

Evaluation de l'exposition des enfants au plomb émis par l'usine Metaleurop à Arnas (Rhône)

Résultats du dépistage des imprégnations au plomb
et de l'analyse des facteurs de risques



Novembre 1999

Cellule inter-régionale d'épidémiologie d'intervention de Rhône-Alpes et Auvergne



MINISTERE DE L'EMPLOI
ET DE LA SOLIDARITE

DIRECTION REGIONALE
DES AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES
DE RHONE-ALPES

Institutions et personnes participant au programme

Responsabilité du programme et coordination des investigations

Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Rhône
Brigitte Moissonnier, Sous-direction de l'Hygiène publique
Dr Marie-José Communal, Sous-direction des actions de santé publique

Coordination des prélèvements et du site d'information, CH de Villefranche/Saône

Centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône / Département d'information médicale
Dr Jean-François Botton

Participation au programme

Service de pédiatrie du centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône
Dr Philippe Rebaud
Médecins et infirmières du service

Service de promotion de la santé en faveur des élèves de l'Académie de Lyon
Dr Iris Ollier
Dr Mazonod
Médecins et infirmières du secteur

Service santé et prévention du Conseil général du Rhône
Dr Maryse Vocanson
Dr Maryse Spiller
Travailleurs médicaux et sociaux du canton de Villefranche-sur-Saône

Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Rhône
Valérie Formisyn Rosemarie Gehin
Martine Poirier Mylène Marcel
Chrystel Lamat

Service communal d'hygiène et de santé de la ville de Villefranche-sur-Saône
Isabelle Cordier
Mylène Murer
Infirmières municipales

Service de biologie de l'Hôpital Edouard Herriot (Hospices civils de Lyon)
Pr Vallon
Mme Accominotti

Responsabilité et coordination scientifiques

Cellule inter-régionale d'épidémiologie d'intervention de Rhône-Alpes et Auvergne
Bruno Fabres
Dr Brigitte Helynck
Dr Philippe Saviuc

Institut de veille sanitaire
Martine Ledrans

Document rédigé par :

Bruno Fabres

Dr Brigitte Helynck

Dr Philippe Saviuc

Cellule inter-régionale d'épidémiologie d'intervention de Rhône-Alpes et Auvergne

Remerciements

Nous tenons à remercier tout particulièrement le Dr Jean-François Botton (Département d'information médicale) ainsi que le Dr Philippe Rebaud et les médecins et infirmières du Service de pédiatrie du centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône pour avoir organisé les prélèvements sanguins auprès des enfants dans des délais extrêmement courts et dans des conditions parfaites.

Nous remercions les vingt et un médecins et infirmières du Service santé et prévention du Conseil général du Rhône, du Service de promotion de la santé en faveur des élèves de l'Académie de Lyon, du Service communal d'hygiène et de santé de la ville de Villefranche-sur-Saône et de la Direction départementale des affaires sanitaires et sociales du Rhône, qui se sont mobilisés pour mener l'administration des questionnaires aux parents.

Nous remercions enfin tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, ont participé à ce programme.

Sommaire

Institutions et personnes participant au programme	2
1. Contexte.....	8
1.1. Mise en place d'un programme de dépistage autour du site Metaleurop.....	8
1.2. Autour du programme de dépistage... ..	9
2. Rappels sur le plomb dans l'environnement, sa toxicité, les indicateurs biologiques d'exposition	10
2.1. Sources de plomb et voies d'exposition	10
2.2. Cinétique du plomb dans l'organisme	11
2.3. Principaux effets toxiques du plomb	12
2.3.1. Effets hématologiques.....	12
2.3.2. Effets sur le système nerveux	12
2.3.3. Effets rénaux.....	13
2.3.4. Effets sur le système cardio-vasculaire	13
2.3.5. Effets sur la reproduction	13
2.3.6. Autres effets.....	13
2.4. Indicateurs biologiques	14
2.4.1. La plombémie.....	14
2.4.2. Le plomb dans les cheveux.....	14
2.4.3. Autres indicateurs biologiques d'expositio	15
2.5. Transfert du plomb du sol vers les végétaux	15
3. Objectifs.....	17
4. Matériels et méthodes.....	17
4.1. Type d'enquête.....	17
4.2. Périmètre d'étude	17
4.3. Population d'étude	18
4.4. Choix de l'indicateur biologique d'exposition pour la mesure du plomb.....	18
4.5. Déroulement du dépistage.....	20
4.5.1. Pilotage.....	20
4.5.2. Liste des enfants de la population d'étude.....	20
4.5.3. Informations sur la mise en place de l'enquête.....	20

4.6. Prélèvements biologiques.....	21
4.6.1. Modalités.....	21
4.6.2. Matériel.....	21
4.6.3. Laboratoire doseur.....	22
4.6.4. Envoi des résultats.....	22
4.7. Questionnaire.....	22
4.8. Prise en charge des enfants et enquêtes environnementales.....	23
4.9. Aspects éthiques.....	23
4.9.1. CNIL.....	23
4.9.2. Consentement des parents.....	24
4.9.3. Constitution de comités d'experts.....	24
4.10. Variables d'étude.....	24
4.10.1. Variables individuelles.....	24
4.10.2. Variables décrivant l'exposition.....	24
4.11. Saisie et vérification des données.....	25
4.12. Traitements statistiques.....	25
4.12.1. Description des variables d'intérêt.....	25
4.12.2. Analyse unifactorielle.....	26
4.12.3. Modèle additif généralisé.....	26
4.12.4. Comparaison avec les données régionales.....	26
5. Résultats.....	26
5.1. Participation à l'enquête.....	26
5.2. Vérification des critères d'inclusion des enfants.....	27
5.3. Description de la population étudiée (n=626).....	27
5.3.1. Caractéristiques de l'enfant.....	27
5.3.2. Caractéristiques des parents.....	32
5.3.3. Facteurs liés à l'habitat.....	33
5.4. Description des plombémies.....	34
5.5. Bilan des enquêtes environnementales.....	35

5.6. Analyse unifactorielle	36
5.6.1. Age	36
5.6.2. Sexe.....	36
5.6.3. Fratrie	37
5.6.4. Niveau d'études – Catégorie socioprofessionnelle	37
5.6.5 Facteurs d'exposition au plomb environnemental.....	38
5.7. Analyse multifactorielle	39
5.8. Comparaison avec la moyenne régionale	44
6. Discussion	44
6.1. Participation au dépistage et conséquences individuelles.....	44
6.2. Choix du périmètre d'étude et diagnostic environnemental	45
6.2.1. Détermination du périmètre autour de Metaleurop à Arnas	45
6.2.2. Nécessité d'un diagnostic environnemental préalable à un dépistage	45
6.2.3. Plombémies réalisées hors enquête.....	47
6.2.4. Choix de la population d'étude	48
6.3. Facteurs de risques mis en évidence.....	48
6.3.1. Age	48
6.3.2. Situation du logement par rapport à l'usine	49
6.3.3. Fréquentation de l'école de la Chartonnière	50
6.3.4. Facteurs liés au logement	50
6.3.5. Tabagisme passif	50
6.3.6. Catégorie socioprofessionnelle et travail sur le site de Metaleurop du père.....	50
6.4. Une plombémie moyenne plus importante que la moyenne régionale	51
6.5. Comparaison avec d'autres études menées autour de sites industriels travaillant le plomb	51
7. Conclusions - Recommandations	55
7.1. Conclusions générales	55
7.2. Recommandations.....	55
7.2.1. En matière d'information des familles.....	55
7.2.2. Concernant la pollution de l'environnement.....	56
7.2.3. En matière de surveillance et d'études complémentaires	56

Bibliographie	57
Annexe 1 - Liste des rues incluses dans le périmètre d'étude	60
Annexe 2 – Protocole de dosage des plombémies.....	62
Annexe 4 – Protocole de prise en charge.....	69
Annexe 5 – Formulaire de consentement des parents	70
Annexe 6 – Décisions préfectorales portant création de deux comités d'experts dans le cadre du programme Arnas.....	72
Annexe 7 – Rose des vents (station météorologique de Bron, données sur 10 ans)....	73
Annexe 8 – Résultats de l'analyse unifactorielle	75

1. Contexte

La société Metaleurop exploite une fonderie de deuxième fusion du plomb sur le territoire de la commune d'Arnas (Rhône), dans la zone industrielle nord de Villefranche-sur-Saône. Les maisons d'habitation les plus proches sont situées à 250 mètres. Dans un rayon de 1 km, sont localisées : à l'est, une zone maraîchère, une coopérative laitière et diverses autres entreprises ; aux sud, sud-ouest, ouest, des entreprises artisanales et une zone urbanisée, essentiellement récente et toujours en développement. Aux nord et nord-ouest, la densité de l'urbanisation est moins importante.

Cet établissement a été mis en service en 1974 et bénéficie d'une autorisation préfectorale accordée en application de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.

Deux sociétés sont en fait implantées sur ce site industriel :

- Metaleurop, fonderie de deuxième fusion du plomb, récupéré sur des batteries usagées. L'activité annuelle est de 4 millions de batteries, soit une production de plomb de 50 000 tonnes par an ;
- C2P a été implantée en 1988 pour recycler les polypropylènes des carcasses des batteries. Son activité s'étend également au recyclage de plastiques de provenance autre que Metaleurop. Elle produit ainsi 40 tonnes par jour de granulats de polypropylène.

1.1. Mise en place d'un programme de dépistage autour du site Metaleurop

Certains éléments révélés entre mars et mai 1999 ont conduit à suspecter ce site industriel de contribuer à l'exposition au plomb des populations voisines. Ces éléments sont rappelés dans le protocole de la présente enquête [1]. Ces éléments concernent :

- des plombémies élevées chez deux adultes vivant à proximité de l'usine ;
- des résultats d'analyses environnementales, issues d'enquêtes ponctuelles de la DDASS en mars-avril 1999 et de l'autocontrôle imposé à la société Metaleurop dans le cadre de son autorisation d'exploiter, qui tendent à montrer que les sols et les végétaux présentent des teneurs élevées de plomb, dans un périmètre de plusieurs centaines de mètres autour du site industriel.

Les enfants constituant une population à risque vis-à-vis du risque saturnin, il semblait légitime de leur proposer un dépistage, dans l'objectif d'identifier les individus présentant une imprégnation excessive au plomb, de leur proposer le cas échéant une prise en charge

adaptée sur les plans médical et environnemental et enfin d'étudier les facteurs individuels et environnementaux responsables de cette imprégnation.

Dans ce contexte, le Préfet du Rhône a décidé le 4 mai 1999 de mettre en place un programme de dépistage d'une imprégnation saturnine excessive des enfants, et la DDASS du Rhône, chargée de son organisation, a sollicité l'appui de la CIREI Rhône-Alpes Auvergne.

1.2. Autour du programme de dépistage...

Parallèlement, le Préfet du Rhône a pris les mesures suivantes :

- Lancement d'une étude environnementale autour du site industriel de Metaleurop : modélisation du panache de fumée des cheminées de l'usine, analyses de sols, de sédiments et de végétaux. Ce travail est piloté par la DRIRE Rhône-Alpes ; des résultats complets sont attendus pour la fin de l'année 2000 ;
- Mise en place par décisions préfectorales des 29 juin et 23 juillet 1999 de deux comités d'experts, un à visée environnementale et l'autre à visée sanitaire.

Par ailleurs, la forte médiatisation locale du programme a engendré une importante inquiétude dans la population, conduisant environ trois cents personnes (enfants et adultes) – non incluses dans la population d'étude – à se faire prescrire des plombémies, réalisées par les laboratoires d'analyse et de biologie médicale de l'agglomération.

2. Rappels sur le plomb dans l'environnement, sa toxicité, les indicateurs biologiques d'exposition

Le plomb est un métal qui se trouve en faible quantité dans l'environnement à l'état naturel. Largement utilisé depuis l'antiquité dans les activités humaines, sa consommation est aujourd'hui en nette diminution dans nos pays. Au cours des siècles passés et de ces dernières décennies, le plomb a été émis dans l'ensemble des compartiments de l'environnement. De la sorte, le plomb qui se trouve dans l'air, les sols, l'eau, les aliments et les poussières provient essentiellement des activités humaines passées et présentes.

2.1. Sources de plomb et voies d'exposition [2,3,4]

Dans l'environnement extérieur, les **industries** utilisatrices de plomb (extraction minière, fonte et raffinage, métallurgie de métaux non ferreux, fabrication de plomb alkyl, d'accumulateurs, de câbles, etc.) ainsi que la présence – en forte baisse désormais – de plomb tétraéthyl dans les **carburants** sont à l'origine de la pollution atmosphérique par le plomb, mais également d'une contamination durable des sols, notamment autour de sites industriels.

Le plomb issu de la combustion des **cigarettes** peut conduire à une exposition non négligeable des fumeurs mais également de leur entourage.

D'autres sources d'exposition au plomb, non négligeables et parfois même dominantes, sont liées à l'habitat :

- **peintures.** Les sels de plomb ont été largement utilisés par le passé dans les peintures ; on admet leur présence dans les habitations construites avant 1948. La dégradation de ces peintures anciennes, engendrée par un habitat vétuste ou par des travaux de rénovation, peut entraîner une exposition importante des enfants, par les poussières ou les écailles de peinture.
- **poussières.** Les poussières des maisons peuvent être riches en plomb : dégradation de vieilles peintures, mais également apport de plomb depuis l'extérieur par des parents en contact avec le métal durant leur travail ou par un milieu extérieur pollué.
- **eau de boisson.** La présence de plomb dans les eaux de distribution publique provient assez rarement de la ressource. Selon leur qualité physico-chimique, les eaux distribuées peuvent se charger en plomb, par dissolution des tuyauteries en plomb, publiques ou privées, encore très largement répandues.

- **alimentation.** Elle contribue, en l'absence des sources spécifiques précédemment citées, à une exposition de fond de la population : végétaux contaminés par les retombées atmosphériques ou par fixation du plomb, accumulation dans la chaîne alimentaire, techniques de conditionnement ou de cuisson.
- **autres sources :** les activités professionnelles ou les loisirs des parents (poterie, brûlage de vieilles peintures, soldats de plomb, plombs de chasse, de pêche, etc.) peuvent aussi être à l'origine de la présence de poussières de plomb dans l'habitat.

Les voies d'exposition à ces différentes sources de plomb sont l'absorption digestive ou l'inhalation des vapeurs de métal. Certains facteurs peuvent de plus jouer un rôle aggravant sur les niveaux d'exposition, en particulier chez les enfants :

- le diamètre des particules de plomb et la spéciation des dérivés de plomb, qui rendent le métal plus ou moins assimilable par l'organisme ;
- l'âge, en raison du comportement « main-bouche » des enfants, mais également d'un taux d'absorption plus important chez les enfants que chez les adultes ;
- la saison estivale qui, sans doute en relation avec une augmentation de l'activité extérieure de l'enfant, peut conduire à une plus forte exposition à la pollution extérieure ;
- la nutrition, l'absorption digestive augmentant avec le jeûne, les apports en vitamine D, la déficience en apports de fer ou de calcium ;
- les facteurs socio-économiques qui, lorsqu'ils sont défavorables, peuvent conduire à des conditions de logement et de nutrition également défavorables en termes d'exposition et d'absorption de plomb.

2.2. Cinétique du plomb dans l'organisme [2,4]

Le plomb pénètre dans l'organisme par voie digestive, essentiellement *via* les aliments et l'eau de boisson, ou aérienne par inhalation des poussières atmosphériques contaminées. Le plomb est un toxique cumulatif : il diffuse rapidement *via* la circulation sanguine vers différents organes où il est stocké dans les tissus mous, comme le cerveau, mais surtout dans l'os.

Si la demi-vie du plomb dans les tissus mous et dans le sang est d'environ 30 jours, la demi-vie dans l'os est très longue (10 à 20 ans dans l'os compact). L'os représente un intégrateur de l'exposition passée au plomb et contient 95% de la charge corporelle du métal.

Il existe une diffusion régulière du plomb du compartiment osseux vers le sang, liée à la résorption osseuse physiologique, de sorte qu'en dehors de toute exposition récente, le plomb dans le sang reflète ce relargage endogène.

La principale voie d'excrétion est l'urine : 75% au moins du plomb absorbé sont ainsi éliminés.

Le plomb passe facilement la barrière placentaire. Pendant la grossesse et l'allaitement, il y a mobilisation du plomb stocké dans le squelette de la mère. A la naissance, la plombémie placentaire et la plombémie maternelle sont fortement corrélées ; de même, la concentration en plomb dans le lait maternel et la plombémie du nourrisson sont corrélées.

2.3. Principaux effets toxiques du plomb [2,4]

Le plomb agit par interférences métaboliques (métabolisme du calcium, du fer, synthèse de l'hème, médiateurs du système nerveux). En conséquence, ses organes cibles sont le système hématopoïétique, le système nerveux central, les reins et les os.

2.3.1. Effets hématologiques

Le plomb freine la synthèse de l'hémoglobine en inhibant l'activité de plusieurs enzymes intervenant dans la synthèse de l'hème. Il réduit ainsi la durée de vie des globules rouges.

2.3.2. Effets sur le système nerveux

a) Système nerveux périphérique

Les paralysies, particulièrement du nerf radial, sont rares et ne surviennent que pour des plombémies supérieures à 1200 µg/l. En revanche, une diminution de la vitesse de conduction nerveuse peut être constatée pour une plombémie de l'ordre de 140 µg/l.

b) Système nerveux central

L'encéphalopathie aiguë est l'atteinte la plus dramatique. Elle ne survient que pour des plombémies de l'ordre de 1000 µg/l et jamais en dessous de 700 µg/l. Elle conduit au coma et à la mort en quelques heures si elle n'est pas rapidement traitée. En cas de guérison, les séquelles invalidantes sont fréquentes.

En dehors de l'encéphalopathie, des troubles neurologiques multiples peuvent être associés à une élévation de la plombémie : irritabilité, troubles du sommeil, anxiété, perte de mémoire, fatigue, etc. Le seuil à partir duquel ces troubles sont observés est variable selon les auteurs, 200 à 400 µg/l pour certains, 700 µg/l pour d'autres.

c) Diminution des fonctions cognitives

Des études épidémiologiques ont montré des associations entre l'exposition au plomb et des troubles du développement psychomoteur ou intellectuel et des troubles du comportement jusqu'à l'âge scolaire chez l'enfant. Des niveaux croissants d'exposition (appréciés par la

plombémie) sont corrélés à des scores décroissants pour les indices globaux du développement intellectuel, estimés par le quotient intellectuel. Pour des niveaux de plombémie compris entre 100 et 400 µg/l, les résultats de méta-analyses donnent une fourchette de baisse de 1 à 3 points du QI pour chaque augmentation de 100 µg/l de la plombémie. Si ces effets ne semblent pas importants au niveau individuel, ils sont observés au niveau d'une population. Au-dessous d'une plombémie de 100 µg/l, aucune valeur seuil ne peut être déterminée en deçà de laquelle les effets ne pourraient être mesurés.

2.3.3. Effets rénaux

Une exposition massive aiguë peut entraîner une atteinte rénale, généralement concomitante d'une encéphalopathie aiguë. La plombémie est alors en général supérieure à 1500 µg/l. Une exposition chronique peut conduire à une insuffisance rénale chronique.

