

# Comment réagir aux risques de contamination par le plomb ?

**Connue  
de longue date  
la contamination  
par le plomb  
mériterait  
un traitement  
exemplaire.**

par **Paul-Henri Bourrelier**  
*Club Crin-Environnement*

**J**ai utilisé dans cet article la documentation réunie l'an dernier pour l'établissement du rapport de l'Académie des Sciences sur la contamination des sols par les éléments en traces [1] ; ce rapport visait particulièrement neuf éléments : mercure, plomb, cadmium, arsenic, zinc, cuivre, nickel, chrome et sélénium ; mes observations portent ici sur l'exemple du plomb ; je m'intéresserai à toutes les sources de contamination, qu'elles viennent des sols ou d'autres milieux naturels, d'objets manipulés ou de locaux fermés.

## Présence et utilisations du plomb

Le plomb est classé comme élément en traces parce qu'il est rare dans l'univers, dans les milieux naturels et dans le vivant. Dans la galaxie et dans l'océan sa teneur, en moyenne comparable à celle du mercure et du cadmium, est de deux ordres de grandeur inférieure à celles du zinc, du cuivre et de l'arsenic ; dans la croûte terrestre l'écart se réduit par rapport au cuivre et au zinc et s'inverse même pour l'arsenic. Ces variations relatives traduisent des différences de comportement géochimique de ces éléments.

Quoi qu'il en soit, il n'y a pas de surprise à voir apparaître le plomb dans les fonds géochimiques de divers sols et à observer couramment des anomalies par rapport à ces fonds, portant les teneurs à plusieurs dizaines de ppm. Dans le

monde, les gîtes susceptibles d'être considérés comme des gisements, c'est-à-dire à des teneurs de quelques pour cents, n'ont jamais fait défaut ; de ce fait, et compte tenu de la relative facilité des opérations métallurgiques et chimiques, ainsi que de l'existence de minerais, tel les minerais d'argent ou poly-métalliques où ce métal apparaît comme un sous-produit, l'utilisation du plomb a, de tous temps, été poussée par une offre à un prix relativement intéressant. Depuis l'antiquité, le plomb était classiquement utilisé, d'une part sous forme de métal pur ou d'alliages (les récipients, toitures, canalisations ...), d'autre part, sous forme d'oxyde et sels (les émaux et peintures).

La révolution industrielle a provoqué une explosion de la consommation de plomb qui est passée, pour la France, d'un niveau sans doute guère supérieur à 10.000 t/an à plus de 100.000 t/an en un siècle.

Au vingtième siècle, deux utilisations nouvelles ont pris de l'importance : les batteries d'accumulateurs et les additifs à l'essence (tableau 1).

### La toxicité du plomb

Les intoxications aiguës (saturisme) ont été anciennement observées ; la toxicité du plomb a constitué un sujet de prédilection des études médicales au XIX<sup>e</sup> siècle.

Les ouvriers des ateliers de cêruse étaient particulièrement touchés et, en attendant de trouver les produits de remplacement, les autorités se sont préoccupées des mesures de précaution à prendre. A la suite d'accidents, dont certains ont eu un large retentissement, on s'est également soucié des intoxications au plomb par l'eau stagnant dans des cuves et canalisations, et on était conscient du danger représenté, à cet égard, par les eaux non calcaires.

A ce propos, l'hypothèse a été faite que la décadence romaine, autre sujet de prédilection, était imputable aux coupes - contenant du plomb - qui servaient, dans l'élite, à la consommation du vin . Des études faites récemment à partir de squelettes tendent plutôt à infirmer cette explication ; des ossements humains, beaucoup plus anciens, auraient déjà été contaminés ; le maximum pour cet indicateur d'imprégnation se situe à l'époque de la renaissance, période qui a connu une utilisation mas-

