

**PATHOLOGIES
LIÉES À
L'ENVIRONNEMENT**

JUILLET 2018

ÉTUDES ET ENQUÊTES

**ÉTUDE D'IMPRÉGNATION AUTOUR
D'ANCIENS SITES MINIERS DANS
LE GARD ET ÉCHANGES AVEC
LES PARTIES PRENANTES : ANALYSE
ET PROPOSITIONS**

**RÉGION
OCCITANIE**

Résumé

Dans le Gard, les sites de Carnoulès et Croix-de-Pallières ont hébergé une importante activité d'extraction de minerais métalliques jusqu'au siècle dernier. Des études environnementales ont mis en évidence des teneurs en plomb et en arsenic exceptionnellement élevées pour les deux sites, ainsi que des teneurs en cadmium élevées pour le site de la Croix-de-Pallières.

Afin de mieux comprendre les sources et modes d'exposition des populations riveraines de ces anciens sites miniers, Santé publique France a réalisé une étude d'imprégnation et s'est appuyée sur un comité d'appui externe pluridisciplinaire pour accompagner la transposition des résultats en propositions de gestion. Cette étude avait pour objectifs de mesurer l'imprégnation des riverains, d'identifier les déterminants de l'imprégnation et de formuler des propositions adaptées au contexte local pour réduire les expositions.

Une étude transversale d'exposition biologique a été réalisée en population générale, à partir :

- de prélèvements biologiques pour le dosage des biomarqueurs (plombémies, arsenic et cadmium urinaires) ;
- de questionnaires sur les comportements et habitudes alimentaires ;
- de mesures environnementales dans les sols des jardins des participants et les poussières des logements.

L'inclusion s'est faite sur la base du volontariat et les facteurs de risque liés aux imprégnations au plomb, à l'arsenic et au cadmium ont été quantifiés à partir d'un modèle linéaire généralisé.

Le taux global de participation était de 23,5 % (651/2774). Près d'un quart des participants présentaient une surimprégnation en arsenic par rapport aux données en population générale et 12 % une surimprégnation en cadmium. Les niveaux d'imprégnation en plomb n'étaient pas différents de ceux observés au sein de la population française. Aucun cas de saturnisme infantile n'a été identifié.

En plus des déterminants classiques habituellement décrits dans la littérature (âge, sexe, consommation d'alcool et de tabac), les niveaux d'imprégnation étaient influencés par les concentrations en polluants dans les sols et la consommation de certains produits locaux (œufs, volailles, lapins, gibiers, champignons). Les concentrations en poussières n'étaient pas corrélées aux niveaux d'imprégnation des participants par contre, la fréquence de passage de la serpillière humide, proxy des concentrations dans les poussières, a été retrouvée associée à une diminution de l'imprégnation en plomb et en arsenic.

Le comité d'appui a souhaité compléter la démarche par la rencontre de différentes parties prenantes (élus, autorités locales, associatifs et représentants des riverains). Ces échanges ont permis de mieux cerner les enjeux et attentes au niveau des populations locales et d'adapter les propositions au plus près du terrain.

Trois catégories de propositions ont été dégagées de ce travail, des propositions :

- visant à réduire les expositions : au niveau de la gestion collective des sources de contamination, au niveau du comportement individuel (concernant les poussières dans les logements et l'alimentation) et en accompagnant les personnes par un dispositif spécifique ;
- d'ordre méthodologique : préférer les études multicentriques, intégrer en amont les parties prenantes, adapter le plan d'échantillonnage et améliorer les connaissances ;
- d'ordre organisationnel : impliquer les autorités sanitaires et les professionnels de santé et d'action sociale, mieux coordonner les investigations environnementales et sanitaires menées sur des situations de sites et sols pollués, nécessité d'une communication claire et transparente.

Abstract

Significant pollution of soils with lead, arsenic and cadmium has been observed in the surroundings of closed metal mines in the Gard department (Southern France). To better understand the exposure of neighboring populations, Santé publique France (the French Public Health Agency) conducted a population biomonitoring study and relied on a multidisciplinary external advisor committee to translate the results into appropriate operational measures.

The objectives were to measure the biological exposure levels, to identify the key factors of exposure and to propose appropriate measures to reduce human exposure.

A cross-sectional study was conducted among the general population; different data was collected:

- biological samples (blood for lead and urines for arsenic and cadmium),
- questionnaire on eating habits and lifestyles,
- environmental samples in gardens soils and house dust.

Participation was on a voluntary basis and a generalized linear model was used to determine the risk factors of exposure to lead, arsenic and cadmium. The participation rate was 23.5% (651/2774). Nearly a quarter had an over-exposure of arsenic and 12% of cadmium. Blood lead levels were not different from those observed in the French population.

In addition to the expected key factors (age, sex, alcohol and tobacco consumption), biological levels were influenced by pollutant concentrations in soils and the consumption of certain local products (eggs, poultry, rabbits, game, mushrooms). Pollutants in dust were not correlated with biological levels. However, the frequency of home cleaning was associated with a decrease in lead and arsenic biological levels.

The committee completed the process by interviewing various stakeholders (elected officials, local authorities, associations and residents' representatives). These discussions provided the opportunity to better understand neighboring populations' issues and expectations and to adapt proposals to the local context.

Three categories of proposals were formulated:

- collective and individual proposals for exposure reduction: management of the sources of contamination, changes in individual behaviors (concerning house dust and food) and personalized advices to accompany people in these changes;
- methodological proposals: to prefer multicenter studies, to early involve stakeholders, to adapt the sampling plan and to improve knowledge;
- organizational proposals: to involve health authorities and health and social workers, to better coordinate environmental and health investigations carried out on contaminated sites and soils and to guarantee clear and transparent communication.

Rédaction du rapport

Amandine Cochet¹, Clémence Fillol², Marie-Laure Bidondo³, Julie Chesneau³, Agnès Guillet³, Tek Ang Lim², Alain Le Tertre², Damien Mouly¹

1. Santé publique France, Direction des régions, Occitanie

2. Santé publique France, Direction santé environnement

3. Santé publique France, Direction appui, traitements et analyses des données

Coordination de l'étude

Amandine Cochet, Clémence Fillol

Analyses statistiques

Alain Le Tertre

Système d'information géographique

Agnès Guillet

Gestion des données

Julie Chesneau

Métérologie

Marie-Laure Bidondo, Marie Pécheux

Action juridiques, administratives et financières

Karine de Proft

Relecteur extérieur

Cécile Durand

Validation

Sébastien Denys (directeur de la DSE), Franck Golliot (Directeur adjoint de la Dire), Yann Le Strat (directeur de la Data)

Partenaires ayant contribué à l'étude

Agence Régionale de Santé Occitanie : Coordination de l'enquête de terrain de mesures d'imprégnation

Association des infirmiers libéraux du bassin alésien (AILBA) : Prélèvements biologiques

Laboratoire Cerba : Analyses biologiques

Geoderis : Prélèvements sols et poussières (sous-traitance à Socotec pour les poussières)

Eurofins : Analyses de sols

Laboratoire d'Etude et de Recherche en Environnement et Santé (LERES) : Analyses de poussières

Membres du comité d'appui à l'étude

Gérard Lasfargues, Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) (président du comité)

Ghislaine Bouvier, Université de Bordeaux, Institut de santé publique, d'épidémiologie et de développement (ISPED), unité Inserm U897

Guillaume Chauvet, École nationale de la statistique et de l'analyse de l'information (Ensa), UMR-6625 IRMAR

Alain Epelboin, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), Muséum National d'Histoire Naturelle

Cyril Feidt, Université de Lorraine/Institut national de la recherche agronomique (INRA)

France Lert, Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations (Cesp), Inserm U1018

Paule Vasseur, Université de Lorraine/Centre national de la recherche scientifique (CNRS)

Financeurs

Agence régionale de santé Occitanie, Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Occitanie, Santé publique France

Remerciements

Nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué directement ou indirectement à la réalisation de cette étude, en particulier aux participants à l'étude et aux parties prenantes.

Nous remercions également Cécile Durand pour sa relecture attentive du rapport, Agnès Verrier pour son expertise concernant la surveillance des plombémies et Edwige Bertrand pour les recherches bibliographiques.

Table des matières

1. INTRODUCTION	8
1.1 Contexte environnemental	8
1.2 Saisines de Santé publique France par l'Agence régionale de santé Occitanie	8
1.3 Justification de la démarche	8
2. ÉTUDE D'IMPRÉGNATION	10
2.1 Objectifs	10
2.2 Problématique sanitaire	10
2.2.1 Effets sanitaires du plomb et sources d'exposition	10
2.2.2 Effets sanitaires de l'arsenic et sources d'exposition	11
2.2.3 Effets sanitaires du cadmium et sources d'exposition	11
2.3 Matériel et méthodes	12
2.3.1 Type d'étude	12
2.3.2 Zones, populations et période d'étude	12
2.3.3 Recrutement des participants et recueil des données	14
2.3.3.1 Information de la population	14
2.3.3.2 Mesures biologiques	15
2.3.3.3 Recueil des caractéristiques individuelles et données comportementales	18
2.3.3.4 Mesures environnementales	18
2.3.4 Gestion des données recueillies	20
2.3.5 Analyses statistiques	21
2.3.5.1 Analyses descriptives	21
2.3.5.2 Représentations cartographiques	21
2.3.5.3 Analyse des déterminants de l'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic	22
2.3.6 Aspects éthiques	24
2.3.6.1 Consentement éclairé des participants à l'étude	24
2.3.6.2 Mode de circulation des données	24
2.3.6.3 Confidentialité	24
2.3.6.4 Autorisations réglementaires	24
2.3.6.5 Déontologie et communication des résultats	24
2.4 Résultats	25
2.4.1 Analyses descriptives	25
2.4.1.1 Taux de réponse	25
2.4.1.2 Représentativité	27
2.4.1.3 Caractéristiques individuelles et données comportementales des participants	28
2.4.1.4 Distribution des mesures d'imprégnation	29
2.4.1.5 Distribution des mesures environnementales	40
2.4.2 Analyse des facteurs environnementaux de l'imprégnation au plomb, au cadmium et à l'arsenic	46
2.5 Discussion	55
2.5.1 Synthèse des principaux résultats	55
2.5.2 De la contamination de l'environnement aux effets sanitaires	55
2.5.3 Limites méthodologiques de l'étude	56
2.5.3.1 Participation et biais possibles	56
2.5.3.2 Limites d'interprétation des mesures	57
2.5.3.3 Limites de l'analyse statistique	58
3. RECOURS À UN COMITÉ D'APPUI	60
3.1 Composition et modalités de fonctionnement	60
3.2 Entretiens avec les parties prenantes	60
3.2.1 Objectifs et déroulement	60
3.2.2 Synthèse des échanges avec les parties prenantes	60

4. PROPOSITIONS	63
4.1 Formulation et champ des propositions	63
4.2 Propositions pour réduire les expositions.....	64
4.3 Propositions d'ordre méthodologique à prendre en compte pour d'autres situations similaires.....	66
4.4 Propositions organisationnelles	66
Références bibliographiques.....	67
ANNEXES	69
Annexe 1 / Teneurs en plomb, arsenic et cadmium mesurées au niveau de différents sites	70
Annexe 2.1 / Saisine Carnoulès.....	71
Annexe 2.2 / Saisine Croix-de-Pallières	72
Annexe 3.1 / Note d'information.....	73
Annexe 3.2 / Lettre Carnoulès	78
Annexe 3.3 / Lettre Croix-de-Pallières	79
Annexe 4.1 / Questionnaire foyer.....	79
Annexe 4.2 / Questionnaire adulte.....	84
Annexe 4.3 / Questionnaire enfant.....	98
Annexe 5 / Construction de nouvelles variables.....	109
Annexe 6.1 / Consentement adulte.....	111
Annexe 6.2 / Consentement enfant.....	114
Annexe 7 / Caractéristiques individuelles et données comportementales des participants à l'étude d'imprégnation	117
Annexe 8 / Distribution des mesures d'imprégnation	125
Annexe 9 / Distribution des concentrations en plomb, arsenic et cadmium (fractions totales) dans les poussières des logements enquêtés.....	126
Annexe 10 / Résultats de l'analyse de sensibilité sur l'effet foyer.....	127
Annexe 11 / Liste des personnes rencontrées par le comité d'appui à l'étude	128

Abréviations

AILBA	Association des infirmiers libéraux du bassin alésien
ARS	Agence régionale de santé
As	Arsenic
Asi	Arsenic inorganique
BRGM	Bureau de recherches géologiques et minières
CCTIRS	Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé
Cd	Cadmium
Cire	Cellule d'intervention en région
CNIL	Commission nationale de l'informatique et des libertés
DGS	Direction générale de la santé
DMA	Acide diméthylarsinique
DREAL	Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement
EDTA	Ethylène diamine tétraacétique
ENNS	Etude nationale Nutrition Santé
GEE	Generalized estimating equation (équation d'estimation généralisée)
GIP	Groupe d'intérêt public
GLM	Generalized Linear Model (modèle linéaire généralisé)
HAS	Haute autorité de santé
HCSP	Haut Conseil de la santé publique
ICP-AES	Inductively Coupled Plasma - Atomic emission spectrometry (spectrométrie d'émission atomique à plasma à couplage inductif)
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry (spectroscopie de masse à plasma à couplage inductif)
ICPE	Installation classée pour la protection de l'environnement
IEM	Interprétation de l'état des milieux
IMC	Indice de masse corporelle
INERIS	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INRS	Institut national de recherche et de sécurité
Insee	Institut national de la statistique et des études économiques
LOD	Limite de détection
LOQ	Limite de quantification
MICE	Multiple Imputation by Chained Equations (méthode d'imputation multiple par équations chaînées)
MMA	Acide mono- méthylarsonique
MS	Matière sèche
Pb	Plomb
RFL	Revenus fiscaux localisés
SpFrance	Santé publique France
TGI	Tribunal de grande instance

1. INTRODUCTION

1.1 Contexte environnemental

Les communes gardoises de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille (site de Carnoulès) et de Saint-Félix-de-Pallières, Thoiras et Tornac (site de la Croix-de-Pallières) ont hébergé une importante activité d'extraction de minerais métalliques jusqu'au siècle dernier.

En application de la politique nationale du ministère en charge de l'environnement, des études d'interprétation de l'état des milieux (IEM) ont été réalisées en 2012 et 2013 pour les deux sites. Elles ont mis en évidence des teneurs environnementales en plomb et en arsenic exceptionnellement élevées pour les deux sites, ainsi que des teneurs en cadmium élevées pour le site de la Croix-de-Pallières. Les niveaux de contamination des sites de Carnoulès et Croix-de-Pallières sont en effet nettement supérieurs à ceux habituellement observés sur des sites naturellement riches en métaux lourds [1] (**Annexe 1**).

1.2 Saisines de Santé publique France par l'Agence régionale de santé Occitanie

Dans les suites des études environnementales IEM, l'Agence régionale de santé (ARS) Occitanie a saisi Santé publique France (SpFrance) pour demander une expertise sur les risques sanitaires encourus par les populations riveraines des anciens sites miniers de Carnoulès (saisine en 2012) et Croix-de-Pallières (saisine en 2013) (**Annexe 2**).

En réponse à ces saisines, SpFrance a préconisé (i) la réalisation d'une action de dépistage du saturnisme infantile et (ii) la réalisation de mesures d'imprégnation au plomb, à l'arsenic et au cadmium au sein des populations potentiellement exposées, ainsi qu'une analyse des déterminants de l'imprégnation.

1.3 Justification de la démarche

Une étude d'imprégnation permet d'objectiver l'exposition aux polluants mesurés en amont de l'apparition d'un effet éventuel sur la santé. Cette approche a été retenue pour les sites de Carnoulès et Croix-de-Pallières, d'une part car elle permet d'identifier des niveaux d'expositions pouvant justifier la mise en place de mesures de gestion sans attendre l'apparition d'effets sanitaires éventuels, d'autre part car les effectifs de population dans les communes concernées sont trop faibles (manque de puissance statistique) pour étudier la relation entre une exposition environnementale et la survenue de maladies (autre approche épidémiologique envisageable dans le cas d'une pollution environnementale).

Les concentrations en plomb mesurées dans l'environnement des anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières sont largement supérieures à la valeur de contamination à partir de laquelle le Haut Conseil de la santé publique (HCSP) recommande la réalisation d'un dépistage du saturnisme dans la population des enfants de moins de 7 ans et chez les femmes enceintes ou envisageant une grossesse à court terme (dans les 6 mois) (300 mg/kg) [2]. SpFrance a ainsi préconisé la mise en œuvre d'un dépistage organisé du saturnisme au sein des populations riveraines des deux sites.

Les très fortes teneurs en cadmium mesurées sur le site de La Croix-de-Pallières justifient la mise en place de mesures de cadmiurie afin d'identifier une surimprégnation éventuelle des riverains par

rapport aux niveaux d'imprégnation en cadmium mesurés dans la population générale. Les personnes présentant des niveaux de cadmium urinaire à partir desquels sont susceptibles d'apparaître des anomalies tubulaires rénales ont pu bénéficier d'un dépistage des atteintes rénales et, le cas échéant, d'une prise en charge médicale (diagnostique et thérapeutique) et de mesures individuelles de réduction des expositions.

Concernant l'arsenic, bien qu'il n'existe pas de bénéfice individuel direct lié à la mesure de l'imprégnation (dosages non prédictifs de l'apparition de pathologies et absence de valeur de référence sanitaire), SpFrance a préconisé la réalisation d'un dosage des concentrations en arsenic afin d'étudier les déterminants de l'exposition.

Etant donné la similitude des actions à mener, la proximité géographique des sites de Carnoulès et Croix-de-Pallières (<10 km) et l'effectif de population permanente cumulée (environ 2800 habitants), l'ARS Occitanie et SpFrance ont jugé opportun de mutualiser l'intervention sanitaire sur les deux sites.

L'ARS Occitanie a ainsi coordonné la mise en œuvre d'une campagne de mesures d'imprégnation au plomb et à l'arsenic pour les populations riveraines des anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, ainsi que des mesures d'imprégnation au cadmium pour les riverains du site de Croix-de-Pallières. Ce dispositif a permis aux participants de connaître leur niveau d'imprégnation au plomb, à l'arsenic et au cadmium et de bénéficier d'une prise en charge médicale si nécessaire.

L'analyse des déterminants de l'imprégnation a été confiée à SpFrance qui s'est appuyée sur un comité d'appui pour l'analyse et l'interprétation des données de l'étude d'imprégnation ainsi que la formulation des propositions émises à l'issue de l'étude.

La mise en œuvre de l'étude d'imprégnation est intervenue dans un contexte sensible, avec une multiplicité des enjeux locaux (sanitaires, environnementaux, fonciers, juridiques...) et une pression médiatique importante. Certaines personnalités locales sont très actives pour dénoncer la pollution, l'insuffisance de mesures de gestion sur le site de Croix-de-Pallières et sont critiques vis-à-vis des services de l'Etat. Le site de Croix-de-Pallières a fait l'objet d'une forte médiatisation avec notamment la diffusion d'une émission « Pièces à conviction. Cévennes : révélations sur une pollution cachée » en janvier 2016, relayée par de nombreux articles dans la presse nationale et locale.

Dans ce contexte, le comité d'appui a souhaité compléter son expertise par une approche qualitative et a rencontré différentes parties prenantes sur le dossier.

Les parties suivantes distinguent ce qui relève de l'étude d'imprégnation (partie 2) et ce qui relève du recours au comité d'appui (partie 3).

2. ÉTUDE D'IMPRÉGNATION

2.1 Objectifs

L'objectif principal de cette étude est de mieux comprendre les sources et modes d'exposition des populations locales.

Les objectifs spécifiques sont :

- décrire les niveaux d'imprégnation observés et identifier des groupes de population particulièrement exposés au plomb, à l'arsenic (pour les deux sites) et au cadmium (uniquement pour le site de la Croix de Pallières) ;
- identifier les déterminants de l'imprégnation au plomb, à l'arsenic et au cadmium (uniquement pour le site de la Croix de Pallières) ;
- formuler des propositions adaptées au contexte local pour réduire les expositions.

2.2 Problématique sanitaire

L'étude a porté sur les trois éléments minéraux les plus présents dans l'environnement d'après les résultats des études IEM et potentiellement les plus à risque pour la santé du fait de leur caractère bioaccumulable et de leur toxicité: le plomb, l'arsenic et le cadmium.

2.2.1 Effets sanitaires du plomb et sources d'exposition

Les effets toxiques du plomb [2] sont principalement neurologiques, hématologiques et rénaux. L'intoxication au plomb (saturnisme) est souvent asymptomatique et lorsqu'on décèle des signes cliniques, ils sont tardifs et non spécifiques (troubles du comportement, de l'humeur, de la motricité, baisse des performances scolaires, douleurs abdominales, diarrhées, constipation, anorexie, pâleur, asthénie).

Les enfants de moins de 6 ans et les femmes enceintes sont les catégories de population les plus vulnérables. Les enfants sont plus à risque du fait de leur coefficient d'absorption digestive élevé, d'un risque d'exposition plus important liée à l'activité main-bouche et parce que leur système nerveux est en développement ; les femmes enceintes le sont également du fait des risques encourus pour elles-mêmes (hypertension gravidique) et pour le fœtus (avortement, prématurité, malformations congénitales, et toxicité retardée notamment sous la forme de retards psychomoteurs).

Chez les adolescents et les adultes, l'imprégnation au plomb peut être à l'origine d'une augmentation des risques de maladie rénale chronique et d'hypertension artérielle, d'une altération de la fertilité masculine, d'une diminution du débit de filtration glomérulaire et d'une augmentation de la pression artérielle [3].

Les données épidémiologiques disponibles indiquent, en outre, que les effets neurologiques et les effets sur le développement staturo-pondéral et sexuel, ainsi que sur l'acuité auditive, chez le jeune enfant, sont probablement sans seuil ; de même que les effets rénaux chez l'adulte et l'adolescent et les effets cardio-vasculaires chez l'adulte [3].

Le plomb a une grande variété d'applications industrielles : dans la fabrication de batteries, de soudures (alliages Pb/Sn), la production et l'utilisation d'alliages métalliques (dont certains types de laiton, bronze et acier), de matières plastiques (comme pigment ou stabilisant), de verre (surtout le cristal), de munitions (dont plombs de chasse), d'émaux (céramique, médailles), d'anciens caractères d'imprimerie (typographie, linotypie) et d'isolants contre le bruit, les vibrations et les rayonnements ionisants. On le retrouve également dans des pigments, des vernis, des mastics ou des peintures (comme le minium) dont l'utilisation n'a pas cessé de diminuer au cours des dernières décennies [4].

Pour les enfants, les sources majeures d'exposition sont la peinture au plomb, la poussière et la contamination du sol. Chez les adultes, les expositions principales ont tendance à être limitées à certaines sources professionnelles et de loisirs. Hormis le cas d'expositions professionnelles (essentiellement soudeurs, peintres), l'ingestion est en pratique le principal mode d'entrée du plomb dans l'organisme. Pour la population générale, les principales sources d'exposition au plomb sont l'alimentation, l'eau de boisson et la poussière. Les aliments les plus contaminés par le plomb sont les crustacés, les mollusques, les abats, mais aussi le pain, le sucre et ses dérivés. Les situations qui favorisent une forte exposition au plomb, hormis les expositions professionnelles, sont de résider dans un habitat ancien (anciennes peintures au plomb et canalisations en plomb) et de pratiquer certains loisirs tels que le tir, la chasse, certains types d'artisanat (avec peintures, vernis, émaux, poterie, vitraux...) [4].

2.2.2 Effets sanitaires de l'arsenic et sources d'exposition

La connaissance des effets de l'arsenic et de ses composés repose sur les résultats d'études réalisées en milieu professionnel et pour des populations exposées à des niveaux très élevés en arsenic dans l'eau de boisson [5,6].

L'arsenic a des effets cancérogènes (cancers pulmonaires, cutanés, hépatiques, des voies urinaires) [7], reprotoxiques (malformations congénitales, retard de croissance intra-utérins) ou systémiques (hyperkératoses, atteintes cardiovasculaires, neurologiques ou hématologiques).

L'état des connaissances sur le lien entre les concentrations dans les milieux biologiques et la toxicité de l'arsenic et de ses composés reste encore limité pour les faibles doses.

Les sources liées aux activités humaines sont principalement la fonderie et la métallurgie de métaux non ferreux et l'utilisation d'énergie fossile, en particulier du charbon. L'arsenic peut ainsi se retrouver dans l'eau ou les sols à partir de sites industriels ou de traitement des déchets. Il a de nombreux usages commerciaux. Il est utilisé dans la production d'alliages métalliques, du verre, dans la fabrication de composants électroniques, comme pigment (émaux, peinture, verre), pour le tannage des peaux et la naturalisation des animaux, pour le traitement protecteur du bois (CCA, association cuivre-chrome-arsenic), et comme médicament chez l'homme et l'animal. En agriculture, les composés arséniés ont principalement été utilisés comme insecticides, herbicides, fongicides. La fumée de cigarette contient de l'arsenic. L'exposition de la population générale à l'arsenic est principalement alimentaire. Bien que la concentration d'arsenic varie selon le type d'aliment, dans la majorité des cas, la concentration d'arsenic inorganique présente dans les aliments est faible. Contrairement à l'arsenic organique des produits de la mer, l'arsenic apporté par le sol et l'eau est inorganique et de toxicité élevée [4].

2.2.3 Effets sanitaires du cadmium et sources d'exposition

Les effets sur la santé de l'exposition au cadmium sont historiquement connus à partir d'études menées auprès de salariés exposés par inhalation aux vapeurs de cadmium. Lors d'ingestion de cadmium, les principaux organes cibles sont le système osseux et le rein. L'effet toxique du cadmium est cumulatif. Il est responsable de maladies rénales (néphropathies tubulaires) pouvant évoluer vers une insuffisance rénale

chronique, d'atteintes osseuses (ostéoporose, ostéomalacie) consécutives à des troubles du métabolisme phosphocalcique, ainsi que d'atteintes pulmonaires. Le risque de cancer (pulmonaire et prostatique) est également établi [8].

L'exposition conjointe au cadmium et à l'arsenic d'une part, au cadmium et au plomb d'autre part, semble avoir un effet potentialisateur notamment sur le rein.

Le cadmium a été abondamment utilisé pour protéger l'acier contre la corrosion (cadmiage). On s'en sert dans de nombreux alliages, pour la fabrication de piles et batteries (Ni-Cd), de câbles, de roulements à bille, de colorants et comme stabilisant pour les matières plastiques. Le cadmium est présent dans les minerais de zinc, de plomb et de cuivre et il est souvent associé au plomb et au zinc lors de pollutions d'origine industrielle. Ainsi, c'est un contaminant qui se retrouve dans les différents compartiments de l'environnement, mais en particulier dans le sol, du fait de l'érosion, des activités industrielles humaines (sous-produits de l'industrie des métaux non ferreux) et des pratiques agricoles (engrais phosphatés, épandage de boues d'épuration) ; ces dernières contribuent largement à l'enrichissement du sol en cadmium et donc à la contamination des terres agricoles. Il se retrouve dans les effluents de nombreux processus de combustion tels que l'incinération des déchets. Le cadmium pénètre facilement dans les végétaux par leurs racines et il entre ainsi dans la chaîne alimentaire [4].

Pour la population générale, la principale source de cadmium est l'alimentation. Dans la mesure où il est bien assimilé par les végétaux et qu'il se concentre dans les abats et les produits de la mer, on le retrouve en particulier dans les légumes, les céréales et certains aliments d'origine animale comme les abats, les coquillages, les crustacés et les poissons. La pollution industrielle et le tabagisme peuvent sensiblement augmenter les doses de cadmium absorbées. En milieu professionnel, les principales sources de contamination sont l'exposition aux vapeurs et aux fumées [4].

2.3 Matériel et méthodes

2.3.1 Type d'étude

Une étude transversale d'exposition biologique a été réalisée en population générale, à partir :

- de prélèvements biologiques pour le dosage des biomarqueurs ;
- de questionnaires ;
- de mesures environnementales.

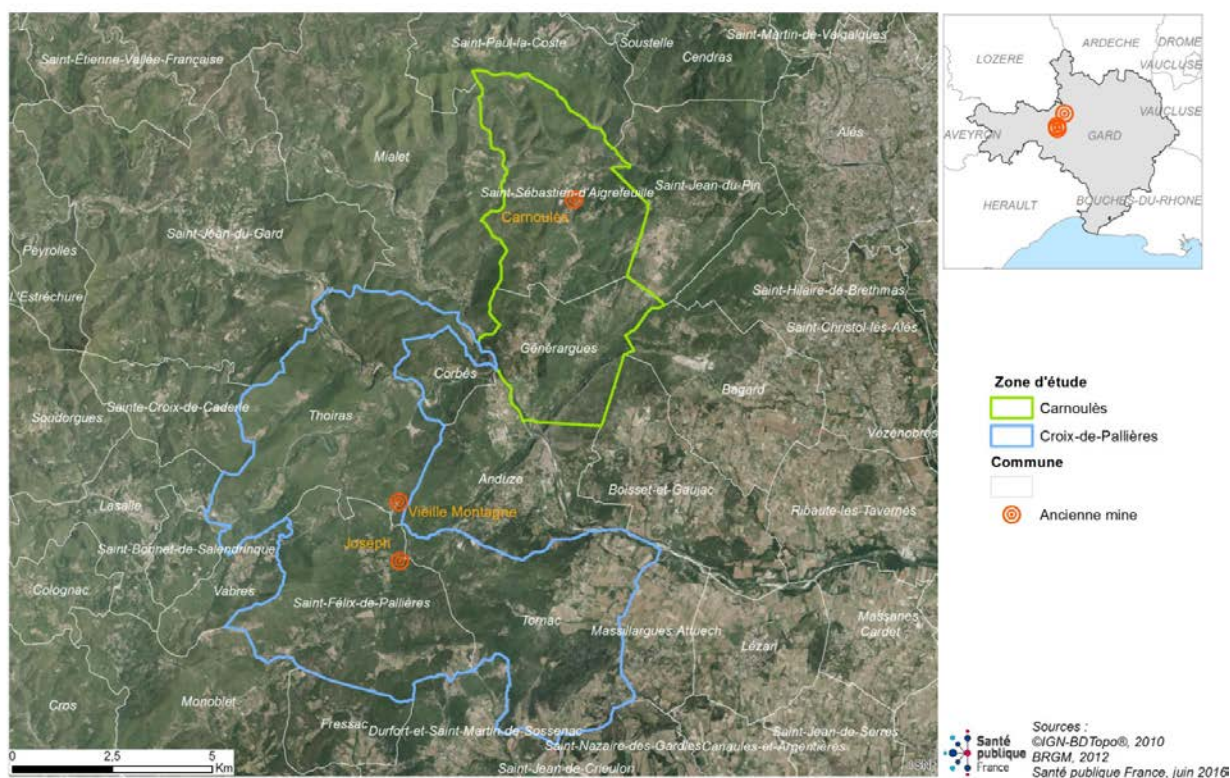
2.3.2 Zones, populations et période d'étude

Les zones d'étude ont été délimitées à partir des zones des études IEM, déterminées en fonction des données historiques d'activités et des caractéristiques géomorphologiques (bassins versants...) et usages constatés. Ainsi, la zone d'étude du site de la Croix de Pallières comprend les communes de St Félix de Pallières, Thoiras et Tornac et celle du site de Carnoulès comprend la commune de St Sébastien d'Aigrefeuille. Pour l'étude d'imprégnation, la commune de Générargues a été ajoutée à la zone d'étude pour le site de Carnoulès car en aval immédiat de St Sébastien d'Aigrefeuille.

Deux zones d'étude ont été définies en fonction de la localisation des anciens sites miniers (Figure 1) :

- Zone 1 (site de Carnoulès) : communes de Saint-Sébastien d'Aigrefeuille et Générargues ;
- Zone 2 (site de la Croix-de-Pallières) : communes de Saint-Félix-de-Pallières, Thoiras et Tornac.

FIGURE 1 Zones d'étude autour des anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard



Les deux zones regroupaient au total près de 2800 personnes (Tableau 1).

TABLEAU 1

Populations d'étude. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard

Nom de la commune	Population municipale (tous âges)	Enfants <15 ans	Enfants <6 ans
	Effectif	Effectif	Effectif
Site de Carnoulès (zone 1)			
Générargues	709	108	48
Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille	529	74	33
Total site de Carnoulès	1238	182	81
Site de Croix-de-Pallières (zone 2)			
Saint-Félix-de-Pallières	219	23	6
Thoiras	440	82	29
Tornac	877	144	38
Total site de Croix-de-Pallières	1 536	248	73
Total 2 sites	2 774	431	154

Source Insee, RP 2012

La participation à l'étude a été proposée, sur la base du volontariat, à l'ensemble des adultes résidant et des enfants résidant dans l'une des communes des deux zones d'étude.

Critère d'exclusion pour l'étude d'imprégnation au plomb

- Nourrissons de moins de 6 mois. En effet, la plumbémie nécessite un acte invasif (prise de sang) difficilement acceptable pour cette tranche d'âge. De plus, ces enfants sont peu exposés par l'ingestion de sol et de poussières.

Critères d'exclusion pour l'étude d'imprégnation à l'arsenic et au cadmium (pour des raisons pratiques de mise en œuvre des prélèvements urinaires) :

- Enfants de moins de 2 ans ;
- Personnes incontinentes ou prenant un traitement pour incontinence urinaire.

La période d'étude (inclusion des participants) allait d'octobre à décembre 2015.

2.3.3 Recrutement des participants et recueil des données

2.3.3.1 Information de la population

Une campagne d'information annonçant le dispositif sanitaire proposé par l'ARS Occitanie et l'étude d'imprégnation a été coordonnée par l'ARS en collaboration directe avec les acteurs locaux (rencontres des infirmiers et médecins libéraux du secteur, maires, associations, réunions publiques, affiches, communiqués de presse, courrier d'information dans les boîtes aux lettres de l'ensemble des foyers des zones d'étude) (**Annexe 3**).

2.3.3.2 Mesures biologiques

Marqueurs biologiques et choix des valeurs de référence

Les premières valeurs biologiques de référence d'exposition pour la population française ont été proposées à partir du volet environnemental de l'étude nationale nutrition santé (ENNS) [4]. Ces valeurs ont été construites à partir de valeur arrondie de la borne supérieure de l'intervalle de confiance à 95% du 95^e percentile. Ces valeurs ne sont pas des valeurs à partir desquelles s'exprime un effet sanitaire ; ce sont plutôt des valeurs - guide qui doivent permettre d'attirer l'attention sur l'exposition, ses sources et ses possibles risques sur la santé. La définition et la stratégie d'élaboration de ces valeurs est décrite plus précisément dans un rapport disponible sur le site de Santé publique France : <http://invs.santepubliquefrance.fr/Publications-et-outils/Rapports-et-syntheses/Environnement-et-sante/2017/Elaboration-de-valeurs-de-reference-d-exposition-a-partir-de-donnees-de-biosurveillance>

Les valeurs de référence d'exposition françaises sont disponibles pour des populations d'adultes (18-74 ans ou femmes enceintes). Il n'existe jusqu'à présent pas de valeurs de référence d'exposition établies chez les enfants. Dans la suite du paragraphe, les valeurs de référence d'exposition sont décrites pour les populations adultes pour les 3 polluants et lorsqu'une valeur de référence sanitaire existe, celle-ci est également mentionnée.

Marqueur biologique pour l'étude d'imprégnation au plomb et le dépistage du saturnisme

L'indicateur retenu pour évaluer l'imprégnation par le plomb est la plombémie (concentration en plomb dans le sang) mesurée sur sang veineux. La plombémie reflète un état ponctuel d'équilibre entre un processus d'imprégnation éventuellement en cours, le stockage ou le déstockage du plomb osseux, et l'élimination (excrétion, phanères, sueur). Après arrêt d'un processus d'intoxication, la plombémie diminue avec une demi-vie de 20 à 30 jours jusqu'à un nouvel équilibre dont le niveau est fonction du stock osseux (demi-vie de 10 à 20 ans).

La valeur de référence d'exposition de la plombémie proposée chez les femmes et les hommes de moins de 40 ans est de 70 µg/L [4]. Chez les hommes de 40 ans et plus, elle est de 120 µg/L.

La valeur sanitaire seuil de plombémie retenue pour définir un cas de saturnisme infantile (enfant mineur) est de 50 µg/L (arrêté du 8 juin 2015 modifiant le modèle de la fiche de notification figurant à l'annexe 27 de l'arrêté du 22 août 2011 relatif à la notification obligatoire des maladies infectieuses et autres maladies mentionnées à l'article D. 3113-7 du code de la santé publique).

Cette valeur de 50 µg/L correspond au niveau d'intervention défini par le HCSP pour la réalisation d'une enquête environnementale et la mise en œuvre de mesures collectives et individuelles [2]. Le HCSP propose également un niveau de vigilance pour les plombémies égales ou supérieures à 25 µg/L ; son dépassement indique l'existence probable d'au moins une source d'exposition au plomb dans l'environnement et justifie une information des familles sur les dangers du plomb et les sources usuelles d'imprégnation, ainsi qu'une surveillance biologique rapprochée, accompagnée de conseils hygiéno-diététiques visant à diminuer l'exposition.