2.3.4. Effets sur le système cardio-vasculaire

De nombreuses études ont mis en évidence une relation entre l'augmentation de la plombémie et l'augmentation de la pression artérielle. Celle-ci pourrait survenir pour des niveaux de l'ordre de 70 µg/l.

2.3.5. Effets sur la reproduction

Chez l'homme, en milieu professionnel, une exposition chronique au plomb révélée par des plombémies supérieures à 400 µg/l peut entraîner une diminution de la production des spermatozoïdes, ce qui accroît le risque d'hypofertilité. Chez la femme, les effets délétères sur la grossesse d'une exposition à fortes doses de plomb sont connus : avortement, mort fœtale, malformations et altérations de la croissance fœtale, prématurité.

2.3.6. Autres effets

La « colique de plomb », classique chez le travailleur, n'est que rarement observée chez l'enfant. Mais ce dernier présente fréquemment, pour des plombémies supérieures à 500 µg/l, des douleurs abdominales, une constipation, une anorexie et parfois des vomissements.

Le poids et la taille de l'enfant sont corrélés négativement avec sa plombémie pour des valeurs comprises entre 50 et 350 µg/l.

Enfin, une conjonction de données semble indiquer qu'une exposition professionnelle au plomb et à ses composés inorganiques peut être associée à un risque accru de cancer bronchique ou rénal, pour des expositions de longue durée. Il paraît prudent de considérer que le plomb et ses dérivés inorganiques exercent une activité cancérogène en milieu professionnel.

2.4. Indicateurs biologiques [4]

L'absence de données sur l'exposition environnementale, de même que la multiplicité des sources de plomb dans une situation donnée, empêchent souvent de quantifier ou d'identifier le risque et son origine. En outre, en cas d'intoxication, qu'elle soit aiguë, subaiguë ou chronique, la symptomatologie clinique est peu spécifique. Les symptômes les plus souvent rapportés sont d'ordre neurologique et digestif.

Face à une expression clinique peu évocatrice, il paraît difficile de diagnostiquer une intoxication par le plomb en pratique médicale courante et le diagnostic est avancé si des informations sur les lieux de vie du patient sont recueillies et laissent supposer un risque saturnin.

De la sorte, la mesure d'indicateurs biologiques d'exposition reste le meilleur moyen de mettre en évidence un risque d'intoxication encouru par des personnes exposées à du plomb.

2.4.1. La plombémie

La plombémie donne un reflet du taux actuel de plomb en circulation dans le sang. Elle dépend des entrées et sorties mais aussi du stock interne de plomb (tissus mous et os) [5]. Sa demi-vie est d'environ 20 à 30 jours. A l'état d'équilibre par rapport à une exposition stable, elle permet d'évaluer la dose interne de plomb. Cependant, elle peut la surévaluer lors de contaminations récentes ou la sous-estimer si l'exposition est lointaine.

Le dosage de la plombémie est un examen délicat, nécessitant, pour les laboratoires doseurs, des procédures d'intercalibration. En milieu susceptible d'être contaminé par du plomb, le prélèvement doit être réalisé de façon minutieuse pour éviter la contamination de l'échantillon : nettoyage de la peau, matériel exempt de plomb.

Malgré une acceptabilité limitée (prélèvement invasif), la plombémie constitue un indicateur de référence, standardisé. Les programmes de surveillance, de prévention et d'intervention dans le domaine de l'environnement de l'enfant ont été définis sur la base des différents niveaux observés de plombémies [2]. Il constitue à ce jour, dans le cadre de programmes de dépistage, l'indicateur le mieux adapté.

2.4.2. Le plomb dans les cheveux

Les cheveux ont été également utilisés en tant qu'indicateurs épidémiologiques d'exposition, dans la mesure où les métaux lourds sont concentrés dans les poils des mammifères [4]. Le prélèvement d'un échantillon de cheveux à ras du cuir chevelu et la concentration dans les premiers centimètres permettent d'obtenir le degré moyen d'exposition d'une période de quelques mois (le cheveu pousse d'environ 1 cm par mois, avec un temps de latence de un

mois entre la formation du cheveu dans les cellules matrices en contact avec le sang capillaire et son apparition à la surface du cuir chevelu). Le plomb dans les cheveux est ainsi moins sensible à des variations rapides comme celles pouvant être rencontrées pour la plombémie.

Cependant, la contamination exogène du cheveu devient sensible au-delà des huit premiers centimètres par rapport à la partie proche du cuir chevelu [4], pouvant induire une surestimation de l'imprégnation saturnine : les modes de préparation, en particulier le lavage, et la mesure ne permettent pas de différencier le plomb interne au cheveu du plomb exogène. Ainsi, cet indicateur ne peut être envisagé en épidémiologie que pour des populations pour lesquelles la contamination externe du cheveu est exclue.

En outre, et contrairement à la plombémie, aucun système de référence bien établi n'accompagne cet indicateur en terme de décision de santé publique, de sorte qu'il ne peut constituer qu'un complément alors même qu'il présente une bien meilleure acceptabilité.

2.4.3. Autres indicateurs biologiques d'exposition [4]

La concentration en plomb urinaire est d'un intérêt limité en épidémiologie environnementale. Le plomb osseux peut être mesuré par une technique non invasive (fluorescence X) mais la sensibilité paraît encore limitée et le coût de l'appareillage élevé. Son utilisation à l'échelle épidémiologique pourrait se révéler intéressante sur le plan de l'évaluation de l'imprégnation cumulative individuelle.

2.5. Transfert du plomb du sol vers les végétaux [6]

Le métabolisme des métaux dans le sol dépend de nombreux facteurs qui agissent sur leur stockage et leur mobilité : humidité, pH, nature et stabilité de compartiments tels que ceux des matières organiques, des phosphates, etc. Selon le pH du milieu, un métal est amené soit à se trouver sous forme d'ion libre et à se déplacer en solution, soit à s'adsorber sur les argiles, les hydroxydes et la matière organique du sol. La fuite sous forme de solution, la déstabilisation de compartiments d'accumulation ou leur érosion sont des mécanismes qui président au transfert des métaux depuis les parcelles où ils sont accumulés vers d'autres lieux.

Un métal passe en solution soit par dissolution de la phase minérale dans laquelle il était inclus, soit par biodégradation de la phase organique où il était séquestré. Les végétaux s'alimentent essentiellement à partir des solutions du sol. L'absorption d'éléments-traces par les racines implique donc leur transfert à partir des autres phases vers la phase liquide. Les

plantes absorbent différemment les éléments-traces selon l'espèce végétale concernée, en raison de leur métabolisme propre et des pratiques culturales jouant sur leur croissance. Dans certaines conditions, les parties aériennes des plantes peuvent également accumuler des quantités inhabituelles d'éléments-traces (proximité d'une source industrielle, irrigation par aspersion d'eaux polluées).

Le plomb est fortement adsorbé sur les sédiments et les particules de sol, ce qui réduit sa disponibilité. En raison de la faible solubilité de la plupart de ses sels, le plomb a tendance à précipiter selon des formes complexées [7].

A partir du plomb présent dans les racines, il n'existe qu'une très faible diffusion vers d'autres parties de la plante, dans la mesure où le métal n'est détecté qu'en très petites quantités dans les pousses et les feuilles. Le passage du plomb exogène dans les feuilles se produit, mais toujours dans des proportions très limitées [7].

Par ailleurs, le CSHPF a émis des recommandations sur la contamination des aliments par le plomb, le cadmium et le mercure [8], ainsi que sur la limite de contamination acceptable des sols agricoles par les éléments-traces [8,9] (cf. tableau 1).

Tableau 1
Valeurs limites des concentrations en éléments-traces
admissibles dans les sols [8,9] et les aliments [8].

Eléments traces	Valeur limite pour des sols (mg/kg MS ^a)	Valeur limite pour les légumes et/ou fruits (mg/kg poids frais)	
		Tous	cf. notes
Cadmium	2	0,1 ^b	0,2 ^c
Chrome	150		
Cuivre	100		
Mercure	1	0,03	0,05 ^d
Nickel	50		
Plomb	100	0,3	0,5 ^e
Zinc	300		

^a mg par kg de matière sèche

^b légumes uniquement

^c salade, céleri, épinards, choux

^d champignons

^e salade, céleri, épinards

Devant les éléments de contamination du milieu par le plomb et au vu des données bibliographiques sur ses dangers pour la santé, un programme de dépistage et une étude des facteurs de risque ont été mis en œuvre.

3. Objectifs

Les objectifs du programme de dépistage étaient les suivants :

- Identifier les enfants nécessitant, du fait de leur imprégnation au plomb, une surveillance biologique, des mesures de réduction de l'exposition voire un traitement médical afin de leur proposer une prise en charge sanitaire et environnementale adaptée.
- Rechercher les facteurs de risques contribuant à l'exposition au plomb, et éventuellement d'autres sources de contamination.
- En déduire des recommandations pour réduire l'exposition individuelle et collective et les éventuelles études complémentaires à mener.

4. Matériels et méthodes

4.1. Type d'enquête

Il s'agit d'une enquête transversale destinée à évaluer l'importance de l'exposition au plomb des enfants.

4.2. Périmètre d'étude

Les seules mesures de plomb dans les sols disponibles au moment de l'élaboration du programme de dépistage étaient celles issues du programme d'autocontrôle effectué par Metaleurop et fournies par la DRIRE [10] en mai 1999. Elles indiquaient, bien que limitées en nombre et en représentativité, que la valeur de 100 mg/kg MS^a n'était pas dépassée au-delà de 700 à 800 mètres de l'usine.

Un rayon de 1000 mètres a ainsi été fixé autour du site industriel pour mener le dépistage. La figure 1 présente une carte du périmètre d'étude. La liste exhaustive des rues correspondantes des trois communes concernées de Villefranche-sur-Saône, Gleizé et Arnas, établie par les services municipaux, figure en annexe 1. La taille des populations résidant dans le périmètre d'étude n'est pas connue exactement, mais dépasse

^a 100 mg par kg de matière sèche : valeur de référence, correspondant à la concentration maximale admissible dans les sols agricoles fixée par l'arrêté du 8 janvier 1998 [9], sur la base des recommandations du Conseil supérieur d'hygiène publique de France [8]. Bien que n'étant pas destinée à la gestion des sols pollués, cette valeur donne une indication intéressante pour interpréter une telle situation, à défaut d'une réglementation *ad hoc*.

vraisemblablement 2000 habitants : 1000 à Villefranche-sur-Saône, 500 à Gleizé, 850 à Arnas.

4.3. Population d'étude

La population d'étude était constituée des enfants :

- nés avant le 1^{er} décembre 1998 et d'âge préscolaire, répondant à un des critères suivants :
 - résidant dans le périmètre d'étude ;
 - gardés régulièrement dans le périmètre d'étude, quel que soit leur lieu de résidence ;
- d'âge scolaire, répondant à un des critères suivants :
 - résidant dans le périmètre d'étude et scolarisés dans une école préélémentaire et élémentaire ;
 - scolarisés dans le périmètre d'étude à l'école préélémentaire et élémentaire de la Chartonnière, quel que soit leur lieu de résidence.
- nés avant le 1^{er} décembre 1998 et d'âge préscolaire ou scolaire, dont au moins un des parents travaille dans une des entreprises du site de Metaleurop.

Les personnes (adultes, adolescents, autres enfants) ayant fait, de leur propre initiative, l'objet d'une mesure de la plombémie n'ont pas été incluses dans l'étude mais ont bénéficié de la même prise en charge sur les plans environnemental et médical.

4.4. Choix de l'indicateur biologique d'exposition pour la mesure du plomb

Un dosage de la plombémie a été proposé à tous les enfants inclus dans l'enquête (cf. § 2.4 sur le choix de l'indicateur).

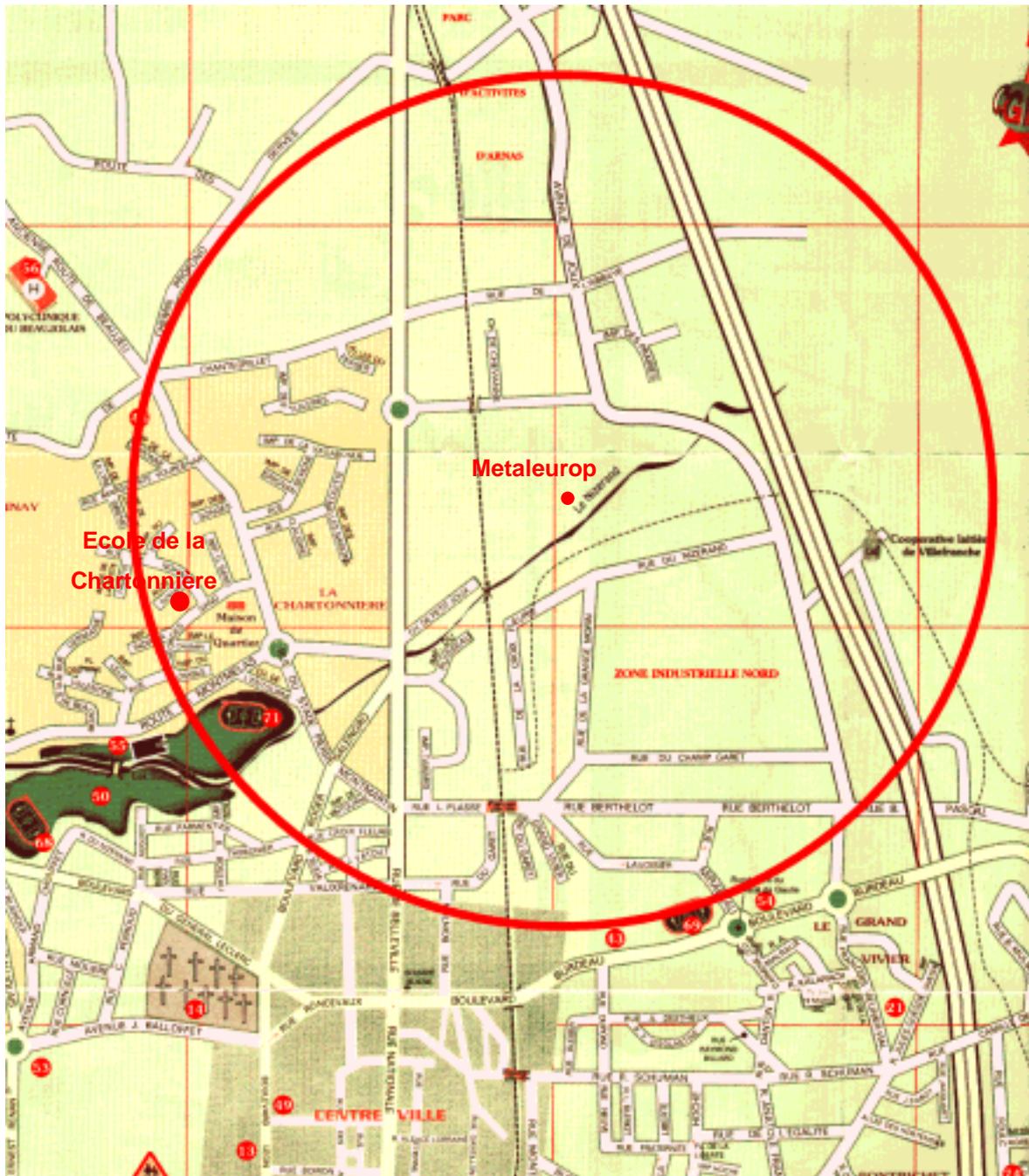


Figure 1
Périmètre d'étude de l'exposition saturnine des enfants autour du site Metaleurop
à Arnas (Rhône) – 1999 (source : CGEO, Aix-en-Provence)

4.5. Déroulement du dépistage

4.5.1. Pilotage

Le programme de dépistage a été piloté par la DDASS du Rhône.

4.5.2. Liste des enfants de la population d'étude

La liste des enfants inclus *a priori* dans l'enquête a été établie par les Services santé prévention du Conseil général du Rhône, les services municipaux des villes de Villefranche-sur-Saône, Gleizé et Arnas et, pour les enfants dont les parents travaillent sur le site de Metaleurop, par les services du personnel de Metaleurop et C2P. Les parents des enfants d'âge préscolaire gardés dans le périmètre d'étude mais n'y résidant pas ont pu être touchés 1) par l'intermédiaire des assistantes maternelles agréées, contactées directement, 2) à travers la fratrie des enfants recensés selon les modalités ci-dessus, 3) par les réunions publiques d'information, 4) par le "bouche à oreilles".

4.5.3. Informations sur la mise en place de l'enquête

L'information des médecins et pharmaciens intervenant auprès des populations des villes de Villefranche-sur-Saône, Gleizé et Arnas a été assurée par un courrier de la DDASS du Rhône le 3 mai 1999 et l'accès au site internet^b du Centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône qui propose des pages d'information sur le saturnisme, sur le présent programme de dépistage et sur le guide de prise en charge établi par le Comité technique plomb du Rhône [11]. Elle a été complétée à l'occasion d'une réunion organisée dans les locaux du centre hospitalier le 10 mai 1999.

L'information des parents concernant la mise en place de l'enquête a pris deux formes :

- Un courrier du 11 mai 1999 envoyé à chaque famille, présentant l'enquête et accompagnant :
 - une demande écrite de participation de l'enfant concerné au programme permettant d'organiser l'enquête (nombre d'enfants participants, prise de rendez-vous, etc.) ;
 - un formulaire de consentement de participation au programme ;
 - le numéro de téléphone du centre hospitalier mis en place spécialement pour fixer le rendez-vous du prélèvement ;
 - un plan d'accès à l'hôpital ;

^b www.ch-villefranche.fr : site également accessible à la population, avec une adresse électronique (infosplomb@ch-villefranche.fr) pour adresser des questions.

- les modalités d'administration du questionnaire (lieux et dates) ;
- une enveloppe timbrée adressée à la DDASS du Rhône pour la réponse, avant le 19 mai, de sorte que les tous premiers prélèvements puissent avoir lieu dès le 20 mai 1999.
- Deux réunions publiques d'information se sont déroulées sous la responsabilité du Sous-Préfet de Villefranche-sur-Saône et ont eu lieu le lundi 17 mai à la salle polyvalente d'Arnas et le 18 mai 1999 à la salle des fêtes de Villefranche-sur-Saône, après l'envoi de la lettre d'invitation de la DDASS du Rhône du 11 mai 1999. Les objectifs de ces réunions d'information étaient de :
 - présenter les objectifs de l'enquête et les bénéfices attendus pour l'enfant ;
 - présenter le déroulement des prélèvements ;
 - présenter les modalités de restitution des résultats individuels et des suites éventuelles à donner ;
 - répondre aux questions des parents des enfants inclus dans l'enquête.

4.6. Prélèvements biologiques

4.6.1. Modalités

Un prélèvement de sang veineux de 5 ml a été effectué par des infirmières du service de pédiatrie du Centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône. Cet établissement est situé à l'extérieur de la zone d'étude. Le Département d'information médicale et le Service de pédiatrie du Centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône ont ainsi organisé les prélèvements au sein de l'établissement, sur un système de rendez-vous, entre le 20 mai et le 12 juin 1999.

