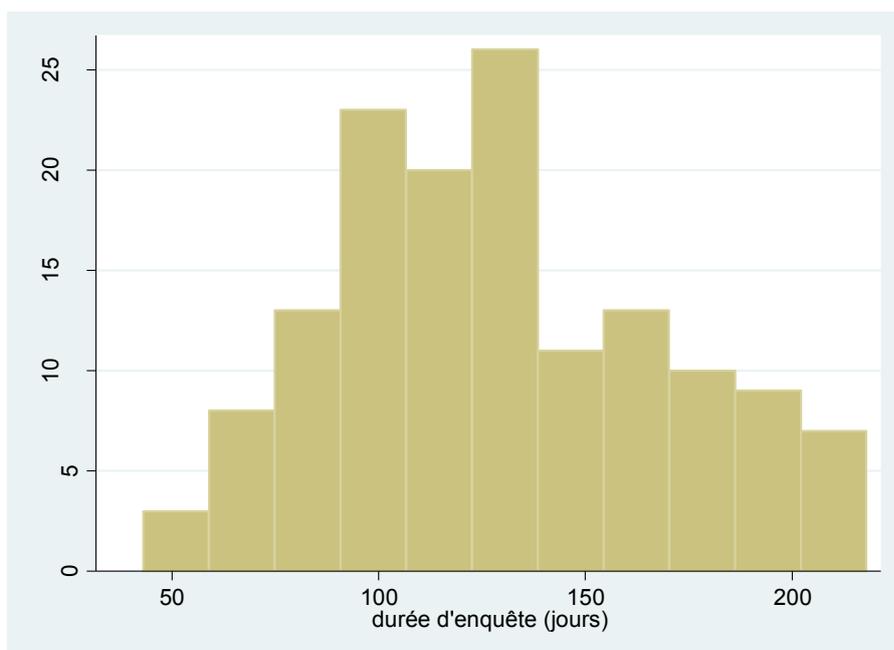


Figure 5 – Durée de l'enquête Saturn-Inf dans les hôpitaux



3.1.3 Bilan des inclusions

3.1.3.1 Inclusions, exclusions et refus

Ont été inclus 3 831 enfants âgés de 6 mois à 6 ans révolus² ; les parents de 111 enfants ont refusé de participer et ont rempli un questionnaire de refus. Le taux de participation des parents est donc de 97,1 % ; il varie de 70 à 100 % selon les services et de 92,8 % en Limousin à 100 % en Alsace, Bourgogne et Midi-Pyrénées. Les refus des parents ont toutefois pu être sous-enregistrés par les médecins, vu qu'un questionnaire était à remplir. Parmi les motifs de refus énoncés par les parents, le principal est le prélèvement de sang supplémentaire pour l'étude (tableau 2).

² Pour être éligibles, les enfants devaient avoir moins de 7 ans le jour de l'inclusion.

Tableau 2 – Motifs de refus de participation des parents à l'étude Saturn-Inf

| Motifs de refus | % (n) |
|--|-------------|
| Nous refusons le prélèvement de sang chez notre enfant | 46,0 % (51) |
| Nous ne voyons pas l'intérêt de cette étude | 17,1 % (19) |
| Nous n'avons pas le temps | 10,8 % (12) |
| Nous ne participons jamais aux enquêtes | 10,8 % (12) |
| Le saturnisme ne nous concerne pas | 8,1 % (9) |
| Inquiétude des parents vis-à-vis de la santé de l'enfant au moment de l'enquête | 6,3 % (7) |
| Nous craignons que les résultats soient utilisés à d'autres fins que celles de l'enquête | 3,6 % (4) |
| Nous craignons que les résultats soient utilisés par d'autres personnes que celles de l'enquête | 1,8 % (2) |
| Refus du parent présent en l'absence de l'autre | 1,8 % (2) |
| Nous craignons les résultats des examens/nous préférons ne pas les connaître | 0,9 % (1) |
| Nous craignons que le prélèvement soit utilisé pour faire d'autres analyses que celles annoncées | 0,9 % (1) |
| Nous ne comprenons pas assez bien la langue française pour répondre aux questions | 0,9 % (1) |
| Autres motifs | 2,7 % (3) |

Près de 9 % des enfants (n=374) ont dû être exclus après l'accord des parents pour deux types de raisons :

- prélèvement réalisé inférieur au volume nécessaire (45 %) ;
- difficultés organisationnelles au sein du service ou du laboratoire hospitalier (48 %) impactant une ou plusieurs étapes de l'enquête : non-respect des critères d'inclusion, non-respect de la procédure de prélèvement (tubes à utiliser, conservation), mauvaise gestion des documents ou manque de communication (prélèvements non réalisés).

Tableau 3 – Motifs d'exclusion des enfants dans l'étude Saturn-Inf

| Motifs d'exclusion | Effectifs | % |
|---|-----------|-------|
| Echec de prélèvement | 110 | 29 % |
| Prélèvement non réalisé | 82 | 22 % |
| Volume de sang insuffisant | 60 | 16 % |
| Hors critères d'âge : <6 mois ou >6 ans | 26 | 7 % |
| Dossier complet perdu par l'hôpital | 25 | 7 % |
| Prélèvement perdu par l'hôpital | 11 | 3 % |
| Dossier complet non reçu par le prestataire de monitoring | 11 | 3 % |
| Sang coagulé | 8 | 2 % |
| Questionnaire manquant | 7 | 2 % |
| Enfant résidant à l'étranger | 6 | 2 % |
| Consentement manquant | 5 | 1 % |
| Tubes jetés à tort par l'hôpital | 5 | 1 % |
| Enfant non hospitalisé | 5 | 1 % |
| Tube non analysable selon le laboratoire de l'hôpital | 4 | 1 % |
| Temps d'acheminement au laboratoire de l'hôpital ou température de conservation des tubes dans le service non respectés | 6 | 2 % |
| Dossier complet perdu par le prestataire de monitoring | 2 | 1 % |
| Tube cassé pendant le transport | 1 | 0 % |
| TOTAL | 374 | 100 % |

3.1.3.2 Inclusions par région

Globalement, les objectifs d'inclusion fixés ont pu être atteints avec 3 831 enfants inclus pour 3 800 attendus. Le nombre d'inclusions par département était toutefois inférieur au nombre attendu dans les départements d'Outre-mer, en Bourgogne, en Alsace, en Haute-Normandie, en Auvergne, dans le Limousin et en Ile-de-France (tableau 4). Ces effectifs permettent toutefois d'estimer les moyennes régionales de la plombémie. L'activité des services en Martinique et Guadeloupe a été perturbée par les grèves générales survenues en janvier-février 2009. Pour les régions ayant atteint moins de 90 % des effectifs souhaités, le manque d'inclusions dans un hôpital a « handicapé » toute la région, compte tenu du faible nombre d'hôpitaux participants dans ces régions.

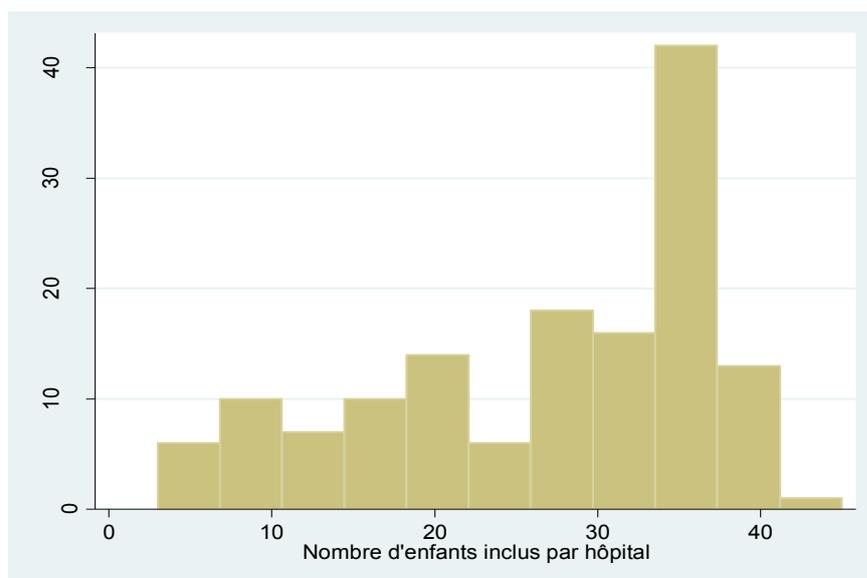
Tableau 4 – Inclusions dans Saturn-Inf par région

| Région | Nombre d'enfants attendus | Nombre d'enfants inclus | % d'atteinte de l'objectif |
|----------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------------------|
| Champagne-Ardenne | 135 | 169 | 125 % |
| Centre | 135 | 163 | 121 % |
| Poitou-Charentes | 108 | 130 | 120 % |
| Rhône-Alpes | 216 | 250 | 116 % |
| Corse | 70 | 80 | 114 % |
| Basse-Normandie | 135 | 149 | 110 % |
| Bretagne | 135 | 149 | 110 % |
| Aquitaine | 135 | 148 | 110 % |
| Midi-Pyrénées | 135 | 148 | 110 % |
| Nord-Pas-de-Calais | 324 | 351 | 108 % |
| Pays-de-la-Loire | 135 | 146 | 108 % |
| Lorraine | 162 | 175 | 108 % |
| Picardie | 135 | 145 | 107 % |
| Franche-Comté | 108 | 110 | 102 % |
| Provence-Alpes-Côte d'Azur | 243 | 246 | 101 % |
| Languedoc-Roussillon | 105 | 104 | 99 % |
| Ile-de-France | 486 | 468 | 96 % |
| Limousin | 81 | 74 | 91 % |
| Auvergne | 105 | 94 | 90 % |
| Haute-Normandie | 162 | 141 | 87 % |
| Guadeloupe | 70 | 55 | 79 % |
| Île de la Réunion | 105 | 82 | 78 % |
| Alsace | 135 | 103 | 76 % |
| Martinique | 105 | 69 | 66 % |
| Bourgogne | 135 | 82 | 61 % |
| Total | 3 800 | 3 831 | 101 % |

3.1.3.3 Inclusions par hôpital

Les hôpitaux ont inclus 27 enfants en moyenne, de 3 à 45 enfants selon les établissements (figure 6). La moitié des hôpitaux a pu recruter au moins 30 enfants (objectif d'inclusion fixé) et 25 % ont pu en recruter au moins 35.

Figure 6 – Inclusions des enfants par hôpital, enquête Saturn-Inf



3.2 Comparaison des caractéristiques des enfants inclus dans l'échantillon et des refus

Parmi les refus, il y avait significativement plus d'enfants de 6 ans, plus d'enfants et de mères nés à l'étranger et plus de bénéficiaires de la CMUc que chez les enfants inclus dans l'échantillon.

Tableau 5 – Caractéristiques sociodémographiques des enfants inclus et des refus

| Caractéristiques sociodémographiques | Enfants inclus (n=3 831) % | Refus (n=111) % |
|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------|
| Enfants | | |
| Sexe | | |
| garçon | 56,0 | 53,2 |
| filles | 44,0 | 47,8 |
| Âge | | |
| 6 mois- 1 an | 15 | 10,3 |
| 1 an | 25,6 | 20,6 |
| 2 ans | 18,1 | 17,8 |
| 3 ans | 15 | 14 |
| 4 ans | 12,5 | 17,8 |
| 5 ans | 9,5 | 10,3 |
| 6 ans * | 4,2 | 9,3 |
| Bénéficiaires de la CMUc* | | |
| oui | 17,0 | 24,5 |
| non | 83,0 | 70,4 |
| non renseigné | – | 5,1 |
| Pays de naissance* | | |
| France | 98,6 | 87,4 |
| Étranger | 1,0 | 3,6 |
| non renseigné | 0,4 | 9 |
| Mères | | |
| Pays de naissance* | | |
| France | 86,1 | 70,3 |
| Étranger | 13,0 | 18 |
| non renseigné | 0,9 | 11,7 |

Les différences de fréquence ont été analysées avec un test de χ^2 ou χ^2 de Yates.