Marqueur biologique pour l'étude d'imprégnation au cadmium

L'indicateur biologique d'exposition retenu est la cadmiurie (concentration en cadmium dans les urines). La cadmiurie est bien corrélée à la charge rénale en cadmium et est généralement utilisée comme premier indicateur biologique de l'exposition au cadmium. Elle reflète l'exposition chronique et la charge corporelle tant que la fonction rénale est normale et que les sites de stockage ne sont pas saturés. Lors de faibles niveaux d'exposition, la concentration urinaire du cadmium reflète essentiellement la charge corporelle, tandis qu'à des niveaux d'exposition plus élevés, elle reflète davantage l'exposition récente que la charge corporelle. Son élimination se fait surtout par voie

urinaire et est très lente (plusieurs années). La cadmiurie est exprimée en μg de cadmium/g de créatinine pour tenir compte de la diurèse.

Les valeurs de référence d'exposition pour la population française adulte découlant de l'étude ENNS [4] sont :

- pour les personnes adultes de moins de 40 ans : $0,5 \mu\text{g/g}$ de créatinine ;
- pour les personnes adultes de plus de 40 ans : $0,7 \mu\text{g/g}$ de créatinine chez les hommes et $1,2 \mu\text{g/g}$ de créatinine chez les femmes.

En l'absence de valeur de référence dans la population française de moins de 18 ans, la valeur de $0,5 \mu\text{g/g}$ de créatine a été utilisée pour les enfants.

Les seuils sanitaires de cadmium urinaire à partir desquels apparaissent des anomalies tubulaires rénales ne font pas l'objet d'un consensus. Des études ont montré la présence d'altérations rénales à partir de $2 \mu\text{g}$ de cadmium excrété par 24h [9-10]. En France, l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS) préconise une surveillance de l'atteinte rénale en médecine du travail pour les valeurs supérieures à $2 \mu\text{g}$ de cadmium/g de créatinine [11]. Cependant, dans l'étude Cassiopée menée à Viviez dans l'Aveyron [12], parmi les 19 atteintes rénales dépistées, 17 personnes présentaient une cadmiurie comprise entre 1 et $2 \mu\text{g/g}$ de créatinine.

Marqueur biologique pour l'étude d'imprégnation à l'arsenic

On distingue l'arsenic inorganique (ou minéral), d'origine environnementale et industrielle, toxique par voies respiratoire et digestive, de l'arsenic organique d'origine alimentaire très faiblement toxique, qui transite simplement dans l'organisme avant d'être éliminé rapidement dans les urines. La principale source alimentaire d'arsenic organique est constituée par les poissons de mer et les coquillages. L'arsenic inorganique (Asi) est métabolisé au niveau du foie en acide monométhylarsinique (MMA) et en acide diméthylarsinique (DMA). Ces métabolites et une fraction de l'arsenic inorganique absorbé sont excrétés dans les urines. Environ 70% des composés inorganiques absorbés sont rapidement éliminés dans les urines (demi-vie de 2 à 6 jours), sous forme de MMA pour 25% et de DMA pour 50%.

Le dosage d'arsenic urinaire représentant la somme de l'arsenic inorganique (Asi), de l'acide méthylarsonique (MMA) et de l'acide diméthylarsinique (DMA) dans l'urine est l'indicateur de choix de l'exposition à l'arsenic inorganique.

Les teneurs mesurées dans les urines sont le reflet d'une exposition récente (derniers jours). Il est recommandé de ne pas consommer de poissons de mer ni de crustacés au cours des 72h précédant le prélèvement d'urines car cette consommation peut entraîner une augmentation de DMA dans les urines [13]. Chez les individus non professionnellement exposés à l'arsenic et ne vivant pas dans une région contaminée, la somme des concentrations Asi+MMA+DMA est généralement inférieure à $20 \mu\text{g/g}$ de créatinine.

La valeur de référence d'exposition pour la population française adulte découlant de l'étude ENNS [4] est de $10 \mu\text{g/g}$ de créatinine.

En l'absence de valeur de référence dans la population française de moins de 18 ans, la valeur de $10 \mu\text{g/g}$ de créatine a été utilisée pour les enfants.

Modalités de prélèvements

L'ARS Occitanie a passé une convention avec AILBA, Association des infirmiers libéraux du bassin alésien, pour la réalisation des prélèvements biologiques.

Du 12 octobre 2015 au 31 décembre 2015, une équipe d'infirmiers a assuré une permanence une fois par semaine dans chacune des cinq communes des zones d'étude, soit une permanence chaque jour ouvré pendant toute la période, ainsi que 2 samedis pour permettre la participation du plus grand nombre.

Les participants volontaires ont été invités à prendre rendez-vous au préalable via un numéro dédié et à récupérer un flacon en mairie pour le recueil des urines. Les précautions à prendre pour obtenir un prélèvement exempt de source d'erreur de mesure (ne pas consommer de poisson et de fruits de mer 72 heures avant le prélèvement urinaire et placer les urines du matin au réfrigérateur à +4°C) leur ont été précisées.

Pour les personnes ne pouvant se déplacer sur l'un des lieux de prélèvements, un infirmier s'est rendu à domicile.

Prélèvements sanguins pour l'étude d'imprégnation au plomb et le dépistage du saturnisme

Les prélèvements sanguins ont été effectués par un infirmier ($V = 1 \text{ mL}$ au minimum). Les tubes ont été enregistrés et étiquetés au moyen du numéro de confidentialité. Les échantillons ont été placés dans une glacière et transportés, dans les 24h, dans un laboratoire de proximité pour y être stockés à -20°C . Ils ont ensuite été transportés, à -20°C , vers le laboratoire de dosage par un transporteur spécialisé, avec un délai maximum de 48h entre l'enlèvement auprès du laboratoire de stockage et la livraison au laboratoire doseur.

Prélèvements urinaires pour les études d'imprégnation au cadmium et à l'arsenic

Le recueil des premières urines du matin était effectué dans un flacon de 50 mL (5 à 10 mL nécessaires pour les analyses) à conserver au réfrigérateur et à remettre le jour même à l'infirmier. Les flacons ont été enregistrés et étiquetés au moyen du numéro de confidentialité. Les échantillons ont été stockés, dans les 24h, à -20°C dans un laboratoire de proximité et transportés à -20°C vers le laboratoire de dosage par un transporteur spécialisé, avec un délai maximum de 48h entre l'enlèvement auprès du laboratoire de stockage et la livraison au laboratoire doseur.

Analyses de laboratoire

Après réponse à un appel d'offres passé par l'ARS Occitanie selon une procédure conforme au code des marchés publics, le laboratoire Cerba¹ a été retenu pour la réalisation des dosages.

Le dosage des plombémies était effectué par ICP-MS (Spectroscopie de masse à plasma à couplage inductif) en milieu acide (HNO_3), à partir du prélèvement de sang total conditionné dans des tubes contenant de l'éthylène diamine tétraacétique (EDTA), avec l'utilisation d'un standard interne d'iridium et un étalonnage sur 5 concentrations. Les limites de détection et de quantification étaient respectivement de $0,1 \mu\text{g/L}$ et $0,2 \mu\text{g/L}$.

Le dosage de l'arsenic était effectué par ICP-MS en milieu acide (HNO_3), à partir du prélèvement d'urine conditionnée dans des tubes en polypropylène, avec l'utilisation d'un standard interne de germanium et un étalonnage sur 5 concentrations. Les limites de détection (LOD) et de quantification (LOQ) étaient respectivement de $0,2 \mu\text{g/L}$ et $1 \mu\text{g/L}$.

1. Le laboratoire Cerba est accrédité COFRAC n°8-0945, Examens Médicaux selon la norme NF EN ISO 15189.

Le dosage du cadmium était effectué par ICP-MS en présence de butanol et d'ammoniac avec l'utilisation de standards internes (Germanium, Iridium, Rhodium, Scandium, Indium) et un étalonnage sur 5 concentrations à partir du prélèvement d'urine conditionnée dans des tubes en polypropylène. Les LOD et LOQ étaient respectivement de 0,1 µg/L et 0,2 µg/L.

Les prélèvements d'urine devant faire l'objet d'un dosage de cadmium (uniquement ceux des riverains du site de la Croix-de-Pallières) étaient identifiables à partir du premier chiffre du code de confidentialité reporté sur les tubes.

La créatinine urinaire était analysée par la méthode de Jaffé et exprimée en g/L. Les résultats de cadmium et arsenic urinaires sont exprimés en µg/L puis en µg/g de créatinine.

2.3.3.3 Recueil des caractéristiques individuelles et données comportementales

Des questionnaires ont été administrés en face à face par un infirmier, au moment du recueil des prélèvements biologiques, afin de recueillir des informations sur les modalités d'exposition des participants aux métaux lourds.

Un questionnaire « Foyer » permettait de renseigner les caractéristiques de l'habitat (commune, type d'habitat, surface, âge du logement, présence d'un jardin, d'un puits, d'un animal domestique, entretien du logement...) et du ménage (composition, diplôme, emploi...).

Des questionnaires « Adulte » (à partir de 15 ans) et « Enfant » (moins de 15 ans) comprenaient des questions détaillées sur les caractéristiques individuelles des participants (données socio-démographiques, état de santé déclaré, données de mesures corporelles), leurs comportements et habitudes (alimentation, tabagisme, consommation d'alcool, expositions de loisirs ou professionnelles,...) (**Annexe 4**).

2.3.3.4 Mesures environnementales

Les polluants mesurés dans les matrices biologiques des participants ont également été mesurés dans des matrices environnementales à proximité de leurs habitations, le plomb et l'arsenic sur les deux sites de Carnoulès et de Croix-de-Pallières (zones 1 et 2), le cadmium uniquement sur le site de Croix-de-Pallières (zone 2).

Dans les sols

Les prélèvements de sols ont été effectués, de septembre à octobre 2016, chez les personnes ayant accepté des investigations environnementales à leur domicile.

Cette campagne de prélèvements a été menée par Geoderis, Groupement d'Intérêt Public (GIP) constitué par le BRGM et l'INERIS qui apporte à l'Etat (administrations centrales et services déconcentrés, en particulier les DREAL) une assistance et expertise en matière d'après-mine.

Des prélèvements composites (plusieurs prélèvements effectués selon les mêmes modalités de volume, profondeur (0-30 cm), répartis de manière uniforme sur une zone homogène) ont été réalisés sur les parcelles des riverains puis poolés par parcelle pour analyses. Les prélèvements ont été reportés sur un Système d'information géographique (QGis) sur un fond BD ORTHO®, avec une précision au mètre.

Une fraction de cet échantillon a ensuite été envoyée au laboratoire Eurofins à qui a été confiée l'analyse par ICP-AES (spectrométrie d'émission atomique avec plasma couplé par induction) avec minéralisation à l'eau régale.

Le plomb, l'arsenic et le cadmium ont été analysés dans ces échantillons et les résultats sont exprimés en mg/kg MS (matière sèche).

La LOQ du plomb dans les sols était de 5 mg/kg MS, avec une incertitude d'environ 15 %.

La LOQ de l'arsenic dans les sols était de 1 mg/kg MS, avec une incertitude d'environ 45 %.

La LOQ du cadmium dans les sols était de 0,4 mg/kg MS, avec une incertitude d'environ 40 %.

Dans les puits ou forages individuels

Des prélèvements d'eaux ont également été réalisés, entre septembre et octobre 2016, chez les riverains possédant un puits ou forage sur leur parcelle et ayant donné leur accord pour cette analyse par ICP-MS. Les résultats des analyses sans filtration sont exprimés en µg/L. La limite de quantification du plomb dans l'eau était de 0,5 µg/L, avec une incertitude d'environ 25%.

La LOQ de l'arsenic dans l'eau était de 0,2 µg/L, avec une incertitude d'environ 20%.

La LOQ du cadmium dans l'eau était de 0,2 µg/L, avec une incertitude d'environ 20%.

Les limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine sont de 10 µg/L pour le plomb et l'arsenic et de 5 µg/L pour le cadmium [14].

Dans les poussières des logements

Les prélèvements de poussières ont été effectués, de mars à mai 2017, chez les personnes ayant accepté des investigations environnementales à leur domicile.

Dans chaque foyer, un prélèvement de poussières dans la pièce de vie a été réalisé ainsi qu'un échantillon témoin pour vérifier une éventuelle contamination des échantillons lors de l'acheminement au laboratoire. Lorsque le foyer comprenait un enfant inclus dans l'étude, un prélèvement supplémentaire était effectué dans la chambre de celui-ci. L'échantillon était prélevé à l'aide d'une lingette humidifiée à l'endroit du sol le plus approprié en fonction de la zone la plus fréquentée ou par défaut au centre de la pièce. Le préleveur s'équipait avec des sur-chaussures et des gants en nitrile afin d'éviter toute contamination extérieure. Un gabarit en carton (cadre de 33,3 x 33,3 cm) a permis d'échantillonner une surface de sol identique pour chaque prélèvement, en déplaçant la lingette en S verticalement puis horizontalement et enfin en essuyant les contours du cadre. Chaque lingette était ensuite placée dans un tube en polypropylène préalablement rincé avec de l'eau acidifiée à 0,5% d'acide nitrique, puis étiqueté. Une fiche de prélèvement était remplie par foyer avec le numéro du lot de lingette, la localisation des points de prélèvement dans le logement et dans la pièce, la nature de la surface sur laquelle s'effectuaient les prélèvements, la surface approximative des pièces investiguées.

Lors de l'analyse en laboratoire, les lingettes ont subi deux étapes de minéralisation et les deux minéralisats ont ensuite été analysés par ICP-MS (7900 Agilent). Le dosage réalisé sur la première minéralisation, appelée acido-soluble, permettait de simuler des conditions proches de celles rencontrées dans l'estomac. La fraction acido-soluble permet d'approcher une bioaccessibilité gastrique. Un second dosage dit pseudo total a également été réalisé. Le résultat des 2 minéralisations permet de calculer la concentration totale des éléments présents dans la poussière retenue dans une lingette.

Chaque série d'analyse comprenait :

- un blanc réactif utilisé pour la calibration
- une gamme d'étalonnage
- un blanc tube laboratoire 10 mL
- un échantillon certifié nist 1640
- des blancs de minéralisation
- un contrôle poussière SRM 2583 ou un contrôle sol CRM SS1
- les échantillons et les blancs terrains correspondants
- les points de gamme 4 et 5 analysés tous les 10 échantillons

Les étalons et matériaux de référence utilisés étaient commercialisés par Analab, Techlab ou SCP Science. Les résultats sont exprimés en $\mu\text{g}/\text{m}^2$.

Les LOQ du plomb acido-soluble et du plomb total étaient respectivement de $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $1.6 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

Les LOQ de l'arsenic acido-soluble et de l'arsenic total étaient respectivement de $0.3 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $0.6 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

Les LOQ du cadmium acido-soluble et du cadmium total étaient respectivement de $0.4 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $0.8 \mu\text{g}/\text{m}^2$.

2.3.4 Gestion des données recueillies

Un contrôle qualité de la saisie des données questionnaires a été effectué sur l'ensemble des variables pour 10% des questionnaires individuels « Adulte » et « Enfant », à partir d'un tirage aléatoire. Les questionnaires « Foyer » correspondants ont également été contrôlés.

Des contrôles de cohérence ont été effectués sur les données issues des questionnaires. Ces contrôles étaient de deux types, le premier permettant de contrôler la cohérence entre les réponses des questions d'un même questionnaire et le second la cohérence entre certaines informations redondantes dans les questionnaires Foyer et les questionnaires Adulte ou Enfant.

Les prélèvements des personnes résidant hors zone d'étude ($n=24$) ainsi que les échantillons pour lesquels la créatinine était inférieure à $0,3 \text{ g/L}$ ($n=41$) ou supérieure à 3 g/L ($n=7$) ont été exclus de l'analyse [15].

Concernant les modèles construits pour l'analyse de l'arsenic chez les adultes, ont également été exclus, les échantillons des personnes ayant consommé des produits de la mer dans les 3 jours précédant le prélèvement ($n= 156$).

Traitement des données censurées à gauche

Pour chaque biomarqueur de cette étude, la LOD et la LOQ étaient constantes pour l'ensemble des échantillons analysés. Certaines concentrations pouvaient être à des niveaux non détectés (inférieurs à la LOD), ou détectés mais non quantifiés (compris entre la LOD et la LOQ). Les valeurs censurées représentaient moins de 15% des résultats ; elles ont été remplacées par la $\text{LOQ}/2$.

Pour les plombémies, aucune valeur n'était censurée. Pour l'arsenic et le cadmium, les données censurées ont été traitées par substitution et remplacées par la $\text{LOQ}/2$, soit $0,5 \mu\text{g}/\text{L}$ pour l'arsenic et $0,1 \mu\text{g}/\text{L}$ pour le cadmium.

Pour les cadmiuries, 12,7% des valeurs ont été remplacées par $\text{LOQ}/2 = 0.1 \mu\text{g}/\text{L}$. Pour l'arsenic urinaire, 0,9 % des valeurs ont été remplacées par $\text{LOQ}/2=0,5 \mu\text{g}/\text{L}$.

Pour traiter les données censurées des mesures environnementales (sols et poussières), les valeurs ont été remplacées par LOQ/2.

Fusion des données

Une table Adultes et une table Enfants ont été constituées en fusionnant les données issues des questionnaires Foyer, des questionnaires individuels, des résultats de mesures biologiques et des résultats de mesures environnementales.

2.3.5 Analyses statistiques

2.3.5.1 Analyses descriptives

La participation à l'étude (taux de réponse et représentativité des répondants par rapport à la population d'étude) a été analysée à partir des données de population par classes d'âge de l'Insee (recensement de population 2012).

Les caractéristiques sociodémographiques, les facteurs de confusion et les facteurs d'exposition ont été décrits sous forme de distribution (médiane, min-max) pour les variables quantitatives et d'effectif et de pourcentage dans chaque classe pour les variables qualitatives.

Une transformation logarithmique des variables d'imprégnation a été effectuée. Les concentrations en plomb, cadmium et arsenic suivent généralement des distributions asymétriques (distribution log-normale). Les distributions des niveaux d'imprégnation (plombémie, cadmiurie et arsenic urinaire) ont été décrites.

Les prévalences du saturnisme et de la surimprégnation au plomb, au cadmium et à l'arsenic parmi les participants (en utilisant les valeurs de référence établies en population générale, voir 2.3.3.2.) ont également été calculées.

Enfin, les distributions des niveaux de concentration en plomb, arsenic et cadmium, dans les sols, puits/forages et les poussières, ont été décrites.

2.3.5.2 Représentations cartographiques

Afin de préserver l'identité des participants, les données ont été agrégées par rectangle Insee. Les rectangles Insee constituent un découpage du territoire associé aux données de population issues des Revenus fiscaux localisés (RFL). Chaque rectangle comprend au moins 10 foyers, ce qui garantit la diffusion de l'information dans le respect du secret statistique.

Le taux de participation en pourcentage représenté sur la carte est égal au nombre de participants divisé par le nombre d'habitants de la zone issu des données RFL, multiplié par 100.

Les résultats des mesures d'imprégnation individuelles valides, valeur et comparaison aux valeurs de référence, ont ensuite été appariés à la couche d'adresses géocodées, grâce à l'identifiant anonyme. Les résultats ont ensuite été agrégés par rectangle Insee : nombre des mesures valides, nombre des valeurs supérieures aux valeurs de référence.

Une cartographie par polluant a été réalisée. Chaque carte présente le pourcentage de mesures valides supérieures aux valeurs de référence et le nombre de mesures valides par rectangle Insee.

2.3.5.3 Analyse des déterminants de l'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic

Construction de nouvelles variables

Des variables indicatrices de facteur de risque d'exposition au plomb, au cadmium ou à l'arsenic ont été créées à partir des données de la littérature et des données recueillies via les questionnaires (Annexe 5).

Sélection des variables les plus explicatives dans des groupes de variables homogènes

Des groupes de variables homogènes ont été définis *a priori*, par exemple tels que les variables socio-économiques ou de consommation. Une analyse factorielle des correspondances a permis de sélectionner dans chaque groupe, la ou les deux variables considérée(s) : une variable représentant l'information portée par le premier axe, éventuellement une seconde dès lors qu'elle était située sur le second axe indiquant un effet indépendant de la première. Cette ou ces variable(s) sont dès lors considérée(s) comme les représentantes de leurs groupes respectifs. Ceci permet d'éviter d'introduire simultanément dans le modèle des variables très corrélées. L'interprétation de ces variables doit se faire comme traceur de leur groupe et non pas comme ayant un effet propre.

Imputation des données manquantes

La non-réponse partielle résulte de questionnaires incomplets, lorsque l'unité échantillonnée (l'individu dans cette étude) ne répond pas à toutes les questions. Dans ce cas de figure, le choix a été fait d'utiliser des méthodes d'imputation qui consistent à remplacer les valeurs manquantes par des valeurs plausibles. Pour traiter ce type de données, la méthode d'imputation multiple par équations chaînées (Multiple Imputation by Chained Equations, MICE), sous R a été utilisée. Cette procédure a été appliquée à l'ensemble des variables, questionnaires, mesures biologiques ou environnementales, présentant des valeurs manquantes. L'imputation était réalisée avec au moins les mesures d'imprégnation et les variables définies dans la modélisation (questionnaires et environnementales) pour les enfants. Pour les adultes, elle recourait également aux autres variables tierces afin d'apporter davantage d'information pour l'imputation. Cela ne pouvait être retenu pour les enfants en raison de la faiblesse des effectifs. Initialement, l'imputation des variables continues devait être réalisée en les intégrant sous forme non-linéaire, mais dû à des problèmes de singularité, elles ont été imputées sous leur forme linéaire. Les variables de biomarqueurs et de contaminations environnementales ont été log-transformées avant imputation pour répondre à deux objectifs. Le premier afin de s'assurer de la normalité, requise pour l'imputation. Le second afin de recentrer les données afin d'éviter une influence trop forte des valeurs élevées. L'imputation a été réalisée en définissant une graine et pour 51 jeux avec un nombre maximal d'itérations de 50. L'adéquation entre les données imputées et observées a été vérifiée en comparant leurs distributions.

Modèles

Les facteurs de risque liés aux imprégnations au plomb, à l'arsenic et au cadmium ont été quantifiés à partir d'un modèle linéaire généralisé (GLM). Les facteurs de risque et d'ajustement ont été sélectionnés *a priori* pour la modélisation, à partir des données connues concernant l'influence de chaque variable sur la plombémie, la cadmiurie et la concentration en arsenic urinaire. En plus des variables d'exposition liées au site, on peut citer :

- concernant la plombémie : la présence de peintures au plomb (céruse) dans les logements construits avant 1949, les travaux de rénovation, réalisés sans précaution, la consommation de crustacés, de mollusques, d'abats, d'eau du robinet, de vin, de tabac ainsi que les expositions professionnelles et de loisir citées en annexe 5 ;

- concernant l'arsenic urinaire : la consommation d'eau en bouteille, de vin ou de bière, de produits de la mer (poisson, coquillages et crustacés), de tabac, ainsi que les expositions professionnelles et de loisirs citées dans l'annexe 5 ;
- concernant le cadmium, pour la population générale, la principale source d'exposition au cadmium est l'alimentation. Le cadmium pénètre dans les végétaux essentiellement par le bois des racines et il entre ainsi dans la chaîne alimentaire (il est particulièrement présent dans les légumes racines). Dans la mesure où il est bien assimilé par les végétaux et qu'il se concentre dans les abats et les produits de la mer, on le retrouve en particulier dans ces aliments (légumes, coquillages, crustacés, céréales, poissons et abats) et certains autres aliments d'origine animale. Le tabagisme ainsi que l'exposition professionnelle ou de loisirs cités dans l'annexe 5 peuvent également influencer les concentrations en cadmium urinaire.

La forme de la relation des facteurs de risque et d'ajustement de type continu a été ajustée en utilisant des fonctions splines naturelles avec 3 degrés de liberté. Ceci permet une souplesse dans l'ajustement de la forme de la relation, tout en la contraignant à une forme plausible. Le modèle prend par ailleurs en compte le logarithme de la concentration en biomarqueur afin de stabiliser les résidus du modèle. La validation du modèle (vérification de la normalité et de l'homoscédasticité des résidus) a été effectuée sur un jeu de données imputées.

Pour chaque polluant, 2 modèles ont été réalisés. L'un comprenant uniquement les variables explicatives provenant des données des questionnaires ; l'autre comportant les variables environnementales (sols et poussières) ainsi que les variables issues des questionnaires ne représentant pas un proxy des mesures environnementales (par exemple, la fréquence de passage de la serpillière a été retirée).

Analyses de sensibilité

Trois analyses de sensibilité ont été menées.

L'échantillon recueilli a montré des différences avec la structure sociodémographique de la population d'étude. Afin de mieux appréhender cette distorsion de l'échantillon sur les résultats observés, nous avons procédé à une calibration permettant de donner un poids plus important ou plus faible aux franges de la population respectivement sous ou sur-représentées. Ce redressement s'est effectué sur la variable emploi qui contenait 6 classes : actif ayant un emploi, chômeur, retraité ou préretraité, élève ou étudiant ou stagiaire, femme ou homme au foyer, autre inactif.

Par ailleurs, plusieurs individus enquêtés pouvaient vivre au sein d'un même foyer. Ces individus ont alors tendance à avoir les mêmes comportements et facteurs de risque. Ce mimétisme tend à sous-estimer la variance du modèle et donc les intervalles de confiance lorsqu'il n'est pas pris en compte. Un modèle à équation d'estimation généralisée (GEE) avec une matrice échangeable, a ainsi été mis en œuvre afin d'apprécier la sous-estimation des intervalles de confiance de l'approche principale.

Enfin, afin d'apprécier l'effet de l'imputation sur les résultats, une analyse cas complets a été réalisée. Néanmoins, il n'a pas été possible de la réaliser stricto sensu sur les cas complets du fait du grand nombre de valeurs manquantes liées au taux de participation des ménages à la campagne de prélèvements environnementaux (sols et poussières) et de leurs répartitions sur les individus. Cette analyse a alors porté sur un jeu de données imputées sur lequel seules les variables de contaminations environnementales pour le plomb n'étaient pas imputées.

2.3.6 Aspects éthiques

2.3.6.1 Consentement éclairé des participants à l'étude

Le consentement éclairé pour participer à l'étude a été formellement recueilli par écrit. Pour l'enfant, le formulaire devait avoir été signé par les deux parents (**Annexe 6**– Formulaires de consentement : adulte et parents).

Les personnes ont été informées du caractère volontaire et bénévole de leur participation ainsi que de leur droit d'accès et de rectification des données les concernant.

2.3.6.2 Mode de circulation des données

Les questionnaires papiers ont été centralisés par la personne de l'ARS en charge de la coordination de l'enquête terrain puis transmis par pli confidentiel ou en mains propres à Santé publique France – Cire Occitanie où ils étaient conservés dans une armoire forte. Les données des questionnaires - ne comportant aucune information d'identification directe - ont été saisies par SpFrance. La base de données contenait l'ensemble des données des questionnaires ainsi que les résultats d'analyses biologiques et de mesures environnementales (fusionnés à partir du numéro de confidentialité). L'ensemble des données était stocké sur un répertoire indépendant et sécurisé à SpFrance.

Le protocole prévoit la destruction des questionnaires papiers et des fiches de confidentialité à la fin de l'étude (publication des résultats).

Le fichier contenant l'ensemble des données d'enquête est conservé 5 ans après la collecte des données.

2.3.6.3 Confidentialité

Toutes les données ont été recueillies par des personnes habilitées, dans le strict respect du secret professionnel. La confidentialité des données individuelles était assurée. Les informations les concernant, notamment les résultats des marqueurs biologiques, n'ont été communiquées qu'aux individus eux-mêmes, aux parents pour les enfants mineurs, et aux médecins traitants ou spécialistes si les personnes en avaient fait la demande. Les données ont été anonymisées avant d'être saisies et analysées collectivement.

2.3.6.4 Autorisations réglementaires

Le protocole d'étude a obtenu l'avis favorable du Comité Consultatif sur le Traitement de l'Information en matière de Recherche dans le domaine de la Santé (CCTIRS) et l'autorisation de la Commission Nationale Informatiques et Libertés (CNIL) (décision DR-2016-184).

2.3.6.5 Déontologie et communication des résultats

L'étude a été conduite en respectant les recommandations en matière de déontologie et de bonnes pratiques en épidémiologie [16], en particulier en ce qui concerne les modalités de publication scientifique des résultats de l'enquête.

2.4 Résultats

2.4.1 Analyses descriptives

2.4.1.1 Taux de réponse

La participation à l'étude d'imprégnation était de 20,4% pour le site de Carnoulès et 26,0% pour le site de Croix-de-Pallières (Figure 2).

FIGURE 2 Participation à l'étude d'imprégnation (réponse aux questionnaires)
– Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015

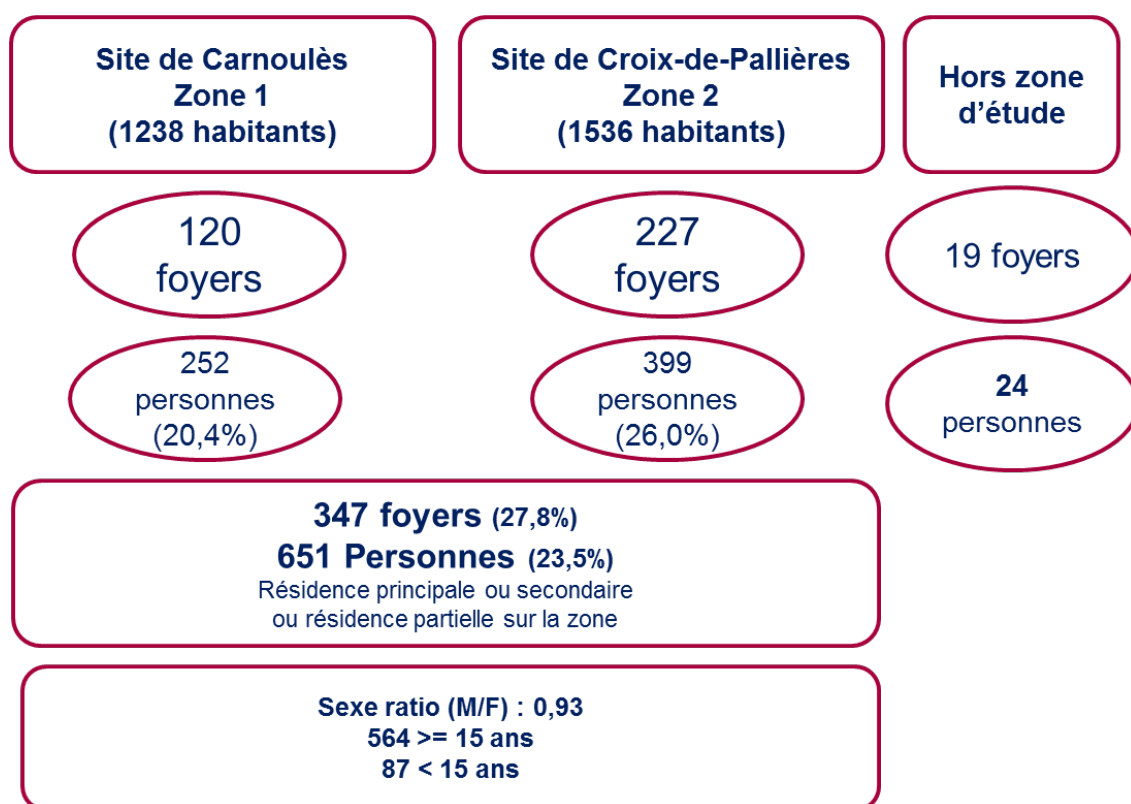
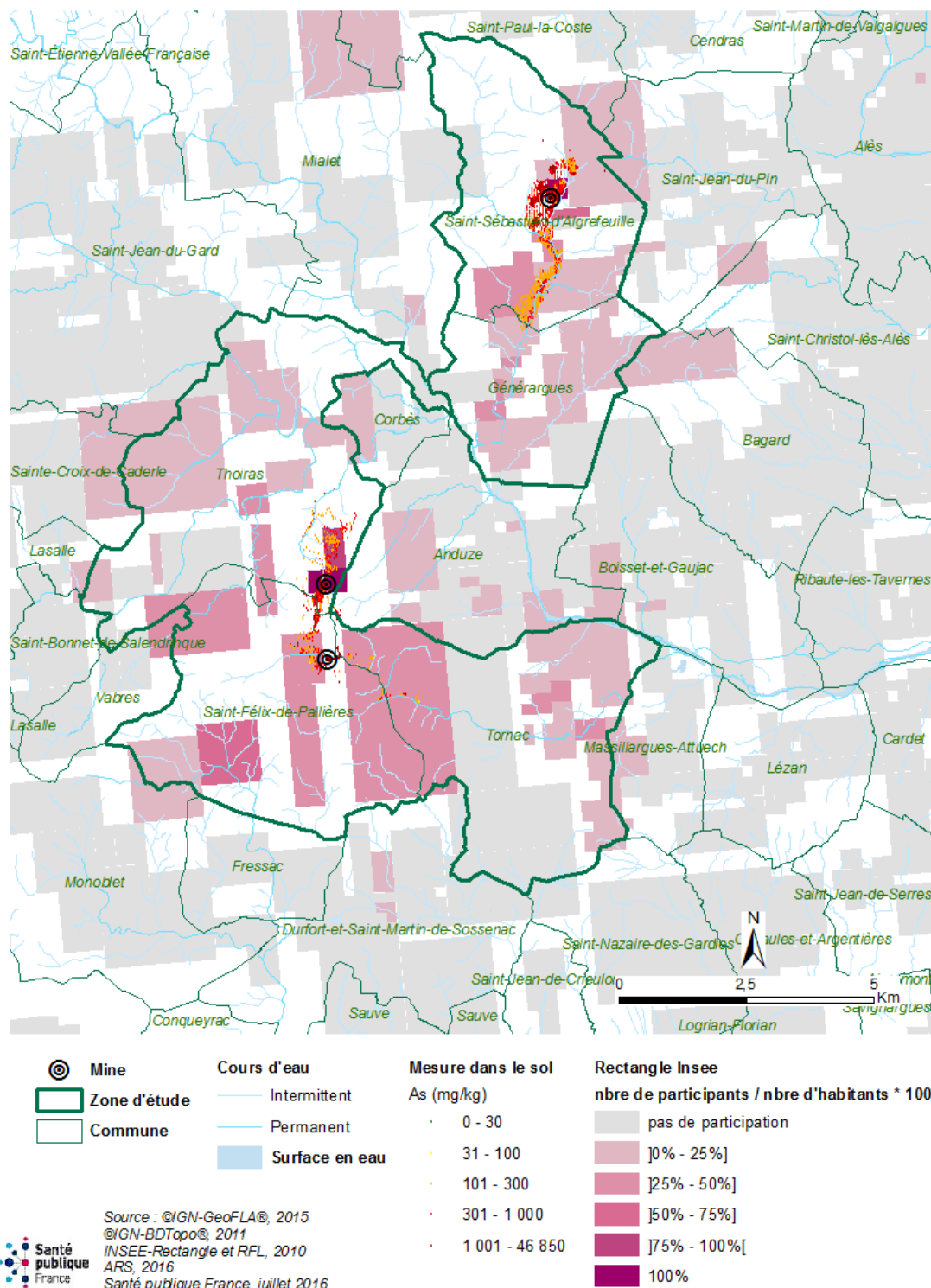


FIGURE 3

Représentation cartographique de la participation à l'étude d'imprégnation (réponse aux questionnaires) – Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015



Remarques sur la figure

- Les zones blanches ne sont pas habitées. Chaque rectangle Insee comprend au moins 10 foyers.
- Quelques adresses sont situées en dehors des rectangles Insee. Il peut s'agir soit de personnes vivant dans des caravanes au lieu-dit « La Mine », soit d'habitations récentes. Dans les deux cas, les personnes ne sont pas comptabilisées dans les données RFL. Afin d'intégrer ces personnes à la cartographie, la couche des rectangles Insee a été modifiée : certains rectangles ont été agrandis, d'autres créés. Le nombre de participants « surnuméraires » a été additionné aux données de population issues de l'Insee.

2.4.1.2 Représentativité

La comparaison des caractéristiques des participants à l'étude (répondants aux questionnaires) avec celles des populations d'étude (habitants des sites de Carnoulès et de Croix-de-Pallières) a mis en évidence dans l'échantillon une sous-représentation des 15-29 ans et une sur-représentation des 60-74 ans (Tableau 2) et des retraités (Tableau 3).

On observait également, parmi les participants à l'étude, une surreprésentation des plus diplômés, avec 47% des personnes ayant un diplôme de l'enseignement supérieur contre 36% dans l'ensemble de la population de ces deux zones (Tableau 4).