4.6.2. Matériel

Un patch anesthésiant a été appliqué une heure avant le prélèvement, sur demande des parents.

Le sang a été prélevé sur des tubes de prélèvement fournis par le laboratoire doseur. Les prélèvements ont été effectués avec les précautions d'usage requises, en particulier de nettoyage soigneux de la peau avant le prélèvement [12].

Les prélèvements (maintenus à une température inférieure à + 4°C) ont été acheminés dans un délai de 48 heures maximum vers le laboratoire.

4.6.3. Laboratoire doseur

Les dosages ont été réalisés par le laboratoire du Service de biologie de l'Hôpital Edouard Herriot (Pr. Vallon, Hospices civils de Lyon), habituellement engagé dans la réalisation de plombémies dans le cadre du programme de dépistage du saturnisme infantile dans le Rhône. Ce laboratoire participe, en outre, aux contrôles de qualité inter-laboratoires requis (contrôles de qualité externe).

Les résultats de plombémie ont été rendus par tranches de 10 µg/l. Les modalités de dosage sont présentées en annexe 2.

Le recours à un seul laboratoire a permis de travailler sur des données homogènes.

4.6.4. Envoi des résultats

Les résultats individuels de plombémie ont été envoyés aux parents et aux médecins traitants des enfants.

4.7. Questionnaire

En dehors de la plombémie, les autres variables d'études ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire administré aux parents qui accompagnaient leur enfant le jour du prélèvement sanguin. Le questionnaire, présenté en annexe 3, a été adapté de questionnaires précédemment utilisés au cours de deux études similaires menées dans l'environnement de sites industriels présentant un risque plomb [13,14]. Les 21 enquêtrices chargées de l'entretien avec les parents ont bénéficié d'une formation d'une journée (le 18 mai 1999) sur les risques sanitaires présentés par le plomb, les messages de prévention primaire pouvant être transmis à la population, le protocole de l'enquête, notamment les méthodes de prélèvement et d'analyse, et les règles de recueil de données auprès de la population. Les enquêteurs étaient des personnels sanitaires et sociaux mis à disposition par le Service santé prévention du Conseil Général du Rhône, le Service de promotion de la santé en faveur des élèves de l'Académie de Lyon, la ville de Villefranche-sur-Saône et la DDASS du Rhône.

Le questionnaire a permis de recueillir des variables concernant les facteurs individuels susceptibles d'influer sur la plombémie et des variables concernant les différents facteurs de risque étudiés. Chaque questionnaire, correspondant à un enfant, portait un numéro d'anonymat affecté à chaque enfant, également reporté sur le tube destiné à la mesure de la plombémie.

4.8. Prise en charge des enfants et enquêtes environnementales

Des mesures de surveillance, de prévention, voire de prise en charge thérapeutique, ont été préconisées au niveau national [2] et reprises par le Comité technique plomb du Rhône [11]. Le protocole de ce dernier est repris en annexe 4.

Dans le cadre du présent programme, il a été proposé aux enfants présentant une plombémie entre 70 et 100 µg/l un second dosage à la rentrée scolaire 1999-2000, après la période estivale, réputée favorable à une exposition au plomb d'origine extérieure. Cette plombémie de contrôle s'inscrivait dans un cadre strict de suivi individuel.

Il était demandé que les enfants présentant une plombémie supérieure à 100 µg/l puissent consulter leur médecin afin que celui-ci :

- donne les conseils immédiats d'hygiène pour éviter que l'imprégnation ne s'aggrave ;
- informe la famille des suites à donner sur le plan individuel (enquête environnementale, recherche des sources d'exposition, suivi de la plombémie) ;
- fasse signer l'autorisation d'enquête environnementale jointe en annexe du guide de prise en charge médicale du Comité technique du plomb du Rhône, et l'envoyer à la DDASS du Rhône à l'aide d'une enveloppe pré-timbrée fournie avec le résultat de la plombémie.

Enquêtes environnementales

Pour ces mêmes enfants, une enquête environnementale, gratuite et approfondie, a été proposée par la DDASS du Rhône, sur la base du protocole défini par le Comité technique du plomb du Rhône [11]. Ses objectifs étaient de rechercher les sources de plomb – y compris une contamination d'origine extérieure – pouvant expliquer l'imprégnation excessive et d'établir des recommandations permettant de réduire l'exposition. Les enquêtes ont été menées en juillet et août 1999. Les parents ont été destinataires du rapport d'enquête détaillé concernant leur logement et chaque maire a reçu – sous pli confidentiel – les rapports des logements investigués dans sa commune.

4.9. Aspects éthiques

4.9.1. CNIL

Les informations recueillies sont confidentielles. La Commission informatique et libertés a rendu un avis favorable au protocole de l'étude (demande n°999299). Le Comité consultatif

sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé avait préalablement rendu un avis favorable.

4.9.2. Consentement des parents

Les consentements écrits (annexe 5) des parents ou des tuteurs légaux pour le prélèvement sanguin et la participation à l'étude ont été recueillis après information sur les objectifs de l'enquête et sur le droit d'accès et de rectification de l'information concernant leur enfant.

4.9.3. Constitution de comités d'experts (cf. § 1.2.)

Deux comités d'experts placés près le Préfet du Rhône ont été constitués par les décisions préfectorales des 29 juin et 23 juillet 1999 (annexe 6). Informés du déroulement de l'enquête, il peuvent être saisis de toute question d'ordre scientifique concernant le programme par les familles, les professionnels de santé, les associations d'usagers et de protection de l'environnement, la presse, etc.

4.10. Variables d'étude

4.10.1. Variables individuelles

Age, sexe, catégorie socioprofessionnelle des parents, taille de la fratrie constituent des facteurs connus de variation individuelle de la plombémie.

La catégorie socioprofessionnelle des parents (niveau agrégé en 8 postes de la nomenclature de l'INSEE) a été codée à partir de la profession recueillie en texte libre.

4.10.2. Variables décrivant l'exposition

a) Pour chacun des lieux de vie (domicile, école, garde), et à partir de leur emplacement sur la carte ont été construites :

- la distance de ce lieu à l'usine, par classe de 100 mètres ;
- une variable secteur reflétant l'exposition aux vents dominants, selon l'hypothèse que si les émissions de l'usine ont un effet sur la plombémie, cet effet est plus sensible « sous le vent », et moins sensible dans un lieu perpendiculaire aux vents dominants. Ainsi, aux différents secteurs (02 à 36) a été appliqué le pourcentage de vent soufflant sur ce secteur à partir de la rose des vents de la station de Bron (Rhône) fournie par Météo-France (annexe 7) ;
- le temps passé (en demi-journées par semaine) sur le lieu de garde et de scolarisation.

- Le principal lieu de jeux principal a également été pris en compte (domicile ou hors domicile dans le périmètre d'étude, et lieu hors périmètre d'étude).
- b) Les sources environnementales d'exposition au plomb « habituelles » et liées aux conditions de vie ont été renseignées par :
- l'ancienneté de l'habitat : habitat construit avant 1948, après 1948, ou de date de construction inconnue ;
 - la présence connue de conduite d'eau en plomb ;
 - la consommation de végétaux récoltés dans le périmètre d'étude ;
 - la consommation d'eau du robinet, embouteillée ou consommation mixte ;
 - le tabagisme passif (tabagisme de l'un des parents).
- c) L'exposition liée à l'activité des parents a été prise en compte en identifiant ceux :
- travaillant sur le site Metaleurop (transfert de poussières) ;
 - travaillant dans un secteur mettant en œuvre des métaux ;
 - pratiquant des loisirs susceptibles de mettre en œuvre du plomb (soudure au plomb, décapage de vieilles peintures, figurines de plomb, céramique...).

4.11. Saisie et vérification des données

Les informations recueillies par questionnaire ont été saisies de manière anonyme sous Epi-Info. Un contrôle de la saisie a été réalisé afin de corriger les données aberrantes et les erreurs de saisie. Les données ont été sélectionnées pour ne retenir dans le fichier d'analyse que les enfants respectant les critères d'inclusion (cf. § 4.3.), soit 626 enfants.

4.12. Traitements statistiques

Les traitements statistiques qui suivent ont été réalisés sur les données vérifiées.

4.12.1. Description des variables d'intérêt

- description des enfants suivant les variables individuelles et les variables d'exposition ;
- description de la plombémie dans différents sous-groupes (tous enfants, enfants dont les parents travaillent sur le site Metaleurop, enfants ne respectant pas les critères d'inclusion, etc.).

4.12.2. Analyse unifactorielle

Une analyse unifactorielle a été menée dans un premier temps afin d'étudier l'association entre la plombémie et les facteurs individuels ou les facteurs d'exposition. Une transformation logarithmique a été effectuée au préalable. L'association de la plombémie avec les variables a été étudiée par comparaison de deux ou plusieurs moyennes avec l'utilisation de tests statistiques (analyse de variance, test de Kruskal-Wallis).

Le seuil de significativité a été établi avec un risque de première espèce de 5 %.

4.12.3. Modèle additif généralisé [15]

Un modèle additif généralisé a été construit à l'aide du logiciel S-Plus afin de déterminer parmi les variables étudiées, les facteurs prédictifs de la variation de la plombémie. Ont été retenues et introduites dans le modèle les variables significatives au seuil de 20 %. Pour les variables continues, des fonctions de lissage non paramétriques [16] ont été employées. Cette méthode permet une grande souplesse dans la modélisation des variables et ne requiert, *a priori*, aucune hypothèse sur la forme de la relation étudiée. La procédure employée a été ascendante, c'est-à-dire que les facteurs retenus ont été introduits successivement dans le modèle.

4.12.4. Comparaison avec les données régionales

La distribution des plombémies a été comparée à la distribution ajustée des plombémies observées sur un échantillon d'enfants en Rhône-Alpes dans le cadre d'une enquête nationale menée en 1995 par l'INSERM et le Réseau national de santé publique [17]. Cette dernière avait permis d'estimer les plombémies moyennes régionales des enfants de 1 à 5 ans révolus après ajustement sur des facteurs individuels et environnementaux.

5. Résultats

5.1. Participation à l'enquête

689 courriers personnalisés ont été adressés aux parents des enfants susceptibles de participer à l'enquête. Par ailleurs, des parents d'enfants non recensés selon les modalités prévues ont pu être touchés par les réunions d'information publique et le "bouche à oreilles", de sorte que 708 rendez-vous ont été pris auprès du service de pédiatrie du Centre hospitalier de Villefranche-sur-Saône.

Au total, le nombre de plombémies réalisées avec questionnaire complété s'élève à 699.

La participation au programme de dépistage, si elle ne peut être mesurée avec exactitude en l'absence d'une véritable liste exhaustive des enfants à inclure, a, semble-t-il, été importante.

5.2. Vérification des critères d'inclusion des enfants

Parmi les 699 enfants ayant bénéficié du programme de dépistage, 626 répondent aux critères d'inclusion et ont été pris en compte pour l'analyse statistique.

Des 626 enfants inclus dans l'étude, 456 résident dans le périmètre de 1000 m de rayon autour de l'usine ; les autres enfants sont inclus par le fait que l'un de leurs parents travaille sur le site de Metaleurop ou qu'ils sont scolarisés ou gardés dans la zone d'étude.

Les 73 enfants non inclus dans l'étude épidémiologique résident au-delà de 1000 m de l'usine, leurs parents ne travaillent pas sur le site de Metaleurop, et ils ne sont ni scolarisés, ni gardés, dans la zone de 1000 m de rayon autour de l'usine. Ces 73 enfants ne diffèrent des enfants inclus dans l'étude ni par le sexe et l'âge, ni par la profession, le niveau d'étude et les loisirs des parents, ni par l'existence de tuyaux en plomb au domicile, ni par la présence de fumeurs au domicile.

5.3. Description de la population étudiée (n=626)

5.3.1. Caractéristiques de l'enfant

a) Age

La répartition par âge de la population d'étude figure au tableau 2.

Tableau 2
Distribution des enfants de l'étude selon l'âge.
Arnas, mai 1999.

Classe d'âge	Nombre	%
Moins de 1 an	27	4,3%
[1 - 2 ans[	60	9,6%
[2 - 3 ans[	55	8,8%
[3 - 4 ans[	57	9,1%
[4 - 5 ans[	56	8,9%
[5 - 6 ans[	54	8,6%
[6 - 7 ans[	62	9,9%
[7 - 8 ans[	60	9,6%
[8 - 9 ans[	47	7,5%
[9 - 10 ans[	51	8,1%
[10 - 11 ans[	57	9,1%
11 ans et plus	40	6,4%
Total	626	100,0%

b) Sexe

La population étudiée compte 329 garçons pour 297 filles soit un sexe ratio de 1,1.

c) Nombre d'enfants mineurs vivant au domicile

La distribution de la population d'étude selon le nombre d'enfants mineurs vivant au domicile figure au tableau 3.

Tableau 3
Distribution de la population d'étude selon le nombre d'enfants mineurs vivant au domicile. Arnas, mai 1999.

Nombre d'enfants mineurs vivant au domicile	Nombre	%
Non précisé	1	0,2%
1	125	20,0%
2	313	50,0%
3	145	23,2%
4	32	5,1%
5	9	1,4%
6	1	0,2%
Total	626	100,0%

d) Situation du domicile par rapport à l'usine

Des 626 enfants de l'étude, 456 résident dans la zone des 1000 m autour de l'usine. 155 enfants résident dans des secteurs placés dans l'axe des vents dominants (tableau 4).

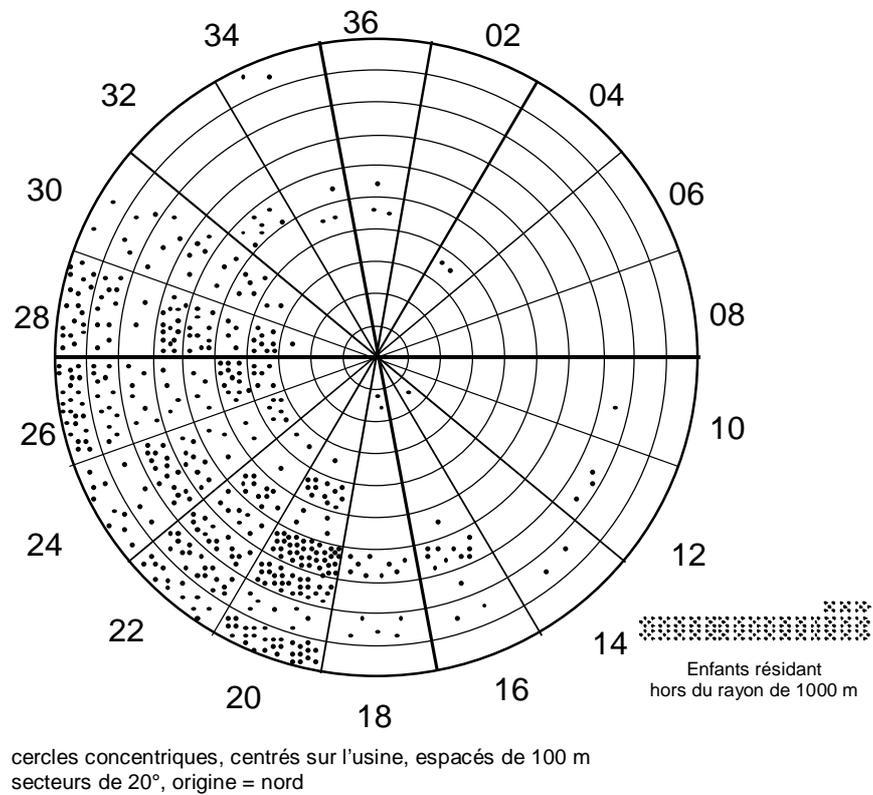
Tableau 4
Distribution des enfants selon le lieu de résidence.
Arnas, mai 1999.

Lieu de résidence	Nombre	%
Dans la zone des 1000 m - vents dominants*	155	24,8%
Dans la zone des 1000 m - hors vents dominants	301	48,1%
Au-delà de 1000 m	170	27,2%
Total	626	100,0%

* secteurs sous le vent dominant : 16, 18, 20 et 02, 34, 36
(cf. rose des vents de la station météorologique de Bron (Rhône), annexe 7)

L'essentiel de l'habitat dans la zone d'étude est concentré dans le sud et l'ouest, ainsi que l'illustre la figure 2 situant le domicile des enfants prélevés.

Figure 2
 Situation du domicile des enfants prélevés.
 Arnas, mai 1999.



e) Scolarisation

490 enfants sont scolarisés, dont 280 à l'école de la Chartonnière (tableau 5).

Tableau 5
 Distribution des enfants de l'étude selon le lieu de scolarisation.
 Arnas, mai 1999.

Scolarisation	Nombre	%
Non scolarisé	136	21,7%
Scolarisé à la Chartonnière	280	44,7%
Scolarisé hors de la zone des 1000 m	210	33,5%
Total	626	100%

f) Garde

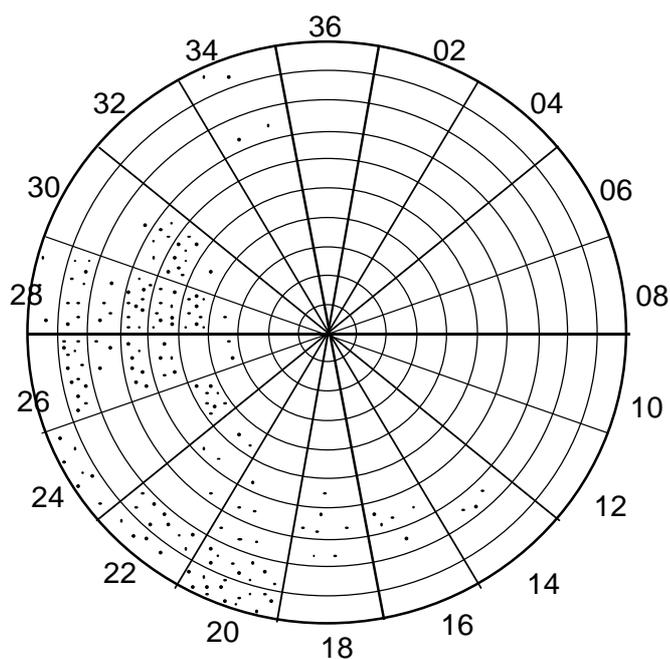
258 enfants sont gardés en dehors de leur domicile, dont 176 dans la zone des 1000 m (tableau 6).

Tableau 6
Distribution des enfants de l'étude selon le lieu de garde.
Arnas, mai 1999.

Garde	Nombre	%
Non gardé	368	58,8%
Gardé dans la zone des 1000 m	176	28,1%
Gardé hors zone des 1000 m	82	13,1%
Total	626	100,0%

Les lieux de garde des enfants gardés dans la zone des 1000 m sont majoritairement situés à l'ouest et au sud-ouest, comme l'illustre la figure 3.

Figure 3
Situation des lieux de garde dans la zone d'étude des enfants prélevés.
Arnas, mai 1999.



cercles concentriques, centrés sur l'usine, espacés de 100 m
secteurs de 20°, origine = nord

g) Terrain de jeux

Parmi les 626 enfants de l'étude, 500 ont leur terrain de jeux principal dans la zone des 1000 m (tableau 7).