Application (1 000 t)	France			Monde occidental			Caractère dispersif de l'application
	1990	1995	Δ %	1990	1995	Δ %	
Batteries	163,5	191,7	17,2	2545,3	3205,1	25,9	Récupérable
Gaines de cables	16,3	14,2	-12,9	184,1	112	-39,2	Récupérable
Demi-produits :							
• laminés	14,7	16,6	12,9	nd	nd	nd	Récupérable
• tuyaux	1,2	1,2	0,0	nd	nd	nd	Récupérable
• fil	0,5	-	100,0	nd	nd	nd	
• capsules tubes	6,5	-	-100,0	nd	nd	nd	
<b>TOTAL</b>	<b>22,9</b>	<b>17,8</b>	<b>-22,3</b>	<b>312</b>	<b>294,2</b>	<b>- 5,7</b>	
	7,1	6,5	-8,5	100,3	127,3	26,9	Dispersion sous forme métal, corrosion lente
Alliages	3,2	5,2	62,5	135,4	131	-3,2	Récupérable
Additifs carburants	9,8	5,7	-41,8	86,9	52,1	-40,0	Dispersé
Oxydes et composés	29,4	27,3	-7,1	530	515,2	-2,8	Variable (formes stables pour verres et céramiques)
Divers	11,0	10,3	-6,4	139,1	175,3	26,0	Variable
<b>TOTAL</b>	<b>263,2</b>	<b>278,7</b>	<b>5,9</b>	<b>3721,1</b>	<b>4318,0</b>	<b>16,0</b>	Total potentiellement récupérable - 80 %

Source ILZSF

Tableau 1. Les utilisations du plomb.

sive des récipients en étain allié au plomb.

Cependant, le saturnisme aigu n'a régressé que progressivement et l'interdiction des peintures à la céruse n'est devenue effective, en France, qu'après la deuxième guerre mondiale. L'utilisation dans l'essence d'additifs au plomb n'a pas soulevé d'inquiétudes ni été précédée d'études spécifiques, les produits de la combustion ne paraissant pas susceptibles d'absorption par voie pulmonaire.

## Les « nouveaux risques »

Depuis quelques décennies, notamment aux Etats-Unis, une nouvelle perception des risques a émergé. Elle résulte de trois éléments :

La prise en considération des effets des imprégnations faibles de longue durée ; ces effets, et leur relation avec les indicateurs d'exposition interne tel que la plombémie (teneur dans le sang), font aujourd'hui l'objet d'un consensus des milieux médicaux. Ils sont autant plus préoccupants qu'ils affectent le développement et que les

jeunes enfants sont particulièrement sensibles à l'exposition.

✓ Le progrès dans les analyses, et dans la connaissance des contaminations, grâce, en particulier, à l'analyse isotopique qui est particulièrement efficace pour tracer les origines du plomb. Les traces des transports à grande distance ont été identifiées dans les glaces polaires, les glaciers des Alpes et en surface des océans.

✓ Une meilleure appréciation des contaminations passées, des phénomènes d'accumulation et des risques d'exposition qui en résultent dans le présent et dans le long terme ; on sait maintenant que le voisinage d'anciennes usines ou de quartiers industriels est lourdement pollué en surface ; l'importance de l'absorption par digestion des poussières du sol dans les logements insalubres ainsi que dans les zones industrielles ou sur les

terrains pollués a été mise en évidence.

Ces connaissances nouvelles doivent induire une nouvelle attitude vis-à-vis des risques.

Rétrospectivement, on peut s'étonner de la longueur des délais qui ont été nécessaires pour agir sur le risque, sous

ses formes anciennes comme sous ses formes nouvelles ; il faut remarquer que l'un a entraîné l'autre : la persistance ou le souvenir encore vif des manifestations de saturnisme aigu ont conduit beaucoup de membres du corps médical, dans le cadre des priorités de santé publique, à douter qu'il soit justifié de s'intéresser sans attendre aux menaces diffuses.

Claude Allègre a décrit les oppositions mentales tenaces auxquelles se sont heurtés, aux Etats-Unis, les précurseurs des études dans ce domaine [2]. C'est, en matière d'évaluation de risque, un exemple type de l'accueil réservé aux « lanceurs d'alerte » [3].

Il reste tout de même surprenant que l'usage massif d'additifs à l'essence n'ait pas fait l'objet d'évaluations approfondies et que le coup d'arrêt ait été décidé, somme toute récemment, en raison du fait que le plomb rend inopérant les pots catalytiques que l'on voulait introduire. Soit dit en passant, il est tout aussi surprenant qu'on n'ait pas fait d'évaluation de l'impact possible des particules métalliques émises par ces pots.