* $p < 0,05$ pour les comparaisons entre les enfants inclus et les refus.

3.3 Description de la population d'étude

La population de l'étude est décrite selon ses caractéristiques sociodémographiques et socio-économiques. Cette description est issue des renseignements fournis par le questionnaire hospitalier. Tous les résultats sont présentés avec l'effectif de l'échantillon pour lequel l'information est disponible et le pourcentage estimé pour la population d'étude, c'est-à-dire en prenant en compte le plan de sondage. Les caractéristiques de la population d'étude sont discutées au regard des données du recensement Insee.

3.3.1 Caractéristiques sociodémographiques

Comme le montre le tableau 6, de légers déséquilibres dans la répartition des effectifs par âge dans la population d'étude persistent, même après le redressement. Les enfants de 1 et 4 ans sont surreprésentés et ceux de 6 ans toujours sous-représentés dans la population d'étude par rapport à la population générale. La fréquence d'enfants nés à l'étranger (1,4 %) dans la population d'étude semble plus faible que celle en population générale (2,2 % chez les enfants de moins de 15 ans ; source : Insee, Recensement 2007). Les enfants nés de mère immigrée sont plus nombreux dans la population d'étude (16,1 %) qu'en population générale (13,2 % à la naissance en 2009 ; source : Insee, état civil).

Tableau 6 – Caractéristiques sociodémographiques des enfants inclus dans Saturn-Inf, 2008-2009

| | Effectif dans l'échantillon | | Fréquence estimée en population | | |
|--|-----------------------------|------|---------------------------------|-----------|------|
| | N | % | % | IC à 95%* | |
| Sexe | | | | | |
| Garçon | 2 146 | 56,0 | 52,7 | 49,8 | 55,6 |
| Fille | 1 685 | 44,0 | 47,3 | 44,4 | 50,2 |
| Âge | | | | | |
| 6 mois-1 an | 576 | 15,0 | 7,6 | 6,5 | 9 |
| 1 | 982 | 25,6 | 19,5 | 17,6 | 21,5 |
| 2 | 695 | 18,1 | 14 | 12,1 | 16,2 |
| 3 | 576 | 15,0 | 12,4 | 11,2 | 13,7 |
| 4 | 479 | 12,5 | 23,9 | 21,1 | 26,8 |
| 5 | 364 | 9,5 | 16,1 | 13,1 | 19,5 |
| 6 | 159 | 4,2 | 6,5 | 5 | 8,5 |
| ZEAT** | | | | | |
| Région parisienne : Ile de France | 468 | 12,2 | 20,2 | 14,3 | 27,8 |
| Bassin parisien : Champagne-Ardenne, Picardie, Haute-Normandie, Centre, Basse-Normandie, Bourgogne | 849 | 22,2 | 16,8 | 12,9 | 21,5 |
| Nord : Nord-Pas-de-Calais | 351 | 9,2 | 7 | 4,1 | 11,6 |
| Est : Lorraine, Alsace, Franche-Comté | 388 | 10,1 | 8,1 | 5,1 | 12,7 |
| Ouest : Pays de la Loire, Bretagne, Poitou-Charentes | 425 | 11,1 | 13 | 9,8 | 17,1 |
| Sud-ouest : Aquitaine, Midi-Pyrénées, Limousin | 370 | 9,7 | 9,2 | 5,3 | 15,5 |
| Centre-est : Rhône-Alpes, Auvergne | 344 | 9,0 | 11,6 | 9,5 | 14,1 |
| Méditerranée : Languedoc-Roussillon, Provence-Alpes-Côte d'Azur, Corse | 430 | 11,2 | 10,9 | 6,8 | 17,1 |
| Martinique, Guadeloupe, Réunion | 206 | 5,4 | 3,2 | 2,2 | 4,4 |
| Pays de naissance de l'enfant | | | | | |
| France | 3 776 | 99,0 | 98,6 | 97,6 | 99,2 |
| Etranger | 40 | 1,0 | 1,4 | 0,8 | 2,5 |
| Pays de naissance de la mère | | | | | |
| France | 3 299 | 86,9 | 83,9 | 80,5 | 86,8 |
| Etranger | 498 | 13,1 | 16,1 | 13,2 | 19,5 |

* IC à 95% : Intervalle de confiance à 95 %, **ZEAT : Zone d'études et d'aménagement du territoire

3.3.2 Caractéristiques socioéconomiques (tableau 7)

Les enfants de 6 mois à 6 ans bénéficiaires de la CMUc sont sensiblement aussi nombreux dans la population d'étude (12,7 %) qu'en population générale (11,7 %) (source : Assurance maladie). La répartition des mères actives (73 % avec un emploi ou en recherche d'emploi) est assez semblable à celle observée au niveau national. En moyenne en 2009, 78 % des mères avec au moins un enfant de moins de 3 ans étaient actives (source : Insee, enquêtes Emploi du 1^{er} au 4^e trimestre 2009). La comparaison des catégories socioprofessionnelles (CSP) des parents avec celles collectées au niveau national chez les hommes et femmes de 20 à 39 ans en France (source : Insee, Recensement de la population 2009 exploitation complémentaire) montre peu de différences à l'exception de la surreprésentation des femmes

sans activité professionnelle qui s'explique par la présence d'enfants en bas âge dans notre échantillon. La CSP des parents a été codée par l'InVS à partir de la variable profession renseignée dans le questionnaire, à l'aide du logiciel SICORE selon la classification PCS de niveau 1, et complétée manuellement pour les professions non codées automatiquement. Les CSP les plus représentées chez les mères de la population d'étude sont les professions intermédiaires (33,2 %) et les employées (48,6 %). La répartition des niveaux d'études des pères et mères correspond parfaitement à celle de la population générale. Seulement 2 % des mères et pères n'avaient pas fait d'études secondaires (source : Insee, Recensement de la population 2009 exploitation complémentaire).

Tableau 7 – Caractéristiques socioéconomiques des enfants inclus dans Saturn-Inf, 2008-2009

| | Effectif dans l'échantillon | | Fréquence estimée en population | | |
|--|-----------------------------|------|---------------------------------|-----------|------|
| | N | % | % | IC à 95%* | |
| Couverture maladie universelle complémentaire (CMUc) | | | | | |
| Oui | 639 | 16,7 | 12,7 | 11 | 14,6 |
| Non | 3 132 | 81,8 | 87,3 | 85,4 | 88,9 |
| Situation professionnelle de la mère | | | | | |
| Occupe un emploi | 2 262 | 59,7 | 64,5 | 61,4 | 67,4 |
| Au chômage inscrite ou non à l'ANPE | 306 | 8,1 | 8,1 | 6,5 | 10,1 |
| Étudiante | 56 | 1,5 | 1,2 | 0,8 | 1,8 |
| Retraitée | 3 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,8 |
| Femme au foyer | 1 132 | 29,9 | 25,4 | 23,1 | 27,9 |
| Autre inactif | 31 | 0,8 | 0,6 | 0,3 | 1,1 |
| Situation professionnelle du père | | | | | |
| Occupe un emploi | 3 207 | 89,3 | 92,4 | 91 | 93,5 |
| Chômeur inscrit ou non à l'ANPE | 282 | 7,9 | 5,7 | 4,6 | 6,9 |
| Étudiant | 23 | 0,6 | 0,4 | 0,2 | 0,8 |
| Retraité | 11 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,7 |
| Homme au foyer | 28 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,9 |
| Autre inactif | 40 | 1,1 | 0,7 | 0,4 | 1,1 |
| Catégorie socio-professionnelle de la mère | | | | | |
| Agriculteurs exploitants | 7 | 0,3 | 0,5 | 0,2 | 0,2 |
| Artisans, commerçants et chefs d'entreprise | 36 | 1,7 | 1,8 | 0,6 | 1 |
| Cadres et professions intellectuelles supérieures | 206 | 9,6 | 9,3 | 1,1 | 7,4 |
| Professions intermédiaires | 672 | 31,2 | 33,2 | 1,7 | 29,9 |
| Employés | 1 059 | 49,2 | 48,6 | 1,8 | 45,1 |
| Ouvriers | 168 | 7,8 | 6,3 | 0,8 | 4,9 |
| Retraités | 3 | 0,1 | 0,3 | 0,2 | 0,1 |
| Catégorie socio-professionnelle du père | | | | | |
| Agriculteurs exploitants | 14 | 0,5 | 0,6 | 0,2 | 1,2 |
| Artisans, commerçants et chefs d'entreprise | 154 | 5,1 | 5,6 | 4,4 | 7,1 |
| Cadres et professions intellectuelles supérieures | 343 | 11,5 | 13,5 | 11,3 | 16,1 |
| Professions Intermédiaires | 613 | 20,5 | 24,8 | 21,2 | 28,8 |
| Employés | 475 | 15,9 | 16,1 | 13,4 | 19,2 |
| Ouvriers | 1 383 | 46,2 | 39,1 | 35,8 | 42,5 |
| Retraités | 11 | 0,4 | 0,4 | 0,2 | 0,8 |
| Niveau d'études de la mère | | | | | |
| Jamais scolarisée | 29 | 0,8 | 1,2 | 0,4 | 3,2 |
| École primaire | 36 | 1,0 | 0,6 | 0,3 | 1,1 |
| Collège | 375 | 10,0 | 8,8 | 7,4 | 10,4 |
| Enseignement professionnel court | 1 134 | 30,1 | 27,5 | 25,1 | 30,1 |
| Bac technologique ou professionnel | 476 | 12,7 | 11,5 | 9,7 | 13,7 |
| Bac général | 366 | 9,7 | 9,1 | 7,4 | 11,2 |
| BTS, DUT, DEST, DEUG | 792 | 21,1 | 24,8 | 21,5 | 28,4 |
| 2 ^e ou 3 ^e cycle universitaire, doctorat, grande école | 554 | 14,7 | 16,5 | 13,9 | 19,4 |

| Niveau d'études du père | | | | | |
|--|-------|------|-------------|------|------|
| Jamais scolarisé | 21 | 0,6 | 1,1 | 0,3 | 3,5 |
| École primaire | 45 | 1,3 | 0,9 | 0,6 | 1,4 |
| Collège | 326 | 9,2 | 7,2 | 5,9 | 8,8 |
| Enseignement professionnel court | 1 446 | 41,0 | 37,4 | 34,7 | 40,1 |
| Bac technologique ou professionnel | 411 | 11,6 | 11,5 | 9,8 | 13,4 |
| Bac général | 243 | 6,9 | 7,8 | 6,1 | 9,9 |
| BTS, DUT, DEST, DEUG | 556 | 15,8 | 16,6 | 14,2 | 19,3 |
| 2 ^e ou 3 ^e cycle universitaire, doctorat, grande école | 481 | 13,6 | 17,4 | 15,1 | 20,1 |