Tableau 7
Distribution des enfants de l'étude selon la localisation du principal terrain de jeux.
Arnas, mai 1999.

Terrain de jeux	Nombre	%
Hors de la zone	126	20,1%
Dans la zone des 1000 m	500	79,9%
<i>dont : jardin du domicile exclusivement</i>	365	58,3%
<i>autre jardin de la zone exclusivement</i>	52	8,3%
<i>les 2</i>	73	11,7%
<i>non précisé</i>	10	1,6%
Total	626	100,0%

h) Consommation de produits du potager

31% des parents déclarent que leur enfant consomme des produits en provenance d'un potager ou d'un verger situé dans la zone des 1000 m.

i) Consommation d'eau de boisson

Près de la moitié des enfants consomment exclusivement de l'eau du robinet (tableau 8).

Tableau 8
Distribution des enfants de l'étude selon la consommation d'eau de boisson.
Arnas, mai 1999.

Eau de boisson	Nombre	%
Non précisé	2	0,3%
Eau en bouteille	149	23,8%
Eau du robinet	299	47,8%
Les 2	176	28,1%
Total	626	100,0%

5.3.2. Caractéristiques des parents

a) Niveau d'études

Le niveau d'études des parents est indiqué au tableau 9.

Tableau 9
Distribution des enfants selon le niveau d'étude des parents.
Arnas, mai 1999.

Niveau d'études	Père		Mère	
	Nombre	%	Nombre	%
Non précisé	36	5,8%	12	1,9%
Etudes primaires	32	5,1%	32	5,1%
Etudes secondaires 1 ^{er} cycle (6 ^e à 3 ^e)	54	8,6%	66	10,5%
Etudes techniques (CAP, BEP)	256	40,9%	184	29,4%
Etudes secondaires 2 ^e cycle (2 ^e à terminale)	95	15,2%	144	23,0%
Etudes supérieures	153	24,4%	188	30,0%
Total	626	100,0%	626	100,0%

b) Catégorie socioprofessionnelle

La catégorie socioprofessionnelle des parents est indiquée au tableau 10.

Tableau 10
Distribution des enfants de l'étude selon la catégorie socioprofessionnelle des parents
Arnas, mai 1999.

Catégorie socioprofessionnelle	Père		Mère	
	Nombre	%	Nombre	%
Non précisé	26	4,2%	4	0,6%
Agriculteurs exploitants	1	0,2%	1	0,2%
Artisans, commerçants et chefs d'entreprise	54	8,6%	17	2,7%
Cadres et professions intellectuelles supérieures	92	14,7%	36	5,8%
Professions intermédiaires	112	17,9%	107	17,1%
Employés	117	18,7%	270	43,1%
Ouvriers	206	32,9%	34	5,4%
Retraités	1	0,2%	2	0,3%
Autres personnes sans activité	17	2,7%	155	24,8%
Total	626	100,0%	626	100,0%

c) Activité sur le site de Metaleurop

35 enfants ont au moins un des parents qui travaille sur le site de Metaleurop (tableau 11).

Tableau 11
Activité des parents sur le site de Metaleurop.
Arnas, mai 1999.

Activité des parents sur le site de Metaleurop	Nombre	%
Père seulement	23	3,7%
Mère seulement	10	1,6%
Les 2	2	0,3%
Aucun	591	94,4%
Total	626	100,0%

d) Activité dans une autre entreprise manipulant des métaux

136 pères (21,7%) et 19 mères (3,0%) déclarent manipuler des métaux, dans des entreprises et activités professionnelles diverses.

e) Loisirs

31 enfants ont au moins un des parents qui pratique une activité de loisir ou de bricolage susceptible de constituer une exposition au plomb (tableau 12).

Tableau 12
Exposition potentielle au plomb par les loisirs des parents.
Arnas, mai 1999.

Loisirs exposant au plomb	Nombre	%
Père seulement	17	2,7%
Mère seulement	6	1,0%
Les 2	8	1,3%
Aucun	595	95,0%
Total	626	100,0%

5.3.3. Facteurs liés à l'habitat

a) Ancienneté de l'habitat

L'habitat est antérieur à 1948 chez 65 des 456 enfants qui résident dans la zone des 1000 m autour de l'usine (tableau 13).

Tableau 13
Distribution des enfants selon l'ancienneté de l'habitat.
Arnas, mai 1999.

Habitat antérieur à 1948	Nombre	%
Oui	65	14,3%
Non	347	76,1%
Ne sait pas	44	9,6%
Total	456	100,0%

b) Existence de tuyaux en plomb

L'existence de tuyaux en plomb dans l'habitat est signalée de manière certaine dans seulement 3% des cas (tableau 14).

Tableau 14
Distribution des enfants selon l'existence de tuyaux en plomb dans l'habitat.
Arnas, mai 1999.

Existence de tuyaux en plomb	Nombre	%
Oui	21	3,4%
Non	372	59,4%
Ne sait pas	233	37,2%
Total	626	100,0%

c) Présence de fumeurs au domicile

La présence de fumeurs au domicile de l'enfant est signalée dans près de la moitié des cas (tableau 15).

Tableau 15
Distribution des enfants selon la présence de fumeurs au domicile.
Arnas, mai 1999.

Présence de fumeurs au domicile	Nombre	%
Non précisé	1	0,2%
Oui	279	44,6%
Non	346	55,3%
Total	626	100,0%

5.4. Description des plombémies

699 plombémies ont été effectuées. Leurs distributions, décrites dans le tableau 16, sont présentées :

- pour les 626 enfants respectant les critères d'inclusion du protocole ;
- pour les 73 enfants prélevés mais ne respectant pas ces critères.

Pour les 626 enfants inclus, les distributions des plombémies sont présentées pour chacun des critères d'inclusion pris indépendamment l'un de l'autre :

- pour les 456 enfants qui résident dans la zone des 1000 m ;
- pour les 280 enfants qui sont scolarisés dans la zone des 1000 m ;
- pour les 176 enfants qui sont gardés dans la zone des 1000 m ;
- pour les 35 enfants dont un des parents travaille à Metaleurop.

Tableau 16
Tableau récapitulatif de la distribution des plombémies
selon la présence ou l'absence d'un des critères d'inclusion.
Arnas, mai 1999.

	Respect		Enfants inclus (n=626)							
	des critères d'inclusion		Résidence dans la zone		Scolarisation dans la zone		Garde dans la zone		Parent à Metaleurop	
	oui (n=626)	non (n=73)	oui (n=456)	non (n=170)	oui (n=280)	non (n=346)	oui (n=176)	non (n=450)	oui (n=35)	non (n=591)
Moy arith^a	43,7	44,0	44,8	40,9	40,5	46,4	42,3	44,3	50,4	43,3
Moy géo^b	39,5	46,7	40,3	37,8	36,7	42	39,4	39,4	46,9	39,2
Médiane	40	40	40	40	40	40	40	40	50	40
P75^c	50	50	50	50	50	60	50	50	70	50
P95^d	80	70	90	70	80	87,5	80	80	80	80
Maximum	150	120	150	105	110	150	110	150	110	150

^a moyenne arithmétique

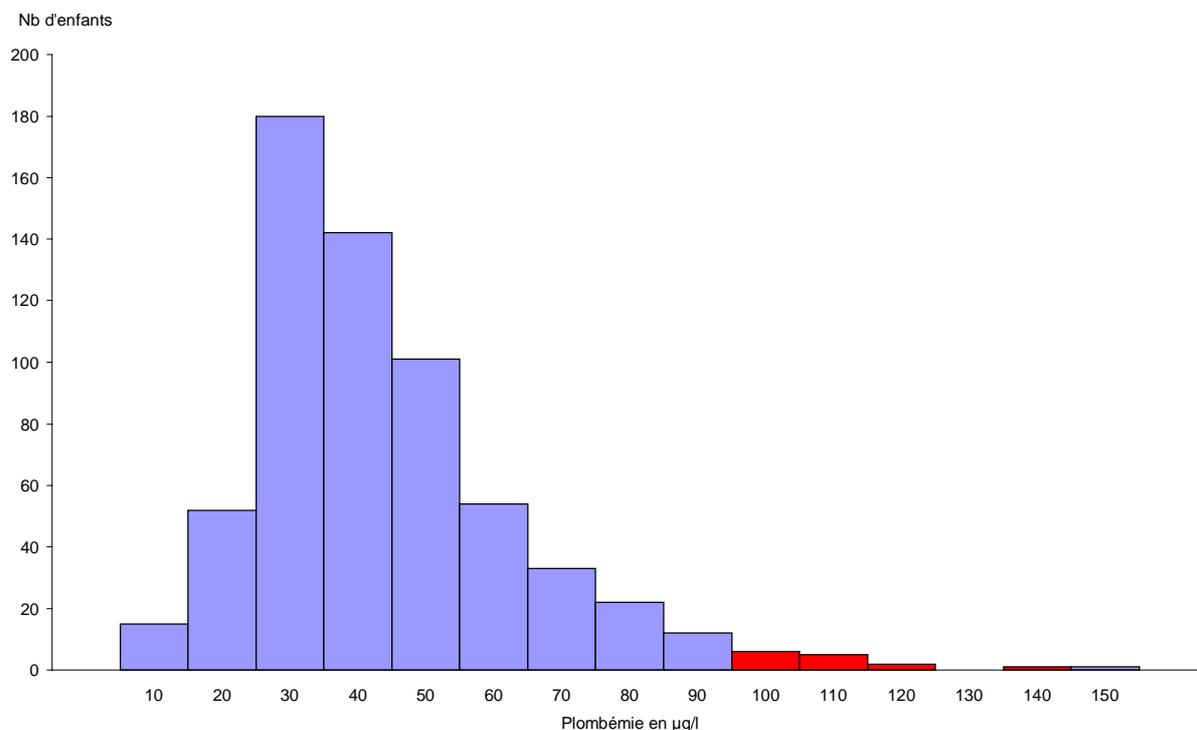
^b moyenne géométrique

^c P75 : 75^e percentile

^d P95 : 95^e percentile

La distribution des plombémies des 626 enfants inclus dans l'étude est présentée à la figure 4.

Figure 4
Distribution des 626 enfants de l'étude selon leur plombémie.
Arnas, mai 1999.



Par rapport aux seuils définis dans le protocole :

- 544 enfants (86,9%) ont une plombémie inférieure à 70 µg/l ;
- 82 enfants (13,1%) ont une plombémie supérieure ou égale à 70 µg/l ;
- 15 enfants (2,4%) ont une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/l ;
- 1 enfant à une plombémie égale à 150 µg/l.

5.5. Bilan des enquêtes environnementales [18]

Les enquêtes environnementales menées au domicile des 15 enfants répondant aux critères d'inclusion et dont les plombémies sont supérieures ou égales à 100 µg/l font apparaître quelques sources de plomb liées : à l'existence de peintures anciennes contenant du plomb et dégradées par endroits (5 cas) ; à la notion de consommation de végétaux cultivés dans la zone d'étude (4 cas) ; au père travaillant sur le site de Metaleurop (2 cas).

Dans tous les cas, des mesures de poussières réalisées soit à l'intérieur, dans des endroits habituellement non nettoyés (dessus d'armoires, greniers, etc.) ou à l'extérieur (terrasse,

rebord de fenêtre, etc.) montrent des teneurs élevées en plomb, la valeur de référence étant celle utilisée habituellement dans les locaux d'habitation (1000 µg/m²).

De la sorte, les enquêtes environnementales n'ont pas permis d'établir de façon formelle la part contributive des différentes sources potentielles d'exposition au plomb.

5.6. Analyse unifactorielle

5.6.1. Age

La plombémie brute varie avec l'âge. La plombémie moyenne (moyenne géométrique) augmente régulièrement jusqu'à l'âge de 2-3 ans, puis diminue progressivement (tableau 17).

Tableau 17
Moyenne géométrique des plombémies selon la classe d'âge des enfants dépistés,
Arnas, mai 1999 (n=626).

Classe d'âge	Effectif par classe	Moyenne géométrique des plombémies (µg/l)
Moins de 1 an	27	26,6
[1 - 2 ans[	60	39,2
[2 - 3 ans[	55	45,1
[3 - 4 ans[	57	44,5
[4 - 5 ans[	56	44,5
[5 - 6 ans[	54	40,4
[6 - 7 ans[	62	40,0
[7 - 8 ans[	60	38,5
[8 - 9 ans[	47	39,1
[9 - 10 ans[	51	38,4
[10 - 11 ans[	57	36,3
11 ans et plus	40	37,3

5.6.2. Sexe

La moyenne géométrique des plombémies ne varie pas significativement avec le sexe : 39,6 µg/l chez les filles, 39,4 µg/l chez les garçons (p=0,61).

5.6.3. Fratrie

La moyenne géométrique des plombémies varie avec le nombre d'enfants vivant sous le même toit, de manière significative ($p=0,003$; tableau 18).

Tableau 18
Moyenne géométrique des plombémies selon la taille de la fratrie des enfants dépistés, Arnas, mai 1999 (n=626).

Taille de la fratrie	Effectif	Moyenne géométrique des plombémies ($\mu\text{g/l}$)
1	125	38,6
2	313	38,2
3	145	41,8
4 et plus	42	45,3

5.6.4. Niveau d'études – Catégorie socioprofessionnelle

La plombémie des enfants est significativement associée au niveau d'étude des parents et à leur appartenance à une catégorie socioprofessionnelle, indicateurs destinés à représenter les conditions de vie de la famille (tableau 19).

Tableau 19
Moyenne géométrique des plombémies selon le niveau d'étude des parents des enfants dépistés, Arnas, mai 1999 (n=626).

Niveau d'étude	Père		Mère	
	Effectif	Pb ^a ($\mu\text{g/l}$)	Effectif	Pb ^a ($\mu\text{g/l}$)
Primaire	32	51	32	52
Secondaire 1 ^{er} cycle	54	39	66	40
BEP, CAP	256	42	184	41
Secondaire 2 ^e cycle	95	37	144	37
Supérieur	153	35	188	38
Inconnu / absence de père	36	40	12	42

^a Pb, plombémie

5.6.5 Facteurs d'exposition au plomb environnemental

L'association entre les plombémies observées et les différents facteurs de risque est synthétisée dans le tableau 20 (détails en annexe 8).

Tableau 20
Association entre les plombémies observées
et les facteurs de risque étudiés en analyse unifactorielle.
Arnas, mai 1999 (n=626).

Variables	p*
Sexe	0,610
Age en années	0,000
Nombre d'enfants dans la famille	0,003
Résidence dans les 1000 m	0,083
Résidence et distance à l'usine	0,001
Résidence et vent	0,000
Résidence et secteur (02 – 36)	0,000
Scolarisation (o/n)	0,407
Scolarisation dans les 1000 m	0,000
Garde (o/n)	0,136
Garde dans les 1000 m	0,265
Garde et distance à l'usine	0,180
Garde et vent	0,600
Garde et secteur (02 – 36)	0,730
Jeux dans les 1000 m	0,430
Jeux dans le jardin du domicile	0,007
Jeux dans un autre jardin	0,026
Ancienneté habitat	0,000
Présence de tuyau en plomb	0,015
Légume du potager	0,110
Eau de boisson	0,002
Tabagisme des parents	0,000
Profession du père	0,002
Niveau d'étude du père	0,000
Père travaillant à Metaleurop	0,004
Père travaillant avec des métaux	0,670
Loisirs du père avec des métaux	0,790
Profession de la mère	0,046
Niveau d'étude de la mère	0,004
Mère travaillant à Metaleurop	0,628
Mère travaillant avec des métaux	0,970
Loisirs de la mère avec des métaux	0,068

* test sur les rangs de Kruskal-Wallis ; en gras : $p < 0,05$

En analyse unifactorielle, de nombreuses variables sont associées de manière significative (seuil $p < 0,05$) à la plombémie. Elles ont ainsi été retenues pour la construction du modèle (§ 5.7.). Certaines variables proches de la significativité ($p < 0,20$) ont été également introduites dans le modèle. Enfin, la variable sexe, quoique non associée à la plombémie dans notre cas ($p = 0,61$), a été conservée dans la mesure où elle est identifiée habituellement comme facteur de variation important dans la plombémie des enfants.

5.7. Analyse multifactorielle

Un premier modèle a été construit à partir des enfants résidant dans le périmètre d'étude pour lesquels l'information recueillie était la plus complète (n=456), et à partir des variables significatives au seuil de 0,20 (tableau 20) selon une procédure ascendante. La variable « sexe » a été imposée au modèle. Un fois le modèle construit, la transformée de la plombémie par sa racine carré a permis de stabiliser les résidus.

Dans ce modèle, l'âge, le lieu du domicile (distance à l'usine et secteur), l'ancienneté de l'habitat, le tabagisme passif, les modalités de consommation d'eau et les activités de loisirs de la mère ont contribué à expliquer les variations de la plombémie.

Les figures 5 à 11 montrent les relations entre ces variables et la plombémie (exprimée par sa transformée « racine carrée »).

Après prise en compte des autres variables identifiées par l'analyse factorielle, le lien entre la distance du domicile à l'usine et la plombémie persiste.

Dans un second temps, un autre modèle a été construit avec l'ensemble de la population répondant aux critères d'inclusion (n=626). Il confirme le rôle des variables déjà mentionnées, et fait apparaître l'influence sur la plombémie de la catégorie socioprofessionnelle et du travail sur le site de Metaleurop du père (l'emploi de l'un des parents à Metaleurop était un critère de participation à l'étude).

Ni les modalités de garde, ni les modalités de scolarisation n'influent significativement la plombémie (ces variables étaient aussi des critères de participation à l'étude).

Figure 5
Relation entre l'âge et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.

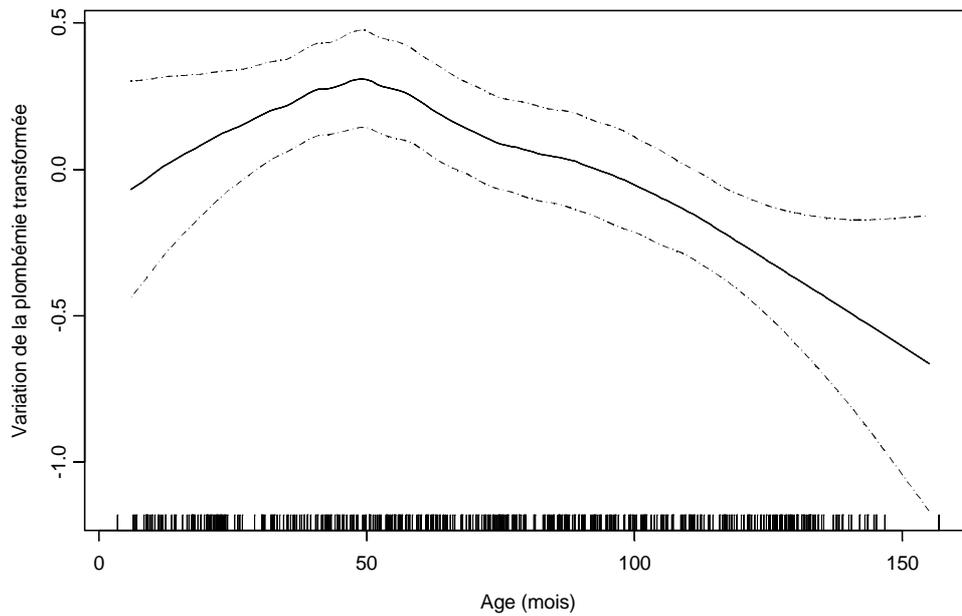


Figure 6
Relation entre la distance à l'usine du domicile et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.