Une des leçons de l'histoire est qu'il faut anticiper et agir à

temps sur les nouvelles configurations des risques ; la préoccupation qui s'attache à l'abaissement de certains risques forts, ne doit pas atténuer l'attention qui doit s'attacher à des risques émergents.

Une baisse importante (de l'ordre de la moitié) de la plombémie moyenne a été constatée, en France comme dans d'autres grands pays industriels, au cours des quinze dernières années ; on peut relier ces heureux résultats aux efforts de limitation de la présence du plomb dans les émissions, dans les locaux et dans les aliments : mais dans quelle proportion ?

Toutefois cette évolution, pour favorable qu'elle soit, n'est pas suffisante ; si le pourcentage et le nombre d'adultes qui présentent des taux excessifs sont sans doute devenu minimes, il en va différemment des enfants ; il n'est pas acceptable que, dans notre pays, des milliers d'enfants aient des taux qui sont susceptibles de contrarier leur développement.

Il faut donc rappeler que, dans une population diversifiée, une valeur moyenne n'est pas significative ; certaines tranches peuvent subir un cumul des facteurs de risques, et la

**Les jeunes enfants : une population à risque (\*)**

L'enfant est la cible privilégiée de l'intoxication par le plomb lorsqu'il est exposé à la présence de plomb dans l'environnement, et cela pour plusieurs raisons.

**Un motif lié au comportement**

Les jeunes enfants pratiquent une exploration orale de leur environnement. Les contacts mains-bouche permettent l'absorption de quantités notables de plomb contenu dans les poussières de leur environnement.

Dans certaines conditions, ce comportement peut aller jusqu'à l'ingestion de particules non alimentaires (syndrome de Pica) telles que la terre ou des écailles de peinture. Certains spécialistes estiment que la quantité de sol et de poussières ingérée par des enfants de un à quatre ans peut atteindre 10 à 40 mg par jour.

Toutes les études épidémiologiques montrent que la plupart des enfants intoxiqués sont d'âges pré-scolaire, avec un pic entre dix-huit et trente-six mois. D'une façon

générale, les enfants de moins de six ans doivent être considérés comme une population à risque.

**Des raisons physiologiques**

Chez l'enfant, près de 50 % du plomb ingéré passe dans le sang contre 10 % chez l'adulte.

L'absorption digestive des dérivés du plomb est beaucoup plus importante chez l'enfant que chez l'adulte. L'enfant inhale plus d'air par kilogramme que l'adulte.

Les enfants consomment plus d'eau et d'aliments par kilogramme de poids corporel que l'adulte et donc ingèrent en plus grande quantité les dérivés du plomb contenus dans l'alimentation.

A imprégnation comparable de l'organisme, les effets toxiques (en particulier sur le système nerveux central en développement) sont plus importants et plus sévères chez l'enfant que l'adulte.

(\*) Les seuils de surveillance pour la plombémie (teneur dans le sang) sont de 250 µg/l pour les adultes et de 100 µg/l pour les enfants ; pour ceux-ci, un dépassement un seuil de 250 µg/l justifie une prise en charge médicale.

Source [4]

### Usages dispersifs du plomb

On peut inventorier, comme suit, les sources actuelles de plomb dispersées.

**1. Emissions industrielles** dans l'air et dans l'eau : cette source est désormais insignifiante mais elle a été importante dans le passé.

**2. Plomb dans l'essence.** En assimilant les émissions aux livraisons de plomb alkyle aux raffineries, on peut établir le tableau suivant :

<b>1951</b>	<b>2 600</b>
<b>1956</b>	<b>3 440</b>
<b>1961</b>	<b>4 000</b>
<b>1966</b>	<b>6 480</b>
<b>1971</b>	<b>9 120</b>
<b>1976</b>	<b>12 800</b>
<b>1981</b>	<b>9 400</b>
<b>1986</b>	<b>8 680</b>
<b>1991</b>	<b>2 660</b>
<b>1996</b>	<b>1 277</b>
<b>1997</b>	<b>1 117</b>

**Total cumulé = 300 000 t**

Après avoir plafonné, de 1973 à 1980, entre 12 000 et 13 000 t /an, les émissions ont été réduites à moins du dixième de ce niveau.

On a là un exemple typique de réduction d'émissions.