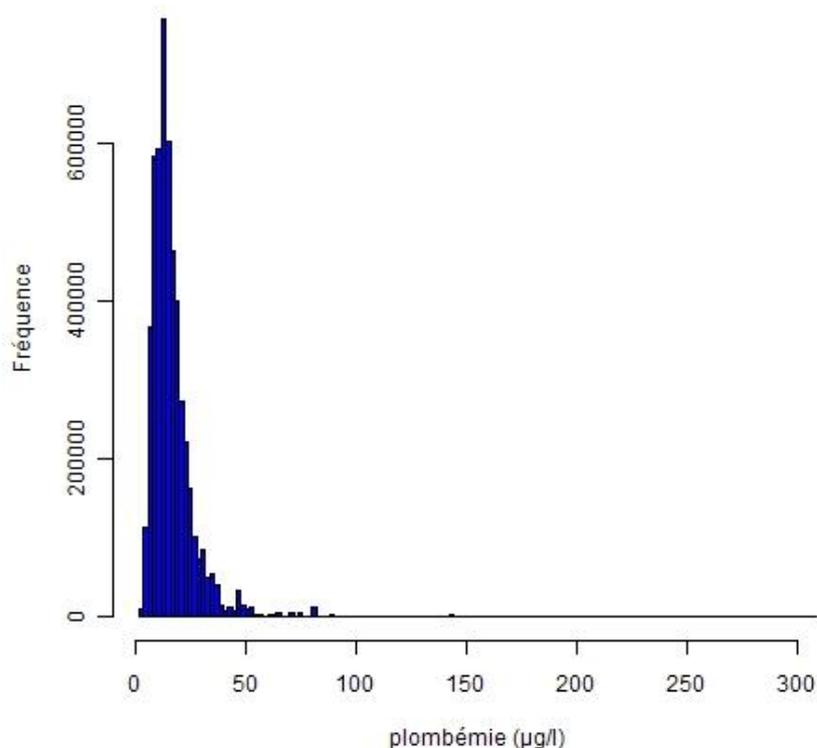
* IC à 95% : Intervalle de confiance à 95 %

3.4 Niveaux de plombémie chez les enfants en France

3.4.1 Distribution nationale

La distribution estimée dans la population cible est log-normale (figure 7), avec une dispersion faible des plombémies.

Figure 7 – Distribution des plombémies ($\mu\text{g/L}$) estimées des enfants âgés de 6 mois à 6 ans en France en 2008-2009



La moyenne géométrique des enfants de 6 mois à 6 ans est de $14,9 \mu\text{g/L}$ ($\text{IC}=[14,5-15,4]$), la médiane de $14,6 \mu\text{g/L}$ et le percentile 95 de $34,2 \mu\text{g/L}$ (tableau 8).

Tableau 8 – Niveaux d'imprégnation au plomb ($\mu\text{g/L}$) des enfants âgés de 6 mois à 6 ans en France, en 2008-2009

| | n ^a | Moyenne géométrique | | Moyenne arithmétique | Percentiles | | | | | | | | |
|---|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|--------------------|------------------|-------|
| | | MG ^b | 95% IC ^c | | 10 th | 25 th | 50 th | 75 th | 90 th | 95 th | 97,5 th | 99 th | Max |
| 6 mois - 6 ans | 3831 | 14,9 | 14,5 - 15,4 | 17,0 | 8,2 | 10,9 | 14,6 | 19,9 | 27,2 | 34,2 | 44,0 | 53,9 | 307,8 |
| ^a Taille de l'échantillon, ^b moyenne géométrique, ^c Intervalle de confiance à 95 % | | | | | | | | | | | | | |

3.4.2 Distribution régionale

Le tableau 9 présente les moyennes et percentiles estimés de la plombémie par région. Les moyennes géométriques bayésiennes empiriques s'étendent de 18,7 $\mu\text{g/L}$ dans la région Midi-Pyrénées à 12,9 $\mu\text{g/L}$ en Bretagne. Ces valeurs moyennes, comme les percentiles 75 ou 90 montrent de légères disparités entre les régions françaises avec des niveaux d'imprégnation plus élevés aux Antilles et en région Midi-Pyrénées. Le classement des régions diffère peu selon qu'on prend en compte la moyenne géométrique, la médiane ou les percentiles 75 et 90.

Tableau 9 – Niveaux d'imprégnation au plomb ($\mu\text{g/L}$) des enfants âgés de 6 mois à 6 ans en 2008-2009 par région

| Régions | Taille de l'échantillon | Moyenne géométrique bayésienne | Moyenne géométrique | | | Moyenne arithmétique | | | Percentile 50 | Percentile 75 | Percentile 90 |
|----------------------------|-------------------------|--------------------------------|---------------------|-------|------|----------------------|-------|------|---------------|---------------|---------------|
| | | | | IC95% | | | IC95% | | | | |
| ALSACE | 103 | 14,9 | 14,6 | 13,4 | 15,8 | 15,5 | 14,3 | 16,7 | 14,2 | 19,6 | 22,7 |
| AQUITAINE | 148 | 14,9 | 14,6 | 14,0 | 15,3 | 16,2 | 15,6 | 16,7 | 13,1 | 18,8 | 27,1 |
| AUVERGNE | 94 | 15,6 | 15,5 | 14,6 | 16,4 | 17,2 | 15,5 | 18,9 | 14,6 | 19,1 | 26,0 |
| BASSE-NORMANDIE | 149 | 15,9 | 15,5 | 14,9 | 16,1 | 17,5 | 16,6 | 18,3 | 14,2 | 21,0 | 30,2 |
| BOURGOGNE | 82 | 16,0 | 15,3 | 14,7 | 16,1 | 17,0 | 16,3 | 17,7 | 14,6 | 21,2 | 26,7 |
| BRETAGNE | 149 | 12,9 | 12,4 | 11,3 | 13,5 | 13,2 | 12,2 | 14,3 | 12,1 | 16,4 | 19,0 |
| CENTRE | 163 | 15,2 | 14,8 | 13,9 | 15,8 | 16,2 | 15,2 | 17,2 | 14,9 | 19,4 | 24,3 |
| CHAMPAGNE-ARDENNE | 169 | 15,9 | 15,6 | 12,5 | 19,6 | 18,1 | 14,9 | 21,2 | 16,5 | 22,7 | 28,9 |
| CORSE | 80 | 14,7 | 13,5 | 10,2 | 18,0 | 15,6 | 9,9 | 21,2 | 13,4 | 16,5 | 26,0 |
| FRANCHE-COMTÉ | 110 | 15,9 | 15,8 | 14,9 | 16,7 | 18,1 | 16,8 | 19,4 | 14,5 | 17,2 | 34,2 |
| GADELOUPE | 55 | 18,2 | 20,7 | 19,9 | 21,4 | 23,2 | 21,7 | 24,7 | 19,8 | 24,6 | 37,3 |
| HAUTE-NORMANDIE | 141 | 15,3 | 14,7 | 13,5 | 16,1 | 16,2 | 15,3 | 17,1 | 14,0 | 19,2 | 26,2 |
| ILE-DE-FRANCE | 486 | 15,5 | 15,3 | 14,2 | 16,4 | 17,7 | 16,7 | 18,7 | 15,1 | 20,8 | 29,5 |
| LANGUEDOC-ROUSSILLON | 105 | 15,2 | 14,6 | 14,1 | 15,1 | 16,5 | 15,0 | 18,1 | 14,0 | 20,7 | 25,7 |
| LIMOUSIN | 81 | 15,7 | 15,5 | 14,1 | 17,1 | 17,8 | 16,6 | 19,0 | 14,3 | 22,0 | 26,9 |
| LORRAINE | 162 | 16,4 | 15,9 | 14,8 | 17,0 | 18,3 | 16,9 | 19,7 | 15,1 | 20,4 | 31,8 |
| MARTINIQUE | 105 | 17,7 | 19,8 | 19,2 | 20,5 | 21,7 | 21,2 | 22,1 | 20,1 | 23,9 | 35,4 |
| MIDI-PYRÉNÉES | 135 | 18,7 | 18,4 | 16,5 | 20,5 | 22,6 | 20,1 | 25,0 | 18,0 | 22,0 | 35,7 |
| NORD-PAS-DE-CALAIS | 324 | 14,0 | 13,7 | 11,2 | 16,6 | 15,5 | 12,8 | 18,3 | 13,9 | 19,2 | 22,8 |
| PAYS DE LA LOIRE | 135 | 14,5 | 14,0 | 12,9 | 15,2 | 14,9 | 13,8 | 16,0 | 13,7 | 18,5 | 20,2 |
| PICARDIE | 135 | 16,6 | 16,4 | 13,4 | 20,2 | 19,3 | 14,6 | 23,9 | 15,6 | 23,1 | 35,3 |
| POITOU-CHARENTES | 108 | 15,1 | 14,7 | 12,9 | 16,7 | 17,5 | 14,7 | 20,4 | 14,0 | 19,4 | 26,8 |
| PROVENCE-ALPES-CÔTE-D'AZUR | 243 | 15,6 | 15,2 | 14,5 | 16,0 | 17,1 | 15,9 | 18,3 | 14,7 | 19,8 | 27,4 |
| RÉUNION | 105 | 15,8 | 15,8 | 11,2 | 22,2 | 17,8 | 11,8 | 23,8 | 15,8 | 20,0 | 29,9 |
| RHÔNE-ALPES | 216 | 14,3 | 13,8 | 13,0 | 14,8 | 15,9 | 14,2 | 17,5 | 14,0 | 18,2 | 22,7 |

3.4.3 Distribution des plombémies en fonction des facteurs individuels et d'exposition au plomb

La moyenne géométrique estimée dans la population cible est légèrement plus élevée chez les garçons (15,3 µg/L, IC_{95%} = [14,8-15,9]) que chez les filles (14,5 µg/L, IC_{95%} = [13,7-15,2]) ; tous les percentiles sont également plus élevés chez les garçons (tableau 10). L'ensemble des percentiles augmente très légèrement avec l'âge jusqu'à 5 ans et baisse chez les enfants de 6 ans. La plombémie des 6-12 mois est significativement plus faible que celle des 1 à 6 ans, avec une moyenne géométrique de 11,5 µg/L ; la forme de la distribution est la même que celle des enfants plus âgés. Cinq pourcents des enfants de 6 à 12 mois avaient une plombémie non négligeable de 30 µg/L. Les plombémies sont plus élevées chez les enfants nés à l'étranger, chez ceux avec un comportement main-bouche à risque vis-à-vis des peintures, chez les bénéficiaires de la CMUc, chez les enfants dont la mère est née en Afrique et, enfin, chez ceux dont les parents sont locataires de leur logement. Tous les paramètres de la distribution augmentent également avec le nombre d'enfants, la sur-occupation des logements (nombre de résidents/nombre de pièces $\geq 1,5$) et lorsque le niveau d'éducation baisse.