TABLEAU 2 Répartition par tranches d'âges et sexe des participants et comparaison aux données Insee (RP 2012)

		Zone 1		Zone 2		Zones 1 et 2		Insee
		N	%	N	%	N	%	N
Ensemble		252	100	399	100	651	100	2773
Homme		119	47,2	194	48,6	313	48,1	1374
Femme		133	52,8	205	51,4	338	51,9	1399
Hommes	0 à 14 ans	23	19,3	29	14,9	52	16,6	216
	15 à 29 ans	10	8,4	18	9,3	28	8,9	204
	30 à 44 ans	18	15,1	33	17,0	51	16,3	208
	45 à 59 ans	27	22,7	40	20,6	67	21,4	346
	60 à 74 ans	27	22,7	65	33,5	92	29,4	282
	75 à 89 ans	14	11,8	9	4,6	23	7,3	112
	90 ans ou plus	0	0,0	0	0,0	0	0,0	6
Femmes	0 à 14 ans	20	15,0	15	7,3	35	10,4	215
	15 à 29 ans	8	6,0	13	6,3	21	6,2	154
	30 à 44 ans	23	17,3	36	17,6	59	17,5	211
	45 à 59 ans	28	21,1	58	28,3	86	25,4	367
	60 à 74 ans	41	30,8	71	34,6	112	33,1	291
	75 à 89 ans	13	9,8	12	5,9	25	7,4	142
	90 ans ou plus	0	0,0	0	0,0	0	0,0	19

TABLEAU 3

Répartition de la personne de référence du foyer des participants selon la situation vis-à-vis de l'emploi et comparaison aux données Insee (RP 2012)

		<u>Zone 1</u>	<u>Zone 2</u>	<u>Zone 1 et 2</u>	<u>Insee</u>
Ensemble	(effectif renseigné)	115	221	336	1250
Actifs (%)		47,8	50,2	49,4	53,1
	actifs ayant un emploi (%)	41,7	39,8	40,5	46,0
	chômeurs (%)	6,1	10,4	8,9	7,1
Inactifs (%)		52,2	49,8	50,6	46,9
	retraités ou préretraités (%)	48,7	44,3	45,8	41,4
	élèves, étudiants et stagiaires (%)	0,0	0,5	0,3	0,2
	autres inactifs (%)	3,5	5,0	4,5	5,3

TABLEAU 4

Répartition selon le diplôme de la personne de référence du foyer des participants et comparaison aux données Insee (RP 2012)

Niveau de diplôme	<u>Zone 1</u>		<u>Zone 2</u>		<u>Zone 1 et 2</u>		<u>Insee</u>	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Pas de scolarité	1	0,9	3	1,4	4	1,2	6	0,5
Aucun diplôme mais scolarité jusqu'en école primaire ou au collège	6	5,2	5	2,3	11	3,3	128	10,2
Aucun diplôme mais scolarité au delà du collège	0	0,0	2	0,9	2	0,6	59	4,7
Certificat d'études primaires	11	9,6	10	4,5	21	6,3	132	10,6
BEPC, brevet élémentaire, brevet des collèges	10	8,7	20	9,0	30	8,9	84	6,7
Certificat d'aptitudes professionnelles, brevet de compagnon	12	10,4	19	8,6	31	9,2	159	12,7
Brevet d'études professionnelles	10	8,7	19	8,6	29	8,6	115	9,2
Baccalauréat général, brevet supérieur	17	14,8	33	14,9	50	14,9	113	9,0
Bac technologique ou pro, brevet pro ou de technicien....	10	8,7	18	8,1	28	8,3	116	9,3
Diplôme universitaire de 1er cycle, BTS, DUT...	19	16,5	36	16,3	55	16,4	158	12,6
Diplôme universitaire de 2ème ou 3ème cycle	19	16,5	56	25,3	75	22,3	180	14,4
Tous	115	100,0	221	100,0	336	100,0	1250	100,0

2.4.1.3 Caractéristiques individuelles et données comportementales des participants

Les caractéristiques individuelles et données comportementales des participants à l'étude d'imprégnation sont détaillées en **Annexe 7**.

Plus particulièrement, 67 personnes soit près de 12% de l'échantillon adulte ont déclaré avoir eu une exposition professionnelle exposante au plomb. Parmi elles, 25 personnes (37%) ont travaillé sur des pièces métalliques déjà peintes : décapage mécanique ou au chalumeau, oxycoupage, soudage ; 14 (21%) ont fait de la fabrication, ensachage ou ont utilisé des pigments minéraux et des émaux (teintures pour textile, décoration de la porcelaine et émaux, fabrication de peintures d'encre...) ; 12 (18%) ont déclaré travailler dans des fonderies de première et deuxième fusion ou dans la fabrication d'objets en cuivre, plomb, étain, bronze, laiton, zinc... et 10 (15%) ont fabriqué ou recyclé des batteries.

Pour l'arsenic, 64 personnes soit 11% de l'échantillon adulte ont déclaré les mêmes expositions professionnelles que pour l'exposition au plomb hormis 13 personnes (19%) qui ont déclaré encore utiliser des pesticides arsenicaux pour l'arboriculture, la culture de pommes de terre ou la viticulture.

Pour le cadmium, 51 personnes (14%) ont déclaré avoir eu une exposition professionnelle exposante au cadmium. Il s'agissait des mêmes expositions professionnelles que celles exposantes au plomb.

Concernant les activités de loisirs, 331 personnes soit près de 59 % de l'échantillon adulte ont déclaré pratiquer une activité exposante au plomb. Les principales activités déclarées sont l'utilisation de peinture, vernis, encres et colorants ; la réalisation de travaux dans un habitat ancien ; la manipulation de métaux et la soudure ou découpage au chalumeau.

Pour l'arsenic, 47 personnes soit 8% de l'échantillon adulte ont déclaré pratiquer une activité de loisirs exposante à l'arsenic. Il s'agissait des mêmes activités principales que celles déclarées pour le plomb hormis la soudure ou découpage au chalumeau.

Enfin, pour le cadmium, 90 personnes soit 25% de l'échantillon adulte ont déclaré pratiquer une activité de loisirs exposante au cadmium qui était la manipulation de métaux.

2.4.1.4 Distribution des mesures d'imprégnation

Les distributions des mesures d'imprégnation au plomb, à l'arsenic et au cadmium des participants à l'étude sont présentées sous forme de tableaux en **Annexe 8**.

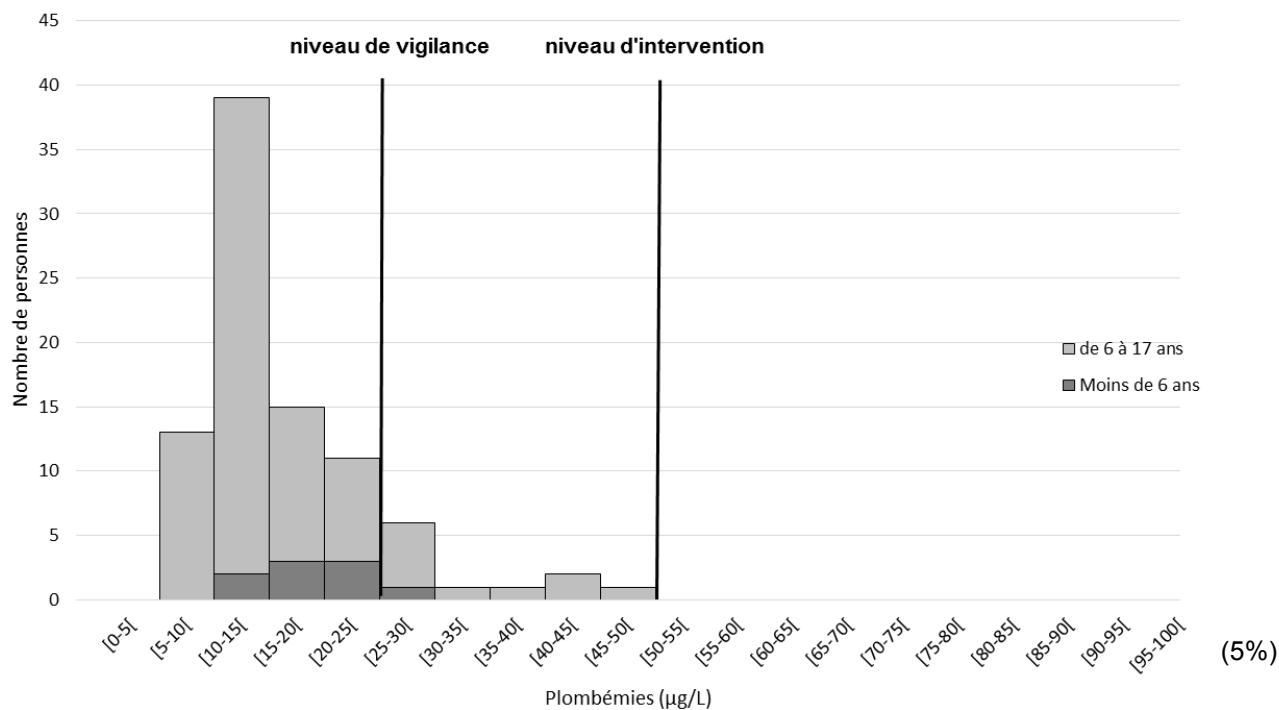
Mesures d'imprégnation au plomb

Sur les 89 participants âgés de moins de 18 ans pour lesquels une plombémie a été réalisée, aucun cas de saturnisme (plombémie supérieure ou égale à 50 µg/L) n'a été dépisté (Figure 4).

Sur les 9 enfants participant de moins de 6 ans, un seul présentait une plombémie de 26,5 µg/L, valeur supérieure au seuil de vigilance établi à 25 µg/L.

FIGURE 4

**Distribution des valeurs de plombémie parmi les moins de 18 ans.
Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=89)**



17 femmes et 8 hommes de moins de 40 ans présentaient une plombémie supérieure à 70 µg/L (Figure 5),

Cinq hommes de 40 ans et plus présentaient une plombémie supérieure à 120 µg/L (Figure 6).

FIGURE 5

Distribution des valeurs de plombémie parmi les femmes adultes et hommes de 18 à 39 ans. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=346)

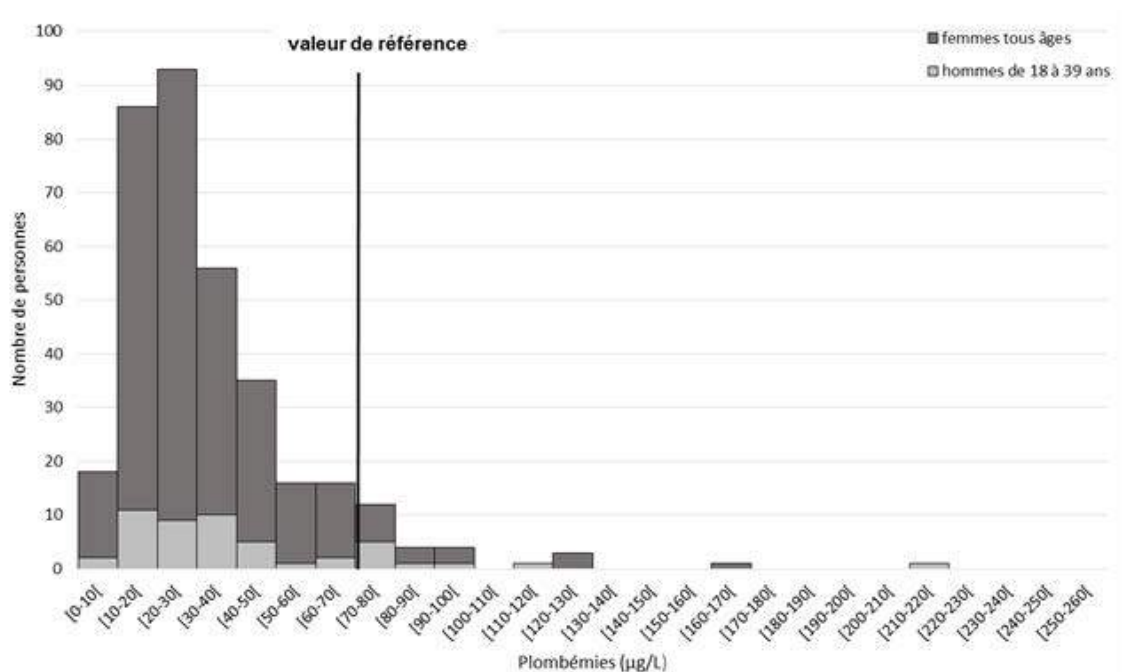


FIGURE 6

Distribution des valeurs de plombémie parmi les hommes de 40 ans et plus. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=203)

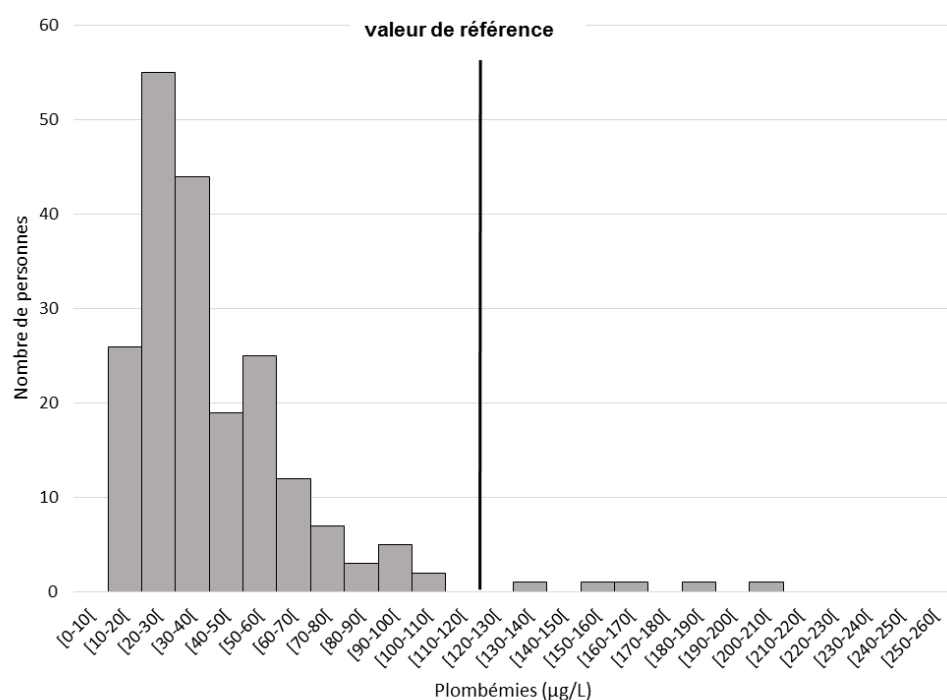
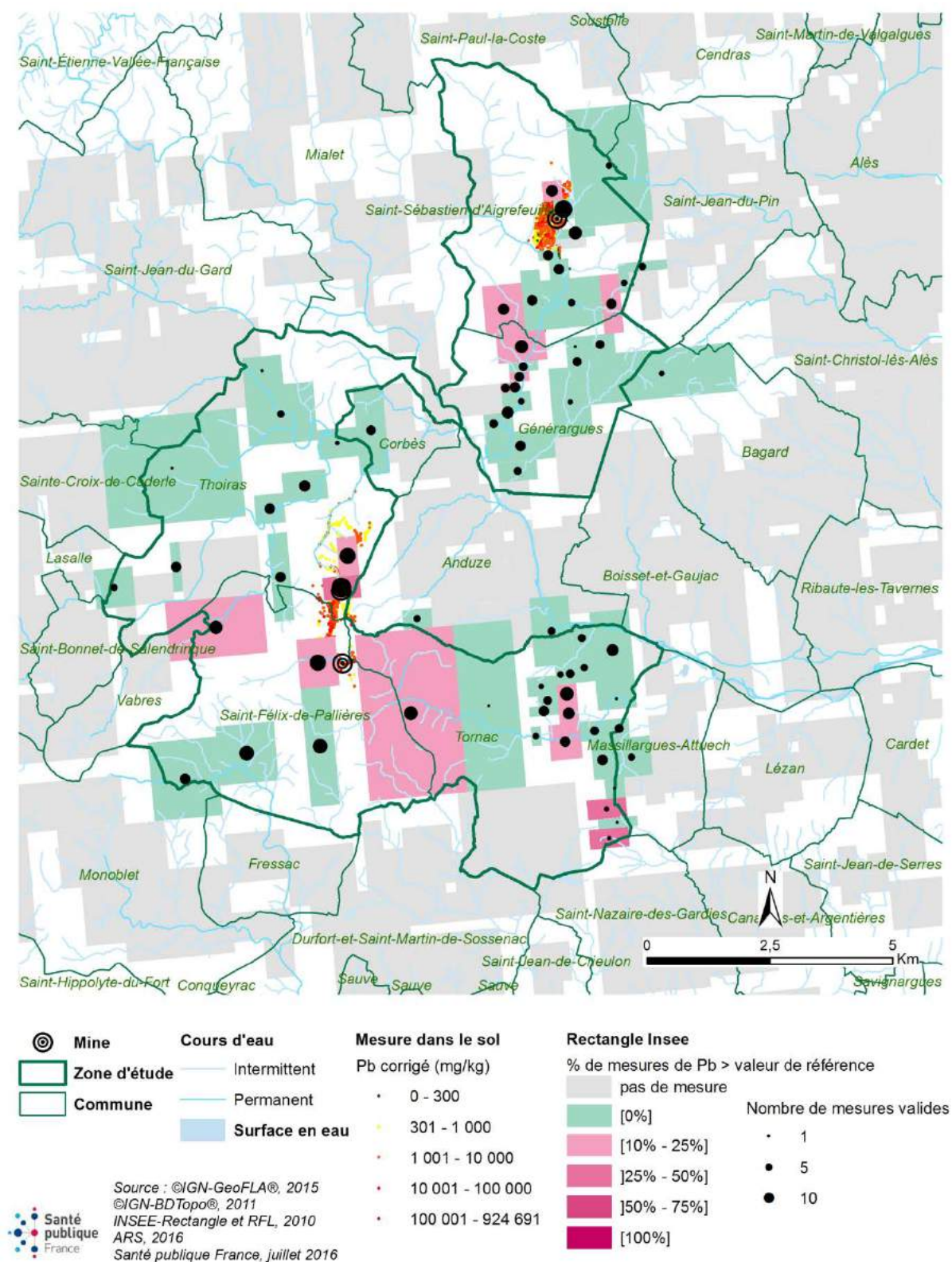


FIGURE 7

Représentation cartographique des plombémies des personnes enquêtées (nombre de mesures supérieures aux valeurs de référence en population générale / nombre de mesures totales valides, rapporté au rectangle Insee). Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015



Mesures d'imprégnation au cadmium

Sur les 361 participants à l'étude (site de Croix-de-Pallières uniquement) avec dosage de cadmium urinaire, 42 (12%) présentaient une imprégnation au cadmium supérieure ou égale aux valeurs de référence en population générale :

- 3 enfants de moins de 15 ans présentaient une imprégnation au cadmium supérieure à 0,5 µg/g de créatinine (Figure 8) ;
- 6 femmes et 3 hommes de moins de 40 ans présentaient une imprégnation au cadmium supérieure à 0,5 µg/g de créatinine (Figure 9) ;
- 19 hommes de 40 ans et plus présentaient une imprégnation au cadmium supérieure à 0,7 µg/g de créatinine (Figure 10) ;
- 11 femmes de 40 ans et plus présentaient une imprégnation au cadmium supérieure à 1,2 µg/g de créatinine (Figure 11).
-

FIGURE 8 Distribution des valeurs de cadmium urinaire parmi les moins de 15 ans. Ancien site minier de Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=40)

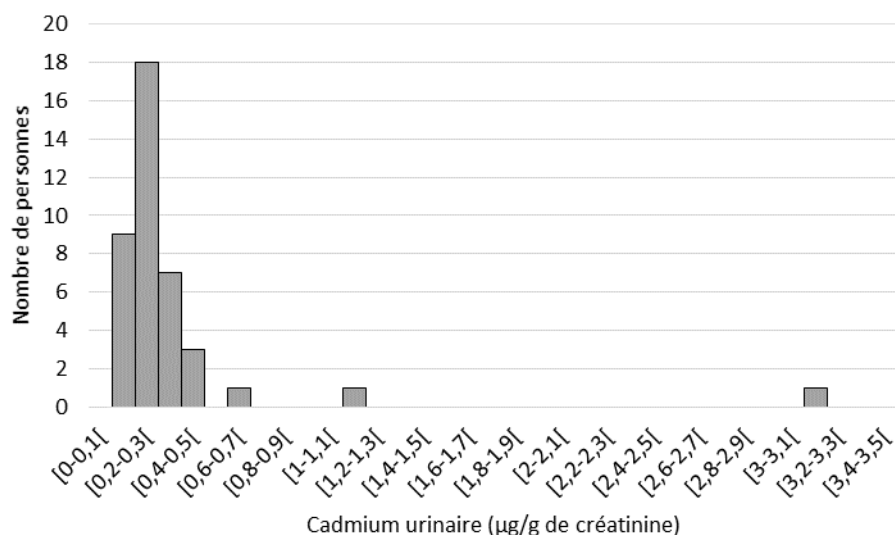


FIGURE 9 Distribution des valeurs de cadmium urinaire parmi les femmes et hommes de 15 ans à 39 ans. Ancien site minier de Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=69)

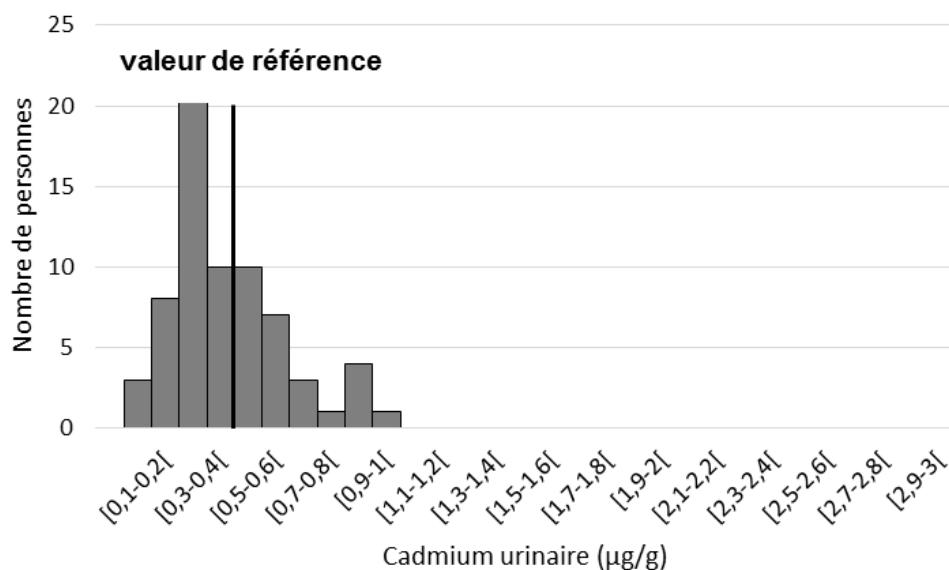


FIGURE 10 Distribution des valeurs de cadmium urinaire parmi les hommes de 40 ans et plus. Ancien site minier de Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=112)

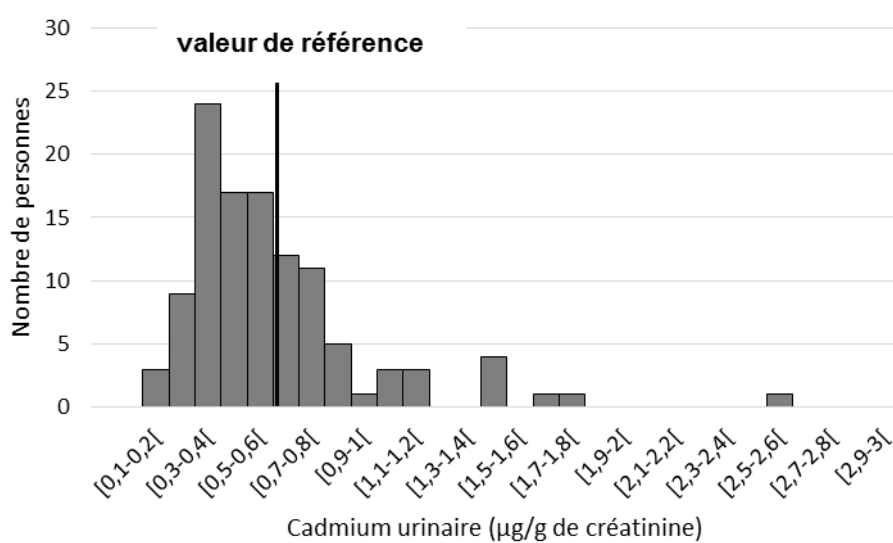
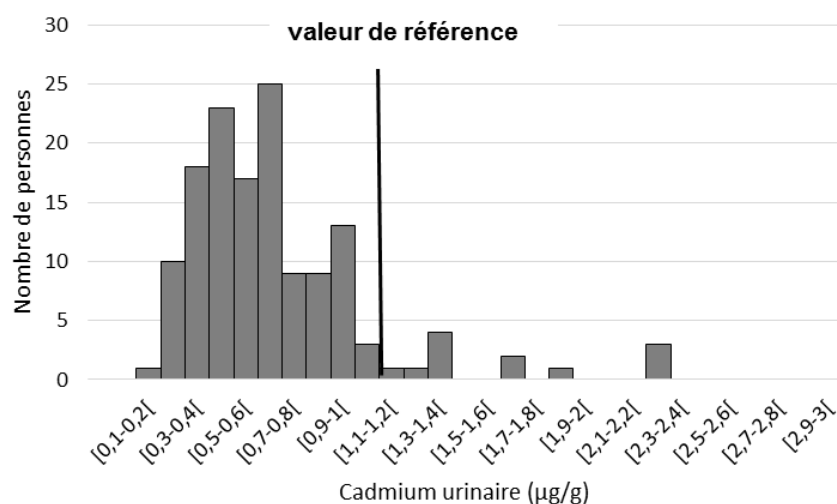


FIGURE 11

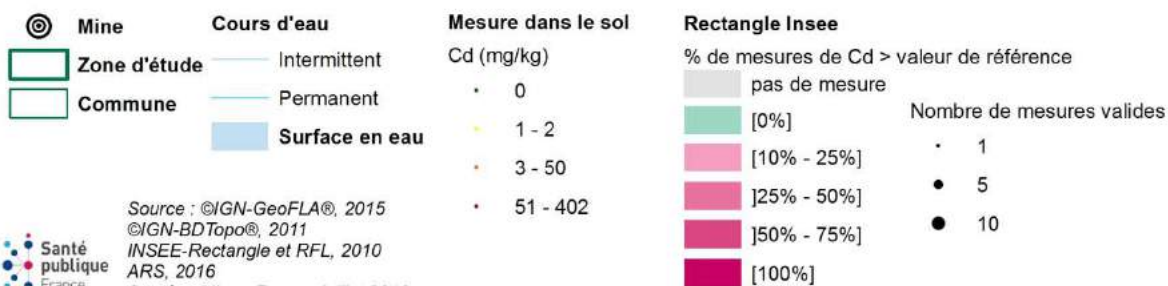
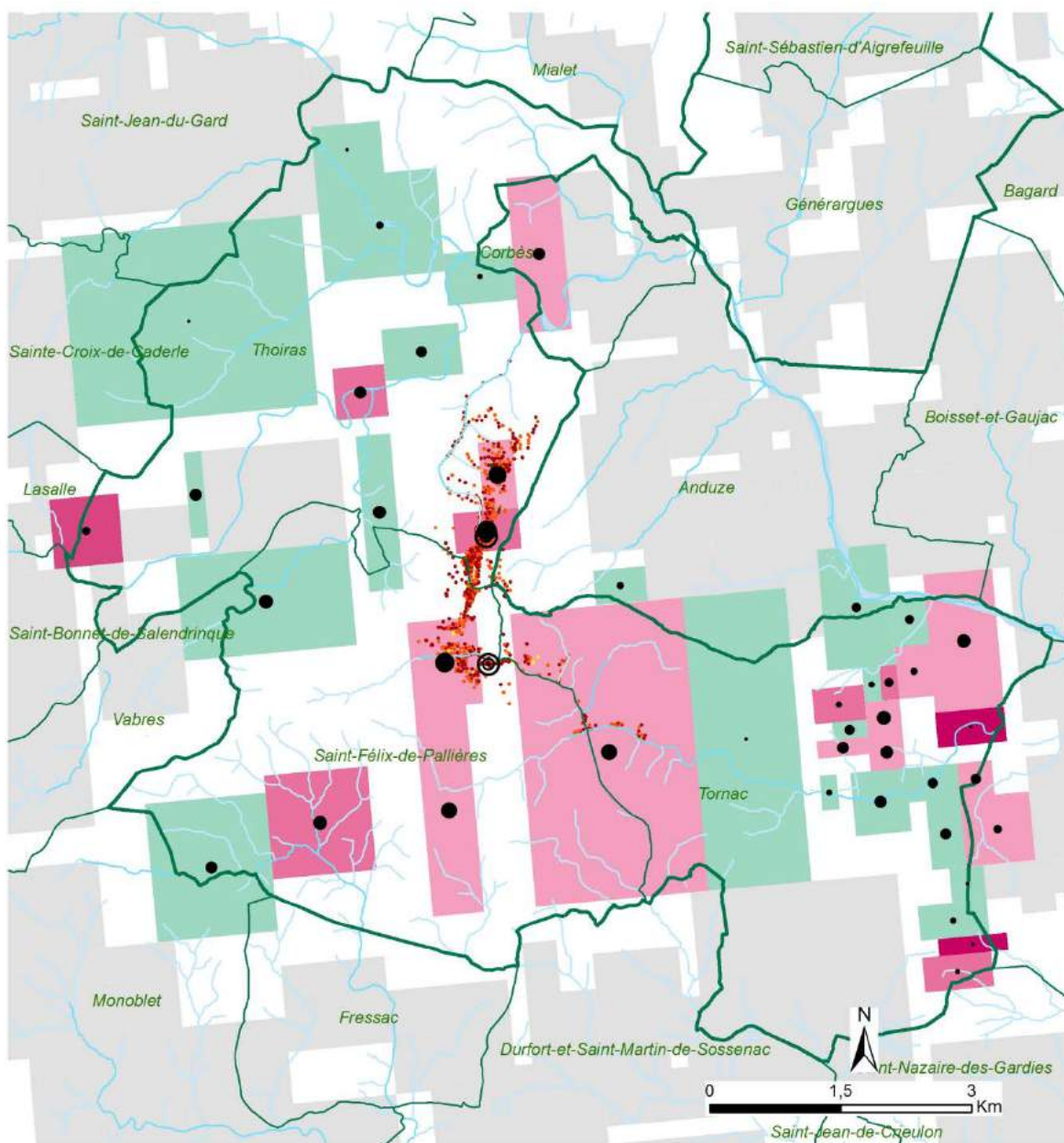
Distribution des valeurs de cadmium urinaire parmi les femmes de 40 ans et plus. Ancien site minier de Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=140)



La répartition spatiale (**Figure 12**) met en évidence la présence de personnes imprégnées au cadmium à distance de l'ancienne mine de Croix-de-Pallières.

FIGURE 12

Représentation cartographique des valeurs de cadmium urinaire des personnes enquêtées (nombre de mesures supérieures aux valeurs de référence en population générale / nombre de mesures totales valides, rapporté au rectangle Insee). Ancien site minier de Croix-de-Pallières, Gard, 2015



Mesures d'imprégnation à l'arsenic

Sur les 603 participants à l'étude avec dosage d'arsenic urinaire, 135 (22%) dont 25 enfants de moins de 15 ans, présentaient une imprégnation à l'arsenic supérieure ou égale à la valeur de référence en population générale (10 µg/g créatinine) (Figure 13 et Figure 14).

La répartition spatiale (Figure 15) met en évidence la présence de personnes imprégnées en arsenic à distance des deux anciennes mines.

FIGURE 13 Distribution des valeurs d'arsenic urinaire parmi les moins de 15 ans. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=82)

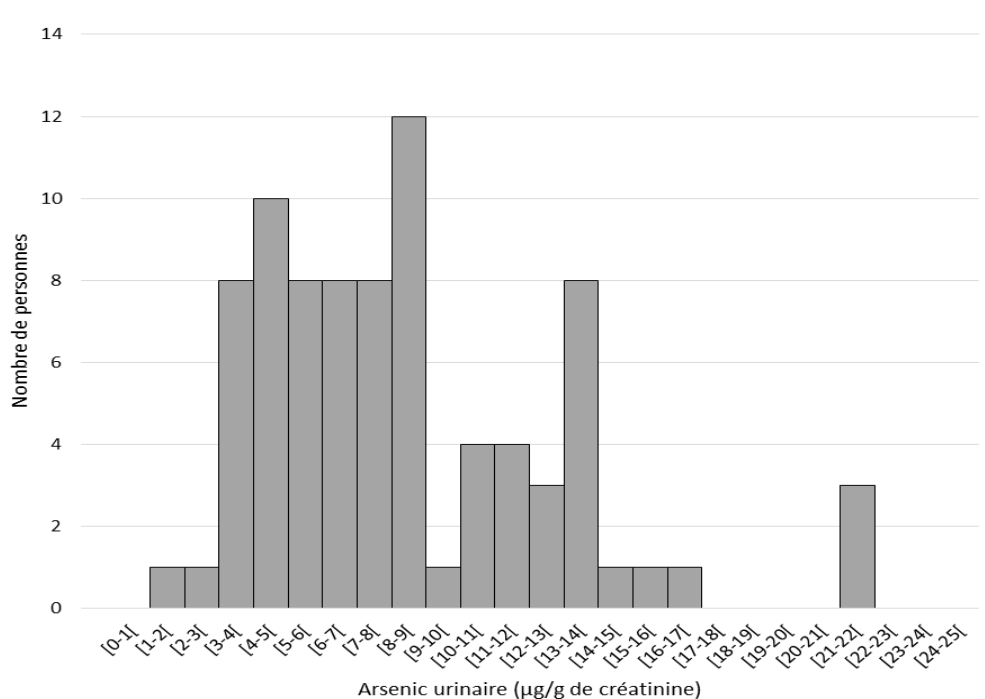


FIGURE 14

Distribution des valeurs d'arsenic urinaire parmi les 15 ans et plus. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015. (N=521)

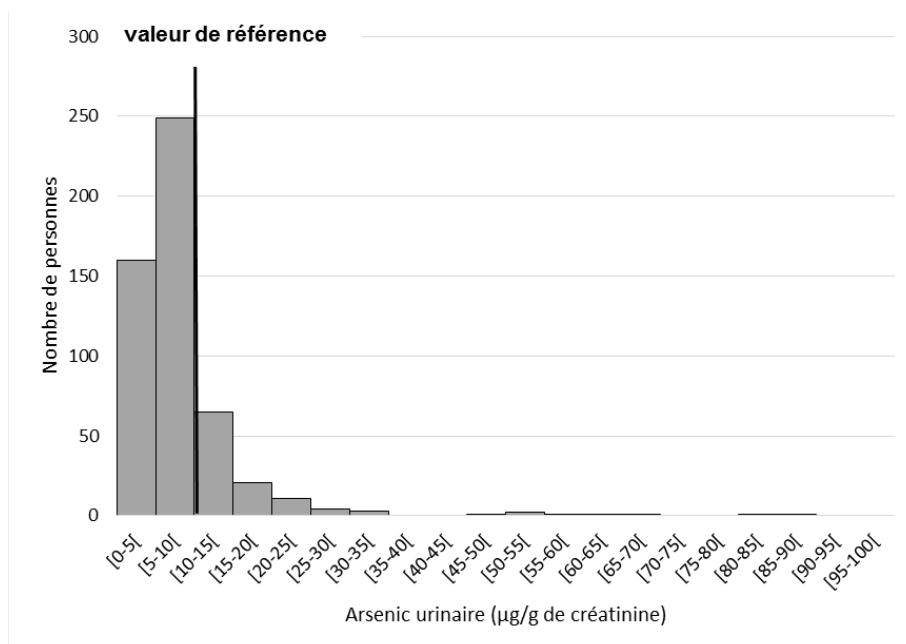
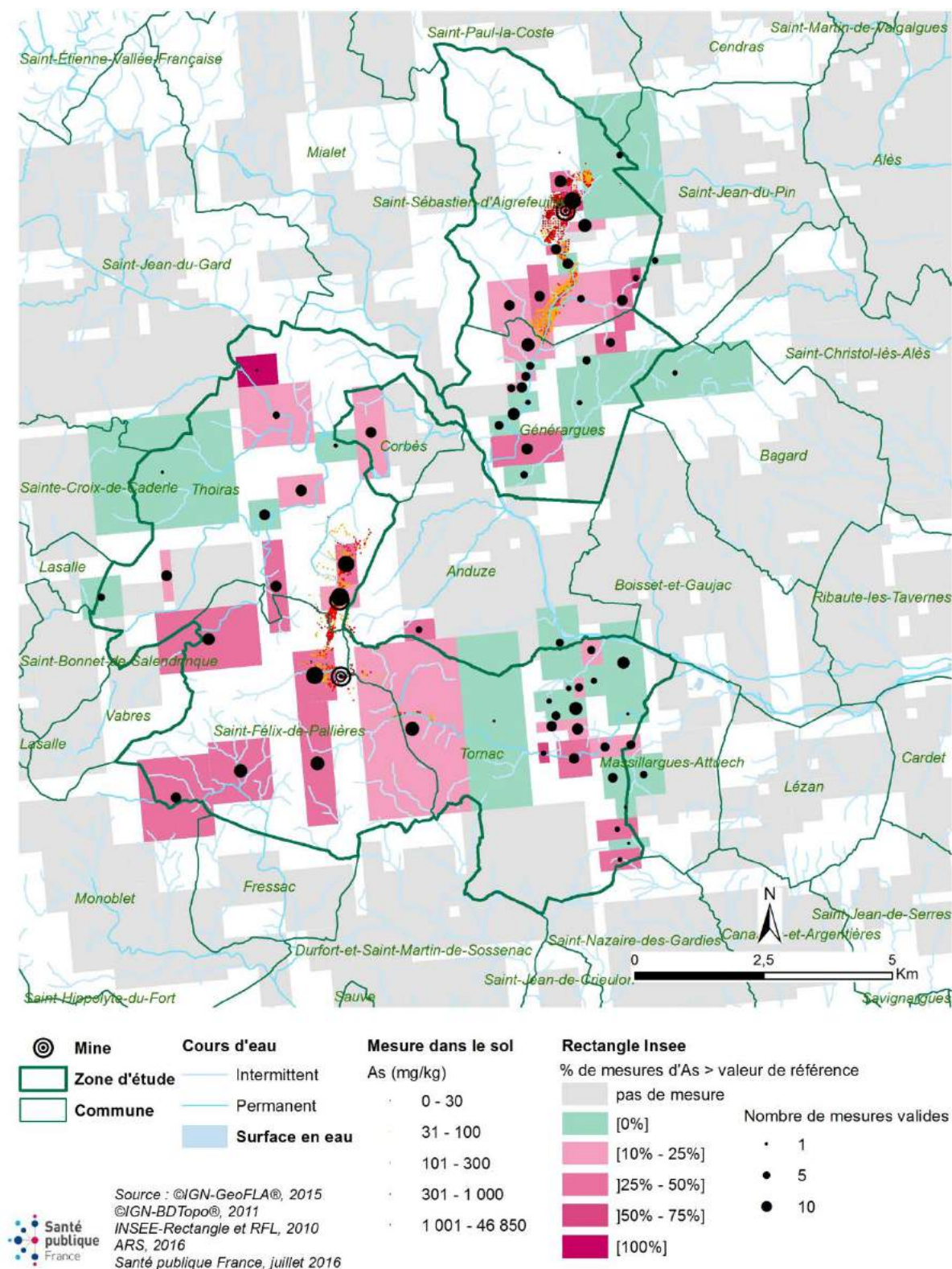


FIGURE 15

Représentation cartographique des valeurs de l'arsenic urinaire des personnes enquêtées (nombre de mesures supérieures aux valeurs de référence en population générale / nombre de mesures totales valides, rapporté au rectangle Insee). Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2015



2.4.1.5 Distribution des mesures environnementales

Mesures dans l'eau des puits et les sols des jardins

Parmi les 347 foyers ayant eu des mesures d'imprégnation, 210 foyers répartis sur les deux zones d'étude ont donné leur accord de principe pour des investigations environnementales.