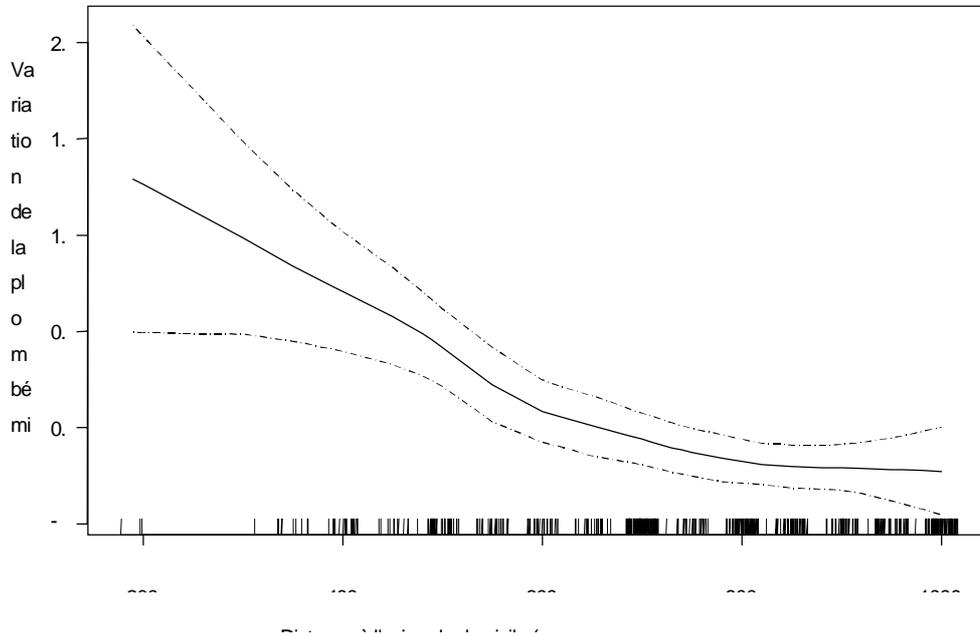


Figure 7
Relation entre le pourcentage de vent au domicile et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.

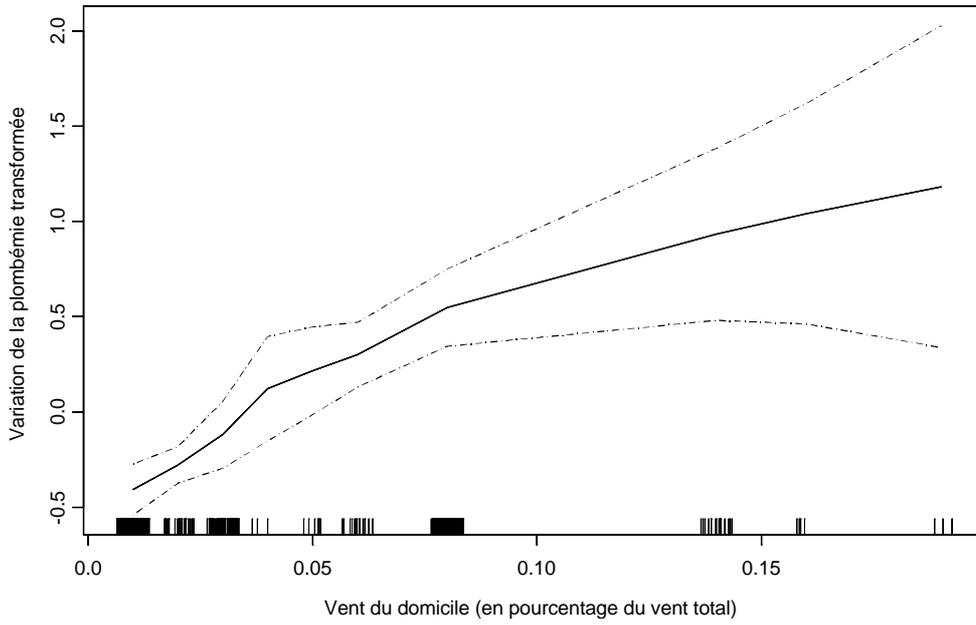


Figure 8
Relation entre l'ancienneté de l'habitat et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.

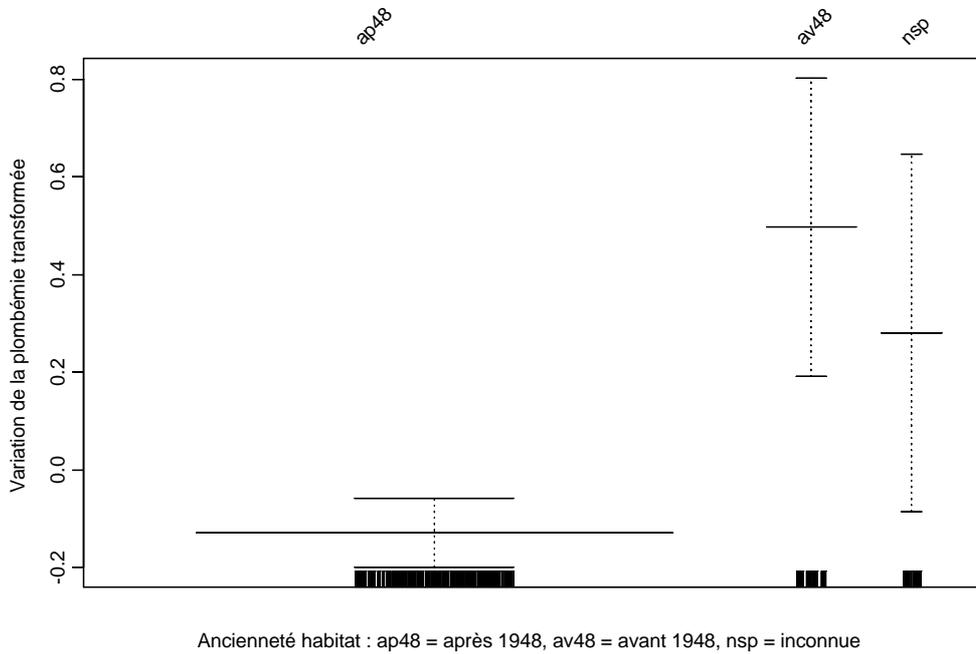


Figure 9
Relation entre le tabagisme passif et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.

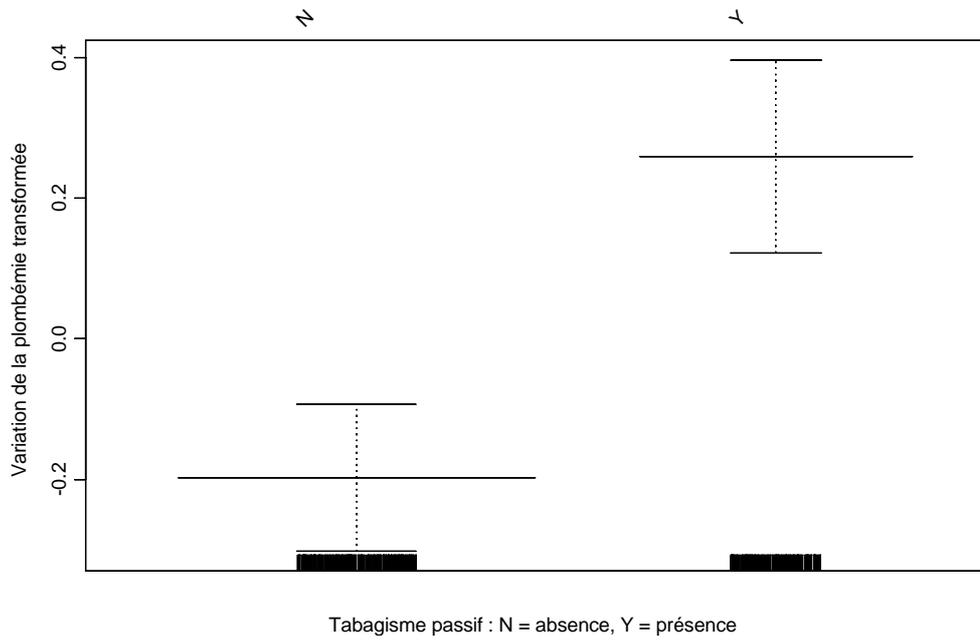


Figure 10
Relation entre l'origine de l'eau de boisson et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.

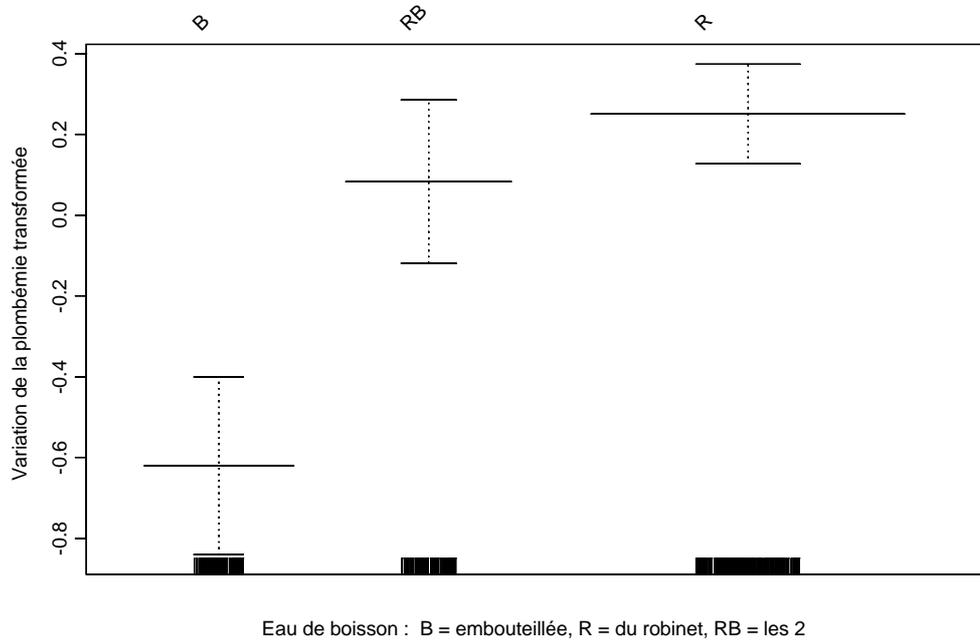
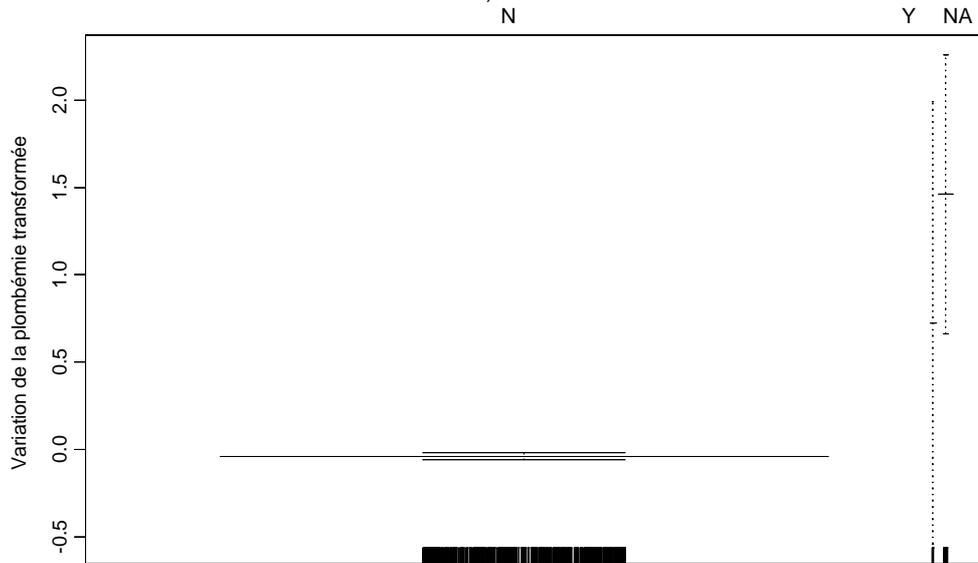


Figure 11
Relation entre le loisir de la mère et la plombémie transformée.
Arnas, mai 1999.



Loisir mère : N = sans plomb, Y = avec plomb, NA = inconnu

5.8. Comparaison avec la moyenne régionale

L'enquête menée par l'INSERM et le RNSP en 1995 [17] a conduit à l'estimation de moyennes régionales de la plombémie des enfants âgés de 1 à 5 ans révolus. Ces moyennes sont ajustées sur les facteurs de variation identifiés durant l'enquête : variables socio-démographiques, socio-économiques, individuelles, paramètres de l'environnement (essentiellement ancienneté et état de l'habitat, proximité du trafic automobile [17]).

Ces facteurs de variation ne sont pas exactement les mêmes que ceux identifiés durant l'enquête autour du site Metaleurop d'Arnas, ce qui limite la pertinence de la comparaison. Cependant, le tableau 21 met en perspective les résultats de cette étude par rapport à la population de référence d'enfants de Rhône-Alpes.

Tableau 21
Distribution des plombémies ajustées des enfants dépistés à Arnas en mai 1999
et d'une population d'enfants de référence en Rhône-Alpes [17],
pour la classe d'âge [1-6 ans].

	Effectif	Moyenne géométrique plombémie ($\mu\text{g/l}$)	Médiane	P75	P90	P95	Pourcentage de plombémies $\geq 100 \mu\text{g/l}$
Arnas	188	43,0	43,8	51,3	58,0	60,8	4,79 %
Rhône-Alpes	103	35,7	33,8	46,3	66,2	73,5	1,51 %*

* données sur l'échantillon national (n=3445), le détail par région n'étant pas disponible
(N.B. : la plombémie moyenne ajustée de Rhône-Alpes ne se distingue pas de la tendance générale)

Les données observées sur Arnas montrent des valeurs plus fortes que pour la population d'enfants rhône-alpine.

6. Discussion

6.1. Participation au dépistage et conséquences individuelles

La participation à l'enquête a été importante, vraisemblablement supérieure aux taux atteints dans des situations similaires en France [13,14,19,20]. Elle reflète une inquiétude toute particulière de la population.

L'objectif principal de l'enquête était de dépister les enfants présentant une imprégnation excessive au plomb et de leur proposer une prise en charge adaptée.

Dans ce cadre, 18 enfants avaient en mai 1999 des plombémies supérieures ou égales à $100 \mu\text{g/l}$ et ne dépassant pas $150 \mu\text{g/l}$. Ces enfants (ainsi que deux autres hors enquête) ont pu être pris en charge : réalisation d'une enquête environnementale approfondie sur leur

logement et leurs modes de vie, conseils individuels pour réduire leur exposition, suivi biologique et médical.

88 enfants ayant une plombémie supérieure à 70 µg/l au mois de mai 1999 ont été invités à réaliser un contrôle les 5, 6 et 7 octobre 1999. 70 enfants ont pris rendez-vous ; 68 enfants se sont présentés au prélèvement. Parmi ceux-ci :

- 37 enfants ont une plombémie équivalente à celle du mois de mai ;
- 18 enfants ont vu leur plombémie diminuer ;
- 13 enfants ont vu leur plombémie augmenter.

A l'échelle de ce groupe, les plombémies observées en octobre ne sont pas différentes de celles du mois de mai (moyenne de l'ordre de 80 µg/l).

Parmi les 18 enfants qui n'ont pas pris rendez vous, 3 avaient des plombémies égales ou supérieures à 100 µg/l au mois de mai.

6.2. Choix du périmètre d'étude et diagnostic environnemental

6.2.1. Détermination du périmètre autour de Metaleurop à Arnas

La décision de mener le dépistage essentiellement dans un périmètre de 1000 m autour de l'usine repose sur des données de contamination de l'environnement par le plomb encore extrêmement parcellaires à ce jour. Un diagnostic environnemental approfondi reste nécessaire pour préciser les distances de retombée des polluants atmosphériques et les niveaux de contamination des milieux, et ainsi, s'il y a lieu, compléter le dépistage.

6.2.2. Nécessité d'un diagnostic environnemental préalable à un dépistage

D'une manière générale, l'organisation d'un dépistage justifié autour d'un site industriel à risque devrait reposer sur un diagnostic environnemental approfondi.

Un tel diagnostic préalable a deux objectifs distincts :

1. donner immédiatement des informations précieuses en termes d'aide à la décision, relatives à la contamination du milieu : historique du site, substances chimiques en présence sur le site et leur biodisponibilité, teneurs dans l'air, dans les sols, les poussières, les végétaux, le périmètre atteint par les retombées atmosphériques, etc. Des seuils de gestion et recommandations existent qui permettent alors de prendre des mesures conservatoires ;

2. mener rapidement une évaluation de risque pour la santé des populations voisines du site. Des données environnementales représentatives peuvent permettre de quantifier en première approximation les risques et par là même de juger de l'opportunité d'organiser un dépistage des individus devant être pris en charge sur le plan sanitaire. Ce dépistage, couplé à un questionnaire, peut aussi permettre de cerner les facteurs de risque et d'adopter des recommandations pour diminuer l'exposition des personnes.

Dans la situation présente, et en l'absence de diagnostic environnemental précis, les informations actuellement disponibles ainsi qu'une analyse bibliographique permettent de proposer les éléments de discussion qui suivent sur les niveaux et les modes d'exposition à l'environnement contaminé.

- Le plomb environnemental est accessible soit par inhalation, soit par ingestion. Dans le cadre d'études sur des sites industriels en activité, des variables reflétant la présence de plomb dans les différents compartiments de l'environnement des enfants ont été étudiées : plomb dans l'air, plomb dans le sol, les poussières intérieures, l'eau du robinet, peintures au plomb, etc. [21,22,23,24]. Le plomb atmosphérique y joue un rôle dans l'augmentation de la plombémie.
- D'autres études du même type font apparaître un rôle de l'exposition par voie indirecte, c'est-à-dire par l'ingestion de poussières issues des sols pollués par les retombées atmosphériques des usines [21,23,24,25,26]. Il en est de même pour des études menées alors que les activités industrielles étaient arrêtées, les sites restant pollués au niveau des sols [27,28].
- La diminution – ou l'arrêt – des émissions atmosphériques de plomb, si elle permet de réduire sensiblement les taux de plomb sanguins des enfants, ne suffit pas à stopper l'exposition, la pollution des sols perdurant [23,24,29].
- Dans certains cas, le rôle de l'exposition par ingestion de poussières intérieures, contaminées par la présence extérieure de plomb dans les sols a été mis en évidence ; à ce niveau, le rôle de l'hygiène ainsi que le comportement individuel, sont des facteurs déterminants des niveaux de plomb sanguin des enfants [26,30,31,32,33].
- Les rejets atmosphériques de plomb du site de Metaleurop d'Arnas ont diminué depuis une quinzaine d'années, comme la plupart des émetteurs industriels de plomb (Données Ministère chargé de l'environnement, citées dans [4]). Elles sont passées de 13,00 kg/j en 1986 à 1,22 kg/j en 1996. Elles ont été estimées à 2,5 kg/j environ en 1998 [10]. Les résultats de l'autosurveillance de Metaleurop indiquent, sur 26 prélèvements réalisés entre décembre 1997 et décembre 1998, une teneur en plomb atmosphérique moyenne de $1,11 \pm 0,57$ et $0,79 \pm 0,44$ $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en deux points de mesure situés à 300 m de l'usine,

respectivement au sud et au nord. Ces résultats sont à rapprocher de la recommandation de l'OMS, reprise dans le décret n°98-360 du 6 mai 1998 [34], qui fixe un objectif de qualité à 0,5 µg/m³ en moyenne annuelle (valeur limite : 2 µg/m³ en moyenne annuelle). En comparaison, les niveaux urbains des agglomérations lyonnaise et grenobloise se situent respectivement dans des fourchettes de 0,07 à 0,27 µg/m³ (2 stations – 3 années) et de 0,17 à 0,63 µg/m³ (2 stations – 4 années) (source COPARLY et ASCOPARG^c).