**3. Plomb de chasse**  
Le plomb de chasse

représente 6 500 t/an ; c'est un usage dispersif à destination des sols des zones naturelles et agricoles désormais beaucoup plus important que l'essence.

**4. Autres usages dispersifs**  
Les oxydes composés et divers représentent 37 600 t/an. Il faudrait une analyse fine pour distinguer dans les spéciations les formes stables comme les verres et leur devenir après usage.

**5. Déchets disséminés** correspondant aux usages non dispersifs.

**6. Autres sources**  
- les sources minières sont devenues nulles, et on peut considérer comme négligeables les autres sources liées à d'autres minerais et combustibles comme aux sources naturelles, en raison de la faible mobilité du plomb ;  
- le plomb dans les sédiments de curage des ports et canaux n'est, par contre, pas négligeable et mériterait d'être évalué.

Source [1]

différenciation peut s'accroître avec l'évolution sociale.

### Principes de la prévention du risque résultant de la contamination de l'environnement par le plomb

Un *premier principe* est qu'il faut suivre les flux entre les divers compartiments et connaître très précisément la localisation et la forme chimique (spéciation) du plomb [5] ; les flux de particules dans l'atmosphère et dans les milieux aquatiques peuvent, par exemple, aboutir à des accumulations mal placées et à des voies d'expositions ; l'eau souterraine peut être restée indemne de contamination, jusqu'au moment où l'acidification du sol ou l'action de micro-organismes peuvent faire resurgir le risque. En particulier, il faut savoir beaucoup mieux quel est l'état de contamination des milieux en zone urbaine, dans les anciennes zones industrielles, à proximité des axes de transport etc. La faible mobilité du plomb par dissolution ne constitue pas un élément de sécurité suffisant par lui-même.

Le *second principe* est qu'il faut proscrire les usages ou les pra-



tiques qui aboutissent à une dispersion, quelle que soit la forme de celle-ci : particules, molécules gazeuses, déchets...

[6]

La part croissante, de l'ordre de 75 % aujourd'hui, de l'utilisation du plomb dans les batteries est a priori rassurante car il est facile de les recycler. Reste que :

- ✓ les 25 % restants doivent être contrôlés ;
- ✓ le recyclage n'est intégral qu'« en principe » : si on perd quelques pour cents dans le cycle au cours de la collecte du transport et de l'affinage, cela représente une dispersion de grandes quantités incontrôlées.

Un *troisième principe* est qu'il faut, cas par cas, évaluer les risques liés aux substitutions ; supprimer les additifs au plomb dans les carburants est un objectif ; mais quel est le risque lié aux additifs qui peuvent les remplacer ?

Le *quatrième principe* est qu'il faut agir de façon à réduire le cumul des expositions des individus les plus menacés ; si, pour simplifier, on considère la voie de l'ingestion, il faut prendre en compte l'ensemble des aliments, l'eau et les poussières absorbées.

Enfin, un *dernier principe* est celui de la territorialisation du risque associé aux populations qui

vivent sur un site donné : il faut considérer, par exemple, l'aménagement des banlieues et l'habitat en considération des modes de vie des populations.

En conclusion, il n'y a pas une recette unique et simpliste pour traiter le risque résultant de la présence du plomb dans notre cadre de vie ; il est indispensable :

- a) D'acquérir une connaissance sérieuse des flux, des accumulations, des expositions et des données épidémiologiques.

Cela suppose un minimum d'effort métrologique qui, il faut le dire, n'a pas été fait jusqu'à présent. Les études épidémiologiques souffrent de

l'insuffisance de connaissances sur les expositions et d'entraves qui obligent à recourir à un certain nombre de biais.