Lors de la campagne de prélèvements de sols réalisée par Geoderis, 174 foyers ont finalement accepté des prélèvements de sols pour analyses, soit environ un foyer sur deux.

Les mesures dans les sols ont été effectuées dans 174 foyers de l'étude pour le plomb et l'arsenic (sites de Carnoulès et de Croix-de-Pallières) et dans 124 foyers pour le cadmium (site de Croix-de-Pallières uniquement) (Tableau 5).

TABLEAU 5 Distribution des concentrations en plomb, arsenic et cadmium dans les sols. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2016

	Pb	As	Cd
Nombre de foyers investigués	174	174	124
LOQ (mg/kg MS)	5	1	0,4
% de valeurs quantifiées	100	100	69
Moyenne (mg/kg MS)	424,2	69,9	1,6
P10 (mg/kg MS)	35,5	14,6	< LOQ
P25 (mg/kg MS)	63,1	23,9	< LOQ
P50 (mg/kg MS)	90,3	37,7	0,6
P75 (mg/kg MS)	232,9	83,9	1,3
P90 (mg/kg MS)	601,3	152,3	1,9
P95 (mg/kg MS)	1188	219,6	4,8
Valeur max (mg/kg MS)	22642	947	47,5

MS : matière sèche

Trente foyers disposaient d'un puits ou forage individuel, ce qui a donné lieu à des prélèvements et analyses d'eaux dans ces ouvrages (Tableau 6). Les résultats des analyses d'eau réalisées dans ces ouvrages, montraient que 2 foyers (7%) dépassaient la valeur limite utilisée pour les eaux destinées à la consommation humaine pour le plomb (10 µg/L) et 4 (13%) pour l'arsenic. Aucune analyse ne dépassait la valeur limite pour le cadmium (5µg/L). En raison du faible nombre d'analyses d'eau de puits ou forages individuels, ces données n'ont pas pu être conservées dans l'analyse des déterminants de l'imprégnation.

TABLEAU 6**Distribution des concentrations en plomb, arsenic et cadmium dans les eaux de puits et forages. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2016**

	Pb	As	Cd
Nombre de foyers investigués	30	30	30
LOQ (µg/L)	0,5	0,2	0,2
% de valeurs quantifiées	60	82	6
Moyenne (µg/L)	1,98	3,14	
P10 (µg/L)	< LOQ	< LOQ	
P25 (µg/L)	< LOQ	0,34	
P50 (µg/L)	1,07	0,66	
P75 (µg/L)	2,23	2,25	
P90 (µg/L)	4,37	6,23	
P95 (µg/L)	5,11	17,26	
Valeur max (µg/L)	15,9	38,9	1,48

En dehors des sites miniers, quelques valeurs entre 300 et 1000 mg de plomb /kg sont observées dans les mesures de sols des jardins sur les communes de Tornac, Saint-Félix de Pallières et Générargues. Plus de 75 % des mesures sont inférieures à 300 mg/kg (Figure 16).

On observe des concentrations en arsenic assez élevées dans des sols situés à plusieurs kilomètres des anciens sites miniers (Figure 17).

Des valeurs inférieures à 2 mg de cadmium /kg sont retrouvées dans plus de 80 % des jardins. Quelques mesures atteignent 50 mg/kg environ (Figure 18).

Représentation cartographique des valeurs de plomb dans les sols des foyers enquêtés (nombre de mesures supérieures à 100 mg/kg* de matière sèche / nombre de mesures totales valides, rapporté au rectangle Insee). Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2016

Source : ©IGN-GeoFLA®, 2015
 ©IGN-BDTopo®, 2011
 INSEE-Rectangle et RFL, 2010
 Géodris, 2017
 Santé publique France, 2018

Legend:

- Mine** (Symbol: Mine)
- Zone d'étude** (Symbol: Green outline)
- Commune** (Symbol: Grey outline)
- Cours d'eau**
 - Intermittent (Symbol: Blue line)
 - Permanent (Symbol: Blue line)
- Surface en eau** (Symbol: Blue area)

Rectangle Insee

% de mesures de Pb > 100 mg/kg MS*

- pas de mesure
- [0%]
- [10% - 25%]
- [25% - 50%]
- [50% - 75%]
- [100%]

Nombre de mesures valides

- 1
- 5
- 10
- 100

Scale: 0 2,5 5 Km

North arrow: N

Représentation cartographique des valeurs d'arsenic dans les sols des foyers enquêtés (nombre de mesures supérieures à 60 mg/kg* de matière sèche / nombre de mesures totales valides, rapporté au rectangle Insee). Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2016

* Borne inférieure de la gamme des valeurs de concentrations mesurées dans les sols à fortes anomalies naturelles [1]

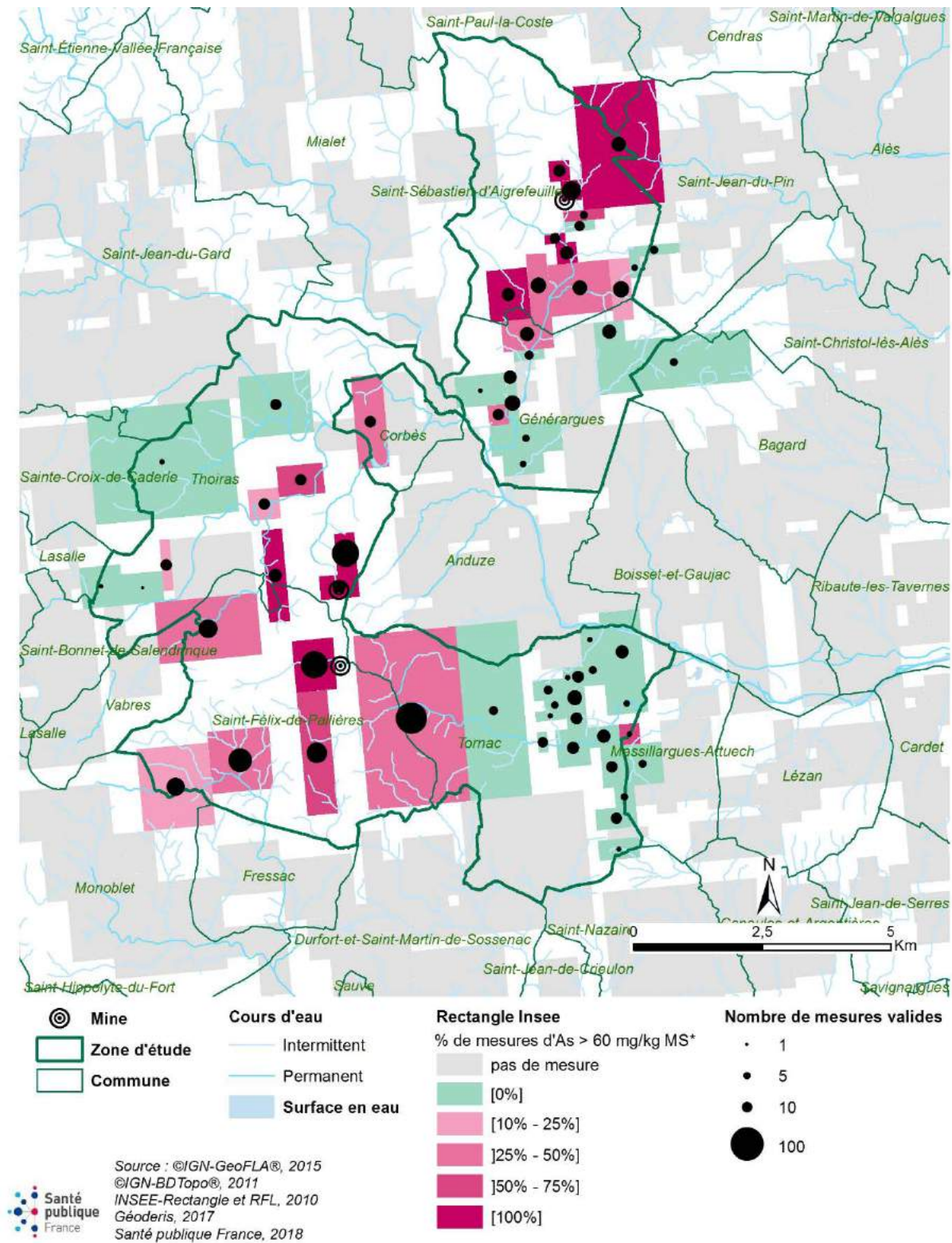
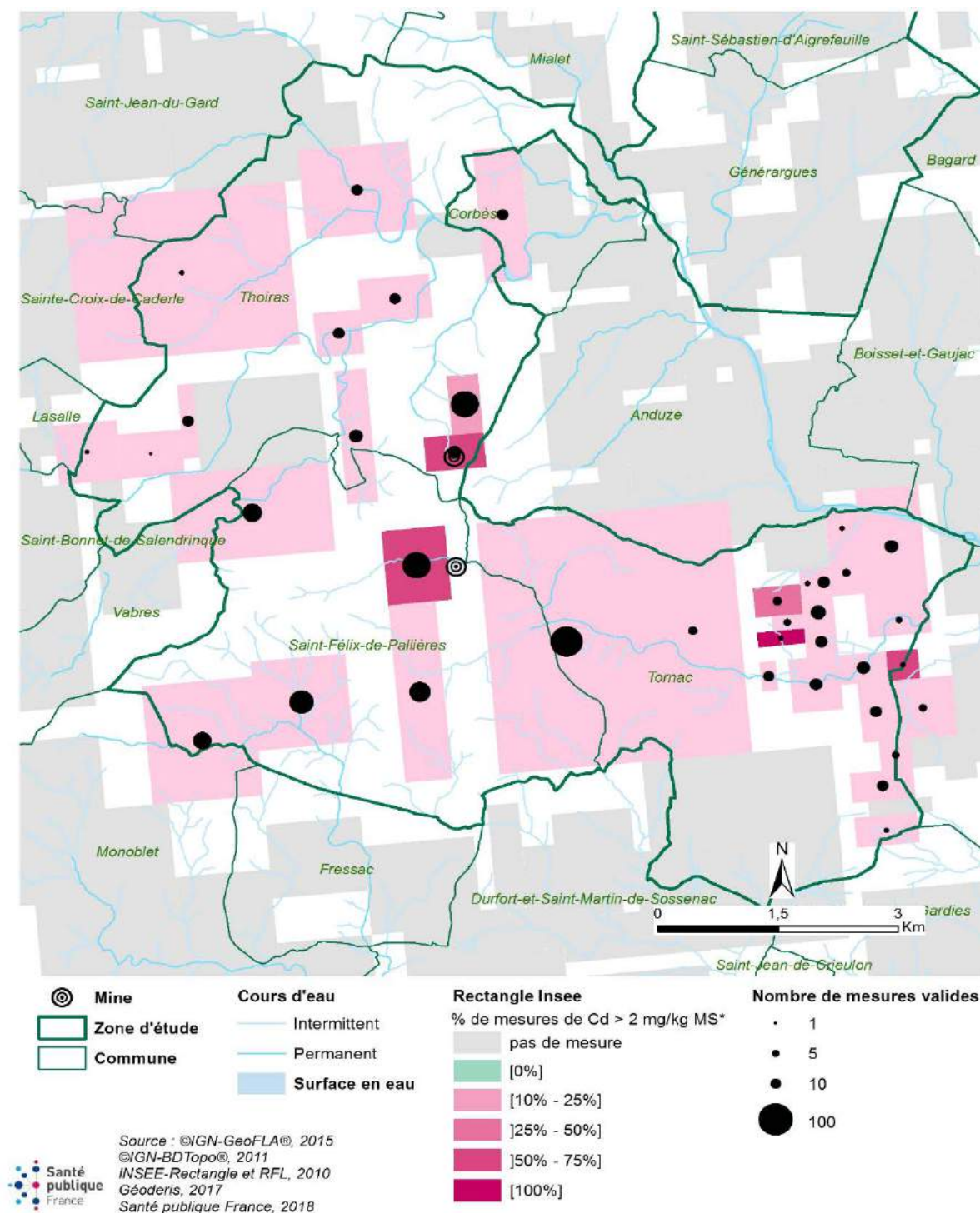


FIGURE 18

Représentation cartographique des valeurs de cadmium dans les sols des foyers enquêtés (nombre de mesures supérieures à 2 mg/kg* de matière sèche / nombre de mesures totales valides, rapporté au rectangle Insee). Ancien site minier Croix-de-Pallières, Gard, 2016

* Borne inférieure de la gamme des valeurs de concentrations mesurées dans les sols à fortes anomalies naturelles [1]



Mesures dans les poussières des logements

Les mesures de poussières ont été effectuées dans 154 foyers de l'étude, soit dans 154 pièces principales de vie. Parmi ces 154 foyers, 34 foyers incluaient des enfants de l'étude, ce qui a conduit à la réalisation de 52 mesures dans les chambres des enfants. Le tableau ci-dessous présente les distributions en Pb, Cd et As (fractions acido-solubles) dans les poussières de la pièce principale de vie ainsi que dans les chambres des enfants inclus dans l'étude. Les résultats des fractions totales sont présentés en **Annexe 9**.

TABEAU 7 Distribution des concentrations acido-solubles en plomb, arsenic et cadmium dans les poussières des logements enquêtés. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2016

	Pb (pièce de vie)	As (pièce de vie)	Cd (pièce de vie)	Pb (chambre)	As (chambre)	Cd (chambre)
Nombre de foyers investigués	154	154	105			
Nombre de chambres investiguées				52	52	25
LOQ ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	0,7	0,3	0,4	0,7	0,3	0,4
% de valeurs quantifiées	100	76	26	96	62	29
Moyenne ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	76,2	1,7	0,5	19,3	0,8	<LOQ
P10 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	3,6	<LOQ	<LOQ	2,1	<LOQ	<LOQ
P25 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	5,7	<LOQ	<LOQ	4,2	<LOQ	<LOQ
P50 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	13,7	0,6	<LOQ	6,7	0,4	<LOQ
P75 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	39,1	1,4	<LOQ	19,1	0,8	<LOQ
P90 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	106,5	3,3	0,8	53,7	1,6	0,5
P95 ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	218,9	4,8	1,5	74,7	3,9	0,8
Valeur max ($\mu\text{g}/\text{m}^2$)	1650	50,7	5,9	195,3	6,8	1,6

Les concentrations moyenne et médiane des fractions acido-solubles quantifiées en plomb étaient respectivement de $76,2 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $13,7 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dans les pièces principales de vie et de $19,3 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $6,7 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dans les chambres des enfants.

Les concentrations moyenne et médiane des fractions acido-solubles quantifiées en arsenic étaient respectivement de $1,7 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $0,6 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dans les pièces principales de vie et de $0,8 \mu\text{g}/\text{m}^2$ et $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^2$ dans les chambres des enfants.

Les concentrations acido-solubles en cadmium n'étaient pas quantifiables dans 74% des pièces principales de vie et 71% des chambres et les valeurs médianes inférieures à la LOQ ($0,4 \mu\text{g}/\text{m}^2$).

2.4.2 Analyse des facteurs environnementaux de l'imprégnation au plomb, au cadmium et à l'arsenic

Pour les variables issues des réponses aux questionnaires retenues dans les modèles, le pourcentage maximum de données manquantes par variable était de 7%. Toutefois, étant donné le grand nombre de variables renseignées dans les questionnaires, peu d'individus ne présentaient aucune valeur manquante.

Parmi les adultes ayant participé à l'étude, les hommes présentaient des niveaux de plombémie plus élevés que les femmes (Tableau 8) et la plombémie augmentait avec l'âge (augmentation de 1,2% par an), tel qu'habituellement retrouvé dans la littérature.

Après ajustement sur le sexe, l'âge et l'indice de masse corporelle (IMC), une augmentation des niveaux d'imprégnation au plomb avec la consommation d'alcool et de tabac et en lien avec une exposition professionnelle au plomb était retrouvée.

Concernant les variables d'exposition liées au site, une association avec la zone d'étude était observée : les riverains du site de Croix-de-Pallières étaient en effet plus imprégnés que ceux du site de Carnoulès. La consommation de certains aliments produits sur la zone d'étude (œufs, lapins, volailles, gibiers et champignons) était associée à une augmentation des niveaux de plombémie. Les niveaux de plombémie n'étaient pas associés à la pratique d'activités extérieures. En revanche, les niveaux de concentration en plomb dans les sols étaient corrélés aux niveaux de plombémie, qui augmentaient avec la durée de résidence sur site (augmentation de 4% pour 10 années). La consommation d'eau de puits, de forage ou de source individuels semblait également corrélée à une augmentation de la plombémie, sans pouvoir être confirmée sur plan statistique.

Le modèle comprenant uniquement les variables du questionnaire (Tableau 9) a mis en évidence les mêmes relations que ci-dessus, ainsi qu'une influence protectrice du ménage, illustrée par la variable « fréquence de passage de la serpillère ».

Les femmes présentaient des niveaux de cadmium et d'arsenic urinaires plus élevés que les hommes et la cadmiurie augmentait avec l'âge, tel qu'habituellement retrouvé dans la littérature. Après ajustement sur le sexe, l'âge et l'IMC, l'analyse a mis en évidence une association entre cadmiurie et tabagisme et une tendance avec la pratique d'activités de loisirs exposantes au cadmium. Aucun autre déterminant n'a été retrouvé pour l'imprégnation au cadmium.

Après exclusion des consommateurs de produits de la mer, les concentrations en arsenic urinaire augmentaient avec la consommation d'alcool et comme pour le plomb, une influence de la fréquence du ménage, illustrée par la variable « fréquence de passage de la serpillère », était observée.

Pour les enfants, l'analyse met en évidence une association entre l'imprégnation au cadmium et le comportement mains/bouche ainsi que la consommation d'eau de puits, forage ou source individuels (Tableau 10, Tableau 11).

TABLEAU 8

Résultats des modèles Adultes (15 ans et plus). Données questionnaires + environnement. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2018

	Plomb (N=564)			Cadmium (N=328)			Arsenic (N=365)		
	estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%	
Variables non liées au site									
(Intercept)	2,33	1,91	2,74	-1,65	-2,10	-1,20	1,08	0,53	1,62
Log([créatinine]) en g/l	-	-	-	0,84	0,72	0,97	0,83	0,72	0,93
Sexe (Femme/Homme)	-0,12	-0,21	-0,02	0,24	0,09	0,39	0,13	0,01	0,25
Fréquence consommation d'abats dans le mois	-0,01	-0,10	0,08	-0,03	-0,16	0,10	-	-	-
Fréquence consommation d'abats dans les 7 jours	-	-	-	-	-	-	0,09	-0,08	0,26
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans le mois	-0,11	-0,28	0,07	-0,08	-0,32	0,15	-	-	-
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans les 7 jours	-	-	-	-	-	-	0,04	-0,07	0,15
Conso. habituelle de vin/champagne (au moins un verre/jour)	0,18	0,08	0,29	0,03	-0,11	0,17	-	-	-
Conso. habituelle de bière/cidre (au moins un verre/jour)	0,31	0,14	0,48	0,02	-0,19	0,23	-	-	-
Conso. habituelle d'alcool fort (au moins un verre/jour)	0,16	-0,10	0,42	0,08	-0,21	0,38	-	-	-
Conso. récente de vin/champagne (au moins un verre/jour)	-	-	-	-	-	-	0,12	-0,01	0,24
Conso. récente de bière/cidre (au moins un verre/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,06	-0,23	0,12
Conso. récente d'alcool fort (au moins un verre/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,04	-0,25	0,17
Consommation d'eau riche en As (1 verre/jour)	-	-	-	-	-	-	0,07	-0,18	0,33
Consommation d'eau riche en As (2 à 4 verres/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,12	-0,38	0,14
Consommation d'eau riche en As (+ de 4 verres/jour)	-	-	-	-	-	-	0,10	-0,22	0,42
Dents avec plombages	-0,04	-0,13	0,04	-	-	-	-	-	-
Pays de naissance à risque d'exposition au Pb	0,13	-0,10	0,36	-	-	-	-	-	-
Loisirs exposant au polluant	0,02	-0,08	0,11	0,15	-0,02	0,31	0,04	-0,17	0,26
Exposition professionnelle au polluant	0,22	0,08	0,36	0,12	-0,07	0,32	-0,18	-0,48	0,13
Travaux de terrassement	0,07	-0,02	0,17	-0,02	-0,15	0,11	0,06	-0,07	0,18
Fumeurs	0,24	0,12	0,36	0,28	0,12	0,44	0,02	-0,12	0,17
Ex-fumeurs	0,19	0,05	0,33	0,15	-0,04	0,35	-0,09	-0,26	0,08
Fumeurs passifs	0,04	-0,09	0,17	-0,23	-0,44	-0,02	-0,07	-0,23	0,09

	Plomb (N=564)			Cadmium (N=328)			Arsenic (N=365)		
Variables liées au site									
Zone (Thoiras, Tornac, Saint Félix de Pallières)	0,19	0,09	0,29	-	-	-	0,03	-0,10	0,16
Utilisation de l'eau du puits /forage pour arroser le potager	-0,10	-0,21	0,01	-0,17	-0,32	-0,02	-0,01	-0,20	0,17
Consommation d'eau du robinet	0,08	-0,05	0,20	-0,03	-0,21	0,16	0,03	-0,10	0,16
Consommation d'eau du puits, forage, source	0,14	0,02	0,29	0,10	-0,11	0,30	0,02	-0,17	0,21
Part des fruits et légumes conso. de la zone : un peu	0,06	-0,07	0,20	-0,15	-0,35	0,05	0,03	-0,12	0,17
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la moitié	0,09	-0,08	0,26	-0,14	-0,38	0,10	0,08	-0,09	0,26
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la majorité	0,01	-0,16	0,18	-0,05	-0,28	0,18	-0,04	-0,22	0,15
Conso. habituelle œufs, volaille, lapins, gibiers de la zone	0,12	0,02	0,21	0,12	0,02	0,26	-	-	-
Conso. récente de gibier de la zone	-	-	-	-	-	-	0,04	-0,25	0,33
Conso. champignons cueillis sur la zone	0,13	0,04	0,22	0,04	-0,09	0,17	0,06	-0,05	0,18
Entretien de la pelouse	0,00	-0,12	0,12	-0,08	-0,25	0,08	-0,11	-0,26	0,04
Marche à pied	0,04	-0,10	0,19	-0,07	-0,15	0,30	0,04	-0,14	0,22
Fréquentation des espaces publics	0,02	-0,09	0,12	-0,10	-0,26	0,07	-0,02	-0,12	0,16
log(polluant_poussières_pièce de vie)	0,02	-0,03	0,07	-0,02	-0,12	0,08	0,01	-0,05	0,07
log(polluant_sols)	0,07	0,03	0,12	-0,01	-0,09	0,07	0,12	0,03	0,21
Absence de la zone d'étude pendant l'enquête	-	-	-	-	-	-	-0,06	-0,24	0,13

- : variable non incluse dans le modèle
en rouge : Association observée (IC n'incluant pas 0)
en vert : Association possible (IC incluant 0)

TABLEAU 9

Résultats des modèles Adultes (15 ans et plus). Données questionnaires. Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2018

	Plomb (N=564)			Cadmium (N=328)			Arsenic (N=365)		
	estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%	
Variables non liées au site									
(Intercept)	2,87	2,45	3,30	-1,66	-2,17	-1,14	1,77	1,30	2,16
Log([créatinine]) en g/l	-	-	-	0,85	0,73	0,98	0,83	0,72	0,94
Sexe (Femme/Homme)	-0,11	-0,21	-0,02	0,22	0,07	0,37	0,14	0,02	0,26
Fréquence consommation d'abats dans le mois	0,01	-0,08	0,10	-0,04	-0,18	0,09	-	-	-
Fréquence consommation d'abats dans les 7 jours	-	-	-	-	-	-	0,09	-0,08	0,26
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans le mois	-0,08	-0,25	0,09	-0,04	-0,28	0,19	-	-	-
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans les 7 jours	-	-	-	-	-	-	0,03	-0,07	0,14
Conso. habituelle de vin/champagne (au moins un verre/jour)	0,17	0,07	0,27	0,02	-0,12	0,16	-	-	-
Conso. habituelle de bière/cidre (au moins un verre/jour)	0,34	0,17	0,51	<0,01	-0,21	0,22	-	-	-
Conso. habituelle d'alcool fort (au moins un verre/jour)	0,16	-0,10	0,42	0,07	-0,23	0,36	-	-	-
Conso. récente de vin/champagne (au moins un verre/jour)	-	-	-	-	-	-	0,12	<0,01	0,24
Conso. récente de bière/cidre (au moins un verre/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,07	-0,25	0,10
Conso. récente d'alcool fort (au moins un verre/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,02	-0,22	0,19
Consommation d'eau riche en As (1 verre/jour)	-	-	-	-	-	-	0,06	-0,20	0,32
Consommation d'eau riche en As (2 à 4 verres/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,07	-0,34	0,19
Consommation d'eau riche en As (+ de 4 verres/jour)	-	-	-	-	-	-	0,08	-0,24	0,39
Dents avec plombages	-0,06	-0,15	0,03	-	-	-	-	-	-
Pays de naissance à risque d'exposition au Pb	0,10	-0,12	0,33	-	-	-	-	-	-
Canalisations en plomb dans le logement	-0,07	-0,31	0,17	-	-	-	-	-	-
NSP si canalisations en plomb dans le logement	0,01	-0,25	0,27	-	-	-	-	-	-
Loisirs exposant au polluant	-0,01	-0,10	0,08	0,15	-0,01	0,32	0,04	-0,18	0,25
Exposition professionnelle au polluant	0,25	0,11	0,38	0,11	-0,08	0,30	-0,18	-0,46	0,10
Travaux de terrassement	0,06	-0,03	0,15	-0,04	-0,17	0,09	0,06	-0,06	0,18
travaux de rénovation datant de moins de 6 mois	-0,08	-0,17	0,02	-0,03	-0,17	0,11	-0,02	-0,14	0,10
Fumeurs	0,23	0,11	0,34	0,27	0,11	0,43	0,03	-0,11	0,18
Ex-fumeurs	0,18	0,04	0,32	0,16	-0,03	0,37	-0,07	-0,24	0,10
Fumeurs passifs	0,02	-0,11	0,15	-0,22	-0,43	-0,01	-0,07	-0,23	0,09

	Plomb (N=564)			Cadmium (N=328)			Arsenic (N=365)		
Variables liées au site									
Zone (Thoiras, Tornac, Saint Félix de Pallières)	0,14	0,04	0,23	-	-	-	-0,06	-0,19	0,06
Possession d'un jardin	-0,05	-0,23	0,13	<0,01	-0,23	0,24	0,04	-0,17	0,26
Utilisation de l'eau du puits /forage pour arroser le potager	-0,11	-0,22	<0,01	-0,18	-0,33	-0,02	-0,07	-0,20	0,06
Animal domestique accédant à l'intérieur du domicile	-0,02	-0,11	0,06	0,11	-0,02	0,24	0,05	-0,07	0,16
Passage de la serpillère humide (1 fois/semaine)	-0,23	-0,35	-0,11	<0,01	-0,16	0,15	-0,20	-0,35	-0,05
Passage de la serpillère humide (plus d'1 fois/semaine)	-0,25	-0,38	-0,13	0,09	-0,09	0,26	-0,19	-0,34	-0,03
Consommation d'eau du robinet	0,06	-0,07	0,19	-0,02	-0,20	0,16	0,07	-0,07	0,22
Consommation d'eau du puits, forage, source	0,13	-0,03	0,29	0,12	-0,08	0,32	0,07	-0,12	0,27
Part des fruits et légumes conso. de la zone : un peu	0,02	-0,11	0,16	-0,14	-0,34	0,06	0,02	-0,12	0,16
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la moitié	0,05	-0,11	0,22	-0,14	-0,38	0,10	0,07	-0,11	0,25
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la majorité	0,01	-0,16	0,18	-0,06	-0,29	0,17	0,02	-0,17	0,20
Conso. habituelle œufs, volaille, lapins, gibiers de la zone	0,10	0,01	0,19	0,12	-0,01	0,26	-	-	-
Conso. récente de gibier de la zone	-	-	-	-	-	-	0,09	-0,20	0,38
Conso. champignons cueillis sur la zone	0,13	0,04	0,22	0,04	-0,09	0,17	0,07	-0,04	0,18
Entretien de la pelouse	0,02	-0,10	0,14	-0,11	-0,28	0,06	-0,12	-0,27	0,03
Marche à pied	0,03	-0,12	0,18	-0,09	-0,31	0,13	<0,01	-0,18	0,17
Fréquentation des espaces publics	<0,01	-0,11	0,10	-0,09	-0,25	0,07	-0,03	-0,16	0,10
Absence de la zone d'étude pendant l'enquête	-	-	-	-	-	-	0,03	-0,15	0,22

TABLEAU 10

Résultats des modèles Enfants (moins de 15 ans). Données questionnaires + environnement.
Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2018

	Plomb (N=92)			Arsenic (N=88)		
	estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%	
Variables non liées au site						
(Intercept)	2,30	1,18	3,42	2,30	1,13	3,48
Log([créatinine]) en g/l	-	-	-	0,93	0,65	1,20
Sexe (Fille/Garçon)	0,12	-0,12	0,37	-0,30	-0,56	-0,05
Fréquence consommation d'abats dans le mois	-0,17	-0,43	0,10	-	-	-
Fréquence consommation d'abats dans les 7 jours	-	-	-	0,19	-0,36	0,73
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans le mois	0,45	0,06	0,83	-	-	-
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans les 7 jours	-	-	-	0,21	-0,10	0,52
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans les 3 jours	-	-	-	0,16	-0,17	0,49
Consommation d'eau riche en As (1 verre/jour)	-	-	-	0,26	-0,84	1,36
Consommation d'eau riche en As (2 à 4 verres/jour)	-	-	-	-0,12	-0,56	0,31
Consommation d'eau riche en As (+ de 4 verres/jour)	-	-	-	-0,76	-1,92	0,39
Exposition professionnelle des parents au polluant	-0,02	-0,41	0,38	0,53	-0,42	1,49
Enfant vivant avec des fumeurs	0,21	-0,08	0,51	-0,29	-0,61	0,03

	Plomb (N=92)			Arsenic (N=88)		
Variables liées au site						
Zone (Thoiras, Tornac, Saint Félix de Pallières)	0,28	-0,01	0,56	-0,08	-0,36	0,21
Utilisation de l'eau du puits /forage pour arroser le potager	-0,04	-0,40	0,31	-0,02	-0,42	0,39
Animal domestique accédant à l'intérieur du domicile	-0,15	-0,57	0,26			
Consommation d'eau du robinet	0,06	-0,49	0,37	-0,19	-0,79	0,41
Consommation d'eau du puits, forage, source	0,36	-0,04	0,76	0,05	-0,44	0,55
Part des fruits et légumes conso. de la zone : un peu	0,26	-0,19	0,72	0,09	-0,23	0,42
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la moitié	0,02	-0,44	0,49	0,17	-0,26	0,59
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la majorité	0,27	-0,41	0,95	0,71	-0,03	1,45
Conso. œufs, volaille, lapins, gibiers de la zone	0,03	-0,23	0,28	-	-	-
Conso. œufs produits sur la zone dans les 3 jours	-	-	-	0,10	-0,24	0,43
Conso. lapin chassé sur la zone dans les 3 jours	-	-	-	-0,28	-0,95	0,39
Conso. champignons cueillis sur la zone	0,20	-0,14	0,54	0,09	-0,25	0,44
Fréquentation des espaces publics	0,05	-0,24	0,33	0,11	-0,24	0,45
Enfant scolarisé/gardé sur la zone	-0,01	-0,27	0,26	-0,22	-0,52	0,08
Porte les mains à sa bouche	0,05	-0,21	0,32	0,10	-0,19	0,39
Joue à creuser la terre	0,08	-0,19	0,34	-0,22	-0,51	0,06
log(polluant_poussières_chambre)	0,03	-0,05	0,12	0,06	-0,14	0,26
log(polluant_poussières_pièce de vie)	0,02	-0,09	0,13	-0,01	-0,24	0,22
log(polluant_sols)	<0,01	-0,11	0,11	-0,03	-0,21	0,16

- : variable non incluse dans le modèle
en rouge : Association observée (IC n'incluant pas 0)
en vert : Association possible (IC incluant 0)

TABLEAU 11

Résultats des modèles Enfants (moins de 15 ans). Données questionnaires.
Anciens sites miniers de Carnoulès et Croix-de-Pallières, Gard, 2018

	Plomb (N=92)			Cadmium (N=40)			Arsenic (N=88)		
	estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%		estimateur	Intervalle de confiance à 95%	
Variables non liées au site									
(Intercept)	2,17	1,12	3,22	-2,48	-4,21	-0,74	1,45	0,38	2,52
Log([créatinine]) en g/l	-	-	-	0,78	0,35	1,22	0,92	0,64	1,20
Sexe (Fille/Garçon)	0,12	-0,12	0,37	-0,07	-0,49	0,35	-0,20	-0,46	0,06
Fréquence consommation d'abats dans le mois	-0,08	-0,35	0,20	0,29	-0,33	0,90	-	-	-
Fréquence consommation d'abats dans les 7 jours	-	-	-	-	-	-	0,11	-0,43	0,66
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans le mois	0,55	0,19	0,92	-0,25	-1,23	0,74	-	-	-
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans les 7 jours	-	-	-	-	-	-	0,12	-0,18	0,43
Fréquence consommation de poisson/crustacés dans les 3 jours	-	-	-	-	-	-	0,12	-0,19	0,44
Consommation d'eau riche en As (1 verre/jour)	-	-	-	-	-	-	0,26	-0,83	1,35
Consommation d'eau riche en As (2 à 4 verres/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,07	-0,58	0,43
Consommation d'eau riche en As (+ de 4 verres/jour)	-	-	-	-	-	-	-0,44	-1,61	0,72
Exposition professionnelle des parents au polluant	0,01	-0,37	0,39	0,21	-1,01	1,42	0,27	-0,85	1,40
Epoque de construction du logement (après 1949)	-0,04	-0,29	0,20	-	-	-	-	-	-
Epoque de construction du logement (ne sait pas)	-0,13	-0,78	0,52	-	-	-	-	-	-
Peinture écaillée	-0,29	-0,61	0,02	-	-	-	-	-	-
Travaux de rénovation au cours des 6 derniers mois	-0,05	-0,29	0,19	-0,20	-0,85	0,45	-0,06	-0,37	0,25
Enfant vivant avec des fumeurs	0,33	-0,05	0,62	0,63	0,10	1,17	-0,26	-0,61	0,09

	Plomb (N=92)			Cadmium (N=40)			Arsenic (N=88)		
Variables liées au site									
Zone (Thoiras, Tornac, Saint Félix de Pallières)	0,14	-0,16	0,45	-	-	-	0,19	-0,15	0,53
Possession d'un jardin	0,08	-0,39	0,55	-0,05	-0,92	0,82	0,11	-0,49	0,71
Utilisation de l'eau du puits /forage pour arroser le potager	-0,10	-0,42	0,22	0,12	-0,61	0,86	-0,05	-0,42	0,32
Animal domestique accédant à l'intérieur du domicile	-0,22	-0,54	0,11	0,25	-0,35	0,85	-0,39	-0,81	0,04
Passage de la serpillière humide (1 fois/semaine)	-0,19	-0,51	0,13	<0,01	-0,55	0,55	0,11	-0,26	0,49
Passage de la serpillière humide (plus d'1 fois/semaine)	-0,29	-0,63	0,05	0,17	-0,44	0,78	-0,01	-0,41	0,39
Consommation d'eau du robinet	-0,11	-0,52	0,30	0,11	-0,53	0,74	-0,08	-0,41	0,57
Consommation d'eau du puits, forage, source	-0,20	-0,77	0,38	1,17	0,21	2,12	0,16	-0,35	0,67
Part des fruits et légumes conso. de la zone : un peu	0,31	-0,17	0,79	0,16	-1,07	1,40	0,13	-0,21	0,46
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la moitié	0,08	-0,44	0,59	0,34	-0,96	1,64	-0,03	-0,51	0,45
Part des fruits et légumes conso. de la zone : la majorité	0,36	-0,30	1,01	0,87	-1,27	3,00	0,61	-0,14	1,35
Conso. œufs, volaille, lapins, gibiers de la zone	0,05	-0,21	0,30	0,21	-0,30	0,73	-	-	-
Conso. œufs produits sur la zone dans les 3 jours	-	-	-	-	-	-	0,17	-0,15	0,49
Conso. lapin chassé sur la zone dans les 3 jours							-0,21	-0,86	0,44
Conso. champignons cueillis sur la zone	0,29	-0,05	0,62	0,46	-0,02	0,95	0,08	-0,27	0,43
Fréquentation des espaces publics	0,12	-0,17	0,40	-0,28	-1,11	0,56	<0,01	-0,32	0,33
Enfant scolarisé/gardé sur la zone	0,07	-0,20	0,33	0,03	-0,55	0,61	-0,11	-0,41	0,19
Porte les mains à sa bouche	0,12	-0,14	0,38	0,66	0,18	1,14	0,16	-0,13	0,45
Joue à creuser la terre	0,09	-0,16	0,33	0,13	-0,39	0,64	-0,11	-0,42	0,20
Présence dans la zone d'étude pendant l'enquête	-	-	-	-	-	-	0,23	-0,31	0,77

- : variable non incluse dans le modèle
en rouge : Association observée (IC n'incluant pas 0)
en vert : Association possible (IC incluant 0)

Les trois analyses de sensibilité réalisées, que ce soit sur le redressement de la population sur la variable emploi, la prise en compte d'un effet foyer ou l'analyse cas complets, ont montré des résultats comparables à ceux de l'analyse principale. Le redressement n'a que très peu d'impact sur le sens et la force des associations des facteurs de risque. L'effet foyer aurait théoriquement dû accroître les intervalles de confiance autour des estimations mais cela reste marginal, probablement lié au grand nombre de valeurs manquantes pour lesquelles l'imputation apporte une variabilité plus grande au modèle (**Annexe 10**). L'analyse cas complets, limitée aux données environnementales de plomb, n'a pas non plus montré d'effet sur le sens et la force des associations.