Tableau 10– Distribution des plombémies ($\mu\text{g/L}$) des enfants âgés de 6 mois à 6 ans en France en 2008-2009 selon différents facteurs individuels et familiaux

| | n ^a | Moyenne géométrique | | Moyenne arithmétique | Percentiles | | | | | | |
|---|----------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------|------|------|------|------|------|-------|
| | | MG ^b | 95% IC ^c | | 10 | 25 | 50 | 75 | 90 | 95 | Max |
| Total | 3 831 | 14.9 | 14,5 - 15,4 | 17 | 8.2 | 10.9 | 14.6 | 19.9 | 27.2 | 34.2 | 307.8 |
| FACTEURS INDIVIDUELS | | | | | | | | | | | |
| Sexe | | | | | | | | | | | |
| Garçons | 2 146 | 15.3 | 14,8 - 15,9 | 17.4 | 8.6 | 11.2 | 14.8 | 20.4 | 27.5 | 34.2 | 307.8 |
| Filles | 1 685 | 14.5 | 13,7 - 15,2 | 16.6 | 7.7 | 10.5 | 14.2 | 19.6 | 26.5 | 33.9 | 211.7 |
| Âge (années) | | | | | | | | | | | |
| 6-12 mois | 576 | 11.5 | 10,6 - 12,3 | 13.3 | 6.4 | 8.2 | 10.7 | 14.7 | 22.7 | 29.8 | 63.7 |
| 1 | 982 | 14.4 | 13,6 - 15,2 | 16.8 | 7.9 | 10 | 14 | 19.3 | 28.3 | 34.2 | 211.7 |
| 2 | 695 | 15.2 | 14,4 - 16,0 | 16.8 | 8.2 | 11.4 | 15.3 | 20.2 | 26.2 | 30.9 | 84.9 |
| 3 | 576 | 15 | 14,2 - 15,7 | 16.7 | 8.5 | 11.5 | 14.9 | 19.2 | 25.9 | 33.3 | 122.5 |
| 4 | 479 | 15.5 | 14,3 - 16,7 | 17.5 | 8 | 12.2 | 15 | 20.6 | 25.9 | 32.1 | 307.8 |
| 5 | 364 | 16.5 | 15,2 - 17,7 | 18.9 | 9.4 | 11.9 | 15.7 | 21 | 34.1 | 46.9 | 81.4 |
| 6 | 159 | 15.1 | 13,7 - 16,6 | 16.8 | 9.7 | 10.8 | 14.8 | 19.5 | 28.2 | 33.4 | 61.1 |
| Pays de naissance de l'enfant | | | | | | | | | | | |
| France | 3 776 | 14.9 | 14,4 - 15,3 | 16.9 | 8.2 | 10.8 | 14.6 | 19.9 | 26.9 | 34.1 | 307.8 |
| Autre | 40 | 21.5 | 18,1 - 25,0 | 26.8 | 10.5 | 14 | 19.4 | 30.7 | 62.3 | 81.2 | 81.2 |
| Comportement de l'enfant vis-à-vis des peintures (gratte, porte à la bouche) | | | | | | | | | | | |
| Oui | 231 | 17 | 15,1 - 18,9 | 19.8 | 9.8 | 11.9 | 15.5 | 22.8 | 34.5 | 46.8 | 211.7 |
| Non | 3 439 | 14.8 | 14,3 - 15,3 | 16.9 | 8.2 | 10.8 | 14.5 | 19.8 | 26.8 | 34.1 | 307.8 |
| FACTEURS FAMILIAUX | | | | | | | | | | | |
| Pays de naissance de la mère | | | | | | | | | | | |
| France | 3 299 | 14.6 | 14,1 - 15,1 | 16.6 | 8.1 | 10.8 | 14.3 | 19.4 | 26.3 | 32.7 | 307.8 |
| Autres pays d'Europe | 86 | 14.4 | 11,8 - 17,0 | 17.2 | 7.7 | 10.5 | 13.1 | 19.6 | 27 | 46.8 | 65.2 |
| Afrique | 273 | 18.2 | 16,5 - 20,0 | 21 | 9.1 | 12.6 | 18.3 | 24.7 | 34.2 | 46.5 | 122.5 |
| Autres | 129 | 15.3 | 12,9 - 17,7 | 17.3 | 8.8 | 10.9 | 14.6 | 22.8 | 24.5 | 28.3 | 71.9 |
| Couverture médicale universelle complémentaire (CMUc) | | | | | | | | | | | |
| Oui | 639 | 18.4 | 17,1 - 19,8 | 21.4 | 8.2 | 10.1 | 13 | 18.4 | 25.4 | 34.2 | 142.8 |
| Non | 3 132 | 14.5 | 14,0 - 14,9 | 16.4 | 8 | 10.7 | 14.2 | 19.3 | 25.5 | 32.1 | 307.8 |
| Niveau d'études de la mère | | | | | | | | | | | |
| Aucun | 29 | 22 | 18,3 - 25,8 | 26.2 | 9 | 13.4 | 30.7 | 34.1 | 34.2 | 53.3 | 140.3 |
| Primaire | 36 | 17.8 | 13,0 - 22,5 | 21.3 | 7.2 | 10.4 | 20.8 | 24.8 | 42.1 | 48.1 | 84.9 |
| Secondaire | 2 350 | 15.9 | 15,1 - 16,6 | 18.10 | 8.5 | 11.8 | 15.6 | 20.8 | 29.8 | 37.5 | 142.8 |
| Tertiaire | 1 348 | 13.5 | 13,0 - 14,1 | 15.3 | 7.7 | 9.9 | 13.1 | 18.2 | 23.5 | 27.3 | 307.8 |
| Nombre d'enfants | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 298 | 14.3 | 13,8 - 14,9 | 15.8 | 8.1 | 10.8 | 14.0 | 18.8 | 24.6 | 29.5 | 211.7 |
| 2 | 1 462 | 14.4 | 13,8 - 15,1 | 16.5 | 7.8 | 10.3 | 14.4 | 19.4 | 25.1 | 32.7 | 307.8 |
| 3 | 671 | 16.3 | 15,3 - 17,3 | 18.4 | 8.9 | 11.9 | 15.9 | 21.8 | 29.7 | 37.9 | 127.4 |
| >3 | 400 | 17 | 15,0 - 19,0 | 20.6 | 9 | 11.1 | 14.7 | 26.1 | 34.5 | 51.2 | 142.8 |
| Taux d'occupation du logement (nombre de résidents/nombre de pièces) | | | | | | | | | | | |
| <1.5 | 3 342 | 14.6 | 14,2 - 15,0 | 16.6 | 8.1 | 10.8 | 14.3 | 19.5 | 26.4 | 32.7 | 307.8 |
| ≥ 1.5 | 373 | 18.1 | 16,7 - 19,5 | 21 | 9.2 | 12.7 | 18.6 | 24.2 | 35.9 | 46.9 | 142.8 |
| Statut d'occupation | | | | | | | | | | | |
| Propriétaire | 1 838 | 14.4 | 13,8 - 14,9 | 16.4 | 7.9 | 10.3 | 14.1 | 19.3 | 25.9 | 32.8 | 140.3 |
| Locataire | 1 867 | 15.7 | 15,0 - 16,3 | 17.9 | 8.5 | 11.3 | 15.3 | 21.3 | 25.2 | 35 | 307.8 |
| Logé gratuitement | 107 | 15.0 | 13,3 - 16,7 | 15.6 | 12.7 | 12.7 | 13.0 | 15.3 | 29.5 | 29.5 | 42.3 |

3.4.4 Prévalence nationale du saturnisme

Huit cas de saturnisme (plombémie $\geq 100 \mu\text{g/L}$) ont été identifiés dans l'échantillon : cinq enfants de 1 an, un de 3 ans et deux de 4 ans, avec des niveaux de plombémie allant de 100 à 308 $\mu\text{g/L}$. Six enfants avaient une plombémie comprise entre 100 et 150 $\mu\text{g/L}$, un entre 150 et 250 $\mu\text{g/L}$ et un à 308 $\mu\text{g/L}$. Compte tenu des poids de sondage et des redressements, la prévalence nationale du saturnisme en France (métropole + Martinique + Guadeloupe + Réunion), dans la classe d'âge de 6 mois à 6 ans, a été estimée à 0,09%, $IC_{95\%} = [0,03-0,15]$, ce qui représente un total de 4 705 enfants, $IC_{95\%} = [1 518-7 756]$, dont 4 437, $IC_{95\%} = [1 463-7411]$ enfants en France métropolitaine. Sur la classe d'âge 1 à 6 ans,

la prévalence a été estimée à 0,1%, $IC_{95\%} = [0,03-0,16]$, représentant 4 704 enfants, $IC_{95\%} = [1 659-7 748]$, dont 4 436 enfants, $IC_{95\%} = [1 465-7 407]$, en France métropolitaine.

Les enquêtes environnementales (mesures de plomb dans le logement et sur l'aire de jeu), conduites par les Ddass et le CSTB (en métropole), ont permis d'identifier des sources d'exposition variées : sol pollué (n=1), présence de plomb dans le logement précédent et/ou cosmétiques (khôl) et plat à tajine (n=1), peinture plombée sur un lit à barreaux ancien (n=1), travaux de rénovation dans un logement ancien (n=1), poussières chargées en plomb dans le logement et/ou plat à tajine (n=1). Pour deux enfants, aucune source de surexposition n'a pu être repérée. Pour l'un des enfants, aucune enquête n'a été menée.

3.5 Facteurs associés aux différents niveaux de plombémie

Le tableau 11 présente les facteurs de risque des plombémies étudiés chez les enfants vivant en France en 2008-2009 à partir des deux modélisations : l'une estimant les facteurs de risque influençant la moyenne géométrique des plombémies et l'autre estimant les facteurs de risque influençant le percentile 95 (P95) de la distribution. Les facteurs de risque ont été choisis *a priori*.

Tous les facteurs environnementaux d'exposition au plomb testés dans le premier modèle étaient significativement associés à la moyenne géométrique (MG) des plombémies, après ajustement sur les co-variables, à l'exception de la profession à risque des parents et de la présence de peintures dégradées dans les parties communes pour un logement antérieur à 1949. Toutefois, une augmentation non significative (+23 % [-46-181]) de la moyenne géométrique est observée pour la profession à risque des parents (n=4). Les professions citées par les parents étaient : ouvrier dans la fabrication de batteries de voitures, ferrailleur (n=2) et usinage de plomb.

Les mêmes facteurs sont retrouvés sur le P95 des plombémies par le deuxième modèle bien que les associations ne soient significatives que pour une variable : lorsque la mère est née dans un pays connu pour un fort usage du plomb (médecine traditionnelle, plats à tajine, cosmétiques de type khôl). L'augmentation du P95 est de 31 % [1-71] pour ces pays (liste définie *a priori*).

Pour quasiment chaque facteur étudié, l'effet du facteur est plus fort sur le percentile 95 que sur la moyenne des plombémies.

La consommation d'eau du robinet en présence de branchements en plomb au domicile est le facteur le plus fortement associé aux plombémies (MG : +51 % [4-121] ; P95 : +260 % [-26-1 644]). Même sans branchement en plomb, la consommation d'eau du robinet seule ou combinée à de l'eau embouteillée augmente la plombémie moyenne de respectivement 12 % [4-21] et 21 % [10-33] (15 % [-12-50] et 25 % [2-55] pour le P95). On estime dans cette étude que seulement 2 % des enfants consomment de

l'eau du robinet avec branchement en plomb, contre 22 % sans branchement en plomb. À noter toutefois que pour 52 % des enfants, la présence de branchement en plomb n'est pas connue. Dans ce dernier groupe dans lequel la présence de branchement n'est pas renseignée, des augmentations de plombémies sont également observées sur la moyenne géométrique (+21 % [15-29]) et le percentile 95 (+22 % [1-49]) avec la consommation d'eau du robinet (données non présentées).

Les autres variables associées aux plombémies sont le tabagisme passif lorsque les parents fument plus de 2 heures dans le logement (avec une augmentation de 34 % [18- 52] de la moyenne géométrique et de 40 % [-11-121] du P95 lorsque les parents fument plus de 5 heures par jour), les peintures écaillées dans un logement antérieur à 1949 (MG : +27 % [14-41] ; P95 : +20 % [-16-70]) et les travaux de rénovation avec production de poussières (MG : +17 % [10-25] ; P95 : +20 % [-17-72]). Les enfants vivant avec des parents qui fument plus de 2 heures dans le logement représentaient 7 % des enfants ; près de 6 % seraient exposés à des peintures écaillées dans un logement ancien (<1949) et 8 % aux travaux de rénovation dans un logement ancien au cours des 6 derniers mois. L'ancienneté du logement, sans présence de travaux ou de peintures dégradées reste une source potentielle d'exposition : la plombémie moyenne augmente de 14 % [4-26] et le percentile 95 de 13 % [-11-44].