- b) D'agir de la façon la plus efficace à l'égard d'objectifs de santé publique qu'il convient de préciser et de rendre cohérents. Est-il, par exemple, optimal d'engager les ressources de la collectivité nationale dans des dépenses considérables pour abaisser la teneur de l'eau distribuée à 10 ppb de plomb alors qu'une grande partie du plomb absorbé peut avoir d'autres origines (tableau 2 et Fig. 1) et que l'abaissement du plafond actuel de 50 à 25 ppb réduira fortement le risque pour une fraction du coût ? Est-il rai-



Bouazza/Hoaqui

*L'usage massif d'additifs à l'essence n'a pas fait l'objet d'évaluations approfondies et le coup d'arrêt n'a été décidé que récemment, en raison du fait que le plomb rend inopérant les pots catalytiques qu'on voulait introduire.*

sonnable de multiplier les mesures de protection vis-à-vis des déchets « ultimes » en considération du plomb qu'il contiennent, dès lors que ces déchets sont solidifiés et stabilisés et qu'on serait assuré que la mobilité du plomb jusqu'à des captages d'eau demanderait un temps quasi infini, tandis que dans le même temps on laisse, avec un certain laxisme, se disperser des déchets incontrôlés ? Faut-il dramatiser les conséquences de la présence de plomb dans des boues utilisées dans la fertilisation, alors que d'autres éléments ou molécules toxiques sont autrement préoccupantes ? On voit bien que c'est une toute autre gestion des risques qu'il faut initier et que cette gestion doit se faire au plus près des populations et avec leur adhésion. Encore faut-il que ces populations soient bien informées, munies de moyens d'appréciation et qu'elles disposent de lieux de débat.

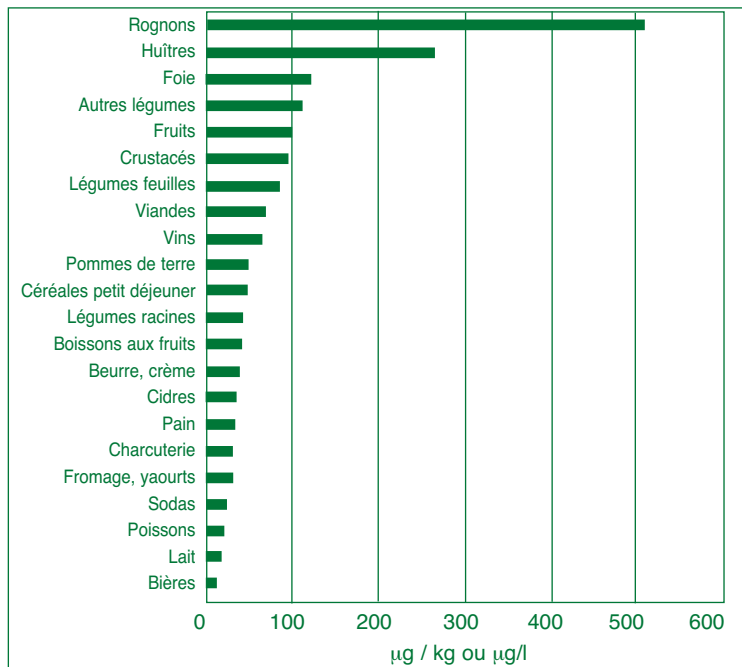


Figure 1 : teneurs moyennes en plomb des denrées alimentaires. Les teneurs moyennes en plomb proviennent des résultats analytiques de plusieurs organismes : DGS, DGCCRF (résultats non publiés), IFREMER. Les teneurs sont exprimées en µg/kg de matière fraîche ou en µg/l (Source : Decloitre) [7].

	Catégorie d'aliments	Apport alimentaire par personne			
		Moyenne		95° percentile	
		µg/j	µg/semaine	µg/j	µg/semaine
<b>Plomb</b>	Légumes, fruits	33,4	234	108,8	761
	Boisson (dont vin)	9,6 (6,1)	66,9 (42,5)	37,9 (25,3)	265 (177)
	Produits laitiers	8,7	60,7	29,8	208
	Produits carnés	7,7	54,1	20,6	144
	Céréales	5,8	40,4	9,9	69
	Produits de la mer	2,6	18,0	9,5	66
	<b>TOTAL*</b>	<b>67,8</b>	<b>474</b>		

\* Le total est à comparer à la dose hebdomadaire tolérable (DTT) qui est de 1 500 mg par personne.

Tableau 2. Apports alimentaires journaliers et hebdomadaires en plomb.

L'apport alimentaire est calculé en multipliant la teneur en plomb d'un aliment par la quantité consommée. Les aliments ont été regroupés en grandes catégories. L'apport alimentaire a été estimé pour la moyenne des consommateurs hors le 95° percentile (« forts consommateurs »). L'apport moyen total représente la somme des apports moyens de chaque catégorie d'aliments. L'apport total ne peut être calculé dans le cas du 95° percentile. Source [7].