2.5 Discussion

2.5.1 Synthèse des principaux résultats

Malgré des niveaux de concentrations en plomb très élevés dans les sols, la distribution des plombémies des riverains ayant participé à l'étude ne différait pas de celle observée en population générale. Par ailleurs, aucun cas de saturnisme infantile n'a été identifié parmi les enfants ayant participé à l'étude, mais seuls 9 enfants ont été dépistés. En revanche, une surimprégnation à l'arsenic des populations étudiées était observée par rapport à la population générale française et, dans une moindre mesure, en cadmium : 22% des personnes de l'échantillon présentaient des valeurs en arsenic supérieures à la valeur de référence et 12% pour le cadmium.

Bien que peu de valeurs de plombémies soient supérieures aux valeurs de référence et que l'imprégnation globale de la population d'étude ne se distingue pas de celle observée en population générale, des déterminants de l'imprégnation au plomb ont été identifiés.

Une association a été retrouvée entre les niveaux de concentrations dans les sols en arsenic, mais également en plomb, et les niveaux biologiques mesurés chez les adultes. Cette relation n'a pas été retrouvée pour le cadmium chez les adultes, ni chez les enfants pour les 3 polluants, probablement parce que les effectifs étudiés pour le cadmium et pour les 3 polluants chez les enfants étaient trop faibles.

D'autres déterminants de l'imprégnation au plomb ont été retrouvés : le nombre d'années habitées sur la zone, la consommation d'eau de puits ou de forage individuel, la consommation habituelle d'œufs, volaille, lapins ou gibiers des zones et la consommation de champignons cueillis sur les zones d'étude et le comportement mains/bouche chez les enfants.

Les concentrations en plomb et en arsenic mesurées dans les logements des participants à l'étude étaient plus élevées que celles retrouvées en population générale lors de la campagne Plomb-Habitat pilotée par l'Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur en 2008-2009 [17]. Les concentrations médianes étaient ainsi plus de 2 fois plus élevées pour le plomb et plus de 3 fois plus élevées pour l'arsenic, par rapport aux niveaux retrouvés dans la campagne Plomb-Habitat.

Toutefois, dans cette étude, les concentrations en poussières n'étaient pas corrélées aux niveaux d'imprégnation des participants au plomb. Par contre, la variable « fréquence de passage de la serpillère humide », qui traduit la fréquence de nettoyage de l'habitat et qui est un proxy des concentrations dans les poussières, a été retrouvée associée à une diminution de l'imprégnation en plomb et en arsenic chez les adultes.

2.5.2 De la contamination de l'environnement aux effets sanitaires

Plomb

Il est difficile d'établir un lien direct entre les teneurs en plomb dans les sols et les plombémies attendues pour les personnes vivant sur un site pollué par le plomb. Le HCSP préconise, dans ses avis de juin 2014 et d'octobre 2017, un dépistage du saturnisme des enfants de moins de 6 ans et des femmes enceintes ou envisageant une grossesse à court terme (dans les 6 mois), exposés dans leurs lieux de vie à des sols présentant une concentration en plomb supérieure ou égale à 300 mg/kg [2]. Pourtant, aucun cas de saturnisme infantile n'a été identifié parmi les participants à cette étude.

Cadmium

Plusieurs études épidémiologiques menées auprès de populations résidant sur des sols pollués au cadmium ont mis en évidence une association entre la pollution des sols d'une part, et la concentration urinaire en cadmium et divers marqueurs d'atteinte rénale, notamment la présence de microprotéinurie d'origine tubulaire d'autre part. Les concentrations mesurées dans les jardins privés du site de la Croix-de-Pallières sont toutefois inférieures à celles mesurées à Viviez, dans l'Aveyron, où une surimprégnation au cadmium pouvant être à l'origine d'atteintes rénales a été démontrée [12].

Arsenic

Il existe également plusieurs études mettant en évidence une association entre la présence d'arsenic dans les sols et l'imprégnation en arsenic des populations [12, 18, 19, 20, 21, 22]. Dans une étude d'imprégnation australienne réalisée chez des riverains d'une ancienne mine d'or dont les sols étaient pollués en arsenic, le principal facteur explicatif de la concentration en arsenic urinaire était la concentration en arsenic dans les sols des jardins [22]. En France, plusieurs études d'imprégnation à l'arsenic ont été menées par SpFrance, concernant des origines industrielles autour des communes de Salsigne (Aude) [18] et de Viviez (Aveyron) [12] et des origines naturelles à Neuves-Maisons (Meurthe-et-Moselle) [19]. L'étude menée auprès des populations vivant sur l'ancien site minier de Salsigne [18] a montré que le niveau d'arsenic urinaire était significativement associé à la consommation de produits de jardin, mais la relation avec l'ingestion ou l'inhalation de poussières n'avait pas été quantifiée. L'étude d'imprégnation menée à Viviez dans le cadre d'une importante pollution à l'arsenic a montré que les adultes vivant dans la zone et non exposés professionnellement avaient, dans une moindre mesure, des concentrations en arsenic urinaire supérieures à celles relevées dans la population de la zone témoin [12].

2.5.3 Limites méthodologiques de l'étude

2.5.3.1 Participation et biais possibles

Le recrutement pour participer à l'étude était basé sur le volontariat. La comparaison des caractéristiques des participants à l'étude avec celles des populations d'étude, présentée en 2.4.1.2, a mis en évidence dans l'échantillon une sous-représentation des jeunes adultes et une surreprésentation des pré-retraités et retraités ainsi que des plus diplômés, résultats retrouvés habituellement dans les études ayant trait à la santé. En plus de ce biais de participation, un biais de déclaration est possible dans les réponses aux questionnaires sur les comportements et habitudes de vie.

Contrairement à ce qui a été décrit pour les sites de Viviez [12] et Salsigne [18], l'analyse n'a pas mis en évidence d'association entre la consommation de fruits et légumes produits localement et l'imprégnation des riverains. Ce résultat pourrait être lié à un manque de puissance et/ou à une mauvaise compréhension des questions concernant ce mode d'exposition. Il est en effet possible que la formulation des questions (**Annexe 4**) ait entraîné une confusion entre la consommation de fruits et légumes produits localement et la consommation globale de ce type de produits, indépendamment de leur provenance.

Une part importante des participants n'a pas respecté la consigne de ne pas consommer de produits de la mer dans les 3 jours précédant les prélèvements biologiques (156 personnes), difficulté rencontrée habituellement dans ce type d'étude [8]. Le non-respect de cette consigne a diminué la puissance statistique de l'analyse des déterminants de l'imprégnation à l'arsenic.

En termes de représentativité, il n'est donc pas envisageable en toute rigueur, de considérer que les résultats obtenus sont représentatifs de l'ensemble de la population des cinq communes étudiées. Il n'en reste pas moins qu'il s'agit d'indications sérieuses pour statuer sur les niveaux de plombémie, d'arsenic urinaire ou de cadmium urinaire (pour le site de la Croix de Pallières) et les déterminants des imprégnations.

2.5.3.2 Limites d'interprétation des mesures

Choix des biomarqueurs et représentativité des mesures à un instant t

La mesure de biomarqueurs de pollution dans des échantillons biologiques reflète le taux d'imprégnation par les polluants ayant pénétré dans l'organisme via les différentes voies d'exposition (inhalation, ingestion, contact cutané). En fonction de la demi-vie d'élimination de la substance, la mesure peut refléter une exposition récente (pour les composés de demi-vie courte) ou une exposition cumulée au cours des années précédentes (pour les substances de demi-vie longue).

La mise en place de cette étude a conduit à effectuer un certain nombre de choix méthodologiques notamment en termes de choix de biomarqueurs. Alors que la plombémie reflète un état ponctuel d'équilibre entre exposition et élimination, la cadmiurie reflète plutôt une exposition chronique, et l'arsenic urinaire reflète l'exposition à court terme. Pour étudier l'exposition environnementale, la somme de l'arsenic inorganique et de ses métabolites est un meilleur reflet de l'exposition à l'arsenic inorganique (forme la plus toxique) que l'arsenic total qui inclut l'arsenic organique d'origine alimentaire, peu toxique pour le consommateur et sans lien avec la pollution présente (produits de la mer,...).

Les concentrations biologiques de biomarqueurs sont variables au cours de la journée. Un seul prélèvement a été recueilli pour chaque participant. Le choix a été fait de recueillir les premières urines du matin et non les urines de 24 heures, du fait de la difficulté d'un recueil complet par une population non hospitalisée et non entraînée. De plus la première miction présente moins de variabilité qu'un échantillon prélevé au cours de la journée, compte tenu de l'influence de l'alimentation, de l'état d'hydratation (ou consommation d'eau) et de la diurèse sur le flux urinaire. Les prélèvements de sang consistaient en des prélèvements uniques et ponctuels réalisés lors des permanences ou à domicile par un(e) infirmier(ère). Contrairement à une prise de sang à jeun, ce mode de recueil ne permet pas d'homogénéiser l'heure de la collecte, élément d'importance compte-tenu de l'évolution des concentrations de biomarqueurs au cours de la journée.

Par ailleurs, les prélèvements biologiques ont été réalisés entre octobre et décembre, ce qui ne correspond peut-être pas à la période d'autoconsommation la plus importante.

Les résultats permettent ainsi d'obtenir une photographie à un instant t de l'imprégnation de la population étudiée. Si la réalisation d'une seule mesure urinaire notamment en arsenic (reflet de l'exposition à court terme) paraît satisfaisante pour étudier l'influence des facteurs d'exposition, il est nécessaire d'avoir recours à des mesurages répétés à cause de la variabilité intra-individuelle du biomarqueur urinaire pour caractériser un niveau d'imprégnation « moyen » chez un individu.

Conditions de prélèvements, de transport et d'analyse

La campagne de mesures d'imprégnation et la passation des questionnaires sur les caractéristiques et comportements des participants se sont déroulées simultanément entre octobre et décembre 2015. L'étude de la répartition spatiale des participants et de leurs résultats d'analyses biologiques a mis en évidence la présence de personnes ayant des niveaux d'imprégnation supérieurs aux valeurs de référence, en dehors des secteurs ayant

fait l'objet de campagnes de mesures environnementales lors de la réalisation des études d'interprétation de l'état des milieux.

Pour étudier plus finement les modalités d'exposition des participants à l'étude, SpFrance a demandé à pouvoir disposer de données environnementales complémentaires au plus près de l'exposition (mesures dans les sols des jardins et poussières des habitations) pour l'ensemble des participants, quels que soient leurs niveaux d'imprégnation.

Des campagnes de mesures environnementales ont ainsi été réalisées dans un second temps : de septembre à octobre 2016 pour les sols des jardins et de mars à avril 2017 pour les poussières à l'intérieur des logements. Ce décalage dans le temps et la différence de climat et des conditions météorologiques (hiver vs printemps) ont pu biaiser la relation statistique entre les mesures environnementales et les mesures d'imprégnation. Ceci pourrait expliquer que l'on ait mis en évidence une influence du passage de la serpillière sur les niveaux d'imprégnation (information recueillie par questionnaire au moment du prélèvement biologique) mais pas directement d'association entre les niveaux d'imprégnation et les concentrations en polluants mesurés dans les poussières à distance des prélèvements biologiques (15 à 18 mois plus tard).

Les prélèvements de poussières ont été réalisés dans les foyers ayant donné leur accord, et devant respecter des préconisations particulières (ne pas faire le ménage au minimum 2 jours avant le passage du préleveur au domicile). Etant donné la faible quantité de poussières récoltées lors du passage de certains enquêteurs, il est probable que ces consignes n'aient pas été respectées par tous les ménages enquêtés, pouvant introduire une erreur dans l'estimation de l'exposition environnementale.

Les prélèvements biologiques ont été stockés à -20°C puis transportés vers le laboratoire d'analyse. Les prélèvements environnementaux (sols, eaux, poussières) ont été transportés vers différents laboratoires d'analyses. Ces différentes étapes de transport peuvent altérer l'intégrité des échantillons avant leur analyse et introduire des erreurs sur les résultats d'analyse.

Enfin, toute analyse physico-chimique ou biologique introduit une incertitude sur les résultats, du fait de nombreux facteurs comme l'étalonnage de l'appareil, l'instrument en lui-même, l'opérateur qui réalise la préparation et l'analyse, la température, etc. Ces éléments métrologiques doivent être pris en compte dans l'interprétation des résultats.

2.5.3.3 Limites de l'analyse statistique

Les effectifs de participants, y compris adultes, restaient faibles au regard du nombre important de facteurs de risque devant être pris en compte pour expliquer les niveaux des biomarqueurs. Pour rappel, une règle communément admise précise qu'il est nécessaire de disposer d'environ 10 observations par degré de liberté afin d'obtenir une bonne estimation des paramètres d'un modèle. Dans notre étude, le respect de cette règle aurait nécessité la suppression de plusieurs variables pouvant expliquer l'imprégnation aux polluants, au risque de biaiser les résultats (inversion de certaines associations et/ou non mise en évidence d'associations pour des variables supprimées). Le choix a donc été fait de conserver un certain nombre de variables, ce qui a pu entraîner une imprécision des paramètres. La situation était encore plus marquée pour les enfants. Cet échantillon restreint nous a d'ailleurs contraints à retirer du modèle certains facteurs de risque connus mais de faibles effectifs dans cette étude (présence de canalisations en plomb,...). Les facteurs de risque restants sont donc entachés d'un biais puisque estimés sans ajustement sur les variables omises.

L'imputation multiple réalisée pour prendre en compte les données manquantes permet d'utiliser l'ensemble des individus pour l'analyse, mais dans le meilleur des cas, si elle donne des estimations non biaisées, l'incertitude les entourant est plus importante que si nous avions pu disposer des valeurs observées. Ce phénomène est amplifié lors de l'étude des liens avec les données environnementales recueillies. En effet, un certain nombre de ménages ont refusé ces prélèvements, ce qui a augmenté le nombre de données manquantes dans l'analyse de la relation entre imprégnation et prélèvements de sol et poussières.

3. RECOURS À UN COMITÉ D'APPUI

3.1 Composition et modalités de fonctionnement

SpFrance a réuni un comité d'appui pour l'analyse et l'interprétation des données de l'étude d'imprégnation ainsi que la formulation des propositions émises à l'issue de l'étude. Ce comité était constitué d'experts externes à SpFrance, spécialistes en épidémiologie, anthropologie, expologie, biostatistique et toxicologie. Chaque expert a rempli une déclaration publique d'intérêt et était représenté *intuitu personae*.

Le comité s'est réuni à quatre reprises en présence de l'équipe projet en charge de l'étude : le 13 juin 2016, le 5 décembre 2016, le 22 novembre 2017 et le 29 mars 2018.

3.2 Entretiens avec les parties prenantes

3.2.1 Objectifs et déroulement

Il a souhaité échanger avec différentes parties prenantes (riverains, associations locales, organisations institutionnelles, etc.). L'objectif de ces rencontres était de quatre ordres : i) déterminer le degré de connaissance des acteurs auditionnés sur l'étude d'imprégnation menée par SpFrance, ii) compléter les connaissances du comité sur le contexte, iii) comprendre la perception, l'implication et les attentes des parties prenantes sur le sujet et enfin, iv) identifier d'autres acteurs éventuellement impliqués. Ainsi, deux séries d'échanges ont été organisées dans les locaux de SpFrance à Saint-Maurice, en mars et septembre 2017, principalement sous forme de rencontres en face à face ou par conférence téléphonique lorsque la personne invitée ne pouvait pas se déplacer. La liste des personnes rencontrées figure en **Annexe 11**. Chaque rencontre a fait l'objet d'un *verbatim*, communicable sur demande à SpFrance.

3.2.2 Synthèse des échanges avec les parties prenantes

Les temps d'échanges entre le comité d'appui et les parties prenantes ont mis en évidence une forte attente pour un rendu des résultats de l'étude à la population sur site et des différences notables de gestion et de perception entre l'ancien site de Carnoulès et celui de Croix-de-Pallières.

Le site de Carnoulès, qui concerne les communes de Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille et Générargues, a été classé site à responsable défaillant (site « orphelin ») au titre des ICPE, à la suite de l'arrêt de la Cour administrative d'appel du 3 décembre 2009, et sa mise en sécurité a été confiée à l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (Ademe) en 2010. Au niveau des autorités locales, les problématiques liées au site du dépôt ont été prises en compte dès 2003 avec des prescriptions par arrêtés préfectoraux. Il est rapporté une bonne coordination pour associer et informer la population et il y a une relative confiance entre les différentes parties prenantes (riverains, associations et services de l'Etat). Les riverains semblent accepter l'idée qu'il est impossible de totalement dépolluer le site et prêts à adapter leurs réflexes et modes de vie au milieu. Le danger existe ; ils ont appris à vivre avec.

A contrario, pour le site minier dit de Croix-de-Pallières qui s'étend sur les communes de Saint-Félix-de-Pallières, Thoiras et Tornac, le contexte est plus sensible. L'ancien exploitant minier existe toujours. La demande de renonciation a été acceptée par arrêté ministériel en 2004, après que des travaux complémentaires de mise en sécurité ont été réalisés par l'exploitant à la demande de l'administration dans le cadre de la procédure d'arrêt de travaux miniers. Les contacts entre l'ancien exploitant et les autorités locales se font à travers la préfecture et le Comité de Suivi et de d'Information mis en place par le préfet. La circulation des informations ne semble pas aussi fluide que sur le site de Carnoulès.

Par exemple, la mairie de Tornac n'a eu connaissance des résultats des études environnementales par la préfecture qu'en 2014. Les études menées antérieurement, dès la période 2006-2008, n'avaient en effet porté que sur les communes de Saint-Félix de Pallières et de Thoiras, dont les maires ont été informés des résultats par lettre du préfet fin 2008. De plus, au niveau de la population vivant dans ces communes, une différence d'appréciation des risques est décrite entre les personnes ayant toujours vécu là et les nouveaux arrivants. Les personnes ayant toujours vécu là semblent moins inquiètes de la pollution liée à l'activité minière que les nouveaux arrivants. Un climat de défiance vis à vis des services de l'Etat est manifeste ; des riverains ont l'impression que des choses leur sont cachées et que, malgré les nombreuses études menées, les mesures de gestion qui s'imposent ne sont pas prises. Il y a une très forte attente de la population concernant le rendu des résultats des analyses (sols, poussières, etc.).

Plusieurs parties prenantes ont demandé des mesures de confinement des sources les plus polluées et plaidé pour qu'une végétalisation des anciennes exploitations à ciel ouvert soit réalisée (pose de géotextile pré-ensemencé) afin de réduire l'exposition de la population aux métaux lourds. Quatre² dépôts ont été identifiés par la Dreal sur le site de Croix-de-Pallières comme pouvant faire l'objet de travaux pour limiter les envols de poussières et assurer la stabilité des dépôts.

Toutefois, les potentiels impacts sanitaires ne semblent pas être l'enjeu principal pour une partie de la population. Il y a une forte inquiétude quant à de potentiels impacts économiques négatifs sur les communes (dépréciation immobilière) du site suite à la médiatisation de la pollution.

Une cinquantaine de plaintes au pénal contre X a été déposée au tribunal de grande instance (TGI) de Marseille ainsi que plusieurs requêtes au tribunal administratif pour indemnisation de la dépréciation des biens immobiliers.

Par ailleurs, une problématique de conflits de voisinage est décrite, en lien avec la présence d'une zone d'habitat précaire au niveau d'un terrier de résidus miniers sur le site de Croix-de-Pallières et avec l'organisation de rave-parties et de sorties en quads, sources de nuisances et de tensions entre les riverains.

Points saillants suite aux temps d'échanges

- Des différences notables de gestion et de perception entre l'ancien site de Carnoulès et celui de Croix-de-Pallières sont rapportées ; ces différences de gestion s'expliquent notamment par des caractéristiques différentes entre les deux sites (exploitants, configurations topologique et géographique des sites, dates d'arrêt de l'exploitation et de cessation d'activité et d'arrêt de travaux, situations administratives...).

2. Cinq à la date de la publication du rapport.

- Il y a une forte demande des différents acteurs pour un rendu des résultats des analyses et de l'étude à la population sur site.
- Concernant les familles les plus impactées, la demande porte sur une dépollution ou une solution de relogement acceptable.
- Les enjeux locaux sont multiples : environnementaux, sanitaires, juridiques, économiques, conflits de voisinage ; les enjeux sanitaires ne représentent qu'une partie des préoccupations des riverains.
- Les autorités sanitaires ont émis le souhait d'obtenir des éléments plus probants pour comprendre le rapport exposition/imprégnation/effets aux métaux lourds.
- Plusieurs acteurs ont reconnu qu'une meilleure coordination des services de l'Etat à tous les niveaux aurait permis de mieux gérer ce dossier et d'apporter une réponse plus efficace aux attentes de la population.

4. PROPOSITIONS

4.1 Formulation et champ des propositions

Les propositions ont été élaborées par le comité d'appui, pluridisciplinaire. Ces propositions ont été établies en intégrant un ensemble de données ou connaissances concernant :

- le déroulement et les résultats de l'étude d'imprégnation, en considérant les limites de cette étude ;
- les temps d'échange avec les parties prenantes ;
- les connaissances scientifiques disponibles de la littérature.

Les objectifs de l'étude d'imprégnation étaient de caractériser les expositions des populations locales et de mieux comprendre leurs sources et modes d'exposition. Ainsi, les résultats de cette étude contribuent à formuler des propositions plus adaptées des mesures de réduction des expositions. Il est important de rappeler ici que les résultats de cette étude d'imprégnation doivent être interprétés à l'échelle de la population et qu'ils ne permettent pas de déterminer ou prédire, pour chaque participant, les facteurs qui contribuent à son exposition. Par ailleurs, il convient de rappeler également les limites du dispositif mis en place et relatives à la non-représentativité de la population échantillonnée, basée sur le volontariat ainsi qu'à la temporalité de réalisation de l'enquête, comprenant les mesures biologiques avec les mesures environnementales (sols, eau et poussières).

Enfin, cette étude ne permet pas de faire un lien entre les facteurs d'exposition et l'apparition éventuelle de pathologies puisqu'un niveau d'imprégnation élevé constitue une alerte qui ne traduit pas nécessairement un effet sur la santé.

Pour compléter les informations issues des résultats de cette étude, le comité d'appui a souhaité auditionner et discuter avec des parties prenantes intéressées (élus municipaux, associations, représentants de société minière, acteurs de santé, lanceurs d'alerte...). Ces échanges ont permis de compléter les connaissances historiques et contemporaines du comité sur le contexte écologique, politique, économique, sociologique, et de comprendre les perceptions, les implications et les attentes des parties prenantes sur le sujet, et vis-à-vis des travaux de SpFrance.

Ces propositions ne concernent pas la prise en charge diagnostique et thérapeutique des risques médicaux liés à une exposition élevée puisque celle-ci fait l'objet d'une saisine de la Direction générale de la santé (DGS) à la Haute autorité de santé (HAS).

Considérant les limites évoquées ci-dessus, on peut considérer que toute la population des zones d'étude est concernée par les propositions formulées. Ces propositions visent notamment à réduire l'exposition aux polluants mesurés dans l'étude d'imprégnation, ainsi que, plus généralement aux autres polluants qui pourraient être présents.

Trois catégories de propositions ont été dégagées de ce travail, des propositions :

- visant à réduire les expositions ;
- d'ordre méthodologique ;
- d'ordre organisationnel.

4.2 Propositions pour réduire les expositions

Cette première catégorie de propositions est à destination de la population et du gestionnaire.

L'exposition aux substances chimiques est le fait, d'une part de la contamination environnementale et, d'autre part de comportements individuels. Il est ainsi utile d'agir sur ces 2 composantes.

Propositions au niveau de la gestion des sources de contamination

1. Réduire le contact de la population avec les polluants par des mesures appropriées de gestion environnementale des sources ou des voies d'exposition. La détermination des mesures de réhabilitation à mettre en place ne relève pas des missions de Santé publique France. A ce titre, certaines mesures ont pu être prises par le passé ou préconisées par les opérateurs du Ministère de la transition écologique et solidaire. Il serait ainsi important d'une part de pouvoir disposer d'un recensement exhaustif des mesures de réhabilitation mises en place et d'autre part d'évaluer l'efficacité de ces mesures au regard de la prévention des expositions des populations. Une concertation entre les gestionnaires et leurs opérateurs, spécialistes de la dépollution, et la population permettra de définir les mesures adaptées au contexte local.
2. Une attention particulière doit être portée à la problématique de l'exposition aux poussières, en particulier pour les populations les plus sensibles³ (femmes en âge de procréer et enfants). Ainsi des actions de caractérisation des phénomènes de dispersion des poussières, notamment au niveau des dépôts, sur la zone sont recommandées afin de gérer au mieux les sources d'envols de poussières, et aussi de retombées. Cette problématique a également été soulignée au décours des entretiens des parties prenantes ; l'exposition aux poussières est favorisée lors de certaines activités de loisirs pratiquées sur les zones d'étude, comme les sorties en quad ou la pratique de motocross.
3. Mieux identifier les zones les plus polluées afin de limiter la fréquentation de la population (signalisation, barrières...).

Propositions au niveau du comportement individuel

Les propositions suivantes issues de l'enquête d'imprégnation renforcent certaines recommandations habituellement préconisées dans des situations de sites et sols pollués ; elles ne sont pas exclusives des conseils sanitaires généraux pour les personnes vivant sur, ou à proximité des sols fortement concentrés en métaux et métalloïdes, conseils qui ont été transmis aux habitants des zones d'étude par l'ARS Occitanie.

3. Détermination de nouveaux objectifs de gestion des expositions au plomb. Synthèse et recommandations. HCSP. Juin 2014.

Concernant les poussières dans les logements

4. Les résultats de l'étude d'imprégnation mettent en évidence une augmentation du taux d'imprégnation au cadmium des enfants ayant tendance à porter souvent leurs mains ou à mettre des objets à la bouche. Ils mettent également en évidence une diminution de l'imprégnation en lien avec la fréquence de passage d'une serpillière humide, ce qui renforce les recommandations d'essuyage humide des poussières aux sols, sur les meubles et les objets susceptibles d'être portés à la bouche par les jeunes enfants.
5. L'observation de concentrations plus élevées en polluants dans les poussières des pièces de vie par rapport aux chambres, encourage à pratiquer des mesures d'hygiène telles que le brossage et l'essuyage énergique des semelles, voire le déchaussement à l'entrée des habitations.

Concernant l'alimentation

6. Les données de l'étude d'imprégnation confirment un lien entre la consommation de denrées produites ou chassées localement (champignons, œufs, volailles, lapins et gibiers) et l'imprégnation de la population : il est proposé d'éviter une consommation régulière de ces produits. Pour le gibier en particulier, l'avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif au «risque sanitaire lié à la consommation de gibier au regard des contaminants chimiques environnementaux (dioxines, polychlorobiphényles (PCB), cadmium et plomb)⁴ » conforte cette proposition et notamment vis-à-vis des populations les plus sensibles. Toutefois l'étude ne permet pas de quantifier des limites de consommation.
7. D'après les résultats de l'étude d'imprégnation, il est rappelé qu'il est préférable de boire l'eau du robinet qui fait l'objet de contrôles réglementaires réguliers et qui n'a pas présenté de contamination, plutôt que des eaux non contrôlées (eau de puits, forage, source...). En l'absence d'un nombre suffisant de prélèvements réalisés dans les eaux de puits et de données sur la contamination des légumes autoproduits, il apparaît comme souhaitable de limiter l'arrosage des cultures autoproduites avec les eaux en provenance des puits.

Dispositif d'accompagnement

8. Prévoir un dispositif d'accompagnement pour réduire les expositions individuelles. Par exemple : conseils personnalisés aux personnes vivant sur les zones d'étude pour les informer sur les mesures à prendre pour réduire leur exposition : leur faire prendre conscience de pollutions microlocales particulières de l'écosystème domestique ou péri-domestique, identifier les habitudes et les pratiques d'hygiène corporelle ou domestique ou alimentaires, exposant au risque ; valorisation de pratiques déjà existantes d'hygiène corporelle ou domestique, alimentaires permettant une réduction des risques ; identification des populations les plus sensibles et au sein de celles-ci d'individus particulièrement à risque, mères en situation de précarité, enfants aux comportements différents ou hyperactifs.

Par ailleurs, certains comportements individuels déjà recensés dans la littérature sont à risque d'exposition aux différents polluants et ont été retrouvés dans l'analyse de l'étude d'imprégnation : alcool, tabac et exposition professionnelle, ce qui rappelle l'intérêt de renforcer la prévention générale sur ces facteurs de risque.

4. Avis de l'ANSES. Saisine n° 2015-SA-0109

4.3 Propositions d'ordre méthodologique à prendre en compte pour d'autres situations similaires

9. Réaliser des études d'imprégnation multicentriques (sur différents sites) plutôt que des études dans une zone avec des effectifs de population limités, afin d'augmenter la puissance des études et la portée des conclusions.
10. Intégrer en amont les parties prenantes (élus, société civile, associations, professionnels de santé, préventeurs, syndicats professionnels...) pour prendre en compte leurs préoccupations et leurs connaissances des spécificités locales dans des situations de sites et sols pollués, et pour adapter la méthodologie de l'étude aux réalités de la situation.
11. Adapter le plan d'échantillonnage à la typologie des populations d'intérêt (sensibles, exposées...) identifiées à partir de l'analyse du contexte local.
12. Améliorer les connaissances :
 - sur la construction de valeurs de référence sanitaire ;
 - sur les situations susceptibles d'augmenter ou de réduire les expositions (par rapport aux scénarios d'exposition type).

4.4 Propositions organisationnelles

La dernière catégorie de propositions, en lien avec les propositions du rapport IGAS/CGEDD, est destinée à améliorer la mise en œuvre des études à venir et à rendre plus fluide la communication et leur organisation. **Ces propositions ont été établies sur la base du déroulement de l'étude d'imprégnation et des entretiens avec les parties prenantes.** Depuis et sur la base de l'expérience de ce dossier, l'essentiel de ces mesures figurent dans une instruction interministérielle relative à la gestion des sites pollués et de leurs impacts (DGS/EA1/ DGPR/DGAL/2017/145) du 27/04/17.

13. Impliquer les autorités sanitaires et les professionnels de santé et d'action sociale (publics et privés) au tout début de l'étude avant la planification des premières investigations environnementales et dès lors qu'un risque pour la santé des populations est suspecté.
14. Coordonner les investigations environnementales et sanitaires dans le cas d'investigation future sur des situations similaires. Comme souligné ici dans les limites relatives à l'étude d'imprégnation, l'expérience acquise dans le cadre de ce dossier confirme en effet qu'une meilleure synchronisation des mesures environnementales et mesures biologiques aurait facilité l'analyse de leurs relations.
15. Communiquer de manière claire et transparente tout au long des études et lors de la restitution des résultats vis-à-vis des personnes enquêtées et institutions impliquées.

Références bibliographiques

1. Baize D. Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français. Résultats généraux du programme ASPITET. Courrier de l'environnement de l'INRA n°39, février 2000. 39-54.
2. Haut Conseil de la Santé Publique. Mise à jour du guide pratique de dépistage et de prise en charge des expositions au plomb chez l'enfant mineur et la femme enceinte, 2017.
3. National Toxicology Program. NTP Monograph on health effects of low-level lead. Research Triangle Park, NC: National Institute of Environmental Health Services; 2012. 176 p.
4. Fréry N, Saoudi A, Garnier R, Zeghnoun A, Falq G. Exposition de la population française aux substances chimiques de l'environnement. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2011. 151 p.
5. Yoshida T, Yamauchi H, Fan SG. Chronic health effects in people exposed to arsenic via the drinking water: dose-response relationships in review. *Toxicol Appl Pharmacol* 2004;198(3):243-52
6. Mouly D, Jusot JF, Berat B, Gorla S, Stempfelet M, Beaudeau P. (2011) Étude de la relation entre l'exposition chronique à l'arsenic hydrique d'origine naturelle et la survenue de cancers en Auvergne. Saint Maurice:Institut de veille sanitaire ; 2011 75 p.
7. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Some Drinking-Water Disinfectants and Contaminants, Including Arsenic : IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Lyon, France: IARC Press [Volume 84]. 2004.
8. Jarup L., Berglund M., Elinder C.G., Nordberg G. and Vahter M., Health effects of cadmium exposure-a review of the literature and a risk estimate, *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* 1998; 24(3): 240.
9. Staessen J.A., Lauwerys R.R., Ide G., Roels H.A., Vyncke G., Amery A. Renal function and historical environmental cadmium pollution from zinc smelters. *Lancet* 1994; 343: 1523-7.
10. Buchet J.P., Lauwerys P., Roels H., et al. Renal effects of cadmium body burden of the general population; *Lancet*, 1990 ; 336: 699-702.
11. Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS). Base de données Biotox. <http://www.inrs.fr/>]
12. Durand C, Sauthier N, Schwoebel V. Évaluation de l'exposition à des sols pollués au plomb, au cadmium et à l'arsenic en Aveyron. Étude Cassiopée (cadmium et arsenic dans les sols : impact observé sur une population exposée) - Octobre 2008. Saint-Maurice: Institut de veille sanitaire; 2011. 307 p.
13. Johnson LR, Farmer JG. Use of human metabolic studies and urinary arsenic speciation in assessing arsenic exposure. *Bull Environ Contam Toxicol* 1991; 46: 53-61.

14. Arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites et références de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine mentionnées aux articles R. 1321-2, R. 1321-3, R. 1321-7 et R. 1321-38 du Code de la santé publique.
15. World Health Organization. Office of Occupational Health. (1996). Biological monitoring of chemical exposure in the workplace: guidelines. Geneva.
<http://www.who.int/iris/handle/10665/41856>
16. Association des Epidémiologistes de Langue Française (ADELF), Association pour l'Étude de l'Épidémiologie des Maladies Animales (AEEMA), Association pour le Développement des Études et Recherches Épidémiologiques en Santé Travail (ADEREST), Association pour le développement de l'Épidémiologie de Terrain (Epiter). Recommandations de déontologie et bonnes pratiques en épidémiologie. Version France 2007, Paris. Adelf. 37 p.
17. Lucas JP., Le Bot B., Glorennec P., Etchevers A., Bretin P., Douay F., Sebillé V.; Bellanger L.; Mandin C. Lead Contamination in French Children's Homes and Environment. Environ Res in press.
18. Fréry N, Ohayon A, Quénel P. Evaluation des risques sanitaires liés à la pollution d'origine industrielle de Salsigne (Aude). Enquête sur l'exposition de la population aux polluants du site. Saint-Maurice: Réseau national de santé publique; 1998. 52 p et annexes.
19. Fillol C, Dor F, Labat L, Boltz P, Le Bouard J, Mantey K, Mannschott C, Puskarczyk E, Viller F, Momas I, Seta N. Urinary arsenic concentrations and speciation in residents living in an area with naturally contaminated soils. Sci Total Environ 2010;408:(5):1190-4.
20. Kalman DA, Hughes J, Van BG, Burbacher T, Bolgiano D, Coble K, et al. The effect of variable environmental arsenic contamination on urinary concentrations of arsenic species. Environ Health Perspect 1990 ;89:145-51
21. Reif JS, Tsongas TA, Mitchell J, Keefe TJ, Tessari JD, Metzger L, et al. Risk factors for exposure to arsenic at a hazardous waste site. J Expo Anal Environ Epidemiol 1993;3 Suppl 1:73-86
22. Hinwood AL, Sim MR, Jolley D, de KN, Bastone EB, Gerostamoulos J, et al. Exposure to inorganic arsenic in soil increases urinary inorganic arsenic concentrations of residents living in old mining areas. Environ Geochem Health 2004 ;26(1):27-36

ANNEXES

[Annexe 1](#) / Teneurs en plomb, arsenic et cadmium mesurées au niveau de différents sites (mg/kg)

[Annexe 2](#) / Saisines

[Annexe 3](#) / Courriers d'information

[Annexe 4](#) / Questionnaires

[Annexe 5](#) / Construction de nouvelles variables

[Annexe 6](#) / Formulaire de consentement

[Annexe 7](#) / Caractéristiques individuelles et données comportementales des participants à l'étude d'imprégnation

[Annexe 8](#) / Distributions des imprégnations

[Annexe 9](#) / Distribution des concentrations en plomb, arsenic et cadmium (fractions totales) dans les poussières des logements enquêtés

[Annexe 10](#) / Résultats de l'analyse de sensibilité sur l'effet foyer

[Annexe 11](#) / Liste des personnes rencontrées par le comité d'appui à l'étude

Annexe 1 / Teneurs en plomb, arsenic et cadmium mesurées au niveau de différents sites (mg/kg)

	Plomb (mg/kg)		Arsenic (mg/kg)		Cadmium (mg/kg)	
	<i>gamme de valeurs</i>		<i>gamme de valeurs</i>		<i>gamme de valeurs</i>	
Sols « ordinaires » [1]	9 à 50		1,0 à 25,0		0,05 à 0,45	
Fortes anomalies naturelles [1]	100 à 3 000		60 à 284		2,0 à 16,0	
	<i>médiane</i>	<i>max</i>	<i>médiane</i>	<i>max</i>	<i>médiane</i>	<i>max</i>
Carnoulès*	527 - 5 054**	26 000	272 - 857**	39 000	—	—
Croix-de-Pallières*	3 346	420 000	498	18 000	61	400

* Données des études d'interprétation de l'état des milieux (IEM)

** Etendue des médianes dans les différents secteurs de la zone d'étude

[1] Baize D. Teneurs totales en métaux lourds dans les sols français. Résultats généraux du programme ASPITET. Courrier de l'environnement de l'INRA n°39, février 2000. 39-54.

Annexe 2.1 / Saisine Carnoulès



Direction de la Santé Publique et de l'Environnement
Pôle Prévention Promotion de la Santé
Département des Programmes

Affaire suivie par : Dr Carole SALVIO

Courriel : carole.salvio-grandemange@ars.sante.fr

Téléphone : 04 67 07 21 76

Réf. : 2012/ 55

Objet : Saisine Site minier de St Sébastien
d'Aigrefeuille - Gard.

INSTITUT DE VEILLE SANITAIRE

26 AVR. 2012

Arrivée D.G.

Institut de Veille Sanitaire

Dr Françoise WEBER

Directrice Générale

12 rue du Val d'Osne

94415 SAINT MAURICE

Montpellier, le 11 avril 2012

Madame la Directrice Générale,

La commune de St Sébastien d'Aigrefeuille fait partie des sites miniers polymétalliques du Gard ayant donné lieu à un repérage par la DRIRE en 2007 dans le cadre de l'action « plomb » du PNSE2. Un rapport du bureau d'étude Geoderis a ainsi été produit et transmis au maire en décembre 2008. Cette approche superficielle des terrains (fluorescence X) a mis en évidence un impact environnemental non négligeable de l'activité minière autour des carrières à ciel ouvert, des sites de traitement du minerai et surtout du fait de l'existence d'un stockage de résidus miniers extrêmement important (800 000 tonnes, riche en pyrite arsénisée et galène) sur le lit du ruisseau Le Reigous, retenu par un mur de soutènement en amont de la commune. Les eaux qui sortent à la base de ce stockage sont particulièrement acides (pH 2 à 3) et fortement chargées en arsenic. Le ruisseau se jette dans l'Amous au cœur d'un hameau du village, puis l'Amous poursuit son cours au milieu de quelques habitations et prairies. A noter deux épisodes de rupture du mur de soutènement lors d'épisodes cévenols de fortes pluies ayant entraîné des tonnes de résidus miniers en aval (1976 et 2002).

L'ADEME a été chargée par arrêté préfectoral du 09/11/2010 de mener des études sur et hors site minier à St Sébastien d'Aigrefeuille, en 3 parties :

- une étude de l'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) sur la zone de l'usine (dite zone 1)
- une étude de recensement et de caractérisation des zones de dépôts miniers (zone 2)
- une étude de recensement et de caractérisation des usages de l'eau en aval (zone 3)

L'ADEME a mandaté le bureau d'étude ICF environnement pour réaliser ce travail.

Le bureau d'étude a rendu son rapport en 2 parties, la première dans un rapport intermédiaire (AIX/11/0861IR-Phase 1-V1 de décembre 2011) et la seconde dans un rapport provisoire présenté le 1^{er} mars 2012 à l'ADEME de Montpellier, en présence de l'ARS-LR et de la DREAL-LR (AIX/11/0861IR-Phase 2-P2 de janvier 2012).

Régulièrement, la CIRE du Languedoc-Roussillon a été informée de l'avancée de ce travail. L'ARS travaille actuellement à la validation des conclusions de ce rapport et doit préparer, conjointement avec la DREAL, les mesures de gestion qui constitueront le plan d'action sanitaire et environnemental.

A cette fin, je sollicite l'expertise de la CIRE du Languedoc-Roussillon pour formuler un avis technique sur les risques sanitaires pour la population riveraine du site mis en évidence dans ce rapport, l'aide à la définition des mesures de gestion sanitaires qui en découlent et, si besoin, avis sur la nécessité d'études complémentaires.

Je vous prie d'agréer, Madame la Directrice Générale, l'expression de ma sincère considération.

Docteur Martine AOUSTIN
Directrice Générale

Copie : CIRE-LR

Annexe 2.2 / Saisine Croix-de-Pallières



Direction de la Santé Publique et de l'Environnement

Affaire suivie par : Dr Carole SALVIO

Courriel : carole.salvio@ars.sante.fr

Téléphone : 04 67 07 21 76

Réf. : 2013/170

PJ : Notes CIRE du 7 septembre 2007
et du 14 décembre 2010

Objet : Saisine Site minier de La Croix de Pallières, Gard

Institut de Veille Sanitaire
Docteur Françoise WEBER
Directrice Générale
12 rue du Val d'Osne
94415 SAINT MAURICE

Montpellier, le 24 OCT, 2013

Madame la Directrice Générale,

Les communes de St Félix de Pallières et Thoiras ont hébergé une importante activité minière dans le milieu du XXème siècle au lieu dit La Croix de Pallières dans une zone située à 15 km au sud-ouest d'Alès et à environ 7 km d'Anduze (tonnages extraits : 80 000T de zinc et 34 000T de Plomb). Ce site fait partie des sites miniers polymétalliques du Gard ayant donné lieu à un repérage par la DRIRE en 2007 dans le cadre de l'action « plomb » du PNSE2.

Un rapport du bureau d'étude Geoderis a ainsi été produit et transmis au maire en décembre 2008. Cette approche superficielle des terrains (fluorescence X) a mis en évidence un impact environnemental non négligeable de l'activité minière qui a, en outre, laissé 600 000 tonnes de résidus sur place.

La DREAL Languedoc-Roussillon a confié au BRGM en mars 2012 une mission de maîtrise d'œuvre pour la réalisation d'une étude d'Interprétation de l'Etat des Milieux (IEM) sur cet ancien site minier. Le BRGM, après appel d'offre, a mandaté le bureau d'étude ICF Environnement pour réaliser ce travail en juin 2012.

Le bureau d'étude a restitué son travail en 2 parties, la première dans un rapport sur l'étude historique et documentaire et le recensement des usages (AIX/12/085IR-V1 en novembre 2012) et la seconde dans un rapport provisoire de caractérisation de l'état des milieux (AIX/12/085 IR-VP2 en mai 2013) présenté le 17 juin 2013 à l'unité territoriale de la DREAL en présence du BRGM, de la DREAL-LR, de l'ARS-LR et de la CIRE-LR.

Régulièrement, la CIRE du Languedoc-Roussillon a été informée de l'avancée de ce travail, ayant déjà été sollicitée par le passé à deux reprises dans l'évaluation de ce dossier (cf notes CIRE LR du 7 septembre 2007 et du 14 décembre 2010).

L'ARS, ayant pris connaissance des conclusions de l'IEM, doit élaborer, conjointement avec la DREAL, les mesures de gestion qui constitueront le plan d'action sanitaire et environnemental.

ARS-LR

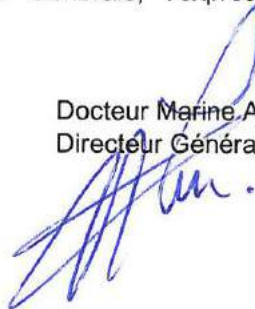
26-28 Parc Club du Millénaire – 1025, rue Henri Becquerel – CS 30001 – 34067 Montpellier Cedex 2
Tél : 04 67 07 20 07 – Fax : 04 67 07 20 08 – www.ars.languedocroussillon.sante.fr
Ouverture au public : du lundi au jeudi : 9h - 12h | 14h - 17h – le vendredi : 9h - 12h | 14h - 16h

1 / 2

A cette fin, je sollicite vos services au sujet des risques sanitaires encourus par la population riveraine du site d'après l'étude IEM réalisée par ICF Environnement, notamment sur l'opportunité de la réalisation d'une étude d'imprégnation aux substances toxiques mises en évidence dans cette étude et sur la nécessité d'organiser un suivi sanitaire.

Je vous prie d'agréer, Madame la Directrice Générale, l'expression de mes respectueuses salutations.

Docteur Marine Aoustin
Directeur Général



Annexe 3.1 / Note d'information



Dispositif de surveillance de l'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic par des sols pollués sur les anciens sites miniers de la Croix de Pallières et de Carnoulès

Note d'information

Pourquoi un dispositif de surveillance sanitaire ?

Lorsque vous habitez dans une zone dont le sol est pollué, vous pouvez être exposé de plusieurs façons aux métaux qu'il contient. Vous respirez chaque jour de petites poussières de sol, à l'extérieur comme à l'intérieur des bâtiments. Il arrive que les petits enfants avalent directement de la terre. Vous pouvez également ingérer ces polluants en consommant des légumes ou fruits produits sur place. Les quantités sont faibles, mais l'exposition est régulière et prolongée. Votre organisme absorbe ces métaux. On dit alors qu'il y a une « imprégnation ».

L'imprégnation à certains de ces métaux peut avoir des conséquences sur la santé :

- Le plomb est surtout dangereux pour les jeunes enfants et les femmes enceintes. Une imprégnation excessive, appelée saturnisme, peut conduire à une intoxication qui peut être grave chez l'enfant de moins de 6 ans et peut avoir un impact sur le développement de son système nerveux.
- Le cadmium a surtout un effet sur le rein. Cet effet n'est pas immédiatement visible. Au début, il n'y a pas de symptômes mais au bout de quelques années, une maladie du rein peut se développer. L'accumulation de cadmium dans l'organisme augmente aussi le risque d'autres maladies chroniques.
- L'arsenic augmente le risque de lésions de la peau : certaines sont peu graves et d'autres plus graves (cancers de la peau). L'arsenic peut également contribuer au risque d'autres types de cancer.

Même si ces maladies peuvent avoir d'autres causes que l'imprégnation à ces métaux ; la connaissance de votre niveau d'imprégnation, s'il est trop élevé, participe à leur prévention.

En quoi va consister ce dispositif de surveillance sanitaire, qui est concerné et où se déroule-t-il ?

Le dispositif proposé par l'Agence régionale de santé (ARS) consiste en des prélèvements biologiques destinés à mesurer l'imprégnation de votre organisme à certains éléments traces métalliques contenus dans les sols. Ces prélèvements sont réalisés par un infirmier, dans des lieux de regroupement, ou à domicile, si vous ne pouvez pas vous déplacer.

Vous êtes concernés si vous habitez actuellement à Saint Sébastien d'Aigrefeuille ou à Générargues (site de Carnoulès), par la mesure de votre imprégnation au plomb et à l'arsenic, et si vous habitez à Saint Félix de Pallières, à Thoiras ou à Tornac (site de la Croix de Pallières) par la mesure de votre imprégnation au plomb, à l'arsenic et au cadmium. Vous êtes invités à participer à ce dispositif quels que soient le lieu et la durée de votre résidence dans une de ces cinq communes. Le dispositif sera mis en place à partir du 12 octobre et durera jusqu'au 31 décembre 2015. Il est destiné aux adultes et aux enfants.

La mesure de la plombémie, s'effectue par une prise de sang. Le cadmium et l'arsenic sont recherchés dans les urines.

Ces analyses sont prises en charge à 100% par l'ARS. Si vous êtes assuré social votre numéro de sécurité sociale vous sera demandé.

En complément de ces examens de sang et d'urine, il vous sera demandé de **renseigner un questionnaire** portant sur vos habitudes de vie et votre alimentation.

Comment participer ?

Pour toute information et pour prendre rendez-vous vous pouvez **téléphoner au 06 24 32 41 35** du lundi au vendredi entre 9h à 13h30 **à partir du 5 octobre 2015**.

Les jours précédents le rendez-vous, vous devrez récupérer à la mairie un flacon pour le recueil des urines (voir page 4 les consignes à suivre pour le recueil des urines)

Entre le 12 octobre et le 31 décembre 2015, les prélèvements se dérouleront aux lieux et jours suivants :

Lieu	Jour
Saint-Félix de Pallières, Salle Polyvalente	Lundi
Tornac, Salle Polyvalente	Mardi
Saint-Sébastien d'Aigrefeuille, Salle du Temple	Mercredi
Générargues, Salle Polyvalente	Jeudi
Thoiras, salle Pellegrine et l'Amaurié	Vendredi

En fonction de vos disponibilités vous pourrez prendre rendez-vous dans une autre commune que celle de votre domicile. Par ailleurs, des permanences pourront avoir lieu certains samedis à des dates qui vous seront proposées lors de la prise de rendez-vous. Pour les personnes ne pouvant pas se déplacer, un rendez-vous à domicile pourra être organisé.

Le jour du rendez-vous, l'infirmier recueillera votre accord par un formulaire de consentement signé (par un des parents pour les enfants mineurs). Il procédera à la prise de sang, récupérera votre flacon d'urine, et remplira avec vous le questionnaire sur vos habitudes de vie et votre alimentation. Il faudra compter 30 à 45 mn par personne.

Comment vous seront communiqués les résultats ?

Dans les six semaines suivant le prélèvement, les résultats de vos analyses vous seront communiqués par un courrier du médecin de l'ARS avec, en cas de résultats supérieurs aux valeurs de référence, des conseils sur le suivi médical à mettre en place. Une copie sera adressée à votre médecin traitant si accord préalable.

Le saturnisme chez les enfants mineurs est une maladie à déclaration obligatoire justifiant d'une intervention urgente. Dans tous les cas où la plombémie de l'enfant est supérieure ou égale à 50 µg/l, l'ARS vous proposera un rendez-vous à domicile pour évaluer les sources de plomb dans l'environnement de l'enfant et fournir des conseils adaptés en fonction des sources d'exposition.

Par ailleurs, une analyse collective des résultats anonymisés sera effectuée afin de mieux identifier les facteurs d'exposition. Les conclusions de cette analyse seront rendues publiques courant 2016.

Quels sont vos droits ?

Votre participation à cette étude est entièrement volontaire et bénévole. Vous pouvez refuser de participer ou décider de vous retirer à n'importe quel moment, sans avoir à vous justifier et sans aucun préjudice.

Cette étude a été soumise à l'approbation de la Commission nationale informatique et liberté (CNIL), du Comité consultatif sur le traitement de l'information en matière de recherche dans le domaine de la santé (CCTIRS) et du Comité de protection des personnes (CPP).

Les données de résultats biologiques et les informations venant du questionnaire seront analysées statistiquement afin de mieux comprendre les liens entre imprégnation et habitudes de vie. A cette fin, les données médicales vous concernant et les données relatives à vos habitudes de vie seront transmises à l'Institut de veille sanitaire (InVS). Ces données seront identifiées par un numéro de code. Elles pourront également, dans des conditions assurant leur confidentialité, être transmises à l'ARS. Les données feront l'objet d'un traitement informatisé et anonyme par l'InVS. Elles seront conservées jusqu'à la fin de l'année 2020. Conformément aux dispositions de loi relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés, vous disposez **d'un droit d'accès et de rectification**. Vous disposez également d'un **droit d'opposition** à la transmission des données couvertes par le secret professionnel susceptibles d'être utilisées dans le cadre de cette recherche et d'être traitées. Vous pouvez également accéder directement ou par l'intermédiaire d'un médecin de votre choix à l'ensemble de vos données médicales en application des dispositions de l'article L 1111-7 du Code de la Santé Publique.

Ces droits pourront s'exercer auprès de l'Agence régionale de santé, 28 Parc Club du Millénaire, 1025 Rue Henri Becquerel CS 30001, 34067 MONTPELLIER Cedex 2.

Pour toute information concernant ce dispositif, vous pouvez contacter l'ARS par courriel à l'adresse : **ars-lr-carnoules-pallieres@ars.sante.fr**

Vous pouvez également poser toutes vos questions sur les polluants concernés et leurs effets au Centre de toxicovigilance de Marseille par téléphone au 04 91 75 25 25 et trouver des informations sur le site internet de l'Institut de veille sanitaire : www.invs.sante.fr

Consignes pour les prélèvements

Le jour de l'enquête sur le lieu de permanence en mairie ou à votre domicile, merci de recueillir vos premières urines du matin dans le flacon qui vous a été remis à cet effet et de le stocker au réfrigérateur (voir les conseils pour la manipulation du pot de prélèvement des urines ci-dessous).

Pour la validité des résultats de vos mesures, **quelques précautions sont à respecter** :

- Ne consommez pas de poisson, coquillages et crustacés dans les 3 jours précédant l'examen ;
- Ne fumez pas dans les deux heures précédant le recueil de vos urines du matin, ni dans les deux heures précédant le prélèvement sanguin, pour ne pas perturber les analyses.

Conseils pour la manipulation du flacon de prélèvement des urines du matin le jour de l'examen

Un flacon vous a été remis pour le prélèvement des premières urines du matin. C'est un récipient en plastique avec un bouchon à vis. Il est important de ne pas contaminer l'échantillon. Pour cela, voici quelques conseils pour vous permettre de réaliser le prélèvement dans de bonnes conditions.

Le prélèvement concerne les **premières urines du matin** au réveil. 

1/ Commencez par vous **laver soigneusement les mains**. 

2/ Sortez le flacon du sachet , dévissez le bouchon, et faites attention à la façon avec laquelle vous allez le poser pour ne pas le contaminer. Ne posez pas le **bouchon** l'ouverture en bas  à cause des poussières présentes sur les surfaces, mais déposez-le **l'ouverture en haut**.

3/ La taille du flacon permet d'obtenir la quantité nécessaire d'urines au dosage. N'utilisez **pas de récipient intermédiaire** qui pourrait contaminer le prélèvement.

Effectuez le prélèvement.

4/ Refermez soigneusement le bouchon.

Rincez éventuellement le flacon à l'eau après sa fermeture si besoin.

5/ Vous pouvez alors le placer dans le bas du **réfrigérateur à + 4°C** . **Ne le congelez pas.**

6/ **N'oubliez pas de le porter** sur le lieu de permanence en mairie ou de le remettre à l'infirmier qui se rendra chez vous.

Annexe 3.2 / Lettre Carnoulès



Montpellier, le 28 septembre 2015

Madame, Monsieur

Vous habitez une commune impactée par l'activité de l'ancien site minier de Carnoulès.

Des études menées récemment par le Ministère de l'Environnement ont mis en évidence des teneurs en plomb et en arsenic exceptionnellement élevées dans les sols pour les sites de Carnoulès (communes de Saint-Sébastien d'Aigrefeuille et de Générargues) et de la Croix de Pallières (communes de Saint Félix de Pallières, Thoiras et Tornac).

Cette pollution des sols pourrait avoir un impact sur votre santé. Afin de le vérifier, l'Agence régionale de santé du Languedoc-Roussillon (ARS-LR) vous propose de **participer à un dépistage** de l'exposition au plomb et à l'arsenic **entre le 12 octobre et le 31 décembre 2015.**

Ce dispositif est organisé par l'ARS-LR avec l'appui de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et des acteurs locaux : les élus, l'association pour la coordination des réseaux de santé du bassin alésien (RESEDA), l'association des infirmiers libéraux du bassin alésien, les médecins généralistes. Sa mise en œuvre est suivie par un comité d'experts scientifiques.

Nous vous proposons, comme à l'ensemble de la population (enfants et adultes) des communes concernées :

- une mesure de la concentration en plomb dans le sang (plombémie) ;
- une mesure de la concentration en arsenic dans les urines.

En complément, il vous sera demandé de renseigner avec l'aide d'un enquêteur un questionnaire portant sur vos habitudes de vie et votre alimentation.

Ces analyses et ce questionnaire vous permettront :

- de connaître votre niveau d'imprégnation au plomb et à l'arsenic
- de bénéficier de conseils personnalisés
- d'être suivi et traité par votre médecin en cas de besoin.

Au niveau collectif ils permettront :

- d'identifier des groupes de population particulièrement exposés à ces métaux ;
- de mieux comprendre les sources locales d'exposition à ces métaux ;
- d'aider à orienter les mesures pour réduire ces sources locales d'exposition afin de mieux préserver la santé de la population.

J'attire votre attention sur le fait que ce dispositif vous concerne quel que soit votre lieu de résidence sur la commune.

Vous trouverez ci-joint une note d'information indiquant comment participer à ce dispositif.

En comptant sur votre participation, je vous prie d'accepter, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Isabelle Redini

La directrice de la Santé Publique et de l'Environnement par intérim
ARS Languedoc-Roussillon

Contact pour toute information complémentaire : ars-lr-carnoules-pallieres@ars.sante.fr

Annexe 3.3 / Lettre Croix-de-Pallières



Montpellier, le 28 septembre 2015

Madame, Monsieur

Vous habitez une commune impactée par l'activité de l'ancien site minier de la Croix de Pallières.

Des études menées récemment par le Ministère de l'Environnement ont mis en évidence des teneurs en plomb et en arsenic exceptionnellement élevées dans les sols du site de la Croix de Pallières (communes de Saint Félix de Pallières, Thoiras et Tornac) et de Carnoules (communes de Saint-Sébastien d'Aigrefeuille et de Générargues), ainsi que des teneurs en cadmium importantes pour le site de la Croix de Pallières.

Cette pollution des sols pourrait avoir un impact sur votre santé. Afin de le vérifier, l'Agence régionale de santé du Languedoc-Roussillon (ARS-LR) vous propose de **participer à un dépistage** de l'exposition au plomb et à l'arsenic **entre le 12 octobre et le 31 décembre 2015.**

Ce dispositif est organisé par l'ARS-LR avec l'appui de l'Institut de veille sanitaire (InVS) et des acteurs locaux : les élus, l'association pour la coordination des réseaux de santé du bassin alésien (RESEDA), l'association des infirmiers libéraux du bassin alésien, les médecins généralistes. Sa mise en œuvre est suivie par un comité d'experts scientifiques.

Nous vous proposons, comme à l'ensemble de la population (enfants et adultes) des communes concernées :

- une mesure de la concentration en plomb dans le sang (plombémie)
- une mesure de la concentration en arsenic et en cadmium dans les urines

En complément, il vous sera demandé de renseigner avec l'aide d'un enquêteur un questionnaire portant sur vos habitudes de vie et votre alimentation.

Ces analyses et ce questionnaire vous permettront :

- de connaître votre niveau d'imprégnation au plomb, à l'arsenic et au cadmium
- de bénéficier de conseils personnalisés
- d'être suivi et traité par votre médecin en cas de besoin

Au niveau collectif, ils permettront :

- d'identifier des groupes de population particulièrement exposés à ces métaux ;
- de mieux comprendre les sources locales d'exposition à ces métaux ;
- d'aider à orienter les mesures pour réduire ces sources locales d'exposition afin de mieux préserver la santé de la population.

J'attire votre attention sur le fait que ce dispositif vous concerne quel que soit votre lieu de résidence sur la commune.

Vous trouverez ci-joint une note d'information indiquant comment participer à ce dispositif.

En comptant sur votre participation, je vous prie d'accepter, Madame, Monsieur, mes sincères salutations.

Isabelle Redini

La directrice de la santé publique et de l'Environnement par intérim
ARS Languedoc-Roussillon

Contact pour toute information complémentaire : ars-lr-carnoules-pallieres@ars.sante.fr

Annexe 4.1 / Questionnaire foyer



Etude des facteurs déterminants de l'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic autour d'anciens sites miniers dans le Gard

Questionnaire

-Volet foyer-

Numéro d'identification du foyer :

N° de site N° commune N° infirmier N° foyer

Date de l'entretien :

Nom enquêteur :

Ces pages sont communes à tous les membres d'un même foyer

A. Caractéristiques de l'habitat :

1. Quelle est votre commune de résidence ?

.....

2. Quel est le type de votre habitat ?

- ☐₁ maison individuelle
☐₂ appartement précisez l'étage :
☐₃ autre, si autre détaillez :

3. Quelle est la surface de votre logement ? en m² : |_|_|_|

4. A quelle époque le logement a-t-il été construit ?

- ☐ avant 1949 ☐ à partir de 1949 ☐ ne sait pas

5. Dans le logement, au niveau des zones accessibles pour les enfants, la peinture est-elle ?

- ☐ en bon état ☐ un peu écaillée ☐ très écaillée ☐ pas de peinture ☐ ne sait pas

6. Des travaux de rénovation ayant produit de la poussière ont-ils été réalisés dans les 6 derniers mois ?

- ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

7. Dans le logement, y a-t-il des canalisations en plomb ?

- ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

8. Avez-vous un jardin ?

Enquêteur : plusieurs réponses possibles

- Oui, un jardin individuel attenant au logement
- Oui, un jardin individuel séparé du logement
- Non, pas de jardin individuel

- ☐₁ → Aller à la question 10.
☐₂ → Aller à la question 9.
☐₃ → Aller à la question 13

Si ce jardin est séparé du logement

9. Pouvez-vous préciser l'emplacement de votre jardin (adresse) ?

Numéro d'identification du foyer : - - -

10. Dans votre jardin avez-vous ?

Plusieurs réponses possibles

☐₁ un potager

→ 11a. Quelle est la superficie de votre potager ?
en m² : ou en ares :

☐₂ des arbres fruitiers

☐₃ des fleurs, une pelouse

☐₄ des terres nues

11. Possédez-vous un puits ou un forage ?

☐₁ Oui

☐₂ Non → Aller à la question 13

12. Si oui, quels usages faites-vous de l'eau du puits ou de forage ?

Enquêteur : plusieurs réponses possibles

☐₁ Arrosage pelouse, fleurs

☐₂ Arrosage potager

☐₃ Boisson, préparation des aliments

☐₄ Remplissage de piscine

☐₅ Utilisation pour les équipements (machines à laver, wc)

☐₆ Utilisation pour la douche ou le bain

☐₇ Rien de tout cela

13. Avez-vous un animal domestique (chat ,chien, autre...) ? ☐₁ oui ☐₂ non

14. Si oui, rentre-t-il à l'intérieur de votre domicile? ☐₁ oui ☐₂ non

15. Dans votre habitation, à quelle fréquence est passé... (que ce soit par vous, une personne de votre foyer, une femme de ménage, ...) ?

Enquêteur : posez la question de manière ouverte et cochez la réponse correspondante, une réponse par ligne

	Jamais	Quelques fois par an	Une fois par mois, ou moins	Plus d'une fois par mois mais moins d'une fois par semaine	1 fois par semaine	Plus d'une fois par semaine	Ne sait pas
La serpillière humide	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇
L'aspirateur	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇
Le balai	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇

B. Caractéristiques du foyer :

16. De combien de personnes est composé votre foyer ?

+18 ans |_|_| -18 ans |_|_|

17. Je vais maintenant vous demander quelques informations sur la personne de référence du foyer.

Définition Insee :

La personne de référence est déterminée à partir des seules 3 personnes les plus âgées du ménage. S'il y a un couple parmi elles, la personne de référence est systématiquement l'homme du couple.

Si le ménage ne comporte aucun couple, la personne de référence est l'actif le plus âgé (homme ou femme), et à défaut d'actif, la personne la plus âgée.

Quel est son diplôme d'enseignement général le plus élevé ?

Enquêteur : posez la question de manière ouverte et cochez la réponse correspondante, une réponse par ligne

- ☐ 1 Pas de scolarité
- ☐ 2 Aucun diplôme mais scolarité jusqu'en école primaire ou au collège
- ☐ 3 Aucun diplôme mais scolarité au delà du collège
- ☐ 4 Certificat d'études primaires
- ☐ 5 BEPC, brevet élémentaire, brevet des collèges
- ☐ 6 Certificat d'aptitudes professionnelles, brevet de compagnon
- ☐ 7 Brevet d'études professionnelles
- ☐ 8 Baccalauréat général, brevet supérieur
- ☐ 9 Bac technologique ou professionnel, brevet professionnel ou de technicien, BEC, BEI, BEH, capacité en droit
- ☐ 10 Diplôme universitaire de 1er cycle, BTS, DUT, diplôme des professions sociales ou de santé, d'infirmier(ère)
- ☐ 11 Diplôme universitaire de 2ème ou 3ème cycle (y compris médecine, pharmacie, dentaire), diplôme d'ingénieur, d'une grande école, doctorat, etc.

18. Quelle est sa situation actuelle vis-à-vis de l'emploi?

- ☐ 1 Actif ayant un emploi, y compris sous apprentissage ou en stage rémunéré
- ☐ 2 Chômeur
- ☐ 3 Retraité ou préretraité
- ☐ 4 Elève, étudiant, stagiaire non rémunéré
- ☐ 5 Femme ou homme au foyer
- ☐ 6 Autre inactif

Annexe 4.2 / Questionnaire adulte



Etude des facteurs déterminants de l'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic autour d'anciens sites miniers dans le Gard

Questionnaire ADULTE (et mineur âgé de 15 ans ou plus)

-Volet individuel-

Numéro de confidentialité :

N° de site N° commune N° infirmier N° foyer N° sujet

Date de l'entretien :

Nom de l'enquêteur :

Au préalable, regarder si le questionnaire Foyer a déjà été rempli. Si non, commencer par remplir le questionnaire Foyer avant de remplir ce questionnaire individuel.

1. Une personne vivant dans le même foyer a-t-elle déjà participé à cette étude et donc rempli le questionnaire foyer ?

- ☐₁ Oui => Vérifier que le questionnaire **foyer** a bien été rempli
☐₂ Non => Ne pas oublier de remplir le questionnaire **foyer**

A. Données générales individuelles

Les premières questions concernent votre situation personnelle.

2. Vous êtes :

- ☐₁ Un enfant âgé de moins de 15 ans → Changez de questionnaire et remplissez un questionnaire enfant
☐₂ Un enfant âgé entre 15 et 18 ans

=> **2.1. Résidez-vous de façon permanente dans ce foyer?**

- ☐₁ Oui → Aller en Q3
☐₂ Non (garde alternée, internat...) → Aller en Q2.1a

2.1a Combien de jours par mois vivez-vous dans ce foyer ?

| | | | jours par mois

2.1b Dans votre autre foyer, résidez-vous dans une des communes de la zone d'étude¹ ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

☐₃ Un adulte de + de 18 ans (parent, enfant majeur, grand parent, autre parent, autre personne...) vivant dans ce foyer

3. Quelle est votre situation familiale actuelle ?

Enquêteur : posez la question de manière ouverte et cochez la réponse correspondante

- ☐₁ Célibataire sans enfant (célibataire, veuf(ve), divorcé(e), séparé(e))
☐₂ Célibataire élevant seul(e) ses enfants
☐₃ En couple, marié(e), pacsé(e), concubinage...sans enfant
☐₄ En couple, marié(e), pacsé(e), concubinage...avec enfant(s)
☐₅ Vit chez ses parents ou chez son tuteur(trice)
☐₆ Dans une autre situation (précisez) : _____

¹ Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, Gènerargues, Saint-Félix-de-Pallières, Thoiras et Tornac

B. Données socio-démographiques

Note : Il faut rappeler aux personnes que ces informations resteront confidentielles.

4. Sexe

- ☐₁ masculin
☐₂ féminin

4.1. Etes-vous enceinte ? ☐ Oui ☐ Non ☐ NSP

4.1.1. si oui de combien de mois ?.....

5. Mois et année de naissance |_|_|/|_|_|_|_|_|

6. Pays de naissance :

C. Etat de santé de l'individu

Note : Il faut rappeler aux personnes que ces informations resteront confidentielles.

Les questions qui suivent concernent votre état de santé.

7. Comment qualifieriez-vous votre état général de santé ?

- ☐₁ Très bon
☐₂ Bon
☐₃ Moyen
☐₄ Mauvais
☐₅ Très Mauvais

8. Consultez-vous régulièrement un médecin ou prenez-vous régulièrement des médicaments ...

<i>Enquêteur : une réponse par ligne</i>		Oui	Non
- pour soigner un diabète ?	☐ ₁	☐ ₂	
- pour soigner une hypertension artérielle ?	☐ ₁	☐ ₂	
- pour soigner un problème de déminéralisation osseuse (ostéoporose, décalcification) ?	☐ ₁	☐ ₂	
- pour soigner une maladie de la peau ?	☐ ₁	☐ ₂	
- pour soigner une maladie des reins ?	☐ ₁	☐ ₂	
(si maladie des reins = oui) laquelle ? : _____ (Glomérulonéphrite, néphropathie tubulaire, insuffisance rénale chronique, calculs urinaires,...)			
-pour une anémie ferriprive ou une carence en fer chronique ayant nécessité parfois une supplémentation en fer ?	☐ ₁	☐ ₂	
Autre, précisez :	☐ ₁	☐ ₂	

D. Données de mesures corporelles de l'individu

9. Pouvez-vous m'indiquer votre poids (en kg).....|_|_| kg

10. Pouvez-vous m'indiquer votre taille (en cm).....|_|_| cm

E. Habitat

Je vais maintenant vous poser une série de questions qui concernent votre logement, votre jardin si vous en avez un, vos activités de loisirs, votre alimentation et votre activité professionnelle.