Tableau 11 – Facteurs de risque associés aux plombémies ($\mu\text{g/L}$) des enfants de 6 mois à 6 ans en France en 2008-2009

| | | Prévalence d'exposition % | Augmentation de la moyenne géométrique de la plombémie ^a % | | | Augmentation du percentile 95 de la plombémie ^a % | | |
|---|--|---|---|-------|-------|--|-------|--------|
| | | | IC95% | | | IC95% | | |
| Sexe | | | | | | | | |
| Filles | | 47,3 | Référence | | | | | |
| Garçons | | 52,7 | 4,6 | -1,6 | 11,2 | 6,1 | -9,4 | 24,3 |
| Comportement de l'enfant vis-à-vis des peintures (gratte, porte à la bouche) | | | | | | | | |
| Non | | 93,0 | Référence | | | | | |
| Oui | | 4,9 | 14,5 | 3,1 | 27,2 | 21,2 | -5,6 | 55,7 |
| Nombre d'enfants dans la famille | | | | | | | | |
| 2 versus 1 | | | 1,8 | -0,6 | 4,2 | 8,6 | -0,7 | 18,8 |
| Mère née dans un pays à fort usage de plomb ^b | | | | | | | | |
| Non | | 93,3 | Référence | | | | | |
| Oui | | 6,7 | 12,3 | -2,1 | 28,8 | 31,4 | 1,1 | 70,7 |
| Profession à risque des parents | | | | | | | | |
| Non | | 88,6 | Référence | | | | | |
| Oui | | 0,2 | 23,2 | -46,0 | 180,8 | - | - | - |
| Possible | | 11,2 | 5,0 | -6,1 | 17,3 | - | - | - |
| Parents fument dans le logement | | | | | | | | |
| Non | | 80,9 | Référence | | | | | |
| < 1h/jour | | 6,4 | 4,5 | -5,0 | 14,9 | 23,3 | -9,9 | 68,5 |
| 1-2 h/jour | | 6,0 | 0,6 | -9,5 | 11,8 | -1,3 | -18,1 | 18,8 |
| 2-5h/jour | | 4,2 | 12,4 | 1,4 | 24,7 | 9,3 | -15,0 | 40,4 |
| >5h/jour | | 2,5 | 34,0 | 18,3 | 51,7 | 40,0 | -11,2 | 120,8 |
| Branchement en plomb | | | | | | | | |
| | | Eau consommée | | | | | | |
| Non | | | Référence | | | | | |
| Bouteille | | 22,0 | | | | | | |
| Eau du robinet | | 10,5 | 11,9 | 3,7 | 20,8 | 14,9 | -12,0 | 50,0 |
| Les 2 | | 11,8 | 20,8 | 9,8 | 32,9 | 25,5 | 1,5 | 55,4 |
| Oui | | | Référence | | | | | |
| Bouteille | | 1,8 | 17,4 | -6,8 | 47,9 | 68,3 | -7,4 | 205,9 |
| Eau du robinet | | 1,1 | 51,5 | 4,0 | 120,6 | 259,5 | -25,9 | 1644,2 |
| Les 2 | | 1,0 | 65,7 | 34,4 | 104,3 | 96,5 | -35,8 | 501,2 |
| Date de construction du logement | | | | | | | | |
| | | Peintures écaillées dans le logement | | | | | | |
| Après 1949 | | | Référence | | | | | |
| Non | | 60,8 | | | | | | |
| Oui | | 8,2 | 2,6 | -5,9 | 12,0 | 7,4 | -13,5 | 33,2 |
| Avant 1949 | | | Référence | | | | | |
| Non | | 19,0 | 14,4 | 4,1 | 25,7 | 12,9 | -11,3 | 43,7 |
| Oui | | 5,6 | 26,6 | 13,8 | 40,8 | 19,5 | -16,2 | 70,3 |
| | | Travaux de rénovation dans le logement | | | | | | |
| Après 1949 | | | Référence | | | | | |
| Non | | 50,8 | | | | | | |
| Oui | | 18,4 | -0,7 | -6,4 | 5,4 | -0,4 | -16,2 | 18,5 |
| Avant 1949 | | | Référence | | | | | |
| Non | | 15,8 | 14,4 | 4,1 | 25,7 | 12,9 | -11,3 | 43,7 |
| Oui | | 8,5 | 17,2 | 9,5 | 25,4 | 19,7 | -16,8 | 72,3 |
| | | Etat des peintures dans les parties communes | | | | | | |
| Après 1949 | | | Référence | | | | | |
| Pas de parties communes | | 44,8 | | | | | | |
| Bon état | | 18,6 | 6,2 | -2,0 | 15,0 | -4,3 | -20,1 | 14,7 |
| Peintures écaillées | | 5,7 | -1,9 | -12,3 | 9,7 | -1,7 | -28,1 | 34,4 |
| Avant 1949 | | | Référence | | | | | |
| Pas de parties communes | | 18,8 | 14,4 | 4,1 | 25,7 | 12,9 | -11,3 | 43,7 |
| Bon état | | 3,3 | 16,0 | -5,1 | 41,7 | -0,7 | -45,1 | 79,6 |
| Peintures écaillées | | 2,3 | 14,2 | -12,7 | 49,5 | 3,6 | -40,9 | 81,5 |

^a Résultats ajustés sur l'âge et le taux d'occupation.

^b Algérie, Maroc, Libye, Mauritanie, Tunisie, Égypte, Soudan, Niger, Tchad, Chine, Arabie Saoudite, Koweït, Iran, Israël, Afghanistan, Liban, Turquie, Syrie, Jordanie, Iraq, Oman, Bahreïn, Yémen, Émirats Arabes Unis, Inde, Bengladesh, Sri Lanka, Pakistan, Mexique.

Items "Ne sait pas" ne sont pas inclus dans le tableau.

4 Discussion

4.1 Forces et limites de l'étude

Les forces de cette étude sont d'abord liées à la taille importante de l'échantillon (n=3 831), à la bonne couverture géographique du territoire métropolitain, à l'inclusion de trois départements d'Outre-Mer (non réalisée dans la précédente enquête), à l'harmonisation des protocoles de recueil de données et à l'analyse centralisée des plombémies dans un laboratoire présentant des garanties d'assurance qualité. Le recrutement des enfants a été fait au sein de services hospitaliers, comme cela avait été le cas lors de l'étude nationale précédente menée en 1995-1996, ce qui rapproche les protocoles et donne de la crédibilité à la comparaison des évolutions. L'ajout de la classe d'âge 6 mois à 1 an dans la population cible permet d'avoir, par ailleurs, les premières estimations d'imprégnation des enfants en début de processus actif d'intoxication. La stratégie d'échantillonnage avait pour but de surreprésenter les hôpitaux suspectés à haut risque vis-à-vis du saturnisme afin d'améliorer les estimations des valeurs élevées de la distribution des plombémies. La prise en compte des poids de sondage et de redressement a permis de proposer des estimations nationales, qui peuvent être utilisées comme références pour suivre l'imprégnation au plomb des enfants résidant en France.

Toutefois, des limites doivent être considérées. Tout d'abord, un biais de sélection dû au recrutement hospitalier est possible. La prévalence du saturnisme infantile est estimée à partir d'un échantillon d'enfants hospitalisés, dont les caractéristiques ne sont probablement pas totalement comparables à celles des enfants issus de la population générale. Une surreprésentation des enfants bénéficiaires de la CMUc est effectivement constatée dans l'échantillon (16,7 % *versus* 11,7 % en population générale, sources des données : Assurance maladie 2008), ce qui pourrait entraîner une surestimation de la prévalence ; elle a été corrigée par le redressement, redonnant le poids réel de ces enfants dans la population générale. D'autres différences entre population source et population cible ont pu échapper aux redressements effectués. Néanmoins, la répartition des facteurs socioéconomiques dans l'échantillon redressé était similaire à celle observée dans la population générale. Seules des différences significatives persistent au niveau de la répartition des enfants par âge, avec plus d'enfants de 1 et 4 ans et moins d'enfants de 6 ans dans l'échantillon redressé qu'en population générale. Ces différences s'expliquent par le recrutement hospitalier non homogène par âge ainsi que par la méthode de redressement par classes d'âge pluriannuelles qui ne permet pas de corriger les disparités de répartition des âges dans chaque classe.

La participation des hôpitaux a été très bonne (82,7 %) et celle des parents très élevée (97,1 %). Les refus des parents ont toutefois pu être sous-enregistrés par les médecins dans certains hôpitaux. Le profil

des refus montre plus d'enfants et de mères nés à l'étranger et de bénéficiaires de la CMUc que dans le groupe des inclus, même si la puissance pour étudier ces comparaisons est limitée. La langue et l'origine des familles ont pu être un obstacle à l'inclusion aléatoire, pouvant conduire certains services à proposer la participation à l'enquête aux familles les plus « faciles » à interroger, c'est-à-dire sans obstacle linguistique ou culturel. À l'inverse, un recrutement sélectif des enfants a pu se produire par des médecins ciblant plus ou moins consciemment des familles plus à risque de saturnisme. Ces biais de recrutement auraient tendance respectivement à sous-estimer ou surestimer la prévalence. Les médecins hospitaliers investigateurs ont été fortement alertés sur l'importance d'éviter ce type de biais mais il reste difficile d'évaluer précisément les pratiques réelles d'inclusion.

Les facteurs de risque environnementaux, recueillis de façon déclarative, ne permettent pas une estimation aussi précise du risque que des mesures environnementales. Des biais de classement sont donc possibles pour chaque facteur.

Enfin, la liste des facteurs d'exposition étudiés dans cette étude n'est pas exhaustive. L'exposition au plomb via l'alimentation, une source importante pour les plombémies modérées (<100 µg/L) (European Food Safety Authority (EFSA) 2010; Glorennec *et al.* 2007) n'est pas prise en compte dans l'étude pour des raisons de faisabilité, ni l'exposition aux sols pollués, ni celle *via* les loisirs des parents (tir, poterie, fonte de soldats en plomb...).

4.2 Évolutions temporelles et géographiques

Les résultats de cette étude montrent une baisse de la prévalence du saturnisme (plombémie ≥ 100 µg/L) chez l'enfant par rapport à l'enquête nationale réalisée en 1995-1996. Cette précédente enquête incluait des enfants âgés de 1 à 6 ans recrutés dans des services hospitaliers de chirurgie et de pédiatrie, en France métropolitaine. La prévalence est passée de 2,1 % [1,6-2,6] (Huel *et al.* 1997; Inserm 1999) à 0,1 % [0,03-0,16] dans la classe d'âge 1-6 ans. Elle a été divisée par 20, ce qui est beaucoup plus important que l'objectif de division par deux fixé par la loi de santé publique de 2004. Pour la France métropolitaine, l'estimation du nombre d'enfants concernés de 1 à 6 ans est ainsi de l'ordre de 4 500 contre 84 000 précédemment. La baisse de la plombémie ne concerne pas seulement les enfants les plus exposés puisque la moyenne géométrique chez les 1 à 6 ans a aussi fortement chuté, passant de 36 µg/L (Huel *et al.* 1997) à 15 µg/L.