- Les quelques données de mesure du plomb dans les sols fournies par la DRIRE [10] se situent dans une fourchette dont la borne supérieure est de 586 mg/kg (200 m de l'usine). Les prélèvements sont réalisés dans des échantillons de sol (NF X-31100) prélevés entre 0 et 15 cm environ de profondeur [Metaleurop Arnas, communication personnelle], ce qui conduit à des valeurs vraisemblablement sous-estimées par rapport aux teneurs observées dans d'autres études, où les profondeurs de prélèvement sont de quelques cm (le plomb se stocke essentiellement en surface ; cf. tableau 22).

Concernant les niveaux de plomb dans l'air et dans les sols, et en raison des modes d'exposition environnementale au plomb par inhalation et ingestion, on peut considérer que :

1. La pollution de l'environnement de l'usine semble modérée, ce qui peut expliquer les niveaux relativement faibles des plombémies observées, malgré des facteurs de risque environnementaux mis en évidence, liés à l'usine.
2. L'exposition par la pollution aérienne (inhalation) et l'exposition par les sols et les poussières (ingestion) doivent être toutes deux considérées comme contribuant à l'imprégnation des enfants vivant à proximité du site.

Ces dernières conclusions restent à étayer par les résultats d'un diagnostic environnemental autour de l'usine.

6.2.3. Plombémies réalisées hors enquête

Fin juin 1999, les quatre laboratoires d'analyse et de biologie médicale de l'agglomération de Villefranche-sur-Saône ont accepté de fournir les résultats anonymisés des plombémies réalisées de leur propre initiative par environ trois cents personnes. Parmi 55 enfants âgés de 1 à 11 ans résidant à Arnas, Gleizé et Villefranche-sur-Saône, 3 présentaient une plombémie supérieure ou égale à 100 µg/l (maximum : 160 µg/l).

^c COPARLY et ASCOPARG : réseaux de surveillance de la qualité de l'air dans les agglomérations lyonnaise et grenobloise

Ces résultats sont d'un ordre de grandeur identique à celui de la population d'étude, sachant que ces 55 enfants ne peuvent constituer un échantillon représentatif de la population hors zone.

6.2.4. Choix de la population d'étude

A faibles doses (i.e. plombémies supérieures à 100 µg/l), le plomb a un impact sur le développement neurologique de l'enfant, qui, pour cette raison, constitue une population à risque qu'il faut étudier en priorité.

D'autres populations peuvent *a priori* être considérées à risque :

- les personnes âgées, dont le stock de plomb osseux pourrait, à l'occasion de modifications physiologiques ou pathologiques, être mobilisé ;
- les femmes enceintes, pour lesquelles existent des risques liés au déroulement de la grossesse et au développement de l'embryon [4]. Une étude menée au Québec chez des femmes enceintes autour d'une usine de recyclage de plomb [35] n'a pas mis en évidence d'imprégnations au plomb importantes : moyenne de 31 µg/l dans une zone de 0 à 400 m sous le vent dominant (maximum inférieur à 100 µg/l) ; les auteurs évoquent cependant la petite taille de l'échantillon, et rapportent les résultats d'autres études menées dans des situations identiques, où les moyennes des plombémies des femmes enceintes pouvaient atteindre 100 µg/l. Les connaissances scientifiques actuelles ne permettent cependant pas de conclure à l'existence d'une relation dose-effet linéaire ou d'un seuil pour ces risques [4].

La présente étude ne permet pas d'apporter d'éléments de réponse quant à la réalité d'une éventuelle imprégnation excessive au plomb de ces deux populations.

6.3. Facteurs de risques mis en évidence

6.3.1. Age

La modélisation de la relation entre la plombémie et l'âge, ajustée sur les autres facteurs, conduit à la représentation de ce qu'on observe généralement dans les populations d'enfants exposés à des sources spécifiques de plomb : augmentation jusque vers 2-4 ans, puis décroissance [4,26], phénomène qui dépendrait essentiellement du comportement main-bouche des jeunes enfants.

6.3.2. Situation du logement par rapport à l'usine

L'influence du lieu de domicile (distance à l'usine, situation sous les vents dominants) persiste malgré la prise en compte d'autres variables explicatives significatives, ce qui constitue un argument pour impliquer le rôle des émissions de l'usine sur la plombémie : plus l'habitation est proche de l'usine, plus elle est placée sous les vents dominants, plus la plombémie est élevée. Ainsi la plombémie moyenne ajustée augmente de 9,5 µg/l lorsque la distance du lieu de domicile à l'usine passe de 900 m à 400 m, et de 12,5 µg/l lorsque le secteur du domicile passe d'une situation est-ouest par rapport à l'usine à une situation nord-sud (sous les vents dominants).

Ce résultat, en ce qui concerne le vent, est conforme au régime des vents nord-sud dans cette région, comme l'illustre la rose des vents de la station de Météo-France de Bron (la construction d'une rose des vents à Limas dans l'agglomération caladoise montre une distribution des vents similaire [Rhône-Poullenc Agrochimie, communication personnelle]).

D'autres nuisances environnementales coexistent. Dans l'agglomération de Villefranche-sur-Saône, le site de Metaleurop n'est pas la seule source d'émission de plomb dans l'environnement. A 500 m environ à l'est passe l'autoroute A6, dans un axe nord-sud. Jusqu'à ces dernières années, l'utilisation du plomb dans l'essence était responsable pour une grande part d'une pollution urbaine de fond conséquente ; celle-ci a fortement chuté depuis l'abandon progressif de l'essence plombée, se traduisant par une diminution progressive et corrélée des plombémies moyennes des populations [4,29]. Dans le passé, les émissions de plomb par les voies routières, notamment celles dont le trafic est dense et important, comme l'A6, ont pu engendrer une pollution des sols le long des voies. Le plomb dans le sol et les végétaux décroît de manière exponentielle avec la distance à la route. On a montré également que les niveaux de plomb dans les plantes et les animaux, dans les zones proches des routes, étaient fortement corrélés avec la proximité et le volume du trafic. Enfin, on admet que le plomb issu des voies routières n'influence plus les teneurs dans les sols au-delà de 500 m [7].

Sur la base de ces éléments et en l'absence d'étude diagnostique le long de l'A6 dans cette zone, nous devons considérer qu'une partie sud-est du périmètre d'étude a pu être exposée aux émissions de plomb de cet axe routier.

Une usine d'incinération d'ordures ménagères est également située à environ 2 km au sud-est du site Metaleurop. De telles installations sont réputées émettre des quantités importantes de plomb dans l'atmosphère [4]. Dans ce cas également, et en l'absence de données disponibles, nous devons considérer qu'une partie sud-est du périmètre d'étude peut être exposée aux émissions de plomb de cette installation.

Toutefois, la présence dans l'agglomération caladoise de l'autoroute A6 et d'une U.I.O.M., émetteurs de plomb, ne remet pas en cause les résultats de l'analyse statistique, qui montrent une influence de la distance et de la situation sous les vents dominants par rapport au site Metaleurop.

6.3.3. Fréquentation de l'école de la Chartonnière

Dans le même ordre d'idée que pour la variable ci-dessus, les enfants fréquentant l'école de la Chartonnière présentent une plombémie plus faible en moyenne de celle des autres enfants. Ce résultat peut s'expliquer par la situation ouest sud-ouest de l'école, à 800 m environ de l'usine, c'est-à-dire relativement éloignée et située en dehors des vents dominants.

6.3.4. Facteurs liés au logement

L'ancienneté du logement (antérieur à 1948), la consommation exclusive d'eau du robinet, le loisir de la mère en lien avec le plomb, sont des variables dont l'apport est significatif dans la modélisation. Les enquêtes logement réalisées par la DDASS du Rhône [18] n'ont pas mis en évidence de problèmes flagrants ni hydriques ni d'habitat à risque plomb (i.e. ancien, vétuste, avec des peintures au plomb détériorées).

Ces variables sont plus vraisemblablement le reflet de conditions socio-économiques défavorables, qui augmenteraient le risque de plus forte imprégnation au plomb chez des enfants vivant dans un milieu potentiellement contaminé. Sur ce dernier point, il est important de relever que tous les logements visités par la DDASS du Rhône font apparaître des teneurs anormales dans les poussières, tant extérieures qu'intérieures, accessibles à l'enfant si elles ne sont pas régulièrement ôtées. C'est pourquoi des mesures d'hygiène, peuvent être mises en avant dans les mesures de réduction de l'exposition [30,33].

6.3.5. Tabagisme passif

Connu comme facteur aggravant de la plombémie des enfants, le rôle du tabagisme passif apparaît dans la modélisation.

6.3.6. Catégorie socioprofessionnelle et travail sur le site de Metaleurop du père

La catégorie socioprofessionnelle du père a un apport significatif dans le second modèle. C'est un des facteurs socioéconomiques connus de la variation de la plombémie de l'enfant. La variable « travail du père sur le site de Metaleurop » présente en effet un apport significatif dans la modélisation des plombémies, comme cela a déjà été mis en évidence

dans des études antérieures [13,19]. Ceci semble traduire le rôle des poussières et de leur transfert au domicile à partir de l'environnement professionnel.

Concernant la mise en évidence de facteurs de risque, nous pouvons retenir que :

1. Des facteurs peuvent expliquer l'augmentation des plombémies de la population d'enfants étudiée :
 - facteurs de risque individuels et facteurs reflétant des conditions de vie classiquement favorables à une aggravation de l'imprégnation au plomb dans un environnement contaminé ;
 - facteurs liés à la proximité d'une source fixe d'émission de plomb dans l'environnement (le site de Metaleurop), dont l'influence reste observable malgré les nombreux autres facteurs explicatifs ;
2. L'augmentation de la plombémie, lorsque l'on se rapproche du site et/ou qu'on se situe sous les vents dominants, reste faible.

6.4. Une plombémie moyenne plus importante que la moyenne régionale

Les chiffres des plombémies observés lors de la présente enquête sont plus élevés que ceux établis en Rhône-Alpes par l'enquête INSERM/RNSP.

6.5. Comparaison avec d'autres études menées autour de sites industriels travaillant le plomb

De nombreux sites industriels, anciens ou encore en cours d'exploitation, existent dans le monde et ont engendré des pollutions environnementales. Qu'il s'agisse de sites d'extraction minière, de fonderies de première fusion, de fonderies de recyclage (deuxième fusion), d'autres utilisations industrielles du plomb ou d'effluents d'incinérateurs, de nombreuses campagnes d'analyse des risques sur les populations habitant à proximité ont été menées dans les deux dernières décennies. Dans l'objectif de mettre en perspective les résultats d'Arnas avec ceux de ces campagnes, une revue bibliographique a été réalisée, décrivant les situations sur le plan environnemental et sur le plan de la distribution des plombémies autour des sites, principalement chez les enfants. Dans la mesure où le niveau général de la plombémie des populations est en déclin constant et que les techniques analytiques ont évolué, seules les enquêtes les plus récentes ont été sélectionnées. Le tableau 22 (pages suivantes) en donne une synthèse.

A l'exception de l'enquête menée sur Seurre en Côte-d'Or [14], les résultats observés sur Arnas, Gleizé et Villefranche-sur-Saône se situent en dessous de ceux obtenus dans l'ensemble de ces études, tant en distributions des plombémies qu'en pourcentages d'enfants dont la plombémie est supérieure ou égale à 100 µg/l.

L'ensemble de ces observations : 1) résultats du dépistage, 2) plombémies réalisées dans les laboratoires d'analyses biologiques et médicales de l'agglomération caladoise, 3) comparaison avec les données régionales, 4) éléments de la revue bibliographique, nous permet de conclure, dans le cas d'Arnas, à l'existence d'un problème certain de surexposition au plomb environnemental, dont il faut cependant relativiser l'importance en termes de santé publique.

Concernant les plombémies, on observe :

1. Une population d'enfants présentant une imprégnation saturnine supérieure à la référence régionale ;
2. Des plombémies supérieures au seuil d'intervention de 100 µg/l peu nombreuses, seuil en dessous duquel on admet une absence d'intoxication ;
3. Des plombémies extrêmes peu importantes (maximum observé de 150 µg/l) et qui restent inférieures à la valeur de 250 µg/l, au-dessus de laquelle une prise en charge spécifique est recommandée (plomburie provoquée).

Tableau 22
 Résultats d'études menées autour de sites industriels pollués par le plomb :
 diagnostics environnementaux et dépistages de plombémies.

Réf.	Description des sites industriels				Résultats des dépistages					Remarques
	Activité Lieu	Histoire ^d	Zone ^e (m)	Teneurs sol ^f (mg/kg)	Nombre Pb ^g	Tranche d'âge	Moyenne géo. Pb (µg/l)	Distribution Pb (µg/l)	Taux Pb ≥ 100 µg/l	
[30] 1995	Fonderie Granite City, Illinois, Etats- Unis	1895-1983	3000	[37-3010]	490	6 mois- 72 mois	69 ^h	[7-402]	16%	Rôle des mauvaises conditions d'habitat (vétusté et hygiène) pour les plombémies élevées.
[21] 1984-92	Fonderie de deuxième fusion Toronto, Ontario, Canada	- / expl. ⁱ	-	-	-	-	140 (en 1984) 39 (en 1992)	- <200	85,5% 7,3%	Remédiation des sols en 1989 (baisse pollution atm. concomitante dans toute la ville entre 1984 et 1992).
[27] 1987	Extraction – fusion plomb Leadville, Colorado, Etats- Unis	1859-1961	-	[27-27800]	150	6mois- 71 mois	87	[5 – 301]	41%	
[22] 1992	Fonderie recyclage batteries Wu-Lun - Taïwan	-	< 350 <1100	508±372 38±13	36	-	-	-	61% ^j	Profondeur sol : 1 cm Notion de contribution importante du Pb aérien
[28] 1994	Fonderie recyclage batteries Fonderie affinage Montréal - Québec	≈1920–1980 ≈1920–1986	- -	[20-3700]	52 ^k	6mois- 5 ans	56	[23-210]	7,7%	Profondeur sol : 5 cm Activité arrêtée et couver- ture herbeuse des sols

^d Historique et état du fonctionnement de l'installation au moment de l'étude

^e Distance la plus éloignée du site industriel pour laquelle les auteurs indiquent des teneurs de plomb dans le sol. Périmètre à l'intérieur duquel le dépistage a été mené.

^f Teneurs en plomb dans le sol observées [min-max] dans la zone d'étude

^g Pb, plombémie

^h Moyenne arithmétique

ⁱ - / Expl. : date de début inconnue / en cours d'exploitation

^j Taux d'enfants dont la plombémie est supérieure ou égale à 150 µg/l

^k Enfants vivant ou gardés dans la zone où le plomb dans le sol dépasse 500 mg/kg

Réf.	Description des sites industriels				Résultats des dépistages					Remarques
	Activité Lieu	Histoire	Zone (m)	Teneurs sol (mg/Kg)	Nombre PbS	Tranche d'âge	Moyenne géo. Pb (µg/l)	Distribution Pb (µg/l)	Taux Pb ≥ 100 µg/l	
[19] 1998	Fabrique de batteries Fonderie de 2 ^e fusion Loiret, France	- / expl.	-	-	125	6 mois – 6 ans	69,2 ^l	<200	19,2%	Etude du facteur « parents travaillant dans l'usine »
[25] 1991	Fonderie Boolaroo et Argenton, NSW, Australie	1897 / 1922 1962 / expl.	2000	[20-21460]	124 193	1-4 ^m âge sco. ⁿ	140 120	[40-380] [40-350]	84% 68%	Profondeur sol : 5 cm
[32] 1993	Extraction et fonderie Hettstedt, Allemagne	- / 1982	≈1500	3900 ^o	28	5-14	77,4 ^p	[7,5-239] ^q	-	Etude sur 8 zones
[14] 1998	Fabrique de composants électroniques Seurre, Côte d'Or, France	1964 / expl.	≈600	[25-16668]	297	6 mois – âge sco.	31,4	<182	8%	Profondeur sol : 30 cm
[13] 1998	Fonderie 2 ^e fusion Bourg Fidèle, Ardennes, France	1968 / expl.	850	<3780	82	6 mois – âge sco.	80,9 à 71,9 ^r	<265	22%	Profondeur sol : 10 à 20 cm
[20] 1995	Fonderie de 1 ^{ère} fusion Noyelles-Godault, Pas-de- Calais, France	1920 – expl.	≈500	>1000	621	6 mois – 6 ans	48	[2-395]	13,1% ^s (24%) ^t	

^l Pas de précision sur la nature de la moyenne

^m Zone résidentielle voisine de la fonderie

ⁿ Ecole voisine

^o Près de la fonderie

^p Résultat pour la zone la plus proche

^q Résultat moyen sur les 8 zones

^r Plombémies prédites par un modèle, pour des enfants de 2 et 7 ans

^s Zone de recrutement de 3500 m autour de la fonderie

^t Pour les enfants résidant dans un rayon de 1000 m autour de la fonderie

7. Conclusions - Recommandations

7.1. Conclusions générales

Le programme de dépistage organisé en mai 1999 auprès des enfants habitant ou fréquentant les environs du site Metaleurop d'Arnas, ou dont les parents travaillent dans les sociétés du site, a engendré une grande préoccupation dans la population de l'agglomération de Villefranche-sur-Saône. Une participation importante (699 enfants prélevés) a permis de prendre en charge une vingtaine d'enfants pour un suivi médical, une enquête environnementale des milieux de vie et des conseils pour prévenir l'exposition au plomb. 68 enfants ont bénéficié d'une plombémie de suivi début octobre 1999.

La plombémie moyenne de la population dépistée est supérieure aux valeurs de référence régionales. Les niveaux observés, moyens et extrêmes, restent cependant modérés. Pour autant, les résultats de l'analyse des facteurs de risque d'exposition plaident pour une contribution des émissions de plomb du site Metaleurop dans l'imprégnation saturnine des enfants. Le media d'exposition (air, sol), la voie de contamination (inhalation, ingestion), ne peuvent être déduits à partir de cette étude.