Cette analyse et sa conclusion se trouvent confortés par la publication toute récente de l'expertise collective demandée à l'Inserm par les ministres en charge de la Santé et de la recherche sur les conséquences en matière de santé publique de l'exposition des populations, en particulier les jeunes enfants, au plomb à faible dose [8] [9]. Certaines constatations, particulièrement éclairantes, et les axes des recommandations, dont j'ai pris connaissance après la rédaction du présent article, sont résumés dans l'encadré ci-contre.

Le plomb est un cas relativement simple est très cerné des risques de contamination chimique. Raison de plus pour qu'il soit, enfin, traité de façon exemplaire.

### Bibliographie

[1] • Académie des sciences - Contamination des sols par des éléments en traces, les risques et leur gestion - rapport coordonné par P.H. Bourrelier et F. Berthelin Lavoisier, août 1998.

[2] • Allègre Cl. - Economiser la planète. Fayard 9/1992.

[3] • Séminaire du programme du CNRS : risques collectifs et situation de crise. Logique de l'accusation et pragmatique de la vigilance - Actes de la 5<sup>e</sup> séance - février 1996.

[4] • Ministres de la santé publique et du logement - mesures de prévention du saturnisme - conférence de presse - 27 octobre 1997.

**Les recommandations de l'expertise collective de l'INSERM**

Après avoir établi un état des connaissances sur les effets toxiques du plomb et un constat qui résulte des campagnes de mesure de l'imprégnation des populations et de dépistage de l'intoxication, le rapport présente :

- Des scénarios éclairant la relation entre exposition calculée et type d'environnement à risque ; en milieu rural exposé à la contamination de l'eau, l'apport aux nourrissons par cette source principale peut atteindre jusqu'à dix fois la dose journalière tolérable (DJT) ; en milieu urbain ou industriel exposé aux poussières, l'apport pour les nourrissons et les enfants va jusqu'à 2,8 fois la DJT.
- Des éléments de calcul sur le rapport coût/bénéfice des diverses stratégies de prévention ; le bénéfice découle notamment des hypothèses sur les effets sur le QI des enfants de 1 à 6 ans ; par comparaison, on note le très grand écart dans les ordres de grandeur des coûts entre une stratégie ciblée sur les logements des enfants contaminés (de 5 à 20 milliards de francs) et celles de l'éradication du plomb des logements antérieurs

à 1948 ou d'un abatement à peu près total du risque hydrique (de l'ordre de 150 milliards de francs chacune).

La recommandation centrale est de définir des mesures d'urgence et de les ajuster en fonction des groupes-cibles : dépistage systématique ciblé et mesures en vue de soustraire les femmes enceintes et les enfants intoxiqués au risque.

Les autres recommandations se classent en trois chapitres :

- informer et former le corps médical et tous les corps de métiers du bâtiment ;
- mettre en place des dispositifs d'observation et de suivi : recensement des populations exposées au plomb d'origine industrielle, réseau national de surveillance de l'ensemble des plombémies, suivi médical, actualisation des données alimentaires ;
- développer des recherches sur la prise en charge de l'intoxication, le rôle du plomb en matière de tératogénèse, le dépistage chez les femmes enceintes, les performances comparées des stratégies de dépistage, l'approche socio-économique et enfin la co-cancérogénèse entre le plomb et d'autres métaux chez l'animal.

[5] • Club Crin environnement - Surveillance de l'environnement - association Ecrin - janvier 1998.

[6] • Ayres Statistical measures of insustainability - Ecological economics - Elsevier 1996.

[7] • Decloitre F. - La part des différents aliments dans l'exposition au plomb, au cadmium et au mercure. Cahiers de nutrition et de diététique - mars 1998.

[8] • INSERM et Réseau national de santé publique - surveillance de la population vis-à-vis du risque saturnin - rapport final - décembre 1997.

[9] • INSERM, expertise collective : Le plomb dans l'environnement, quels risques pour la santé ? INSERM, janvier 1999.

A paraître prochainement :

• Club Crin environnement : spéciation des métaux dans les sols.