La faible variation des moyennes géométriques par âge est également observée chez les enfants de 1 à 6 ans bénéficiant d'un dépistage (Lecoffre *et al.* 2010). La baisse des plombémies constatée dans cette enquête est cohérente avec la baisse observée chez les enfants dépistés pour le saturnisme (Lecoffre *et al.*

2010). La prévalence de l'intoxication parmi les enfants ciblés bénéficiant d'une première plombémie de dépistage est ainsi passée de 25 % en 1995 à 3,2 % en 2009 (Lecoffre *et al.* 2011).

La baisse des plombémies constatée chez les enfants existe aussi dans la population générale adulte comme l'a montré récemment l'Enquête nationale nutrition santé (ENNS) : chez les 18-28 ans, la moyenne géométrique est passée de 44,5 µg/L en 1995-1996 à 17,8 µg/L en 2006-2007 et la prévalence du saturnisme de 5,5 % à 0,2 % (Falq *et al.* 2011).

Les moyennes géométriques varient peu selon les régions avec toutefois des valeurs légèrement plus élevées en Midi-Pyrénées, Guadeloupe et Martinique, et plus basses en Bretagne. Dans l'enquête précédente réalisée en 1995, une moyenne plus faible avait déjà été estimée pour la Bretagne ; par contre, l'estimation pour la région Midi-Pyrénées était proche de la moyenne nationale. Pour les Antilles, il n'existe pas d'élément de comparaison dans cette classe d'âge. De possibles différences liées à l'apport alimentaire en plomb seraient à tester pour expliquer ces contrastes.

4.3 Comparaisons internationales

La distribution des plombémies des enfants en France est comparable à celle observée en population générale aux États-Unis et en Allemagne. Ainsi, aux États-Unis, la moyenne géométrique était de 15,2 µg/L (IC_{95%} = [13,7-16,6]) en 2007-2008 chez les enfants de 1 à 5 ans (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2012) ; elle s'élevait en Allemagne à 16,3 µg/L (IC_{95%} = [15,9-16,7]) en 2003-2006 chez les enfants de 3 à 14 ans (Schulz *et al.* 2009) contre 15,1 µg/L (IC_{95%} = [14,7-15,5]) en France dans la classe d'âge 1- 6 ans (Etchevers *et al.* 2010). Le percentile 95 était légèrement plus élevé aux États-Unis (P95=41,0 µg/L) (Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2012) et en Allemagne (P95=39,9 µg/L) (Schulz *et al.* 2009) qu'en France (P95=34,8 µg/L) dans ces mêmes populations. Le percentile 97,5, choisi comme valeur de référence aux États-Unis pour remplacer le seuil d'intervention de 100 µg/L, s'élevait à 50 µg/L en 2007-2008 (Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2012) contre 44 µg/L dans notre étude. Entre 1991-1994 et 2007-2008, la prévalence du saturnisme aux États-Unis est passée de 4,4 % (IC_{95%} = [2,7-6,5]) (Jones *et al.* 2009) à 0,9 % (United States Environmental Protection Agency 2012) chez les enfants de 1 à 5 ans en population générale ; elle reste 9 fois plus élevée qu'en France.

4.4 Facteurs associés à la plombémie

Comme démontré dans de nombreuses études chez l'enfant sur les plombémies inférieures à 100 µg/L, nos résultats ne mettent pas en évidence une source unique permettant d'expliquer les plombémies mais une surexposition due à plusieurs sources (Bernard and McGeehin 2003;Oulhote *et al.* 2011). Les facteurs déjà identifiés dans l'enquête menée en 1995-1996, c'est-à-dire le logement antérieur à 1949 et la

consommation d'eau du robinet (Huel *et al.* 1997), persiste en 2009. Cependant, comme le montre la diminution de l'imprégnation, l'exposition des enfants à ces facteurs semble avoir baissé du fait des nombreuses mesures de réduction des expositions au domicile depuis 15 ans.

Les résultats de l'enquête Saturn-Inf 2008-2009 montrent que la plombémie reste fortement influencée par la consommation d'eau du robinet en présence de branchements en plomb (MG : +51 % ; P95 : +259 %); cette exposition concernait 4 % des enfants pour lesquels l'information était connue. Le tabagisme passif et la présence de peintures dégradées ou la réalisation de travaux de rénovation dans un logement antérieur à 1949 contribuent également à l'augmentation de la plombémie.

Des effets plus forts de ces facteurs sont observés sur le percentile 95 des plombémies (34 µg/L chez les 6 mois-6 ans) que sur la moyenne géométrique (15 µg/L chez les 6 mois-6 ans), probablement parce que l'exposition au plomb est plus forte chez ces enfants : concentrations en plomb dans les peintures et dans l'eau du robinet plus élevées, consommation d'eau plus importante, fréquence supérieure de peintures dégradées et accessibles dans le logement. De plus, les enfants les plus imprégnés ont plus fréquemment un comportement à risque vis-à-vis des peintures, comme le montrent les résultats de l'étude.

L'eau de distribution est une source connue d'exposition au plomb (Edwards *et al.* 2009; Gulson *et al.* 1994; Levin *et al.* 2008; Renner 2010). L'eau de boisson peut s'enrichir en plomb dans les réseaux d'adduction comportant des canalisations ou des raccords en plomb, des soudures à l'étain-plomb sur des tuyaux de cuivre, des robinets en laiton ou encore des polymères contenant du stéarate de plomb. La charge en plomb dans l'eau dépend des propriétés physico-chimiques de l'eau et de la présence ou non d'un traitement correctif adéquat (deminéralisation, neutralisation, traitement anticorrosion). Après une large utilisation du plomb dans les branchements au réseau public et les canalisations intérieures, les tuyaux en plomb ont cessé d'être utilisés sur les canalisations des réseaux intérieurs de distribution dans les années 1950, grâce à l'évolution de la réglementation et des pratiques professionnelles. En revanche, le plomb a été utilisé pour les branchements publics jusque dans les années 1960 et de manière marginale, jusque dans les années 1990. L'installation de canalisations en plomb est interdite depuis le décret du 5 avril 1995 et depuis l'arrêté du 10 juin 1998 pour les alliages utilisés pour souder les brasures. En 2004, 15,9 % des tuyaux de branchement contenaient toujours du plomb (Direction générale de la santé (DGS) 2004) et en 1998, 34 % des logements avaient des canalisations intérieures en plomb. Depuis 2004, des mesures d'élimination des branchements en plomb couplées aux traitements déjà existants des eaux corrosives ont été mises en place en France dans le but de respecter en 2013 la limite de 10 µg/L de plomb dans l'eau, fixée par la réglementation européenne (Council of the European Union 1998). Peu de canalisations intérieures ont en revanche été remplacées. Dans l'enquête environnementale menée en 2009 par le CSTB auprès d'un sous-échantillon d'enfants de l'étude Saturn-

Inf, la concentration de plomb dans l'eau dépassait 25 µg/L (réglementation actuelle) dans 1 % des logements français avec un enfant de moins de 7 ans et 10 µg/L dans 2,9 % des logements (Lucas *et al.* 2012). En 2004, Gloennec *et al.* (Gloennec *et al.* 2007) estimaient à partir des mesures du contrôle sanitaire que 5 % des logements présentaient des concentrations au-dessus de 10 µg/L. Dans notre étude, seule la présence de branchements en plomb, combinée à la consommation d'eau, a été étudiée ; l'information sur les canalisations intérieures a été collectée mais non utilisée car mal renseignée. La présence de plomb dans l'eau n'est toutefois due qu'en partie à la présence de branchements ; les canalisations intérieures pouvant contribuer à l'apport de plomb. La présence de canalisations intérieures étant fréquente dans les logements approvisionnés par un branchement en plomb (logements antérieurs aux années 1950), la variable étudiée dans le modèle pourrait représenter probablement l'effet cumulé des branchements et des canalisations ; la part de chacun reste inconnue. Toutefois, l'effet des canalisations intérieures peut être en partie estimé chez les enfants consommant l'eau du robinet (22 % des enfants concernés), sans présence de branchement en plomb ; l'augmentation de la plombémie moyenne est de 12 % pour l'eau du robinet exclusivement et de 21 % pour la consommation combinée d'eau du robinet et en bouteille. Enfin une surexposition par la consommation d'aliments cuisinés avec l'eau du robinet est démontrée dans l'étude avec une augmentation de 17 % de la moyenne et de 68 % du percentile 95 des plombémies chez les enfants ne consommant que de l'eau en bouteille mais avec présence de branchements en plomb au domicile.

Vivre dans un logement antérieur à 1949 avec des peintures dégradées reste une source potentielle d'exposition au plomb (MG : +27 % ; P95 :+20 %). Malgré leur interdiction progressive à partir de 1915 pour la protection des ouvriers peintres, des peintures à la céruse (à base de plomb) ont été utilisées jusque vers les années 1950 (Lucas 2011). La dégradation ou le décapage des peintures à la céruse (notamment des huisseries) sans mesure de contrôle appropriée, peuvent générer des poussières riches en plomb dans le logement (Lanphear *et al.* 1998; Lanphear *et al.* 2005a; Reissman *et al.* 2002). Les jeunes enfants ayant une importante activité main-bouche peuvent ingérer des poussières. Plusieurs études ont d'ailleurs démontré des associations entre poussières plombées au domicile et plombémies (Gaitens *et al.* 2009; Wilson *et al.* 2007). Les résultats de l'étude Saturn-Inf montrent une baisse des plombémies vraisemblablement liée à une baisse généralisée des facteurs de risque, y compris les peintures plombées. En effet, les démolitions d'immeubles insalubres et la rénovation de logements anciens réalisées en continu depuis 15 ans ont dû réduire l'exposition aux peintures de plomb. De plus, l'information du public sur le risque d'exposition au plomb au domicile a été améliorée depuis 1999 avec la mise en place des constats de risque d'exposition au plomb (CREP) (concentration en plomb et état des peintures

renseignés), dont le résultat est annexé à toute promesse de vente ou acte de vente d'un logement antérieur à 1948, depuis 1999 et aux baux de location de ces mêmes logements, depuis 2008.

Le tabagisme passif (>2 heures par jour dans le logement de l'enfant) est également un facteur influençant la plombémie (MG : +12 % ; P95 : +9 %), avec une augmentation de la plombémie d'autant plus forte que l'exposition augmente (MG : + 34% et P95 : 9 % lorsque les parents fument plus de 5 heures par jour). Le tabagisme passif est un facteur potentiel d'exposition chez l'enfant (Bernard and McGeehin 2003; Lanphear *et al.* 2000; Mannino *et al.* 2003) compte tenu de la présence de plomb retrouvé dans la fumée de cigarette (Galazyn-Sidorczuk *et al.* 2008; Pappas *et al.* 2006). Ainsi, aux États-Unis, sur la période 1999-2004, les plombémies des enfants de 3 à 19 ans, résidant avec un ou au minimum deux fumeurs ont augmenté, respectivement de 14 % et 24 %, même après ajustement sur des facteurs socioéconomiques (Apostolou *et al.* 2012). Dans notre étude, le tabagisme passif est corrélé au statut socioéconomique mais reste associé aux plombémies lorsqu'on ajuste sur un proxy du faible statut socioéconomique comme le fait de bénéficier de la CMUc.