Peu d'éléments sont disponibles sur la contamination de l'environnement. Ils semblent indiquer, à titre provisoire, que celle-ci est modérée. Ce dernier point peut conduire à expliquer le caractère modéré de l'imprégnation saturnine observée.

7.2. Recommandations

7.2.1. En matière d'information des familles

Les résultats de la présente enquête devraient être communiqués à la population de l'agglomération ainsi qu'aux médecins traitants et au médecin du travail des entreprises du site, en regard, pour ce dernier, du risque « parents travaillant sur le site ».

Enfin, un programme d'éducation sanitaire devrait être mis en place auprès de la population. Les recommandations d'hygiène dispensées aux familles dont les enfants ont des plombémies supérieures à 100 µg/l présentent en effet un caractère général. L'adoption de mesures d'hygiène personnelle (lavage des mains) et d'hygiène dans les logements (nettoyage humide), l'adaptation du comportement (notamment main-bouche), constituent des approches pratiques pour la réduction de l'exposition au plomb présent dans les sols et

les poussières. Que des mesures conservatoires sur l'environnement soient mises en œuvre ou non, cette approche est essentielle.

7.2.2. Concernant la pollution de l'environnement

Pour autant, l'efficacité de telles mesures ne peut se prolonger dans le temps qu'avec la prise de mesures concomitantes de réduction des expositions, voire, en raison du caractère cumulatif du plomb dans l'environnement et dans l'organisme, de mesures de réduction des émissions et de la contamination du milieu. C'est pourquoi la réalisation d'un diagnostic environnemental reste indispensable afin a) de préciser les compartiments les plus touchés (concentration, localisation) et b) d'en déduire les actions de réduction des risques à mettre en œuvre. Dans les endroits les plus contaminés, une attention particulière doit notamment être portée sur les sols des jardins et lieux de jeux des enfants, ainsi que sur les végétaux cultivés.

Dans l'attente, la surveillance des rejets de l'usine doit être renforcée (concentration, flux, quantités de plomb émises dans l'environnement).

7.2.3. En matière de surveillance et d'études complémentaires

Il convient de poursuivre la surveillance individuelle des enfants qui présentaient, lors du dépistage de mai ou lors des plombémies de contrôle, des plombémies supérieures ou égales à 100 µg/l.

Dans l'attente du diagnostic environnemental et au vu des conclusions de cette étude en matière de santé publique, la réalisation d'investigations complémentaires sur les populations de l'agglomération caladoise n'est pas opportune.

Bibliographie

1. CIREI Rhône-Alpes-Auvergne, DDASS du Rhône. Evaluation de l'exposition des enfants au plomb émis par l'usine Metaleurop à Arnas (Rhône). Protocole de dépistage des imprégnations au plomb et d'analyse des facteurs de risques. Mai 1999. *DRASS Rhône-Alpes, Lyon, France*. 23 p. et annexes.
2. Commission de toxicovigilance. Intoxication par le plomb chez l'enfant. Rapport du groupe de travail sur le saturnisme infantile. Juillet 1993. *Ministère chargé de la santé, Direction générale de la santé, Paris, France*. 89 p. et annexes
3. Direction générale de la santé. La diagonale des métaux. Etude sur la teneur en métaux de l'alimentation. Alimentation et santé. 1995. *Ministère chargé de la santé, Direction générale de la santé, Paris, France*. 31 p.
4. INSERM. Plomb dans l'environnement. Quels risques pour la santé? Expertise collective INSERM. 1999. *Les Editions INSERM, Paris, France*. 430 p. et annexes.
5. Squinazi F. Marqueurs biologiques du saturnisme infantile. In Saturnisme et peintures au plomb. Journées d'étude organisées par la DRASS Ile-de-France. 11-12 octobre 1991. *DRASS Ile-de-France, Paris, France*. 105 p.
6. Conseil supérieur d'hygiène publique de France, Section des eaux. Risques sanitaires liés aux boues de station d'épuration des eaux usées urbaines. Technique et documentation. 1998. *Lavoisier, Paris*. 106 p.
7. International programme on chemical safety (IPCS). Lead - Environmental aspects. Environmental health criteria 85. 1989. *OMS, Genève, Suisse*. 106 p.
8. Conseil supérieur d'hygiène publique de France, Section de l'alimentation et la nutrition. Plomb, cadmium et mercure dans l'alimentation : évaluation et gestion du risque. Techniques et documentation. 1996. *Lavoisier, Paris, France*. 142 p.
9. Arrêté du 8 janvier 1998 fixant les prescriptions techniques applicables aux épandages de boues sur les sols agricoles pris en application du décret n 97-1133 du 8 décembre 1997 relatif à l'épandage des boues issues du traitement des eaux usées. *Journal officiel de la République française du 31 janvier 1998*.
10. DRIRE Rhône-Alpes, Groupe de subdivisions du Rhône. Metaleurop à Arnas. Rejets atmosphériques et contrôle des émissions et surveillance de l'environnement. Note 99/054. 16 avril 1999. *Villeurbanne, France*. 2 p. et annexes.
11. Comité technique plomb du Rhône. Le saturnisme infantile. Guide de prise en charge médicale. Mars 1998. *DDASS du Rhône, Lyon, France*. 15 p.
12. Comité technique plomb. Dépistage et suivi des enfants exposés au risque de saturnisme. Septembre 1993. *Direction générale de la santé, Paris, France*. 11 p. et annexes.
13. RNSP et DDASS des Ardennes. Evaluation de l'exposition des enfants aux polluants émis par l'usine Métal Blanc à Bourg Fidèle. Dépistage des imprégnations saturnines excessives et estimations des imprégnations par l'arsenic et le cadmium. Janvier 1998. *RNSP, Saint Maurice, France*. 47 p. et annexes.

14. Institut de veille sanitaire et DDASS de Côte-d'Or. Evaluation de l'imprégnation saturnine des enfants exposés aux polluants émis par l'usine TPC à Seurre (Côte-d'Or). Juillet 1999. *Institut de veille sanitaire, Saint-Maurice, France*. 60 p. et annexes.
15. Hastie T., Tibshirani R. Generalized additive models. 1990. *Chapman and Hall, Londres, Royaume-Uni*.
16. Cleveland W.S., Develin S.J. Locally-weighted regression : an approach to regression analysis by local fitting. *J. Am. Statist. Assoc.* 1988; 83: 596-610.
17. INSERM, RNSP. Surveillance de la population française vis-à-vis du risque saturnin. Rapport final. Décembre 1997. *RNSP, Saint-Maurice, France*. 90 p. et annexes.
18. DDASS du Rhône. Note relative aux résultats des enquêtes logement réalisées au domicile des enfants dont la plombémie est supérieure ou égale à 100 µg/l, dans le cadre du dépistage autour du site Metaleurop d'Arnas. 6 août 1999. *DDASS du Rhône, Lyon, France*.
19. Laforest L., Annino M.C., Alluard A., Van Den Wiele F., Precausta D., Albouy J. Contamination secondaire au plomb. Etude épidémiologique sur des enfants de salariés professionnellement exposés. *Documents pour le médecin du travail, INRS*. 1998; 75: 251-257.
20. DDASS du Pas-de-Calais, ORS Nord-Pas-de-Calais, Institut de Médecine du travail du Nord de la France. Bilan du programme de prévention du saturnisme infantile du département du Pas-de-Calais. Décembre 1995. *ORS Nord-Pas-de-Calais, La Madeleine, France*. 48 p.
21. Langlois P., Smith L., Fleming S., Gould R., Goel V., Gibson B. Blood lead levels in Toronto children and abatement of lead-contaminated soil and house dust. *Archives and environmental health*. 1996; 51 (1): 59-67.
22. Wang J.D. , Jang C.S., Hwang Y.H., Chen Z.S. Lead contamination around a kindergarten near a battery recycling plant. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1992; 49: 23-30.
23. Angle C.R., McIntire M.S. Environmental lead and children : the Omaha study. *Journal of toxicology and environmental health*. 1979; 5: 855-870.
24. Landrigan P.J., Baker E.L. Exposure of children to heavy metals from smelters : epidemiology and toxic consequences. *Environmental research*. 1981; 25: 204-224.
25. Galvin J., Stephenson J., Wlodarczyk J., Loghran R., Waller G. Living near a lead smelter : an environmental health risk assessment in Boolaroo and Argenton, New South Wales. *Australian journal of public health*. 1993; 17 (4): 373-378. Kimbrough R., LeVois M., Webb D. Survey of lead exposure around a closed lead smelter. *Pediatrics*. 1995; 95 (4): 550-554.
26. Baghurst P.A., Tong S.L., McMickael A.J., Robertson E.F., Wigg N.R., Vimpani G.V. Determinants of blood lead concentrations to age 5 years in a birth cohort study of children in the lead smelting city of Port Pirie and surrounding areas. *Archives of environmental health*. 1992; 47 (3): 203-210.
27. Cook M., Chappell W.R., Hoffman R.E., Mangione E.J. Assessment of blood lead levels in children living in a historic mining and smelting community. *American journal of epidemiology*. 1993; 137 (4): 447-455.
28. Kosatsky T., Boivin M.C. Blood lead levels in children living near abandoned metal-recovery plants. *Revue canadienne de santé publique*. 1994; 85 (3): 158-162.

29. Mielke H.W., Reagan P.L. Soil is an important pathway of human lead exposure. *Environmental health perspectives*. 1998; 106, supplement 1: 217-229.
30. Kimbrough R., LeVois M., Webb D. Survey of lead exposure around a closed lead smelter. *Pediatrics*. 1995 ; 95 (4) :550-554.
31. Roberts T.M., Hutchinson T.C., Paciga J., Chattopadhyay A., Jervis R.E., VanLoon J. Lead contamination around secondary smelters : estimation of dispersal and accumulation by humans. *Science*. 1974; 186: 1120-1123.
32. Trepka M.J., Heinrich J., Krause C., Schultz C., Lippold U., Meyer E., Wichmann H.E. The internal burden of lead among children in a smelter town - A small area analysis. *Environmental research*. 1997; 72: 118-130.
33. Roels H.A., Buchet J.P., Lauweris R.R., Bruaux P., Claeys-Thoreau F., Lafontaine A., Verduyn G. Exposure to lead by the oral and the pulmonary routes of children living in the vicinity of a primary lead smelter. *Environmental research*. 1980; 22: 81-94.
34. Décret n 98-360 du 6 mai 1998 relatif à la surveillance de la qualité de l'air et de ses effets sur la santé et sur l'environnement, aux objectifs de qualité de l'air, aux seuils d'alerte et aux valeurs limites. 1998. *Journal officiel de la République française du 13 mai 1998*.
35. Levallois P. Lavoie M., Goulet L., Nantel A.J., Gingras S. Blood lead levels in children and pregnant women living near a lead-reclamation plant. *Can. Med. Assoc. J.* 1991; 144 (7): 877-885.

Annexe 1 - Liste des rues incluses dans le périmètre d'étude

Villefranche-sur-Saône	
Voie	Numéros concernés
rue Berthelot	2 - 790
rue Mirabeau	entier sur Villefranche
rue Lavoisier	entier sur Villefranche
impasse du Gare	entier sur Villefranche
rue du Grand Vivier	entier sur Villefranche
rue Louis Plasse	entier sur Villefranche
rue du Stade Montmartin	entier sur Villefranche
chemin du Gare	entier sur Villefranche
rue Bointon	304 – 364 et 311 – 347
rue de Belleville	210 – 464 et 221 – 457
rue Vauxrenard	37 – 83 et 40 – 104
rue Jean Vatoux	entier sur Villefranche
rue Constantine	330 – 400 et 303 – 377
rue de la Croix Fleurie	entier sur Villefranche
impasse de l'Entourne	entier sur Villefranche
rue Blida	57 – 78
boulevard Roger Salengro	345 – 527 et 532 – 412
rue Thimonier	12 – 40 et le 35
rue Parmentier	40 – 116 et 45 - 87
Gleizé	
Voie	
route de Chantegrillet – carrefour de l'Oasis	
allée du verger	
impasse des tuileries	
ancienne route de Beaujeu	
route de Montmelas (D44)	
impasse de la Petite Sirène	
impasse de la Lyre	
rue Marguerite Yourcenar	
impasse des Saules	
impasse George Sand	
rue George Sand	
impasse du Rêve	
allée de Nohant	
rue de Nohant	
allée de la Petite Fadette	
impasse le Champi	
impasse du Diable	
impasse Indiana	
impasse Laëla	
impasse Valentine	
rue Germaine de Stael	
rue Valentine	
impasse de la Couronne	
rue Simone de Beauvoir	
place Delphine	
toute de Montmelas jusqu'à la rue Valentine	
lotissement Tournesol	
rue du Stade Montmartin	
impasse de l'Entourne	
chemin de l'Entourne	

boulevard Roger Salengro depuis la rue du Stade Montmartin jusqu'à
la rue de Belleville
rue de Belleville depuis la rue du Stade de Montmartin jusqu'à la rue
de Chantegrillet
rue Colette
impasse Claudine
impasse des Belles saisons
rue Sévigné
impasse de Grignan
impasse de la Vagabonde

Arnas

Voie

route de Chantegrillet
avenue de Joux
rue de l'Abbaye
impasse des Prairies
chemin de Chavanne
chemin du Petit Joux
impasse du Ruisseau
impasse des Tamaris
rue de la Croix Fleurie
rue Grange Morin
rue du Nizerand
rue du Champ du Garet
rue Louis Plasse
rue Berthelot
route nationale 6

Annexe 2 – Protocole de dosage des plombémies

Hospices civils de Lyon – Hôpital Edouard Herriot

1. PRINCIPE GENERAL

Le plomb est dosé par spectrométrie d'absorption atomique électrothermique (SAAET), par étalonnage par ajout-calibration.

L'atomisation est réalisée en tube pyrolytique avec la lecture en surface de pic. Le modofocateur utilisé est le phosphate d'ammonium.

2. PRELEVEMENTS

5 ml de sang veineux sont prélevés sur tube hépariné vacutainer de 7 ml « oligoéléments et toxicologie, Becton Dickinson, héparine de sodium (143 UI), réf. BD 367735, code HCL 150167B) ».

Les échantillons sont envoyés à température ordinaire. Ils sont conservés 2 semaines à 4°C puis congelés à -20°C.

3. CONTROLES DE QUALITE

La validation de la technique se fait par un contrôle de qualité interne « Whole Blood Control Human » à trois niveaux de concentration.

Un contrôle est passé dans chaque série d'analyses, tous les 10 échantillons, pour cerner la dérive éventuelle des paramètres analytiques.

Le laboratoire participe, en outre, aux contrôles de qualité interlaboratoires (contrôles de qualité externe) :

- Contrôle de qualité de l'Agence du Médicament (3 fois par an),
- Contrôle international du Centre de Toxicologie du Québec (tous les 2 mois).

4. CARACTERISTIQUES DE LA METHODE

4.1. Limite de quantification :
10 µg/l soit 0,05 µmol/l

4.2. Reproductibilité :

La reproductibilité estimée par la détermination d'un même sérum 9 jours de suite est de 19% pour un patient à 40µg/l.

4.3. Répétabilité :

La répétabilité par détermination du taux de plomb intrasérie (n=20) sur un pool de sang est de 13,5% pour une concentration de 40 µg/l et de 5% pour une concentration à 180 µg/l.

5. AGREMENT

Le laboratoire a reçu son renouvellement d'agrément par l'arrêté du 24 juillet 1995 modifiant et complétant l'arrêté du 23 décembre 1994 portant agrément d'organismes habilités à procéder à des dosages de plombémie.

2. SCOLARITE ET GARDE

2.1- Votre enfant est-il scolarisé ? oui non

2.2- Si oui, est-il scolarisé à l'école de la Chartonnière ?
oui si oui, nombre de ½ journées par semaine |__|
non

2.3- Faites-vous garder votre enfant hors de votre domicile ? :
oui non

si oui :

chez une personne du périmètre d'étude

dans ce cas, situer sur la carte le lieu de résidence

de la personne chez laquelle l'enfant est gardé (lettre G)

régulièrement : nombre de ½ journées / semaine

sinon : nombre de ½ journées depuis le 1^{er} décembre 1998

chez une personne en dehors du périmètre d'étude

3. LOISIRS

Le principal terrain de jeu de votre enfant est-il situé dans la zone d'étude : oui non

si oui, s'agit-il : de votre jardin ou votre cour
d'un autre jardin de la commune *situer sur la carte ce jardin (lettre J)*

4. ALIMENTATION

4.1- Votre enfant consomme-t-il des produits en provenance d'un potager ou d'un verger
situé dans le périmètre d'étude (frais, en bocaux, congelés ou en confiture) :
oui non ne sait pas

4.2- Votre eau du robinet provient-elle :
de la distribution publique d'un puits particulier

4.3- Comme eau de boisson, votre enfant consomme-t-il ?
exclusivement de l'eau du robinet
exclusivement de l'eau en bouteille
parfois l'une, parfois l'autre

4.4- Y a-t-il des tuyauteries d'arrivée d'eau en plomb dans votre logement ?
oui non ne sait pas

5. ACTIVITES DES PARENTS

5.1- Père :

- Profession
- Niveau d'études |__| *Codage :* 0 = études primaires
1 = études secondaires 1^{er} cycle
(6°, 5°, 4°, 3°)
2 = études techniques
(CAP, BEP, ...)
3 = études secondaires 2^e cycle
(2°, 1°, terminale)
4 = études supérieures

- Travaillez-vous sur le site de Métaleurop (Métaleurop, C2P, ADIA, L'Activité, ...) :
oui non
- Travaillez-vous dans une autre entreprise où l'on manipule des métaux (y compris votre propre entreprise le cas échéant) :
oui non
si oui, laquelle
- Pratiquez-vous régulièrement à la maison, un loisir ou une activité susceptible d'être à l'origine d'une exposition au plomb (soudure au plomb, décapage de vieilles peintures, restauration de meubles anciens, figurines de plomb, céramique, confection de plomb de chasse...) ?
oui non
si oui, laquelle.....

5.2- Mère :

- Profession
- Niveau d'études |__| *Codage :* 0 = études primaires
1 = études secondaires 1^{er} cycle
(6°, 5°, 4°, 3°)
2 = études techniques
(CAP, BEP, ...)
3 = études secondaires 2^e cycle
(2°, 1°, terminale)
4 = études supérieures

- Travaillez-vous sur le site de Métaleurop (Métaleurop, C2P, ADIA, L'Activité, ...) :
oui non
- Travaillez-vous dans une autre entreprise où l'on manipule des métaux (y compris votre propre entreprise le cas échéant) :
oui non
si oui, laquelle.....
- Pratiquez-vous régulièrement à la maison, un loisir ou une activité susceptible d'être à l'origine d'une exposition au plomb (soudure au plomb, décapage de vieilles peintures, figurines de plomb, céramique, confection de plomb de chasse...) ?
oui non
si oui, laquelle.....

