



RE.CO.R.D.

ETUDE N° 00-0220/1A

SYNTHESE DE L'ETUDE

FRANÇAIS / ANGLAIS

**ÉTAT DE L'ART CONCERNANT LA MESURE DES EMISSIONS ET LE
TRAITEMENT DES METAUX DANS LES FUMÉES.
CAS DU CADMIUM, DU MERCURE ET DU PLOMB**

avril 2002

B. BENADDA - LAEPSI (INSA de LYON)

FICHE DE SYNTHÈSE

La consommation d'énergie et les productions industrielles, qui n'ont cessé de s'intensifier tout au long du XX^e siècle, ont conduit à de sérieux problèmes de pollution de l'environnement, notamment par les métaux lourds (Mercure, Plomb, Cadmium etc.). La présence, d'origine anthropique, de nombreuses formes chimiques de ces éléments dans les différents compartiments de l'écosystème (l'eau, les sédiments, les sols et l'atmosphère), à des teneurs parfois toxiques, illustre bien les conséquences des émissions métalliques insuffisamment maîtrisées.

Les métaux lourds se caractérisent par leur persistance, leur toxicité et leur pouvoir d'accumulation dans le milieu naturel. C'est pourquoi leurs émissions dans l'air peuvent entraîner à long terme un danger pour l'environnement. De plus, ils peuvent être transportés dans l'atmosphère sur de longues distances et se déposer dans des régions éloignées du lieu d'émission.

Parmi les polluants actuellement mis en cause par leur toxicité dans l'environnement on peut citer par ordre d'importance, le mercure, le cadmium et le plomb et qui font l'objet de cet état de l'art. Concernant le premier, en l'occurrence le mercure, son transport sur de longues distances dans l'atmosphère, sa biotransformation en composés méthylés toxiques et sa bioaccumulation dans la chaîne trophique ont fait de lui un polluant majeur. Quant au cadmium qui est relativement rare et qui se trouve essentiellement dans les minerais, il est considéré comme l'un des métaux les plus toxiques. Son accumulation dans les différents types de sédiment et sa capacité de remobilisation constituent des risques particulièrement préoccupants. Et enfin concernant le plomb, bien qu'il soit moins toxique que le mercure et le cadmium, il est très abondant à l'état naturel et est utilisé en grande quantité dans l'industrie, ce qui fait de ce toxique ubiquitaire une menace permanente pour la santé des populations.

Cet état de l'art a été élaboré en quatre parties distinctes :

- la première partie dresse un inventaire concernant l'origine des métaux lourds (Cd, Hg, Pb) et les des derniers chiffres relatifs aux émissions de ces métaux dans l'atmosphère ainsi que les résultats des récentes études épidémiologiques traitant des effets nocifs de ces trois métaux sur la santé de l'homme et sur l'environnement.

- la deuxième partie s'axe autour du cadre réglementaire et se compose ainsi d'un inventaire des différentes normes relatives aux trois métaux lourds étudiés.

- la troisième partie concerne la métrologie des métaux lourds et se compose ainsi d'un inventaire des techniques de mesures actuellement employées pour détecter les métaux lourds (Cd, Hg, Pb) et leurs composés dans l'air.

- la dernière partie s'intéresse aux différents secteurs industriels émetteurs de métaux lourds (Cd, Hg, Pb) et présente les procédés actuellement disponibles pour l'épuration de ces métaux lourds dans les effluents gazeux.

Le Mercure :

Le mercure est un métal, le seul métal liquide à température ambiante à la pression atmosphérique. Dans la nature, le mercure est un élément peu abondant, assez disséminé. Il ne représente qu'environ 0,5 ppm de l'écorce terrestre. On trouve des traces de mercure dans les roches sédimentaires, il se trouve principalement dans le cinabre, minéral contenant du sulfure de mercure.

Les applications industrielles du mercure métal sont l'industrie électrique comme constituants de piles, de lampes, de tubes fluorescents..., l'industrie chimique comme cathode dans les cellules d'électrolyse de chlorure de sodium et la fabrication d'instruments de mesure dans les laboratoires (thermomètres, baromètres, densimètres...). Il sert également à la préparation d'amalgames dentaires. Ses dérivés minéraux sont utilisés dans les composants de piles sèches ou électrolyte pour accumulateur et comme catalyseurs en synthèse organique. Le cinabre, pigment connu depuis l'antiquité, est encore employé comme tel pour certaines matières premières plastiques, le papier et la cire.