Le pays de naissance de la mère est associé avec le percentile 95 des plombémies (+31 %). Cette variable peut être interprétée comme un *proxy* d'habitudes culturelles spécifiques pouvant exposer au plomb, à défaut d'avoir pu poser directement des questions sur des pratiques précises. En effet, les plats à tajine traditionnels et certaines pièces de vaisselle, importées d'Afrique du Nord ou du Mexique, utilisées pour la cuisson ou la conservation des aliments par des populations immigrées, peuvent constituer une source d'exposition au plomb non négligeable ; ces céramiques peuvent relarguer du plomb au contact d'aliments acides selon leur procédé de fabrication (Bretin P. and Schapiro E 2006; Lynch *et al.* 2008). L'utilisation de cosmétiques importés d'Asie ou de pays arabes comme le surma ou le khôl, se présentant sous forme de poudre ou liquide, peut entraîner des imprégnations élevées par le plomb par ingestion ou contact direct (Al Ashban *et al.* 2004; Al-Saleh *et al.* 2009). Les enfants peuvent être exposés parce que ces produits sont parfois utilisés sur les enfants et aussi parce que les enfants sont en contact avec leur mère qui les utilise sur elle. Ces cosmétiques sont aussi plus ou moins employés comme des médicaments traditionnels, car ils sont supposés protéger contre certaines maladies, notamment de l'œil et éloigneraient les mauvais esprits dans les croyances. En France, en 2003-2004, sur 690 enfants avec une plombémie de plus de 100 µg/L, la source identifiée par les Ddass lors d'investigations environnementales était des céramiques importées pour 14 cas et l'utilisation de khôl pour 11 cas (Inserm et InVS 2008). Parmi les 8 cas de saturnisme identifiés dans Saturn-Inf, l'exposition au khôl ou l'utilisation de plat à tajine est suspectée être la source d'intoxication pour 2 d'entre eux. Des cas de saturnisme en lien avec la médecine ayurvédique ont été rapportés aux États-Unis (CDC 2004; CDC and NCEH 2005), permettant de

supposer que cette médecine pourrait également être une source d'exposition au plomb chez l'enfant en France.

Enfin, les plombémies augmentaient avec les facteurs d'ajustement définis *a priori*: l'âge, le sexe masculin, le comportement main-bouche à risque vis-à-vis des peintures, le taux d'occupation et la taille de la fratrie bien que les augmentations ne soient pas significatives à l'exception du comportement main-bouche. Le comportement main-bouche et la sur-occupation du logement (qui favorise la dégradation des peintures) jouent en effet un rôle important dans les processus d'intoxication de l'enfant par le plomb. Ces facteurs potentialisent l'effet des sources d'exposition présentes. Leurs valeurs prédictives seront évaluées avec d'autres facteurs individuels dans un modèle visant à évaluer les critères actuels du dépistage du saturnisme, dans une étude complémentaire.

D'autres facteurs de risque environnementaux non étudiés ici, comme les émissions atmosphériques de plomb et l'alimentation, pourraient expliquer la baisse de l'imprégnation des enfants observée ici.

Les émissions atmosphériques de plomb ont diminué de 98 % entre 1990 et 2008 en France (CITEPA 2011), notamment du fait de l'évolution de la concentration en plomb des carburants, de la diminution de leur usage puis de leur interdiction en janvier 2000 et, plus marginalement, de la diminution des émissions industrielles de plomb. Même si la baisse de l'exposition atmosphérique au plomb était déjà sensible lors de l'étude d'imprégnation de 1995, cette baisse a été poursuivie entre les deux études et a très certainement contribué à la baisse des plombémies enregistrées.

L'exposition au plomb dans l'alimentation, évaluée dans la seconde étude nationale *Étude de l'alimentation totale* (EAT) entre 2007 et 2009, a été réduite de 35 % en comparaison avec la première étude EAT menée en 2000-2004 (Arnich *et al.* 2012). Même si la part attribuable à l'alimentation n'est pas connue dans l'exposition des enfants au plomb, tous les enfants sont exposés au plomb via l'alimentation. L'alimentation constitue probablement une partie du bruit de fond non expliqué par les sources étudiées dans cette étude. La diminution de l'apport alimentaire moyen a donc probablement contribué à la baisse des plombémies moyennes.

5 Conclusion

L'enquête Saturn-Inf réalisée en 2008-2009 montre une très forte baisse de l'imprégnation par le plomb chez le jeune enfant en France. L'objectif de la loi de Santé publique a largement été atteint. La baisse de l'imprégnation saturnine s'explique par les actions de diminution de l'exposition : suppression de l'essence au plomb, amélioration de l'alimentation, traitement des eaux de distribution, politiques

sociales, politiques de l'habitat, contrôle des émissions industrielles, sans qu'il soit possible de faire la part de l'impact respectif de ces actions.

L'imprégnation au plomb reste toutefois une préoccupation de Santé publique compte tenu de l'accumulation de preuves scientifiques sur les effets sur la santé des plombémies modérées (<100 µg/L) et sur l'absence de seuil connu de toxicité (Canfield *et al.* 2003;Jusko *et al.* 2008;Lanphear *et al.* 2005b). Dans une revue de la littérature réalisée en 2011, le National Toxicology Program estime qu'à des valeurs de plombémies inférieures à 100 µg/L, les effets chez l'enfant se traduisent par une diminution du quotient intellectuel, un retard de la puberté et une altération de la fonction auditive (National Toxicology Program 11 A.D.). Pour des plombémies en dessous de 50 µg/L, une baisse des performances scolaires, des troubles comportementaux et un risque d'hyperactivité sont également montrés chez l'enfant (National Toxicology Program 11 A.D.). Les conclusions de ces nouvelles études ont amené les *Centers for Disease Control and Prevention* aux États-Unis, sur les conseils de leur comité consultatif sur la prévention du saturnisme infantile, à recommander le remplacement du seuil d'intervention de 100 µg/L par une valeur de référence basée sur le percentile 97,5 de la distribution des plombémies des enfants américains âgés de 1 à 5 ans (Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2012;CDC 2012). Cette valeur de 50 µg/L a été obtenue à partir des deux plus récents cycles de l'étude nationale NHANES 2005-2006 et 2007-2008 (Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC) 2012). L'Agence fédérale allemande en santé environnementale a de même conseillé en 2010 l'utilisation d'une valeur de référence estimée à 35 µg/L chez les enfants de 3 à 14 ans (correspondant à la borne inférieure de l'intervalle de confiance du percentile 95 calculé pour la période 2003-2006) (Wilhelm *et al.* 2010). Les effets démontrés à faible dose et l'association encore observée en 2008-2009 entre les expositions résidentielles au plomb et les plombémies encouragent donc à poursuivre les efforts de réduction des expositions, notamment en éliminant l'exposition au plomb des peintures anciennes (dégradation et travaux sans précaution) et l'exposition hydrique (branchements et canalisations intérieures en plomb). Il apparaît aussi nécessaire d'informer les familles sur le risque lié au tabagisme passif, à l'utilisation de remèdes traditionnels, cosmétiques et vaisselles pouvant contenir du plomb.

Références bibliographiques

2012. R : a Language and Environment for Statistical Computing. In: Vienna, Austria:R Foundation for Statistical Computing.

Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention of the Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2012. Low Level Lead exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention. Available: http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_010412.pdf [accessed 18 July 2012].

Arnich N, Sirot V, Riviere G, Jean J, Noel L, Guerin T, et al. 2012. Dietary exposure to trace elements and health risk assessment in the 2nd French Total Diet Study. *Food Chem Toxicol*.

Bernard SM, McGeehin MA. 2003. Prevalence of blood lead levels \geq 5 microg/dL among US children 1 to 5 years of age and socioeconomic and demographic factors associated with blood of lead levels 5 to 10 microg/dL, Third National Health and Nutrition Examination Survey, 1988-1994. *Pediatrics* 112: 1308-13.

Bretin P., Schapiro E. 2006. Sources inhabituelles d'intoxication par le plomb chez l'enfant et la femme enceinte. Saint-Maurice (France) : Institut de veille sanitaire.

Canfield RL, Henderson CR, Jr., Cory-Slechta DA, Cox C, Jusko TA, Lanphear BP. 2003. Intellectual impairment in children with blood lead concentrations below 10 microg per deciliter. *N Engl J Med* 348: 1517-26.

Canty AJ DA. 1999. Resampling-based variance estimation for labour force surveys. *The Statistician* 48: 379-91.

CDC. 2004. lead poisoning associated with ayurvedic medications – five states, 2000-2003. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep* 53: 582-4.

CDC. 2012. Response to Advisory Committee on Childhood Lead Poisoning Prevention Recommendations in "Low Level Lead Exposure Harms Children: A Renewed Call for Primary Prevention.". Available: http://www.cdc.gov/nceh/lead/acclpp/final_document_010412.pdf [accessed 18 July 2012].

CDC, NCEH. 2005. Lead in folk medicine : Questions and answers. In.

Centers for Disease Control and Prevention (CDC). 2012. Fourth National Report on Human Exposure to Environmental Chemicals, Update Tables. Atlanta, GA:Centers for Disease Control and Prevention.

CITEPA. 2011. Substances relatives à la contamination par les métaux lourds. Centre technique interprofessionnel d'étude de la pollution atmosphérique. Paris:CITEPA.

Council of the European Union 1. 1998. Council Directive 98/83/EC of 3 November 1998 on the quality of water intended for human consumption. *Official Journal Of the European Communities*: L 330-32-L 330/54.

Direction générale de la santé (DGS). 2004. Recensement national des branchements publics en plomb. Paris.

- Edwards M, Triantafyllidou S, Best D. 2009. Elevated blood lead in young children due to lead-contaminated drinking water: Washington, DC, 2001-2004. *Environ Sci Technol* 43: 1618-23.
- Etchevers A, Bretin P. 2008a. Enquête Saturn-Inf 2008-2009. Protocole. St Maurice (France).
- Etchevers A, Bretin P. 2008b. Bilan de l'Étude Pilote Saturn-Inf 2007. Saint-Maurice (France).
- Etchevers A, Lecoffre C, Le Tertre A. 2010. Imprégnation des enfants par le plomb en France en 2008-2009. In.
- European Food Safety Authority (EFSA). 2010. Panel on contaminants in the food chain (CONTAM). *EFSA J* 8: 1570.
- Falq G, Zeghnoun A, Pascal M, Vernay M, Le SY, Garnier R, et al. 2011. Blood lead levels in the adult population living in France the French Nutrition and Health Survey (ENNS 2006-2007). *Environ Int* 37: 565-71.
- Gaitens JM, Dixon SL, Jacobs DE, Nagaraja J, Strauss W, Wilson JW, et al. 2009. Exposure of U.S. children to residential dust lead, 1999-2004: I. Housing and demographic factors. *Environ Health Perspect* 117: 461-7.
- Glorennec P, Bemrah N, Tard A, Robin A, Le BB, Bard D. 2007. Probabilistic modeling of young children's overall lead exposure in France: integrated approach for various exposure media. *Environ Int* 33: 937-45.
- Gulson BL, Law AJ, Korsch MJ, Mizon KJ. 1994. Effect of plumbing systems on lead content of drinking water and contribution to lead body burden. *Science of the Total Environment* 144: 279-84.
- Harrell FE. 2001. Regression Modelling strategies. With application to linear models, logistic regression and survival analysis. New-York:Springer.
- Huel G, Jouan M, Frery N, Huet M. 1997. Surveillance de la population française vis-à-vis du risque saturnin. Paris:RNSP.
- Inserm. 1999. Plomb dans l'environnement. Quels risques pour la santé ? Paris.
- Inserm, InVS. 2008. Saturnisme : quelles stratégies de dépistage chez l'enfant ? Paris.
- Institut de veille sanitaire. 2012. Available: <http://www.invs.sante.fr/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Saturnisme> .
- Jones RL, Homa DM, Meyer PA, Brody DJ, Caldwell KL, Pirkle JL, et al. 2009. Trends in blood lead levels and blood lead testing among US children aged 1 to 5 years, 1988-2004. *Pediatrics* 123: e376-85.
- Jusko TA, Henderson CR, Lanphear BP, Cory-Slechta DA, Parsons PJ, Canfield RL. 2008. Blood lead concentrations < 10 microg/dL and child intelligence at 6 years of age. *Environ Health Perspect* 116: 243-8.
- Koenker R. 2012. Quantile Regression. R Package version 4.77
- Lanphear BP, Hornung R, Ho M. 2005a. Screening housing to prevent lead toxicity in children. *Public Health Rep* 120: 305-10.