5.3. Y a-t-il des fumeurs au domicile de l'enfant ?

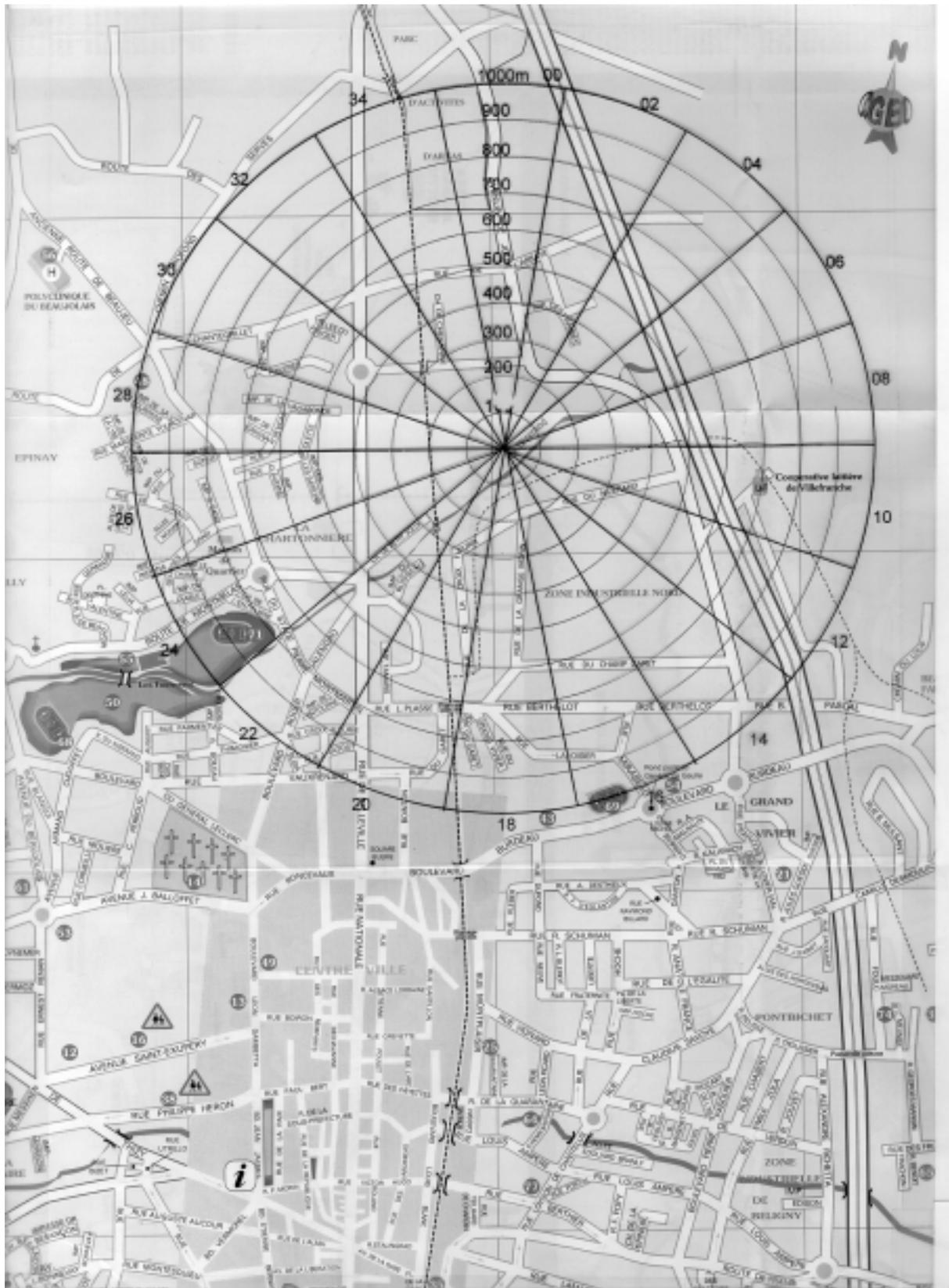
- oui non

6. INFORMATIONS CONCERNANT LA SANTE DE L'ENFANT

(CES INFORMATIONS NE FERONT PAS L'OBJET D'UN TRAITEMENT INFORMATISE)

Votre enfant souffre-t-il d'un problème de santé dont vous voudriez nous faire part ?

.....
.....
.....
.....
.....



Annexe 4 – Protocole de prise en charge

Tableau 1 - Modalités de prise en charge des enfants selon leur plombémie [11]

Plombémie (µg/l)	Attitude thérapeutique
< 250	Pas de traitement chélateur
[250 à 450[	Epreuve thérapeutique par plomburie provoquée. Selon résultat : pas de chélation ou chélation au DMSA.
> 450	Chélation au DMSA : - 10 mg/kg toutes les 8h pendant 5 j (hospitalisation), - puis toutes les 12 h pendant 14 j (à domicile). ou Chélation parentérale en cas de vomissements ou de troubles de conscience avec : - EDTA : 1000 mg/m ² /j (cure de 5 j) - +/- (PbS>700 µg/l) : dimercaprol : 300 mg/m ² /j (cure de 5 j)

Tableau 2 - Modalités de prise en charge des enfants selon leur plombémie [11]

Plombémie (µg/l)	Surveillance biologique
Inférieure à 100	Pas de contrôle ultérieur ou contrôle à 1 an si le contexte est inquiétant (fratrie touchée, logement à risque).
[100 – 150[	Contrôle de l'efficacité des mesures d'hygiène de vie à 6 mois.
> 150	Contrôle de l'efficacité des mesures d'hygiène de vie et d'isolement du plomb à 3 mois
enfant chélaté	Contrôle de l'efficacité de la chélation 3 semaines après la cure

Annexe 5 – Formulaire de consentement des parents

Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales du Rhône

**Programme de dépistage des imprégnations au plomb à Villefranche-sur-Saône,
Gleizé et Arnas**

Feuille A - Formulaire de demande de participation

Nom et prénom de l'enfant :

Adresse des parents :

Téléphone des parents |__|__|__|__|__|

N° Anonymat |__|__|__| (partie réservée à la DDASS du Rhône)

Le préfet du Rhône a décidé la mise en place d'un programme afin de dépister une imprégnation excessive par le plomb des enfants susceptibles d'être exposés au plomb émis par l'usine Metaleurop située à Arnas (Rhône).

Ce programme poursuit trois objectifs :

détecter les enfants qui sont exposés au plomb. En effet, des conseils peuvent être donnés pour réduire cette exposition et la plombémie des enfants doit être surveillée ;

mieux estimer les expositions en fonction de certains facteurs comme la distance et l'orientation de l'habitation par rapport à l'usine, la fréquentation de l'école de la Chartonnière (Gleizé), etc. ;

en déduire des recommandations pour réduire l'exposition individuelle et collective.

Ce programme comporte le renseignement d'un questionnaire, un prélèvement de 5 ml du sang de l'enfant, effectué par une infirmière pédiatrique. Sur ce prélèvement sera réalisé un dosage de la plombémie.

Direction Départementale des Affaires Sanitaires et Sociales du Rhône
Programme de dépistage des imprégnations au plomb à Villefranche-sur-Saône,
Gleizé et Arnas

Feuille B - Formulaire de Consentement

Je, soussigné(e),,
en qualité⁽¹⁾ de déclare avoir pris connaissance des objectifs et des
modalités de ce programme, et à ce titre, consens à ce que mon
enfant ⁽²⁾..... y participe. Il m'a été précisé que je suis libre d'accepter ou de
refuser et que mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de
leurs responsabilités. Si je le désire, je serai libre à tout moment d'arrêter ma participation. Il
m'a également été précisé que les données qui concernent mon enfant resteront strictement
confidentielles. Je n'autorise leur consultation que par des personnes qui collaborent au
programme. Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire auprès
du médecin de la DDASS du Rhône, Mme le Dr Communal (Tél : 04 72 61 39 75).

Date : / / 99

Signature :

Les résultats de ces examens seront transmis au médecin de santé scolaire pour les enfants
scolarisés et, pour les enfants de moins de 6 ans, au médecin du service de Protection
maternelle et infantile (PMI). Ils feront l'objet d'une restitution individuelle auprès du médecin
traitant de l'enfant :

Nom et adresse du médecin :
.....

Souhaitez-vous être personnellement informé des résultats de la plombémie ?

oui non

(1) père, mère, tuteur légal

(2) prénom de votre enfant

Annexe 6 – Décisions préfectorales portant création de deux comités d'experts dans le cadre du programme Arnas

Décisions préfectorales des 29 juin et 23 juillet 1999 relatives à la constitution d'un comité d'experts environnementaux auprès du site de la société Metaleurop à Arnas.

Décision préfectorale du 29 juin 1999 relative à la constitution d'un comité d'experts « santé » auprès du site de la société Metaleurop à Arnas.

Annexe 7 – Rose des vents (station météorologique de Bron, données sur 10 ans)



ROSE DES VENTS

Station MN LYON-BRON

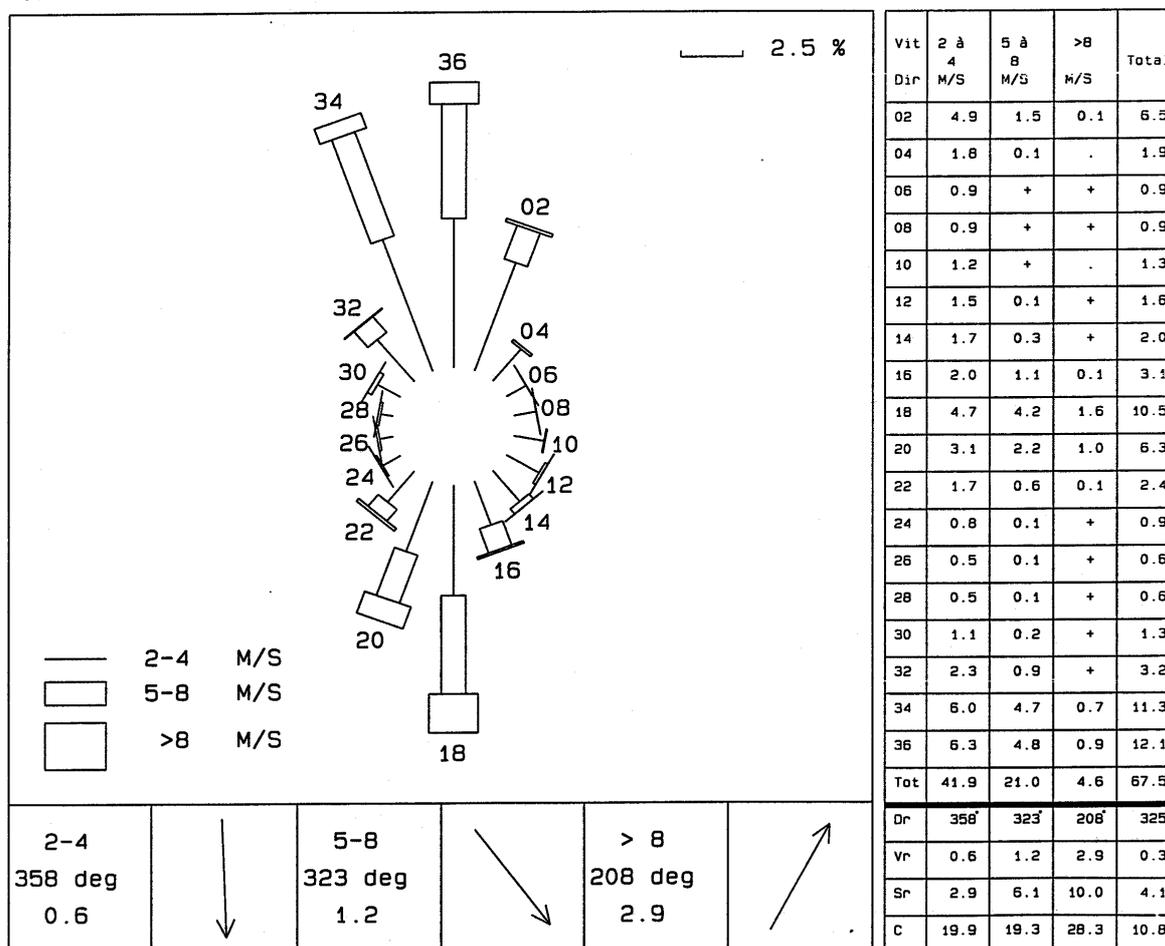
Commune BRON
Lieu-dit AEROPORT
Département RHONE

Altitude 197.5 m
Latitude 45.43'4 N
Longitude 04.56'2
Hauteur anémo. 10.0 m

Période : JANVIER 1989 à DECEMBRE 1998

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %
Par groupes de vitesses : 2-4 M/S, 5-8 M/S, sup. à 8 M/S

Type de données : Valeurs trihoraires de 00 à 21 heures UTC



Nombre de cas observés : 29048. Nombre de cas manquants: 152.

VENT VECTORIEL MOYEN (Vent résultant):

de direction Dr, de force Vr, d'écart type Sr en M/S.

C=constance, paramètre de variabilité directionnelle=100*(Vr/vent moyen).

TABLEAU: pour les trois classes de force (2-4 M/S, 5-8 M/S, sup. à 8 M/S)

ou pour l'ensemble (dernière colonne), on retrouve par direction

(lignes) la fréquence exprimée en %. Si on ne s'intéresse qu'à la

force, la ligne "Tot" donne les résultats indépendamment de la direction.

Dans ce cas Tot= 67.5 % soit 32.5 % de vents inférieurs à 2 M/S.

Le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.05 %

Annexe 8 – Résultats de l'analyse unifactorielle

Association entre les plombémies observées et les facteurs de risque étudiés en analyse unifactorielle. Arnas, mai 1999. (n=626)

Variables	Moyenne géométrique en µg/l	effectif	p (K-W)
Sexe			
filles	40	297	0,610
garçon	39	329	
Age en années			
[0-1[27	27	0,000
[1-2[	39	60
[2-3[	45	55
[3-4[	45	57
[4-5[	45	56
[5-6[	40	54
[6-7[	40	62
[7-8[	39	60
[8-9[	39	47
[9-10[	38	51
[10-11[	36	57
[11 et +	37	40	
Nombre d'enfants dans la famille			
1	39	125	0,003
2	38	313	
3	43	187	
Lieu de résidence			
hors 1000 m	38	170	0,083
dans 1000 m	40	456	
Lieu de résidence			
hors 1000 m	38	170	0,000
dans 1000 m hors vent dominant	36	301	
dans 1000 m sous vent dominant	50	155	
Distance à l'usine du lieu de résidence			
moins de 400 m	53	32	0,001
401-500 m	44	41	
501-600 m	44	46	
601-700 m	40	97	
701-800 m	39	75	
801-900 m	35	66	
901-1000 m	38	99	
plus de 1000 m	38	170	

Secteur résidence (36 : nord ; 18 : sud)			
<i>hors 1000 m</i>	38	170	
4	59	2	
10	40	1	
12	75	3	
14	40	3	
16	65	14	
18	63	16	
20	46	117	
22	37	68	
24	37	49	
26	37	71	
28	34	72	
30	32	25	
32	39	7	
34	53	5	
36	62	3	0,000
Scolarisation			
non	39	136	
oui	40	490	0,407
Scolarisation selon le lieu			
non scolarisé	39	136	
hors 1000 m	44	210	
dans 1000 m	37	280	0,000
Garde			
non	40	368	
oui	39	258	0,136
Lieu de garde et périmètre			
hors 1000 m	37	82	
dans 1000 m	39	176	
non gardé	40	368	0,265
Lieu de garde et vent			
non gardé ou gardé hors 1000 m	40	454	
gardé hors vent dominant	39	127	
gardé sous vent dominant	40	45	0,5955
Distance garde en code			
<i>non gardé ou hors zone</i>	40	454	
1	34	30	
2	37	40	
3	43	19	
4	42	34	
5	39	26	
6	46	20	
7	36	3	0,180

Secteur de garde			
<i>non gardé</i>	40	454	
14	40	3	
16	42	5	
18	46	7	
20	40	29	
22	39	18	
24	50	15	
26	37	29	
28	38	46	
30	36	16	
34	35	2	
36	35	2	0,730
Ancienneté habitat			
après 1948	38	347	
avant 48	51	65	
inconnu	39	214	0,000
Présence de tuyau en plomb			
non	38	372	
oui	46	21	
inconnu	42	233	0,015
Jeux dans les 1000 mzone			
non	39	126	
oui	40	500	0,430
Jeux dans le jardin du domicile			
non	34	52	
oui	41	438	
inconnu	38	136	0,007
Jeux dans un autre jardin			
non	41	354	
oui	37	125	
inconnu	38	147	0,026
Légume du potager			
non	39	434	
oui	41	192	0,110
Eau de boisson			
bouteille	35	149	
robinet	42	299	
les 2	40	176	
inconnu	35	2	0,002
Tabagisme des parents			
non	37	346	
oui	43	279	
inconnu	70	1	0,000
Profession du père			
artisan, commerçant, chef entreprise, agriculteur exploitant	40	55	
cadre et profession libérale	37	92	
profession intermédiaire	36	112	
employé	41	117	
ouvriers	42	206	
retraité et autre personne sans activité professionnelle	48	18	
inconnu/absence de père	40	26	0,002

Niveau d'étude du père			
primaire	51	32	
secondaire 1er cycle	39	54	
BEP, CAP	42	256	
secondaire 2e cycle	37	95	
supérieur	35	153	
inconnu/absence de père	40	36	0,000
Père travaillant à Metaleurop			
non	39	574	
oui	52	25	
inconnu/absence de père	40	27	0,004
Père travaillant avec des métaux			
non	40	460	
oui	38	136	
inconnu/absence de père	40	30	0,670
Loisirs du père avec des métaux			
non	40	573	
oui	38	25	
inconnu/absence de père	40	28	0,790
Profession de la mère			
artisan, commerçant, chef entreprise, agriculteur exploitant	39	18	
cadre et profession libérale	36	36	
profession intermédiaire	39	107	
employé	38	270	
ouvriers	37	34	
retraité et autre personne sans activité professionnelle	44	157	
inconnu	42	4	0,046
Niveau d'étude de la mère			
primaire	52	32	
secondaire 1er cycle	40	66	
BEP, CAP	41	184	
secondaire 2e cycle	37	144	
supérieur	38	188	
inconnu	42	12	0,004
Mère travaillant à Metaleurop			
non	40	610	
oui	37	12	
inconnu	42	4	0,628
Père travaillant avec des métaux			
non	40	601	
oui	39	19	
inconnu	41	6	0,970
Loisirs du père avec des métaux			
non	39	608	
oui	52	14	
inconnu	42	4	0,068

-
- 1 protocole ARNAS
 - 2 commission TV
 - 3 diagonale métaux
 - 4 INSERM – expertise collective
 - 5 Squinazi – DRASSIF 1991
 - 6 lavoisier boues
 - 7 IPCS n°85
 - 8 lavoisier pb, cd, hg
 - 9 arrêté 8 janvier 1998
 - 10 DRIRE RA
 - 11 CTP Rhône
 - 12 CTP Paris - vert
 - 13 Bourg Fidèle
 - 14 Seurre
 - 15 hastie GAM
 - 16 Cleveland
 - 17 enquête INSERM/RNSP

 - 18 Note DDASS du 6 août 1999 récapitulant les résultats des enquêtes environnementales

 - ¹⁹ Loiret
 - ²⁰ Pas-de-Calais