11. En quelle année vous êtes-vous installé dans votre logement actuel ? |_|_|_|

12. Combien d'années avez-vous habité sur la zone d'étude ? (temps cumulé sur toute la vie, prend en compte logements antérieurs) |_|_|

13. Dans votre habitation actuelle, ou dans une habitation antérieure sur la zone d'étude, avez-vous effectué vous-même (personnellement) des travaux de terrassement ?

☐₁ Oui

☐₂ Non

F. Jardin

14. Enquêteur : Rappeler si l'habitation a un jardin

Enquêteur : posez la question de manière ouverte et cochez la réponse correspondante

☐₁ Oui, un jardin individuel attenant au logement

→ Aller en 15.

☐₂ Oui, un jardin individuel séparé du logement mais dans la même localité

→ Aller en 15.

☐₃ Oui, un jardin en dehors de la localité

→ Aller en 15.

☐₄ Non, pas de jardin individuel

→ Aller à la partie G.

15. A quelle fréquence travaillez-vous la terre de votre jardin que ce soit pour planter des légumes, des fleurs, des massifs, pour bêcher... ?

Enquêteur : posez la question de manière ouverte et cochez la réponse correspondante

☐₁ Jamais => Aller en question 17.

☐₂ Quelques fois par an

☐₃ 1 fois par mois ou moins

☐₄ Plus d'1 fois par mois mais moins d'1 fois par semaine

☐₅ 1 fois par semaine

☐₆ Plus d'une fois par semaine

15a. Combien d'heures par semaine consacrez-vous à cette activité en hiver (octobre à mars) ? |_|_| heures / semaine

15b. Combien d'heures par semaine consacrez-vous à cette activité en été (avril à septembre) ? |_|_| heures / semaine

16. A quelle fréquence entretenez-vous la pelouse ou faites-vous du sport dans votre jardin?

Enquêteur : posez la question de manière ouverte et cochez la réponse correspondante

☐₁ Jamais..... => Aller à la partie G

☐₂ Quelques fois par an

☐₃ 1 fois par mois ou moins

☐₄ Plus d'1 fois par mois mais moins d'1 fois par semaine

☐₅ 1 fois par semaine

☐₆ Plus d'une fois par semaine

16a. Combien d'heures par semaine consacrez-vous à cette activité en hiver (octobre à mars) ? [] [] heures / semaine

16b. Combien d'heures par semaine consacrez-vous à cette activité en été (avril à septembre) ? [] [] heures / semaine

G. Activités de loisirs (A TOUS)

Note : Les questions ci-dessous ont pour objectif d'identifier des sources d'exposition au plomb, cadmium et arsenic.

17. Parmi les activités ci-dessous (bricolage, artisanat, réparation,...), quelles sont celles que vous pratiquez actuellement dans vos loisirs ?

	Jamais	Quelques fois par an	Plus d'une fois par mois (mais moins d'une fois par semaine)	Une fois par semaine	Plus d'une fois par semaine
Préparation de plomb pour la chasse ou la pêche					
Artisanat et bricolage sur céramique, poterie, émaux, étain décoratif					
Utilisation de peinture, vernis, encres et colorants					
Fonte de soldats de plomb, vitrail					
Soudure, découpage au chalumeau					
Manipulation de métaux					
Tannerie, travail du cuir					
Empaillage des animaux et conservation (pelleterie)					
Chasse, tir					
Travaux dans habitat ancien (ponçage, décapage de vieilles peintures, travaux avec émissions de poussières)					
Usinage, manipulation de bois traités (poutres, meubles anciens,...)					
Imprimerie artisanale					

Numéro de confidentialité : |_| - |_| - |_| - |_| - |_|

18. Parmi les activités de plein-air, quelles sont celles que vous pratiquez (même occasionnellement) sur la zone d'étude² ?

Enquêteur : Passez en revue toutes les activités et cochez si oui – Plusieurs réponses possibles

- ☐₁ Marche à pied
☐₂ Fréquentation des espaces publics (parcs, terrain de foot,...)
☐₃ Vélo, VTT
☐₄ Motocross, quad
☐₅ Aucune de ces activités => Allez en 20

19. A quelle fréquence pratiquez-vous au moins l'une de ces activités de plein-air sur la zone d'étude² ?

- ☐₁ Jamais ou quelques fois par an
☐₂ Une fois par mois ou moins
☐₃ Plus d'1 fois par mois mais moins d'1 fois par semaine
☐₄ 1 fois par semaine
☐₅ Plus d'une fois par semaine

19a. Combien d'heures par semaine consacrez-vous à ces activités en hiver (octobre à mars) ? |_|_|

19b. Combien d'heures par semaine consacrez-vous à ces activités en été (avril à septembre) ? |_|_|

H. Alimentation générale

Note : Les questions ci-dessous ont pour objectif d'identifier la consommation de produits connus pour concentrer les éléments polluants étudiés.

20. En général, c'est-à-dire au cours d'un mois ordinaire, à quelle fréquence consommez-vous les aliments suivants ?

Enquêteur : une réponse par ligne	Jamais	1 fois	2 fois	3 fois	4 fois	5 fois ou plus
Abats (foie, langue de bœuf, rognons, ris de veau, tripes, boudin, ...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆
Poissons, crustacés, coquillages	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆

21. Et au cours des 7 jours précédant le prélèvement urinaire combien de fois avez-vous consommé les aliments suivants ?

Enquêteur : une réponse par ligne	Aucune	1 fois	2 fois	3 fois	4 fois	5 fois ou plus
Abats (foie, langue de bœuf, rognons, ris de veau, tripes, boudin, ...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆
Poissons, crustacés, coquillages	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆

22. Au cours des 3 jours précédant le prélèvement urinaire, avez-vous consommé (au moins une fois) des produits de la mer (poissons, crustacés ou coquillages) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non
☐₃ Ne sait pas

² Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, Générargues, Saint-Félix-de-Pallières, Thoiras et Tornac

23. Quel type d'eau consommez-vous principalement (y compris pour la préparation de thé, café, tisane...) ? Enquêteur : plusieurs réponses possibles

- ☐₁ Eau du robinet
☐₂ Eau embouteillée
☐₃ Eau de puits ou de forage ou de source

24. Avez-vous bu l'une de ces eaux embouteillées au cours des 3 derniers jours ?

Enquêteur : Compléter le tableau à partir des réponses fournies - Une réponse par ligne (5 verres = 1 litre)

	Aucun	Un verre par jour ou presque	2 à 4 verres par jour	Plus de 4 verres par jour
Rozana	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Jouvence	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Chateauneuf	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
San Pellegrino	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Saint Pierre	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Arvie	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Vichy Célestins	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Volvic	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Montfras	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Sainte Marguerite	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Ferrarelle	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Nessel	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Celtic	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄

I. Consommation d'aliments produits sur la zone d'études

Note : Les questions suivantes ne concernent que les fruits et légumes produits dans votre potager et/ou les fruits et légumes produits localement venant de voisins, d'amis, ou achetés auprès de producteurs de la zone d'études (y compris les produits surgelés ou en conserves, soupes, confitures...)

25. Consommez-vous des fruits ou des légumes (frais, en bocaux, congelés ou en confiture) que vous produisez ou qu'une autre personne de la zone d'études produit (un voisin, un ami de la famille, un vendeur au marché local) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non → Aller à la question 28

25a. Depuis combien d'années consommez vous les fruits ou légumes que vous produisez ou qu'une autre personne de la zone d'études produit ?

années

26. Quels fruits et légumes (frais, en bocaux, congelés ou en confiture) que vous produisez ou qu'une autre personne de la zone d'études produit consommez-vous ?

	N'en consomme pas	En consomme moins de 2 fois par semaine pendant la saison	En consomme 2 fois par semaine ou plus pendant la saison	En a consommé au cours des 3 jours précédant le prélèvement urinaire	
				Une fois	Plusieurs fois
Fruits d'été d'arbres fruitiers (abricots, pêches, prunes, cerises...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Fruits d'été du potager et de buissons (fraises, framboises...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Pommes, poires, du raisin	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Tomates	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Salades, endives, épinards	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Radis	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Chou, brocolis	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Artichauts, poireaux, asperges, céleris,	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Carottes, navets	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Courgettes, concombres, aubergines, potirons, poivrons, piments	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Haricots verts ou blancs	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Pommes de terre	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Oignon, ail, échalotes				☐ ₄	☐ ₅
Autres (précisez lesquels : _____)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅

27. Par rapport à la totalité des fruits et légumes (frais, en bocaux, congelés ou en confiture) que vous consommez, diriez-vous que la part de fruits et légumes cultivés sur la zone d'études représente :

- ☐₁ Peu
☐₂ Environ la moitié
☐₃ La majorité

28. Consommez vous des œufs, des volailles, des lapins ou du gibier produits ou chassés sur la zone d'études par vous ou quelqu'un d'autre (un voisin, un ami de la famille, un vendeur au marché local) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non => Aller à la question 30

29. Pouvez-vous me dire combien de fois vous avez consommé ces produits dans les 3 jours précédant le prélèvement urinaire ?

Enquêteur : une réponse par ligne

	Jamais	Une fois	Plusieurs fois
Des œufs produits sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
De la volaille produite sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
Du lapin produit sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
Du gibier chassé sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃

30. Pouvez-vous me dire combien de fois vous consommez des champignons cueillis sur la zone d'études par vous ou quelqu'un d'autre (un voisin, un ami de la famille, un vendeur au marché local) ?

- ☐₁ N'en consomme pas
- ☐₂ Moins de 2 fois par semaine pendant la saison
- ☐₃ 2 fois par semaine ou plus pendant la saison

J. Exposition professionnelle

Note : Les questions suivantes ont pour objectif d'identifier l'exposition aux polluants en lien avec l'activité professionnelle durant toute la vie professionnelle de l'individu

31. Quelle est votre profession ou quelle a été votre dernière profession ?

.....

32. Au cours de votre vie avez-vous exercé une activité professionnelle dans le secteur de l'industrie, en extérieur ou de type manuel ?

- ☐₁ Oui
- ☐₂ Non => Aller à la partie K

33. Je vais maintenant vous donner la liste de plusieurs secteurs industriels ou activités. Pour chacun, pouvez-vous me dire si vous travaillez ou si vous avez travaillé dans l'un de ces secteurs (au moins 6 mois)? Si oui, précisez l'année de début et l'année de fin de l'activité.

Renseignez un ou plusieurs codes correspondants dans les listes suivantes

	Si oui	Année de début	Année de fin	Encore en activité
- Extraction ou traitement de minerais arsenicaux ou de minerais d'or	☐ 1	/ / / / /	/ / / / /	☐ 1
- Fabrication ou ensachage de produits arsenicaux (pesticides, pigments, produits pharmaceutiques, produits vétérinaire)	☐ 2	/ / / / /	/ / / / /	☐ 2
- Utilisation de pesticides arsenicaux (arboriculture et culture des pommes de terre avant 1975, viticulture)	☐ 3	/ / / / /	/ / / / /	☐ 3
- Traitement des minerais non ferreux (grillage, raffinage,...)	☐ 4	/ / / / /	/ / / / /	☐ 4
- Fonderies de première et deuxième fusion et fabrication d'objets : en cuivre, plomb, étain, bronze, laiton, zinc...)	☐ 5	/ / / / /	/ / / / /	☐ 5
- Fabrication, ensachage ou utilisation de pigments minéraux et émaux (teintures pour textile, décoration porcelaines et émaux, fabrication de peintures, encres...)	☐ 6	/ / / / /	/ / / / /	☐ 6
- Production de chlorure cuivreux ou d'acide sulfurique	☐ 7	/ / / / /	/ / / / /	☐ 7
- Fabrication de verre et cristalleries	☐ 8	/ / / / /	/ / / / /	☐ 8
- Pyrotechnie	☐ 9	/ / / / /	/ / / / /	☐ 9
- Tannerie, mégisserie, fabrication de feutre	☐ 10	/ / / / /	/ / / / /	☐ 10
- Empaillage, conservation des animaux	☐ 11	/ / / / /	/ / / / /	☐ 11
- Industrie des semi-conducteurs (fabrication des micro composants, implantation, utilisation de cristal de Gallium, travail sur réacteur, usinage de lingot...)	☐ 12	/ / / / /	/ / / / /	☐ 12
- Fabrication et recyclage de batteries	☐ 13	/ / / / /	/ / / / /	☐ 13
- Traitements des bois pour l'extérieur au CCA par autoclavage	☐ 14	/ / / / /	/ / / / /	☐ 14
- Cadmiage électrolytique des métaux	☐ 15	/ / / / /	/ / / / /	☐ 15
- Usinage d'alliages spéciaux à base de Cadmium	☐ 16	/ / / / /	/ / / / /	☐ 16
- Fabrication d'électrodes ou baguettes de soudage (à base de cadmium ou d'argent)	☐ 17	/ / / / /	/ / / / /	☐ 17
- Brasage fort avec des baguettes à base de cadmium ou d'argent	☐ 18	/ / / / /	/ / / / /	☐ 18
- Fabrication de matières plastiques	☐ 19	/ / / / /	/ / / / /	☐ 19
- Application au pistolet de traitement antirouille au minium	☐ 20	/ / / / /	/ / / / /	☐ 20
- Travail sur des pièces métalliques déjà peintes : décapage mécanique ou au chalumeau, oxycoupage, soudage	☐ 21	/ / / / /	/ / / / /	☐ 21
- Imprimerie	☐ 22	/ / / / /	/ / / / /	☐ 22
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de vêtements	☐ 23	/ / / / /	/ / / / /	☐ 23
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de déchets ou de sites industriels	☐ 24	/ / / / /	/ / / / /	☐ 24
- Extraction et traitement de minerais de charbon	☐ 25	/ / / / /	/ / / / /	☐ 25
- Centrale thermique au charbon	☐ 26	/ / / / /	/ / / / /	☐ 26

34. Pourriez-vous me décrire tous les métiers que vous avez exercés sur la zone d'études dans le secteur de l'industrie, en extérieur ou de type manuel ?

Métier exercé	Année de début	Année de fin	Activité de l'entreprise
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	
	/ / / /	/ / / /	

K. Concernant votre consommation de tabac actuelle ou passée, et d'alcool

Les questions suivantes portent sur votre consommation éventuelle de tabac et d'alcool.

35. Est-ce que vous fumez, même de temps en temps (sauf cigarette électronique) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non → Aller à la question 37

36. Combien avez-vous fumé ou fumez-vous en moyenne ? (fumeur ou ex fumeur)

	par jour	ou	par semaine	Au total, combien d'années avez-vous fumé régulièrement ? **	Avez-vous fumé au cours des 2 heures précédant :	
					Le recueil d'urine	Le prélèvement sanguin
-de cigarettes (ou cigares, pipe)	/ /		/ /	/ / / Années et / / / Mois	☐ ₁ Oui ☐ ₂ Non	☐ ₁ Oui ☐ ₂ Non

Note : si le sujet ne sait pas, essayez de l'aider à déterminer sa consommation par rapport à un paquet de cigarette : ½ paquet, 1 paquet, 2 paquets, par jour ou par semaine, et déduisez-en le nombre de cigarettes.

37. Pour les non-fumeurs : A votre domicile ou à votre travail (dans le même bureau ou dans le même atelier), vivez-vous avec des fumeurs (qui fument dans la pièce où vous êtes) ?

- ☐₁ Non
☐₂ Oui
☐₃ Actuellement
☐₄ Antérieurement
 Pendant combien d'années ?

38. Actuellement, utilisez-vous une cigarette électronique ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

38a. Si oui, depuis combien d'années utilisez-vous la cigarette électronique ?

- ☐₁ Moins d'un an
☐₂ 1 an ou plus

38b. Combien utilisez-vous en moyenne de ml (pour les cigarettes rechargeables)?

Enquêteur : Si NSP, relancer : « Et approximativement ? »

|_| mL par jour ou |_| mL par semaine

38c. Quel dosage en nicotine (mg par ml) utilisez-vous pour la cigarette Enumérer- Une seule réponse possible

- ☐₁ 0-5
☐₂ 6-10
☐₃ 11-15
☐₄ 16-18
☐₅ 19 et plus
☐₆ Ne sait pas

38d. Avez- vous vapoté au cours des 2h précédant le recueil d'urine ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

38e. Avez- vous vapoté au cours des 2h précédant le prélèvement sanguin ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

39. Combien consommez-vous de verres ... ?

Enquêteur : posez la question de manière ouverte par catégorie d'alcool et cochez les réponses correspondantes

Enquêteur : une réponse par ligne	Aucun	Moins d'un verre par mois	Entre 1 et 3 verres par mois	Un verre par semaine	Entre 2 et 5 verres par semaine	Un verre par jour ou presque	2 à 4 verres par jour	Plus de 4 verres par jour
1. de bière (brune, blonde de toutes marques Kronenbourg, Heineken...etc)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇	☐ ₈
2. de cidre	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇	☐ ₈
3. de vin blanc, rouge ou rosé	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇	☐ ₈
4. d'apéritifs (sherry, Porto, Martini, Pastis, ...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇	☐ ₈
5. de champagne ou mousseux	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇	☐ ₈
6. d'alcools forts (whisky, gin, vodka,...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆	☐ ₇	☐ ₈

40. Au cours des 3 jours précédant le prélèvement d'urines, avez-vous consommé de l'alcool ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non → Aller à la partie L.

41. Au cours des 3 jours précédant le prélèvement d'urines, combien avez-vous consommé de verres ?

Enquêteur : une réponse par ligne

posez la question de manière ouverte par catégorie d'alcool et cochez les réponses correspondantes

	Aucun	Moins d'un verre par jour	Un verre par jour	2 à 4 verres par jour	Plus de 4 verres par jour
1. de bière (brune, blonde de toutes marques Kronenbourg, Heineken...etc)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
2. de cidre	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
3. de vin blanc, rouge ou rosé	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
4. d'apéritifs (sherry, Porto, Martini, Pastis, ...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
5. de champagne ou mousseux	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
6. d'alcools forts (whisky, gin, vodka,...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅

L. Plombages / amalgames dentaires

42. Avez-vous des dents avec des plombages de couleur grise ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

42a. Si oui, combien de dents ? |_|

M. Conditions de prélèvement

43. Vous êtes-vous absenté de la zone d'étude la totalité des 3 jours précédant l'enquête ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

Sur les prélèvements :

SANG VEINEUX

44. Prise de sang réalisée ☐ OUI ☐ NON ☐ Incomplète
 45. Heure du prélèvement : |_|_| h |_|_| min

URINES

46. Prélèvement d'urines réalisé : ☐ OUI ☐ NON ☐ Incomplet
 47. Heure du prélèvement urinaire : |_|_| h |_|_| min
 48. Avez-vous recueilli vos 1^{ères} urines du matin à votre réveil ? ☐ OUI ☐ NON

(Il s'agit des urines recueillies directement dans le flacon qu'on vous a remis et que vous remettrez à l'infirmier)

49. Avez-vous uriné cette nuit entre votre coucher, la veille, et votre réveil ce matin ?

- ☐ OUI ☐ NON

50. Si oui, à quelle heure avez-vous uriné ? |_|_| h |_|_| min

N. Concernant l'étude

La dernière série de questions va porter sur votre appréciation de la campagne de dépistage mise en œuvre par l'ARS.

51. Diriez-vous que l'information que vous avez reçue pour cette campagne de dépistage était ... ?

- ☐₁ Très complète
- ☐₂ Complète
- ☐₃ Assez complète
- ☐₄ Incomplète
- ☐₅ Très incomplète
- ☐₆ (N'a pas reçu d'information)

52. Et diriez-vous que cette information était... ?

- ☐₁ Très rassurante
- ☐₂ Rassurante
- ☐₃ Assez rassurante
- ☐₄ Inquiétante
- ☐₅ Très inquiétante
- ☐₆ (N'a pas reçu d'information)

53. Que pensez-vous des recommandations sanitaires diffusées par l'ARS ?

.....

.....

Annexe 4.3 / Questionnaire enfant



Etude des facteurs déterminants de l'exposition au plomb, au cadmium et à l'arsenic autour d'anciens sites miniers dans le Gard

Questionnaire

ENFANT de moins de 15 ans

-Volet individuel-

Ne peut répondre que le père ou la mère de l'enfant, ou le (la) tuteur(trice)

Numéro de confidentialité :

N° de site N° commune N° infirmier N° foyer N° sujet

Date de l'entretien :

Nom de l'enquêteur :

1. Une personne vivant dans le même foyer a-t-elle déjà participé à cette étude et donc rempli le questionnaire ?

☐₁ Oui → Vérifier que le questionnaire Foyer a bien été rempli
☐₂ Non → ne pas oublier de remplir le questionnaire Foyer

A. Données générales individuelles

2. Votre enfant réside-t-il de façon permanente dans ce foyer?

☐₁ Oui
☐₂ Non (garde alternée, internat....)

2a. Combien de jours par mois vit-il dans ce foyer ?

|_|_| jours par mois

2b. Dans son autre foyer, réside-t-il dans une des communes de la zone d'étude¹ ?

☐₁ Oui. Préciser laquelle :
☐₂ Non

B. Données socio-démographiques

3. Sexe de l'enfant ☐₁ masculin ☐₂ féminin
4. Mois et année de naissance de l'enfant |_|_|/|_|_|_|_|
5. Pays de naissance :

C. Données de mesures corporelles de l'enfant

6. Pouvez-vous m'indiquer le poids de votre enfant (en kg).....|_|_| kg
7. Pouvez-vous m'indiquer la taille de votre enfant (en cm).....|_|_| cm

D. Etat de santé de l'individu

*Note : Il faut rappeler aux personnes que ces informations resteront confidentielles.
Les questions qui suivent concernent l'état de santé de votre enfant*

8. Comment qualifieriez-vous l'état général de santé de votre enfant?

☐₁ Très bon
☐₂ Bon
☐₃ Moyen
☐₄ Mauvais
☐₅ Très Mauvais

¹ Saint-Sébastien-d'Aigrefeuille, Générargues, Saint-Félix-de-Pallières, Thoiras et Tornac

9. Votre enfant consulte-t-il régulièrement un médecin ou prend-il régulièrement des médicaments...

Enquêteur : une réponse par ligne		Oui	Non
- pour soigner un diabète ?	☐ ₁	☐ ₂	
- pour soigner une maladie des reins ?	☐ ₁	☐ ₂	
(si maladie des reins = oui) laquelle ? : _____ (Glomérulonéphrite, néphropathie tubulaire, insuffisance rénale chronique, calculs urinaires,...)			
-pour une anémie ferriprive ou une carence en fer chronique ayant nécessité parfois une supplémentation en fer ?	☐ ₁	☐ ₂	
Autre, précisez :	☐ ₁	☐ ₂	

E. Habitat et lieu de scolarisation/garde

10. Votre enfant a-t-il toujours résidé dans le même foyer que vous ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

11. En quelle année votre enfant s'est installé dans votre logement actuel ? [] [] [] []

12. Combien d'années votre enfant a-t-il habité sur la zone d'études ? (durée cumulée toute la vie)

[] [] []

13. Votre enfant est-il scolarisé/gardé sur une commune de la zone d'études ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

F. Exposition professionnelle des parents

Note : Les questions suivantes ont pour objectif d'identifier l'exposition aux polluants en lien avec l'activité professionnelle des parents durant toute la vie professionnelle de l'individu

14. Quelle est la profession ou quelle a été la dernière profession de la personne de référence du foyer ?

.....

Définition Insee :

La personne de référence est déterminée à partir des seules 3 personnes les plus âgées du ménage. S'il y a un couple parmi elles, la personne de référence est systématiquement l'homme du couple.

Si le ménage ne comporte aucun couple, la personne de référence est l'actif le plus âgé (homme ou femme), et à défaut d'actif, la personne la plus âgée.

15. Au cours de votre vie vous ou votre conjoint avez-vous exercé une activité professionnelle dans le secteur de l'industrie, en extérieur ou de type manuel ?

☐₁ Oui

☐₂ Non => Aller à la question 17

16. Je vais maintenant vous donner la liste de plusieurs secteurs industriels ou activités. Pour chacun, pouvez-vous me dire si vous ou votre conjoint actuel travaillez dans l'un de ces secteurs, ou si vous ou votre conjoint y avez travaillé durant sa vie professionnelle (au moins 6 mois)? Si oui, précisez l'année de début et l'année de fin de l'activité ?

Renseignez un ou plusieurs codes correspondants dans les listes suivantes

Si la personne vous déclare avoir déjà répondu à ces questions, vous pouvez reporter les indications en vous référant aux précédents questionnaires remplis si vous les avez sur vous

	Si oui	Année de début	Année de fin	Encore en activité
- Extraction ou traitement de minerais arsenicaux ou de minerais d'or	☐ ₁			☐ ₁
- Fabrication ou ensachage de produits arsenicaux (pesticides, pigments, produits pharmaceutiques, produits vétérinaire)	☐ ₂			☐ ₂
- Utilisation de pesticides arsenicaux (arboriculture et culture des pommes de terre avant 1975, viticulture)	☐ ₃			☐ ₃
- Traitement des minerais non ferreux (grillage, raffinage,...)	☐ ₄			☐ ₄
- Fonderies de première et deuxième fusion et fabrication d'objets : en cuivre, plomb, étain, bronze, laiton, zinc...)	☐ ₅			☐ ₅
- Fabrication, ensachage ou utilisation de pigments minéraux et émaux (teintures pour textile, décoration porcelaines et émaux, fabrication de peintures, encres...)	☐ ₆			☐ ₆
- Production de chlorure cuivreux ou d'acide sulfurique	☐ ₇			☐ ₇
- Fabrication de verre et cristalleries	☐ ₈			☐ ₈
- Pyrotechnie	☐ ₉			☐ ₉
- Tannerie, mégisserie, fabrication de feutre	☐ ₁₀			☐ ₁₀
- Empailage, conservation des animaux	☐ ₁₁			☐ ₁₁
- Industrie des semi-conducteurs (fabrication des micro composants, implantation, utilisation de cristal de Gallium, travail sur réacteur, usinage de lingot...)	☐ ₁₂			☐ ₁₂
- Fabrication et recyclage de batteries	☐ ₁₃			☐ ₁₃
- Traitements des bois pour l'extérieur au CCA par autoclavage	☐ ₁₄			☐ ₁₄
- Cadmiage électrolytique des métaux	☐ ₁₅			☐ ₁₅
- Usinage d'alliages spéciaux à base de Cadmium	☐ ₁₆			☐ ₁₆
- Fabrication d'électrodes ou baguettes de soudage (à base de cadmium ou d'argent)	☐ ₁₇			☐ ₁₇
- Brasage fort avec des baguettes à base de cadmium ou d'argent	☐ ₁₈			☐ ₁₈
- Fabrication de matières plastiques	☐ ₁₉			☐ ₁₉
- Application au pistolet de traitement anti-rouille au minium	☐ ₂₀			☐ ₂₀
- Travail sur des pièces métalliques déjà peintes : décapage mécanique ou au chalumeau, oxycoupage, soudage	☐ ₂₁			☐ ₂₁
- Imprimerie	☐ ₂₂			☐ ₂₂
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de vêtements	☐ ₂₃			☐ ₂₃
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de déchets ou de sites industriels	☐ ₂₄			☐ ₂₄
- Extraction et traitement de minerais de charbon	☐ ₂₅			☐ ₂₅
- Centrale thermique au charbon	☐ ₂₆			☐ ₂₆

17. Parmi les personnes qui habitent avec l'enfant, y a-t-il quelqu'un faisant l'objet d'une exposition professionnelle au plomb ?

- ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

G. Données concernant l'exposition de votre enfant

18. Quel temps passe votre enfant dans votre jardin ?

- ☐₁ N'a pas de jardin
☐₂ Jamais ou quelques fois par an
☐₃ Une fois par mois ou moins
☐₄ Plus d'1 fois par mois mais moins d'1 fois par semaine
☐₅ 1 fois par semaine
☐₆ Plus d'une fois par semaine

} 18a. Combien d'heures par semaine fréquente t-il votre jardin en hiver (octobre à mars) ? |_|_| heures par semaine

18b. Combien d'heures par semaine fréquente t-il votre jardin en été (avril à septembre) ? |_|_| heures par semaine

19. Un enfant en bas âge a tendance à porter souvent ses mains ou à mettre des objets à sa bouche.
Diriez-vous de votre enfant qu'il porte ou a porté ses mains ou des objets à sa bouche :

- ☐₁ Jamais ou très rarement
☐₂ Rarement
☐₃ de temps en temps
☐₄ Régulièrement
☐₅ Très régulièrement

20. Au sujet du comportement de l'enfant vis-à-vis des peintures : a-t-il tendance à manipuler ou à manger des écailles de peintures ?

- ☐ oui ☐ non ☐ ne sait pas

21. Lorsque votre enfant joue à l'extérieur de votre habitation, votre enfant joue t il ou a-t-il joué à creuser la terre ?

- ☐₁ Jamais ou très rarement
☐₂ Rarement
☐₃ de temps en temps
☐₄ Régulièrement
☐₅ Très régulièrement

H. Activités de loisirs

Note : Les questions ci-dessous ont pour objectif d'identifier des sources d'exposition au plomb, cadmium et arsenic.

22. A quelle fréquence votre enfant fréquente-t-il les espaces publics de la zone d'études (terrain de foot, parc public, pelouse)

- ☐₁ Jamais ou quelques fois par an
☐₂ Une fois par mois ou moins
☐₃ Plus d'1 fois par mois mais moins d'1 fois par semaine
☐₄ 1 fois par semaine
☐₅ Plus d'une fois par semaine

22a. Combien d'heures par semaine fréquente-t-il ces espaces en hiver (octobre à mars) ? |_|_| heures par semaine

22b. Combien d'heures par semaine fréquente-t-il ces espaces en été (avril à septembre) ? |_|_| heures par semaine

I. Alimentation générale

Note : Les questions ci-dessous ont pour objectif d'identifier la consommation de produits connus pour concentrer les éléments polluants étudiés.

23. En général c'est dire au cours d'un mois ordinaire à quelle fréquence votre enfant consomme t-il les aliments suivants ?

Enquêteur : une réponse par ligne	Jamais	1 fois	2 fois	3 fois	4 fois	5 fois ou plus
Abats (foie, langue de bœuf, rognons, ris de veau, tripes, boudin, ...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆
Poissons, crustacés, coquillages	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆

24. Et au cours des 7 jours précédant le prélèvement urinaire combien de fois votre enfant a-t-il consommé les aliments suivants ?

Enquêteur : une réponse par ligne	Jamais	1 fois	2 fois	3 fois	4 fois	5 fois ou plus
Abats (foie, langue de bœuf, rognons, ris de veau, tripes, boudin, ...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆
Poissons, crustacés, coquillages	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅	☐ ₆

25. Au cours des 3 jours précédant le prélèvement urinaire, votre enfant a-t-il consommé (au moins une fois) des produits de la mer (poissons, crustacés ou coquillages) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non
☐₃ Ne sait pas

26. Quel type d'eau votre enfant consomme-t-il principalement (y compris pour la préparation de boissons...) ? *Enquêteur : plusieurs réponses possibles*

- ☐₁ Eau du robinet
☐₂ Eau embouteillée
☐₃ Eau de puits ou de forage ou de source

27. A-t-il bu l'une de ces eaux embouteillées au cours des 3 derniers jours ?

Enquêteur : Compléter le tableau à partir des réponses fournies - Une réponse par ligne (5 verres = 1 litre)

	Aucun	Un verre par jour ou presque	2 à 4 verres par jour	Plus de 4 verres par jour
Rozana	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Jouvence	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Chateauneuf	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
San Pellegrino	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Saint Pierre	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Arvie	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Vichy Célestins	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Volvic	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Montfras	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Sainte Marguerite	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Ferrarelle	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Nessel	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄
Celtic	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄

J. Consommation d'aliments produits sur la zone d'études

Note : Les questions suivantes ne concernent que les fruits et légumes produits dans votre potager et/ou les fruits et légumes produits localement venant de voisins, d'amis, ou achetés auprès de producteurs de la zone d'études (y compris les produits surgelés ou en conserves, soupes, confitures, compotes...)

28. Votre enfant consomme t-il des fruits ou des légumes (frais, en bocaux, congelés ou en confiture) que vous produisez ou qu'une autre personne de la zone d'études produit (un voisin, un ami de la famille, un vendeur au marché local) ?

☐₁ Oui

☐₂ Non

→ Aller à la question 31

28a. Depuis combien d'années votre enfant consomme t-il les fruits ou légumes que vous produisez ou qu'une autre personne de la zone d'études produit ? |_|_| années

29. Quels fruits et légumes que vous produisez ou qu'une autre personne de la zone d'études produit consomme t-il ?

	N'en consomme pas	En consomme moins de 2 fois par semaine pendant la saison	En consomme 2 fois par semaine ou plus pendant la saison	En a consommé au cours des 3 jours précédant le prélèvement urinaire	
				Une fois	Plusieurs fois
Fruits d'été d'arbres fruitiers (abricots, pêches, prunes, cerises...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Fruits d'été du potager et de buissons (fraises, framboises...)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Pommes, poires, du raisin	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Tomates	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Salades, endives, épinards	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Radis	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Chou, brocolis	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Artichauts, poireaux, asperges, céleris,	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Carottes, navets	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Courgettes, concombres, aubergines, potirons, poivrons, piments	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Haricots verts ou blancs	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Pommes de terre	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅
Oignon, ail, échalotes				☐ ₄	☐ ₅
Autres (précisez lesquels : _____)	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃	☐ ₄	☐ ₅

30. Par rapport à la totalité des fruits et légumes que votre enfant consomme, diriez-vous que la part de fruits et légumes cultivés sur la zone d'études représente :

- ☐₁ Peu
☐₂ Environ la moitié
☐₃ La majorité

31. Consomme-t-il des œufs, des volailles, des lapins ou du gibier produits ou chassés sur la zone d'études par vous ou quelqu'un d'autre (un voisin, un ami de la famille, un vendeur au marché local) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non => Aller à la question 33

32. Pouvez-vous me dire combien de fois votre enfant a consommé dans les 3 jours précédant le prélèvement urinaire ?

Enquêteur : une réponse par ligne

	Jamais	Une fois	Plusieurs fois
Des œufs produits sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
De la volaille produite sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
Du lapin produit sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃
Du gibier chassé sur la zone d'études	☐ ₁	☐ ₂	☐ ₃

33. Pouvez-vous me dire combien de fois votre enfant consomme des champignons cueillis sur la zone d'études par vous ou quelqu'un d'autre (un voisin, un ami de la famille, un vendeur au marché local) ?

- ☐₁ N'en consomme pas
☐₂ Moins de 2 fois par semaine pendant la saison
☐₃ 2 fois par semaine ou plus pendant la saison

K. Concernant le tabagisme passif pour votre enfant

34. A votre domicile, votre enfant vit-il actuellement avec des fumeurs (qui fument dans la même pièce que lui) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

35. A votre domicile, votre enfant a-t-il vécu antérieurement avec des fumeurs (qui fument dans la même pièce que lui) ?

- ☐₁ Oui
☐₂ Non

36. Durant combien d'années cumulées votre enfant a-t-il été exposé au tabac de son entourage ?

Nombre d'années |_|_|

L. Conditions de prélèvement

37. Votre enfant s'est-il absenté de la zone d'étude la totalité des 3 jours précédant l'enquête ?

☐₁ Oui

☐₂ Non

Sur les prélèvements :

SANG VEINEUX

38. Prise de sang réalisée

☐ OUI

☐ NON

☐ Incomplète

39. Heure du prélèvement :

|_|_| h |_|_| min

URINES

40. Prélèvement d'urines réalisé :

☐ OUI

☐ NON

☐ Incomplet

41. Heure du prélèvement urinaire :

|_|_| h |_|_| min

42. Votre enfant a-t-il - recueilli ses 1^{ères} urines du matin à son réveil ?

☐ OUI

☐ NON

(Il s'agit des urines recueillies directement dans le flacon qu'on vous a remis et que vous remettrez à l'infirmier)

43. A-t-il uriné cette nuit entre son coucher, la veille, et son réveil ce matin ?

☐ OUI

☐ NON

44. Si oui, à quelle heure a-t-il uriné ?

|_|_| h |_|_| min

M. Concernant l'étude

Ne pas poser les questions suivantes si l'adulte a déjà répondu pour lui-même ou pour un autre enfant du foyer.

La dernière série de questions va porter sur votre appréciation de la campagne de dépistage mise en œuvre par l'ARS.