Lanphear BP, Hornung R, Khoury J, Yolton K, Baghurst P, Bellinger DC, et al. 2005b. Low-level environmental lead exposure and children's intellectual function: an international pooled analysis. *Environ Health Perspect* 113: 894-9.

Lanphear BP, Matte TD, Rogers J, Clickner RP, Dietz B, Bornschein RL, et al. 1998. 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* 79: 51-68.

Lecoffre C, Bretin P, Garnier R, De Bels F. 2011. Childhood poisoning screening activity in France: a fifteen-year experience (1995-2009). In: *International Society of Environmental Epidemiology 2011 Barcelona (Spain)*.

Lecoffre C, Provini C, Bretin P. 2010. Dépistage du saturnisme de l'enfant en France de 2005 à 2007. Saint-Maurice (France):Institut de veille sanitaire.

Levin R, Brown MJ, Kashtock ME, Jacobs DE, Whelan EA, Rodman J, et al. 2008. Lead exposures in U.S. Children, 2008: implications for prevention. *Environ Health Perspect* 116: 1285-1293.

Lucas JP. 2011. Historique de la réglementation relative à l'emploi de la ceruse et des dérivés du plomb dans la peinture en France. *Environ Risque Sante* 10: 316-22.

Lucas JP, Le BB, Glorennec P, Etchevers A, Bretin P, Douay F, et al. 2012. Lead contamination in French children's homes and environment. *Environ Res*.

Lumley T. 2011. Survey : analysis of complex survey sample. R package. In.

Lynch R, Elledge B, Peters C. 2008. An assessment of lead leachability from lead-glazed ceramic cooking vessels. *J Environ Health* 70: 36-40, 53.

National Toxicology Program. 11 A.D. Monograph on Health Effects of Low-Level Lead. Washington, DC:U.S. Department of Health and Human Services.

Oulhote Y, Le BB, Poupon J, Lucas JP, Mandin C, Etchevers A, et al. 2011. Identification of sources of lead exposure in French children by lead isotope analysis: a cross-sectional study. *Environ Health* 10: 75.

Reissman DB, Matte TD, Gurnitz KL, Kaufmann RB, Leighton J. 2002. Is home renovation or repair a risk factor for exposure to lead among children residing in New York City? *J Urban Health* 79: 502-11.

Renner R. 2010. Exposure on tap: drinking water as an overlooked source of lead. *Environ Health Perspect* 118: A68-A72.

Schulz C, Angerer J, Ewers U, Heudorf U, Wilhelm M. 2009. Revised and new reference values for environmental pollutants in urine or blood of children in Germany derived from the German environmental survey on children 2003-2006 (GerES IV). *Int J Hyg Environ Health* 212: 637-47.

StataCorp.2009. 2011. Stata Statistical Software: Release 11. In: College Station, TX: StataCorp LP.

United States Environmental Protection Agency. 2012. What are the trends in exposure to environmental contaminants including across population subgroups and geographic regions? Available: <http://cfpub.epa.gov/eroe/index.cfm?fuseaction=detail.viewInd&lv=list.listbyalpha&r=224030&subtop=208> [accessed 18 July 2012].

Wilhelm M, Heinzow B, Angerer J, Schulz C. 2010. Reassessment of critical lead effects by the German Human Biomonitoring Commission results in suspension of the human biomonitoring values (HBM I and HBM II) for lead in blood of children and adults. *Int J Hyg Environ Health* 213: 265-9.

Wilson J, Dixon S, Galke W, McLaine P. 2007. An investigation of dust lead sampling locations and children's blood lead levels. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 17: 2-12.

Annexe - Saisine de la Direction générale de la santé



DIRECTION GENERALE DE LA SANTE
Sous-direction de la gestion des risques des milieux
Bureau « Bâtiments, bruit et milieu de travail »
DGS / SD7C - N° 38
Personne chargée du dossier :
Géraldine GRANDGUILLOT
Tél. : 01.40.56.46.52
Fax : 01.40.56.50.56
E-mail : geraldine.grandguillot@sante.gouv.fr



Paris, 26 JAN. 2006



Le Directeur général de la santé

A

**Monsieur le Directeur
de l'Institut de veille sanitaire
12, rue du Val d'Osne
94415 SAINT MAURICE CEDEX**

OBJET : enquête de prévalence du saturnisme infantile
REF. : votre courrier du 12 novembre 2004

En réponse à votre courrier du 12 novembre 2004 et suite à la réunion du 8 décembre dernier, j'ai bien noté que le Contrat d'objectifs et de moyens de l'InVS mentionnait la réalisation d'une enquête nationale de prévalence du saturnisme infantile, dont l'élaboration du protocole est prévue pour 2006 et le déroulement de l'étude pour 2007.

En effet, les enquêtes de prévalence et les campagnes de dépistage du saturnisme infantile menées en France depuis une dizaine d'années semblent montrer une diminution de la prévalence de l'intoxication par le plomb. Il apparaît effectivement nécessaire de réaliser une nouvelle enquête, sur l'imprégnation par le plomb de la population, notamment des enfants, pour évaluer l'impact des actions de prévention qui ont été menées jusqu'ici et pour aider à définir, dimensionner et évaluer les actions à mettre en œuvre dans le futur.

En outre, cette enquête permettra de vérifier si l'objectif fixé dans le rapport annexé à la loi relative à la politique de santé publique du 9 août 2004, ainsi que dans le Plan national santé-environnement, est bien atteint, à savoir une réduction de moitié de la prévalence du saturnisme infantile en France d'ici 2008.



Jocelyne BOUTOT
Sous-direction de la gestion des
risques des milieux

14, avenue Duquesne - 75 530 PARIS 07 SP - Téléphone : 01 40 56 60 00 - Télécopie 01 40 56 40 56

www.sante.gouv.fr

Imprégnation des enfants français par le plomb en 2008-2009

Enquête Saturn-Inf 2008-2009

Enquête nationale de prévalence du saturnisme chez les enfants de 6 mois à 6 ans

Introduction – Ce rapport présente les résultats de l'enquête Saturn-Inf, enquête nationale de prévalence du saturnisme chez l'enfant, menée en 2008-2009 en France. Les objectifs de l'étude sont : 1) d'estimer la prévalence du saturnisme (plombémie supérieure ou égale à 100 µg/L) chez les enfants de 6 mois à 6 ans en France en 2008-2009 ; 2) décrire les niveaux d'imprégnation au plomb des enfants dans chaque région et 3) mesurer la contribution des facteurs de risque de la plombémie.

Méthode – Cette enquête transversale, réalisée en milieu hospitalier, a inclus 3 831 enfants. Le plan de sondage comprenait deux degrés et une stratification au premier degré sur la région administrative et sur le risque d'exposition au plomb dans l'habitat, estimé pour le bassin d'attraction de chaque hôpital. La plombémie de chaque enfant a été mesurée. Les caractéristiques sociodémographiques de la famille et les sources d'exposition au plomb ont été renseignées par questionnaire. Un modèle linéaire généralisé et une régression par quantile ont été utilisés pour quantifier l'association entre la plombémie et les facteurs de risque.

Résultats – Chez les enfants de 6 mois à 6 ans, la prévalence du saturnisme est estimée à 0,09 % (IC 95% = [0,03-0,16]), ce qui représente 4 705 enfants pour l'ensemble de la France. La moyenne géométrique des plombémies est de 14,9 µg/L (IC 95% = [14,5-15,4]). L'imprégnation des enfants présente de légères disparités régionales. Les facteurs de risque mis en évidence sont la consommation d'eau du robinet, la présence de branchements en plomb au domicile, les peintures écaillées ou les travaux de rénovation dans un logement antérieur à 1949, le tabagisme passif, le comportement main-bouche de l'enfant et le pays de naissance de la mère dans un pays à fort usage de plomb.

Conclusion – Chez les enfants de 1 à 6 ans, la prévalence du saturnisme est passée de 2,1 % (IC 95% = [1,6-2,6]) en 1995-1996 à 0,1 % (IC 95%=[0,03-0,16]) en 2008-2009. Cette baisse témoigne d'une forte diminution de l'exposition des enfants depuis 15 ans en France, comme cela est constaté aux États-Unis et dans d'autres pays européens.

Mots clés : plomb, saturnisme infantile, plombémie

Lead impregnation of French children in 2008-2009

Saturn-Inf Survey 2008-2009

National survey of the prevalence of lead poisoning among children 6 months to 6 years

Introduction – This report presents the results of Saturn-Inf, the national study of childhood lead poisoning, conducted in 2008-2009 in France. The objectives of the study are: 1) to estimate the prevalence of blood lead level (BLL) ≥ 100 µg/L among children aged 6 months to 6 years in France, 2) to describe the BLL by French region and 3) to measure the contribution of environmental risk factors.

Methods – This cross-sectional survey included 3831 children, recruited at hospital. A two-stage probability sample, stratified by hospital and French region was conducted. Blood samples, socio-demographic characteristics, and environmental exposure were collected. Generalized linear model and quantile regression were used to quantify the association between BLL and environmental risk factors.

Results – Among children aged 6 months to 6 years, the prevalence of BLL above 100 µg/L was 0.09% (95% CI= [0.03-0.15]): i.e. 4,705 children, in France. The BLL geometric mean was 14.9 µg/L (95% Confidence Interval= [14.5-15.4]). Only slight differences were observed between French regions. Factors significantly associated with BLL were tap water consumption, presence of lead branch pipes, peeling paint or recent renovations in housing build before 1949, passive smoking, hand-mouth child behavior, and mother born in countries where lead is often used.

Conclusions – Among children aged 1 to 6 years, the prevalence of BLL ≥ 100 µg/L decreased from 2.1% (95% CI= [1.6-2.6]) in 1995-1996 to 0.1% (95% CI=[0.03-0.16]) in 2008-2009 in France. The decrease of BLL in France, quite similar to those observed in US and in other European countries, shows a strong reduction of lead exposure in the last 15 years.

Citation suggérée :

Etchevers A, Bretin P, Le Tertre A, Lecoffre C. Imprégnation des enfants français par le plomb en 2008-2009. Enquête Saturn-Inf 2008-2009. Enquête nationale de prévalence du saturnisme chez les enfants de 6 mois à 6 ans. Saint-Maurice : Institut de veille sanitaire ; 2013. 51 p. Disponible à partir de l'URL : <http://www.invs.sante.fr>

INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

12 rue du Val d'Osne

94415 Saint-Maurice Cedex France

Tél. : 33 (0)1 41 79 67 00

Fax : 33 (0)1 41 79 67 67

www.invs.sante.fr

ISSN: 1958-9719

ISBN-NET: 978-2-11-138328-9

Réalisé par Service communication - InVS

Dépôt légal : juillet 2013