45. Diriez-vous que l'information que vous avez reçue pour cette campagne de dépistage était ... ?

- ☐₁ Très complète
- ☐₂ Complète
- ☐₃ Assez complète
- ☐₄ Incomplète
- ☐₅ Très incomplète
- ☐₆ (N'a pas reçu d'information)

46. Et diriez-vous que cette information était... ?

- ☐₁ Très rassurante
- ☐₂ Rassurante
- ☐₃ Assez rassurante
- ☐₄ Inquiétante
- ☐₅ Très inquiétante
- ☐₆ (N'a pas reçu d'information)

Annexe 5 / Construction de nouvelles variables

Activité professionnelle exposant au plomb, si au moins l'une des activités suivantes rapportées (variables binaires oui/non) :

- Traitement des minerais non ferreux (grillage, raffinage,...)
- Fonderies de première et deuxième fusion et fabrication d'objets : en cuivre, plomb, étain, bronze, laiton, zinc...)
- Fabrication, ensachage ou utilisation de pigments minéraux et émaux (teintures pour textile, décoration porcelaines et émaux, fabrication de peintures, encres...)
- Production de chlorure cuivreux ou d'acide sulfurique
- Fabrication de verre et cristalleries
- Pyrotechnie
- Industrie des semi-conducteurs (fabrication des microcomposants, implantation, utilisation de cristal de Gallium, travail sur réacteur, usinage de lingot...)
- Fabrication et recyclage de batteries
- Fabrication d'électrodes ou baguettes de soudage (à base de cadmium ou d'argent)
- Fabrication de matières plastiques
- Application au pistolet de traitement antirouille au minium
- Travail sur des pièces métalliques déjà peintes : décapage mécanique ou au chalumeau, oxycoupage, soudage
- Imprimerie
- Recyclage, revalorisation de vêtements
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de déchets ou de sites industriels
- Extraction et traitement de minerais de charbon
- Centrale thermique au charbon

Activité professionnelle exposant au cadmium, si au moins l'une des activités suivantes rapportées (variables binaires oui/non) :

- Traitement des minerais non ferreux (grillage, raffinage,...)
- Fonderies de première et deuxième fusion et fabrication d'objets : en cuivre, plomb, étain, bronze, laiton, zinc...)
 - Fabrication, ensachage ou utilisation de pigments minéraux et émaux (teintures pour textile, décoration porcelaines et émaux, fabrication de peintures, encres...)
 - Production de chlorure cuivreux ou d'acide sulfurique
 - Fabrication de verre et cristalleries
 - Fabrication et recyclage de batteries
 - Traitements des bois pour l'extérieur au CCA par autoclavage
 - Cadmiage électrolytique des métaux
 - Usinage d'alliages spéciaux à base de Cadmium
 - Fabrication d'électrodes ou baguettes de soudage (à base de cadmium ou d'argent)
 - Brasage fort avec des baguettes à base de cadmium ou d'argent
 - Fabrication de matières plastiques
 - Application au pistolet de traitement antirouille au minium
 - Travail sur des pièces métalliques déjà peintes : décapage mécanique ou au chalumeau, oxycoupage, soudage
 - Imprimerie
 - Recyclage, revalorisation de vêtements
 - Nettoyage, recyclage, revalorisation de déchets ou de sites industriels

Activité professionnelle exposant à l'arsenic, si au moins l'une des activités suivantes rapportées (variables binaires oui/non), en cours au moment du questionnaire :

- Extraction ou traitement de minerais arsenicaux ou de minerais d'or
- Fabrication ou ensachage de produits arsenicaux (pesticides, pigments, produits pharmaceutiques, produits vétérinaire)
- Utilisation de pesticides arsenicaux (arboriculture et culture des pommes de terre avant 1975, viticulture)
- Traitement des minerais non ferreux (grillage, raffinage,...)
- Fonderies de première et deuxième fusion et fabrication d'objets : en cuivre, plomb, étain, bronze, laiton, zinc...)

- Fabrication, ensachage ou utilisation de pigments minéraux et émaux (teintures pour textile, décoration porcelaines et émaux, fabrication de peintures, encres...)
- Fabrication de verre et cristalleries
- Pyrotechnie
- Tannerie, mégisserie, fabrication de feutre
- Empaillage, conservation des animaux
- Industrie des semi-conducteurs (fabrication des microcomposants, implantation, utilisation de cristal de Gallium, travail sur réacteur, usinage de lingot...)
- Fabrication et recyclage de batteries
- Fabrication et recyclage de batteries
- Imprimerie
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de vêtements
- Recyclage, revalorisation de vêtements
- Nettoyage, recyclage, revalorisation de déchets ou de sites industriels
- Extraction et traitement de minerais de charbon
- Centrale thermique au charbon

Activité de loisirs pouvant exposer au plomb si au moins l'une des activités suivantes rapportées (variables binaires oui/non), au moins quelques fois par an, chez les adultes :

- Préparation plomb de pêche au de chasse,
- Artisanat de céramique, poterie, émaux ou étain,
- Utilisation de peinture, vernis encre, colorant ou colle,
- Fonte de soldats de plomb,
- Soudure/découpage au chalumeau,
- Manipulation de métaux,
- Chasse, tir,
- Travaux dans des habitats anciens,
- Imprimerie artisanale.

Activité de loisirs pouvant exposer au cadmium (au moins quelques fois par an) chez les adultes (variable binaire oui/non): manipulation de métaux.

Activité de loisirs pouvant exposer à l'arsenic si au moins l'une des activités suivantes rapportées (variables binaires oui/non), au moins une fois par semaine, chez les adultes :

- Préparation plomb de pêche au de chasse,
- Artisanat de céramique, poterie, émaux ou étain,
- Utilisation de peinture, vernis encre, colorant ou colle,
- Manipulation de métaux,
- Tannerie, travail du cuir,
- Empaillage d'animaux et conservation,
- Travaux dans des habitats anciens,
- Usinage et manipulation de bois traités,
- Imprimerie artisanale.

Pays de naissance à risque d'exposition au plomb (à partir du pays de naissance renseigné en texte libre) : Algérie, Côte-d'Ivoire, Maroc, Corée du Sud, Tunisie, Vietnam, Djibouti.

Classification des fruits et légumes selon l'Etude de l'alimentation totale (EAT2) :

- **Fruits** : Fruits d'été d'arbres fruitiers (abricots, pêches, prunes, cerises...), fruits d'été du potager et de buissons (fraises, framboises...), pommes, poires, raisin
- **Légumes fruits** : Tomates, courgettes, concombres, aubergines, potirons, poivrons, piments, haricots verts ou blancs
- **Légumes feuilles** : Salades, endives, épinards
- **Légumes tiges** : Artichauts, poireaux, asperges, céleris
- **Légumes racines** : Radis, carottes, navets, oignons, ail, échalotes
- **Pommes de terre**

Annexe 6.1 / Consentement adulte



CONSENTEMENT DE PARTICIPATION

Etudes d'imprégnation au plomb, au cadmium et à l'arsenic autour d'anciens sites miniers dans le Gard

Je soussigné(e) (nom, prénom).....

demeurant à

certifie avoir lu et compris le document d'information qui m'a été remis.

J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions que je souhaitais à l'enquêteur sous la responsabilité du Docteur Béatrice Sénémaud, médecin à l'Agence régionale de santé Languedoc-Roussillon. J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision. J'accepte librement et volontairement de participer à l'étude dans les conditions précisées dans le document d'information.

J'ai bien compris que j'ai le droit d'interrompre mon consentement à tout moment sans avoir à justifier ma décision, mais je m'engage à en informer l'Agence régionale de santé, qui est le promoteur de l'étude, aux coordonnées figurant ci-dessous.

J'ai compris que les données me concernant resteront strictement confidentielles et ne pourront être consultées que par le médecin responsable de l'étude, ses collaborateurs et les personnes de l'InVS en charge de l'analyse des données qui sont astreintes au secret professionnel.

J'ai compris que les résultats des examens biologiques me concernant (plombémie, dosage urinaire de cadmium, dosage urinaire d'arsenic, dosage de RBP et d'albumine dans les urines) me seront communiqués individuellement par courrier.

☐ Je souhaite ☐ Je ne souhaite pas que ces résultats soient également communiqués à mon médecin le Dr (nom)

(adresse)

J'accepte que les données enregistrées à l'occasion de cette étude puissent faire l'objet d'un traitement informatisé en conformité avec les dispositions de la loi n°2004-801 du 6 août

2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel et modifiant la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. J'ai bien noté que le droit d'accès prévu par la loi "Informatique et Libertés" (article 40), s'exerce à tout moment auprès de l'Agence régionale de santé (Dr Béatrice Sénémaud), 28 Parc Club du Millénaire, 1025 Rue Henri Becquerel CS 30001, 34067 MONTPELLIER Cedex 2 (tél : 04 67 07 21 76) et que je pourrai exercer mon droit de rectification et d'opposition auprès de celle-ci.

Mon consentement ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leurs responsabilités, je conserve tous mes droits garantis par la loi.

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|_|
Signature (précédée de la mention : "lu, compris et approuvé") :

(si la personne est inapte à la lecture ou l'écriture)

En l'absence d'autonomie de lecture et d'écriture de M ou Mme (Nom, Prénom), la tierce personne ci-dessous identifiée, totalement indépendante de l'investigateur et du promoteur, atteste avoir personnellement et fidèlement lu au participant la notice d'information et le présent formulaire de consentement et recueilli son accord pour signer ci-dessous en son nom.

Nom, prénom.....
.....

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|_|
Signature (précédée de la mention : "lu, compris et approuvé")

(si la personne est un majeur protégé sous tutelle ou curatelle)

Je soussigné(e) (Nom, prénom)..... représentant légal de (Nom, prénom)..... sous ☐ tutelle ou ☐ curatelle atteste l'avoir personnellement informé de ses bénéfices et de ses droits, et qu'il (elle) n'a pas exprimé de refus de participer à cette étude.

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|_|
Signature (précédée de la mention : "lu, compris et approuvé")

Je soussigné(e), (*nom de l'enquêteur*):, sous la responsabilité du Dr Béatrice Sénémaud, certifie avoir communiqué toute information utile concernant cette étude. Je m'engage à faire respecter les termes de cette note de consentement, conciliant le respect des droits et des libertés individuelles et les exigences d'un travail scientifique.

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_| Signature :

Fait en double exemplaire, dont un remis à la personne participante.

Annexe 6.2 / Consentement enfant



CONSENTEMENT DE PARTICIPATION POUR UN ENFANT MINEUR

Etudes d'imprégnation au plomb, au cadmium et à l'arsenic autour d'anciens sites miniers dans le Gard

Nous soussignés (nom, prénom Mère).....

demeurant à

et (nom, prénom Père).....

demeurant à

Cocher ici si autorité parentale exercée par une seule personne... ☐

Certifions avoir lu et compris le document d'information qui nous a été remis.

Nous avons eu la possibilité de poser toutes les questions que nous souhaitons à l'enquêteur..... sous la responsabilité du Docteur Béatrice Sénémaud, médecin à l'Agence régionale de santé Languedoc-Roussillon. Nous avons disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre notre décision. Nous acceptons librement et volontairement que notre enfant (Nom, prénom)..... participe à l'étude dans les conditions précisées dans le document d'information.

Nous avons bien compris que nous avons le droit d'interrompre notre consentement à tout moment sans avoir à justifier notre décision, mais nous nous engageons à en informer l'Agence régionale de santé, qui est le promoteur de l'étude aux coordonnées figurant ci-dessous.

Nous avons compris que les données concernant notre enfant resteront strictement confidentielles et ne pourront être consultées que par le médecin responsable de l'étude, ses collaborateurs et les personnes de l'InVS en charge de l'analyse des données qui sont astreintes au secret professionnel.

Nous avons compris que les résultats des examens biologiques concernant notre enfant (plombémie, dosage urinaire de cadmium, dosage urinaire d'arsenic, dosage de RBP et d'albumine dans les urines) nous seront communiqués individuellement par courrier, et que les résultats du dosage de sa plombémie seront également communiqués au médecin inspecteur de la santé publique l'Agence régionale de santé (Dr Béatrice Sénémaud).

☐ Nous souhaitons ☐ Nous ne souhaitons pas que les résultats soient également
communiquées au médecin de notre enfant le Dr (nom)

.....
(adresse)

(Paraphes)

Nous acceptons que les données enregistrées à l'occasion de cette étude puissent faire l'objet d'un traitement informatisé en conformité avec les dispositions de la loi n°2004-801 du 6 août 2004 relative à la protection des personnes physiques à l'égard des traitements de données à caractère personnel et modifiant la loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés. Nous avons bien noté que le droit d'accès prévu par la loi "Informatique et Libertés" (article 40), s'exerce à tout moment auprès de l'Agence régionale de santé (Dr Béatrice Sénémaud), 28 Parc Club du Millénaire, 1025 Rue Henri Becquerel CS 30001, 34067 MONTPELLIER Cedex 2 (tél : 04 67 07 21 76) et que je pourrai exercer mon droit de rectification et d'opposition auprès de celle-ci.

Notre consentement ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leurs responsabilités, nous conservons tous nos droits garantis par la loi.

Nous attestons que notre enfant a été informé et qu'il n'a pas exprimé de refus de participer à cette étude.

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|_|
Signature de la mère (précédée de la mention : "lu, compris et approuvé") :

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|_|
Signature du père (précédée de la mention : "lu, compris et approuvé") :

En l'absence d'autonomie de lecture et d'écriture de M ou Mme (Nom, prénom)....., père ou mère de l'enfant, la tierce personne ci-dessous identifiée, totalement indépendante de l'investigateur et du promoteur, atteste avoir personnellement et fidèlement lu au participant la notice d'information et le présent formulaire de consentement et recueilli son accord pour signer ci-dessous en son nom.

Nom, prénom.....
.....

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|_|
Signature (précédée de la mention : "lu, compris et approuvé")

Je soussigné(e), (*nom de l'enquêteur*):, sous la responsabilité du Dr Béatrice Sénémaud, certifie avoir communiqué toute information utile concernant cette étude. Je m'engage à faire respecter les termes de cette note de consentement, conciliant le respect des droits et des libertés individuelles et les exigences d'un travail scientifique.

Fait à le |_|_|_|_|_|_|_|

Signature :

Fait en trois exemplaire, dont un remis à chacun des parents.

Annexe 7 / Caractéristiques individuelles et données comportementales des participants à l'étude d'imprégnation

TABLEAU A1 Caractéristiques des participants - Adultes (15 ans et plus)

		Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
		N	%	N	%	N	%
Sexe							
	Femmes	113	54	189	53	302	54
	Hommes	96	46	166	47	262	46
Etat de santé déclaré							
	Bon	166	79	296	83	462	82
	Moyen	39	19	50	14	89	16
	Mauvais	4	2	9	3	13	2
	Diabète	17	8	18	5	35	6
	Hypertension artérielle	49	23	69	19	118	21
	Déminéralisation osseuse	18	9	21	6	39	7
	Maladie de peau	9	4	22	6	31	6
	Maladie des reins	6	3	15	4	21	4
	Carence en fer	9	4	8	2	17	3
	Femmes enceintes	2	1	3	1	5	1
Pays de naissance à risque d'expo au plomb		6	3	17	5	23	4
Age		Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	médiane	58		58		58	
	min	15		16		15	
	max	89		88		89	
IMC							
Femmes							
	moyen	24,5		23,2			
	min	16,6		16,6		16,6	
	max	41,3		58,6		58,6	
Hommes							
	moyen	25,5		24,5			
	min	17,3		17,3		17,3	
	max	36		37		37	

TABLEAU A2 Caractéristiques du milieu de vie – Adultes (15 ans et plus)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Habitat						
Maison individuelle	192	92	313	88	505	90
Appartement	12	6	12	3	24	4
Autre	5	2	30	8	35	6
Travaux de rénovation	57	27	117	33	174	31
Facteurs d'exposition au plomb						
Année de construction < 1949	85	41	167	47	252	45
Présence de peintures écaillée	25	12	34	10	59	10
Présence de canalisation en plomb	11	5	8	2	19	3
Jardin						
Possède un jardin	196	94	321	91	517	92
Possède un potager	100	48	209	59	309	55
Puits/forage et usages de l'eau						
Puits / forage	75	36	137	39	212	38
Arrosage potager	43	21	99	28	142	25
Boisson, préparation des aliments	11	5	41	12	52	9
Animal domestique						
Animal domestique qui rentre dans la maison	93	45	218	61	311	55
Ménage Serpillère						
<1x/semaine	23	11	99	28	122	22
1x/semaine	65	31	133	37	198	35
>1x/semaine	121	58	121	34	242	43
Ménage Aspirateur						
<1x/semaine	30	14	92	26	122	22
1x/semaine	63	30	138	39	201	36
>1x/semaine	113	54	118	33	231	41
Ménage Balai						
<1x/semaine	42	20	80	23	122	22
1x/semaine	29	14	54	15	83	15
>1x/semaine	135	65	208	59	343	61

TABLEAU A3 Habitudes et comportements - Adultes (15 ans et plus)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Travail de la terre du jardin						
1x/semaine ou moins	128	61	182	51	310	55
>1x/semaine	68	33	140	39	208	37
Entretien pelouse						
1x/semaine ou moins	187	89	290	82	477	85
>1x/semaine	22	11	65	18	87	15
Travaux de terrassement	71	34	150	42	221	39
	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
Nb d'années de résidence sur la zone étude						
médiane	18		15		16	
min	1		1		1	
max	88		85		88	

TABLEAU A4 Activités de loisirs – Adultes (15 ans et plus)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Activités de loisirs						
Marche à pied	187	89	324	91	511	91
Fréquentation espaces publics	54	26	68	19	122	22
Vélo, VTT	63	30	127	35	190	34
Motocross, quad	5	2	27	8	32	6
Loisirs exposant au plomb	110	53	221	62	331	59
Loisirs exposant à l'arsenic	12	6	35	10	47	8
Loisirs exposant au cadmium	36	17	90	25	126	22

TABLEAU A5 Exposition professionnelle - Adultes

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Exposition professionnelle au plomb	14	7	53	15	67	12
Exposition professionnelle à l'arsenic	2	1	24	7	26	5
Exposition professionnelle au cadmium	13	6	51	14	64	11

TABLEAU A6 Alcool et tabac – Adultes (15 ans et plus)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Consommation d'alcools						
Vin & champagne						
<=1 verre par jour	156	75	237	67	393	70
>1 verre par jour	53	25	116	33	169	30
Bière & cidre						
<=1 verre par jour	204	98	308	87	512	91
>1 verre par jour	5	2	41	12	46	8
Apéritifs & alcools forts						
<=1 verre par jour	206	99	333	94	539	96
>1 verre par jour	3	1	15	4	18	3
Tabagisme						
Non fumeur	120	57	127	36	247	44
Fumeur	31	15	136	38	167	30
Ancien fumeur	24	11	47	13	71	13
Fumeur passif	34	16	44	12	78	14

TABLEAU A7 Consommations alimentaires – Adultes (15 ans et plus)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Abats						
dans le mois	103	49	186	52	289	51
dans les 7 jours	29	14	46	13	75	13
Poisson, crustacés, coquillages						
dans le mois	200	96	325	92	525	93
dans les 7 jours	122	58	222	63	344	61
dans les 3 jours	60	29	107	30	167	30
Eau						
Eau du robinet	180	86	292	82	472	84
Eau du puits/forage	10	5	51	14	61	11
Eau minérale riche en arsenic						
1 verre / jour ou presque	7	3	13	4	20	4
> 2 verres par jour	17	8	27	8	44	8
Consommation d'aliments produits sur la zone						
Part de fruits et légumes produits sur la zone						
n'en consomme pas	59	28	62	17	121	21
peu	95	45	156	44	251	45
environ la moitié	33	16	63	18	96	17
la majorité	22	11	74	21	96	17
Fruits de la zone						
n'en consomme pas	65	31	76	21	141	25
<2x/semaine pendant la saison	36	17	68	19	104	18
>=2x/semaine pendant la saison	107	51	208	59	315	56
Légumes fruits de la zone						
n'en consomme pas	77	37	108	30	185	33
<2x/semaine pendant la saison	34	16	39	11	73	13
>=2x/semaine pendant la saison	98	47	205	58	303	54
Légumes feuilles de la zone						
n'en consomme pas	125	60	159	45	284	50
<2x/semaine pendant la saison	29	14	52	15	81	14
>=2x/semaine pendant la saison	54	26	143	40	197	35
Légumes tiges de la zone						
n'en consomme pas	155	74	226	64	381	68
<2x/semaine pendant la saison	34	16	61	17	95	17
>=2x/semaine pendant la saison	17	8	62	17	79	14
Légumes racines de la zone						
n'en consomme pas	151	75	194	55	345	61
<2x/semaine pendant la saison	21	10	64	18	85	15
>=2x/semaine pendant la saison	37	18	88	25	125	22
Pommes de terre de la zone						
n'en consomme pas	144	69	223	63	367	65
<2x/semaine pendant la saison	24	11	37	10	61	11
>=2x/semaine pendant la saison	37	18	90	25	127	23
Œufs, volailles, lapins, gibiers						
Œufs dans les 3 jours	51	24	76	21	127	23
Volaille dans les 3 jours	7	3	9	3	16	3
Lapin dans les 3 jours	0	0	2	1	2	0,4
Gibier dans les 3 jours	11	5	9	3	20	4
Champignons	73	35	150	42	223	60

TABLEAU A8 Caractéristiques des participants – Enfants (< 15 ans)

		Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
		N	%	N	%	N	%
Sexe							
	Filles	20	47	16	36	36	41
	Garçons	23	53	28	64	51	59
Etat de santé déclaré							
	Bon	43	100	40	91	83	95
	Moyen	0	0	1	2	1	1
	Mauvais	0	0	0	0	0	0
	Diabète	0	0	1	2	1	1
	Maladie des reins	0	0	0	0	0	0
	Carence en fer	0	0	1	2	1	1
Pays de naissance à risque d'expo au plomb		0	0	0	0	0	0
		Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
Age							
	médiane	9		10		9	
	min	4		1		1	
	max	16		15		16	
IMC							
Filles							
	moyen	16,8		16,8		16,8	
	min	13,3		13		13	
	max	20,9		23,7		23,7	
Garçons							
	moyen	16,4		16,8		16,6	
	min	10,3		13,7		10,3	
	max	21,3		20,9		21,3	

TABLEAU A9 **Caractéristiques des participants – Enfants (> 15 ans)**

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Habitat						
Maison individuelle	37	86	40	91	77	88
Appartement	4	9	1	2	5	6
Autre	2	5	3	7	5	6
Travaux de rénovation	13	30	23	52	36	41
Facteurs d'exposition au plomb						
Année de construction < 1949	16	37	24	55	40	46
Présence de peintures écaillée	7	16	5	11	12	14
Présence de canalisation en plomb	1	2	1	2	2	2
Jardin						
Possède un jardin	40	93	41	93	81	93
Possède un potager	20	47	32	73	52	60
Puits/forage et usages de l'eau						
Puits / forage	12	28	18	41	30	34
Arrosage potager	3	7	15	34	18	21
Boisson, préparation des aliments	5	12	5	11	10	11
Animal domestique						
Animal domestique qui rentre dans la maison	17	40	36	82	53	61
Ménage Serpillère						
<1x/semaine	7	16	20	45	27	31
1x/semaine	16	37	13	30	29	33
>1x/semaine	20	47	11	25	31	36
Ménage Aspirateur						
<1x/semaine	3	7	7	16	10	11
1x/semaine	17	40	22	50	39	45
>1x/semaine	23	53	14	32	37	43
Ménage Balai						
<1x/semaine	14	33	5	11	19	22
1x/semaine	6	14	6	14	12	14
>1x/semaine	23	53	27	61	50	57

TABLEAU A10 Habitudes, comportements et loisirs – Enfants (< 15 ans)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Résidence permanente sur la zone d'étude	42	98	39	89	81	93
Scolarisation ou garde sur la zone d'étude	24	56	17	39	41	47
Porte régulièrement des objets à la bouche	17	40	15	34	32	37
Comportement de pica	2	5	0	0	2	2
Joue régulièrement à creuser la terre	15	35	22	50	37	43
Fréquentation espaces publics >1x par semaine	33	77	35	78	68	78

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Nb d'années de résidence sur la zone étude						
médiane	8		7		8	
min	2		1		1	
max	16		13		16	

TABLEAU A11 Exposition professionnelle de l'entourage familial – Enfants (< 15 ans)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Exposition professionnelle au plomb	5	12	2	5	7	8
Exposition professionnelle à l'arsenic	1	2	1	2	2	2
Exposition professionnelle au cadmium	3	7	3	7	6	7

TABLEAU A12 Tabagisme passif – Enfants (< 15 ans)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Vit avec un fumeur	5	12	15	34	20	23

TABLEAU A13 Consommations alimentaires – Enfants (> 15 ans)

	Carnoulès		Croix de Pallières		Total	
	N	%	N	%	N	%
Abats						
dans le mois	14	33	11	25	25	29
dans les 7 jours	2	5	4	9	6	7
Poisson, crustacés, coquillages						
dans le mois	39	91	39	89	78	90
dans les 7 jours	23	53	24	55	47	54
dans les 3 jours	13	30	14	32	27	31
Eau						
Eau du robinet	36	84	34	77	70	80
Eau du puits/forage	5	12	4	9	9	10
Eau minérale riche en arsenic						
1 verre / jour ou presque	0	0	1	2	1	1
> 2 verres par jour	4	9	6	14	10	12
Consommation d'aliments produits sur la zone						
Part de fruits et légumes produits sur la zone						
n'en consomme pas	10	23	6	14	16	18
peu	23	53	22	50	45	52
environ la moitié	9	21	11	25	20	23
la majorité	1	2	4	9	5	6
Fruits de la zone						
n'en consomme pas	11	26	8	18	19	22
<2x/semaine pendant la saison	7	16	11	25	18	21
>=2x/semaine pendant la saison	24	56	24	55	48	55
Légumes fruits de la zone						
n'en consomme pas	15	35	10	23	25	29
<2x/semaine pendant la saison	9	21	8	18	17	20
>=2x/semaine pendant la saison	19	44	25	57	44	51
Légumes feuilles de la zone						
n'en consomme pas	27	63	22	50	49	56
<2x/semaine pendant la saison	7	16	7	16	14	16
>=2x/semaine pendant la saison	9	21	14	32	23	26
Légumes tiges de la zone						
n'en consomme pas	34	79	35	78	69	79
<2x/semaine pendant la saison	7	16	5	11	12	14
>=2x/semaine pendant la saison	2	5	2	5	4	5
Légumes racines de la zone						
n'en consomme pas	10	23	7	16	17	20
<2x/semaine pendant la saison	9	21	7	16	16	18
>=2x/semaine pendant la saison	10	23	4	9	14	16
Pommes de terre de la zone						
n'en consomme pas	27	63	35	80	62	63
<2x/semaine pendant la saison	8	19	2	5	10	11
>=2x/semaine pendant la saison	6	15	6	14	12	14
Œufs, volailles, lapins, gibiers						
Œufs dans les 3 jours	14	33	10	23	24	28
Volaille dans les 3 jours	5	12	0	0	5	6
Lapin dans les 3 jours	0	0	1	2	1	1
Gibier dans les 3 jours	0	0	0	0	0	0
Champignons	6	14	10	23	16	18

Annexe 8 / Distribution des mesures d'imprégnation

Adultes (15 ans et plus)

	N	MG	p25	p50	p75	min	max
Pb (µg/L)	561	36.4	20	29.7	45.3	5	218.7
As (µg/g de créatinine)	521	8.6	4.5	6.4	9.4	1.5	86.8
Cd (µg/g de créatinine)	321	0.5	0.3	0.5	0.7	0.1	2.5

Enfants (moins de 15 ans)

	N	MG	p25	p50	p75	min	max
Pb (µg/L)	77	16.3	11.3	13.5	20.4	5.2	47.6
As (µg/g de créatinine)	82	8.3	5.1	7.35	11.1	1.9	21,0
Cd (µg/g de créatinine)	40	0.3	0.2	0.2	0.3	0.1	3.1

Annexe 9 / Distribution des concentrations en plomb, arsenic et cadmium (fractions totales) dans les poussières des logements enquêtés

	Pb (pièce de vie)	As (pièce de vie)	Cd (pièce de vie)	Pb (chambre)	As (chambre)	Cd (chambre)
Nombre de foyers investigués	154	154	105			
Nombre de chambres investiguées				52	52	25
LOQ (µg/m²)	1,6	0,6	0,8	1,6	0,6	0,8
% de valeurs quantifiées	99,3	83,7	14,3	92,3	65,4	12
Moyenne (µg/m²)	121,4	10,6	< LOQ	25,2	3,4	0,58
P10 (µg/m²)	4,6	< LOQ	< LOQ	2,7	< LOQ	< LOQ
P25 (µg/m²)	8,3	0,9	< LOQ	5,2	< LOQ	< LOQ
P50 (µg/m²)	19,5	2,3	< LOQ	9,6	1,4	< LOQ
P75 (µg/m²)	56,5	5,9	< LOQ	26,8	3,4	< LOQ
P90 (µg/m²)	153,9	12,3	1,3	56,7	6,6	< LOQ
P95 (µg/m²)	333,1	18,9	2,4	103,5	15,7	1,9
Valeur max (µg/m²)	3164,6	472,8	9,7	254,4	32,5	2,7

Annexe 10 / Résultats de l'analyse de sensibilité sur l'effet foyer

		LM	GEE	
(Intercept)	(Intercept)	2.91 [2.49; 3.32]*	3.09 [2.67; 3.52]*	
ZONE2	Zone (Thoiras, Tornac, Saint Félix de Pallières)	0.14 [0.04; 0.24]*	0.16 [0.05; 0.26]*	
ns(Q3)	ns(Surface logement)	-0.17 [-0.62; 0.28]	-0.30 [-0.80; 0.20]	
Q62	Travaux rénovation	0.09 [-0.00; 0.19]	0.08 [-0.03; 0.19]	
Q72	Canalisations en plomb	0.06 [-0.17; 0.29]	-0.01 [-0.25; 0.24]	
Q73	NSP si canalisations en plomb	-0.00 [-0.25; 0.24]	-0.07 [-0.33; 0.20]	
Q8_r2	Jardin	-0.09 [-0.26; 0.08]	-0.06 [-0.24; 0.12]	
Q12B2	Arrosage potager avec eau du puits	0.12 [0.02; 0.23]*	0.07 [-0.06; 0.19]	
Q142	Animal domestique ne rentrant pas à l'intérieur	0.03 [-0.05; 0.12]	0.01 [-0.09; 0.11]	
Q15A_r2	Passage de la serpillière humide (1 fois/semaine)	-0.22 [-0.34; -0.10]*	-0.24 [-0.37; -0.11]*	
Q15A_r3	Passage de la serpillière humide (plus d'1 fois/semaine)	-0.23 [-0.36; -0.11]*	-0.26 [-0.39; -0.12]*	
A42	Femme	-0.12 [-0.21; -0.02]*	-0.11 [-0.18; -0.03]*	
ns(AGE)	ns(AGE)	1.17 [0.86; 1.48]*	1.18 [0.89; 1.47]*	
ns(IMC)	ns(IMC)	-0.44 [-0.98; 0.11]	-0.38 [-0.93; 0.18]	
ns(A12)	ns(Nb années résidence sur zone)	0.54 [0.15; 0.92]*	0.54 [0.14; 0.95]*	
A132	Travaux terrassement	-0.06 [-0.15; 0.03]	-0.05 [-0.14; 0.04]	
A16_r2	Entretien pelouse>1 fois/semaine	0.01 [-0.11; 0.14]	0.04 [-0.08; 0.16]	
A18A2	Marche à pied	-0.03 [-0.18; 0.12]	-0.02 [-0.16; 0.11]	
A18B2	Fréquentation espaces publics	0.00 [-0.10; 0.11]	-0.02 [-0.12; 0.07]	
A20A_r2	Consommation abats dans le mois	0.01 [-0.08; 0.10]	-0.03 [-0.12; 0.06]	
A20B_r2	Consommation poissons:crustacés dans le mois	-0.08 [-0.25; 0.09]	-0.08 [-0.26; 0.10]	
A23A2	Consommation eau du robinet	-0.05 [-0.18; 0.07]	-0.06 [-0.17; 0.05]	
A23C2	Consommation eau puits, forage, source	-0.14 [-0.30; 0.01]	-0.14 [-0.30; 0.02]	
ns(A25A)	ns(Nb années consommation fruits et légumes de la zone)	0.04 [-0.37; 0.46]	-0.03 [-0.43; 0.37]	
A272	Part des fruits et légumes conso. de la zone : un peu	0.04 [-0.10; 0.17]	0.03 [-0.11; 0.16]	
A273	Part des fruits et légumes conso. de la zone : la moitié	0.07 [-0.10; 0.24]	0.05 [-0.11; 0.21]	
A274	Part des fruits et légumes conso. de la zone : la majorité	0.02 [-0.15; 0.19]	0.01 [-0.16; 0.18]	
A282	Conso. habituelle œufs, volaille, lapins, gibiers de la zone	-0.10 [-0.19; -0.00]*	-0.11 [-0.19; -0.02]*	
A30_r2	Conso. champignons cueillis sur la zone	0.13 [0.04; 0.22]*	0.12 [0.03; 0.21]*	
TABAC2	Fumeurs	0.22 [0.10; 0.33]*	0.18 [0.07; 0.28]*	
TABAC3	Ex-fumeurs	0.18 [0.05; 0.32]*	0.16 [0.03; 0.30]*	
TABAC4	Fumeurs passifs	0.02 [-0.11; 0.15]	0.02 [-0.11; 0.14]	
conso_h_vinchamp_22	Conso. habituelle de vin/champagne (au moins un verre/jour)	0.18 [0.08; 0.28]*	0.17 [0.08; 0.26]*	
conso_h_bierecidre_22	Conso. habituelle de bière/cidre (au moins un verre/jour)	0.35 [0.19; 0.51]*	0.38 [0.23; 0.54]*	
conso_h_alcoolfort_22	Conso. habituelle d'alcool fort (au moins un verre/jour)	0.14 [-0.09; 0.37]	0.09 [-0.09; 0.27]	
A422	Dents avec plombages	0.06 [-0.03; 0.14]	0.04 [-0.04; 0.12]	
Expo_Pb2	Exposition professionnelle au Pb	0.24 [0.10; 0.37]*	0.23 [0.09; 0.37]*	
EXPO_PB_NAIS2	Pays de naissance à risque d'exposition au Pb	0.09 [-0.12; 0.31]	0.08 [-0.14; 0.30]	
expo_pb_loisir2	Exposition de loisirs au Pb	-0.01 [-0.11; 0.08]	-0.01 [-0.10; 0.08]	
	R2	0.41		
	Adj. R2	0.37		
	Num. obs.	564	564	
	RMSE	0.49		
	Dispersion		0.25	
	* 0 outside the confidence interval			
	Statistical models			

Annexe 11 / Liste des personnes rencontrées par le comité d'appui à l'étude

Nom	Prénom	Organisme	Fonction	Date de rencontre
PERRIN	Jean-Luc	DGPR	Sous-Directeur des risques chroniques et du pilotage	14/09/2017
GAY	Aurélien	DGPR	Chef du bureau du sol et du sous-sol	14/09/2017
PAUL	Caroline	DGS	Chef du bureau environnement extérieur et produits chimiques	14/09/2017
ROUGE	Michel	DGS	Chargé de mission, bureau environnement extérieur et produits chimiques	14/09/2017
ETHIER	Guy	Groupe environnement UMICORE	Vice-Président principal pour les dossiers « santé sécurité »	14/09/2017
FARRENQ	Jean-François	Groupe environnement UMICORE	Responsable projet environnemental	14/09/2017
VERBERKMOES	Steven	Groupe environnement UMICORE	Toxicologue	14/09/2017
NARBONNE	Jean-François	Association Toxicologie de Paris	Expert	27/03/2017
PICOT	André	Association Toxicologie de Paris	Expert	27/03/2017
CHARTIER	Philippe	DREAL Occitanie, Direction des risques industriels	Chef du département sol/sous-sol/éoliennes	27/03/2017
ILIOU	Sandrine	DREAL Occitanie, unité interdépartementale Gard-Lozère	Chargée de la subdivision « industries extractives »	27/03/2017
SIMON	François	Association pour la dépollution des anciennes mines de la vieille montagne (ADAMVM)	Président ADAMVM	27/03/2017
SENEMAUD	Béatrice	ARS Occitanie	Médecin de santé publique	27/03/2017

BOWIE	Johnny		Ancien riverain de Saint Félix de Pallières	27/03/2017
BEAUD	Alain	Commune de Saint Sébastien d'Aigrefeuille	Ancien maire	15/09/2017
VIGNE	Marielle	Commune de Tornac	Maire	15/09/2017

Citation suggérée : Étude d'imprégnation autour d'anciens sites miniers dans le Gard et échanges avec les parties prenantes : analyse et propositions. Saint-Maurice : Santé publique France, 2018. 129 p.
 Disponible à partir de l'URL : www.santepubliquefrance.fr

ISSN : 2609-2174 – ISBN-NET : 979-10-289-0456-2- RÉALISÉ PAR LA DIRECTION DE LA COMMUNICATION, SANTÉ PUBLIQUE FRANCE — DÉPÔT LÉGAL : JUIN 2018