Les estimations des sources naturelles et anthropiques du mercure dans l'atmosphère sont difficiles à appréhender du fait de l'incertitude liée à la détermination des facteurs d'émissions et au caractère sporadique des émissions naturelles. Néanmoins les émissions du mercure décroissent d'une manière importante au cours des dernières années avec l'amélioration des performances de l'incinération des déchets mais aussi sans doute des actions préventives en amont telles que la limitation ou l'interdiction d'emploi de ce métal dans les piles, les thermomètres médicaux, le tri sélectif etc. Les autres émetteurs identifiés sont les installations de combustion et certains procédés de la métallurgie des non-ferreux.

Les émissions provenant de l'industrie du chlore ont été réduites de 40% entre 1990 et 1997. Les émissions devraient se maintenir à peu près au même niveau qu'actuellement au cours des prochaines années.

Les sources anthropiques représentent près de 2200 tonnes de mercure émises chaque année. 80 % de ces rejets se trouvent dans l'atmosphère, 15 % s'accumulent dans les sols et 5 % se déposent à la surface de l'eau.

Le mercure et ses composés peuvent pénétrer dans le corps humain par plusieurs voies (orale, respiratoire cutanée). Ils passent ensuite dans le sang où ils peuvent être transformés et sont disséminés dans l'organisme par la circulation sanguine. Quand ils sont liposolubles comme le mercure élémentaire ou le méthylmercure, le passage dans la voie sanguine va pouvoir être rapide car les membranes des cellules biologiques sont constituées de lipides. L'absorption, la répartition et le stockage du mercure dans l'organisme dépendent de l'espèce chimique en cause (spéciation) et des propriétés physico-chimiques des composés. Ainsi l'effet toxique des composés minéraux du mercure est loin d'être le même que celui des composés organomercurels.

Le mercure métallique liquide est très peu toxique par ingestion ou par contact. Les expositions à fortes doses se traduisent par un syndrome de type cérébelleux appelé : tremblement mercuriel. Ce dernier survient généralement après d'autres symptômes tels que l'insomnie et l'irritabilité. L'intoxication chronique par les dérivés du mercure ou par les vapeurs de mercure donne lieu à l'hydrargyrisme. Elle évolue souvent d'une manière très insidieuse et peut se révéler qu'après 20 ans d'exposition. Elle a le plus souvent une origine professionnelle. L'hydrargyrisme est, avant le saturnisme, la plus classique et la plus anciennement connue des maladies professionnelles.

Le mercure et ses composés font l'objet de textes réglementaires nombreux et spécifiques. Tous les secteurs d'activités sont concernés. Ainsi les thermomètres à mercure et certaines piles contenant certaines concentrations en mercure ont été interdits, l'élimination des déchets d'amalgame de même que les rejets de la métallurgie du chlore ont été réglementés, sans oublier bien sûr l'incinération des déchets que ce soit les déchets hospitaliers, les déchets industriels spéciaux ou encore les déchets ménagers.

Dans la majorité des protocoles d'analyse du mercure atmosphérique total, l'échantillonnage consiste à prélever l'air au moyen d'une pompe à faible débit. Après élimination des aérosols par filtration (filtres en fibres de quartz), les formes gazeuses du mercure sont piégées, par amalgamation, sur un support de sable imprégné d'un dépôt de métal noble (or, argent). Le mercure est ensuite désorbé par chauffage du piège entre 400 et 700 °C et transféré sous la forme Hg⁰ et directement détecté par spectrométrie d'absorption atomique (AAS) ou fluorescence atomique (AFS).

En ce qui concerne le traitement du mercure contenu dans les effluents gazeux, ce dernier se trouve à l'état gazeux dans les fumées et sa température de condensation avoisine les 350 °C, il n'est donc pas éliminé par filtration mais plutôt lors d'un traitement par voie humide. En effet le mercure se recondense après le refroidissement et est éliminé lors du lavage des gaz. L'autre technique peut être l'adsorption sur charbon actif.

Cadmium :

Le cadmium est un métal qui ressemble à l'étain et qui partage de nombreuses propriétés avec le zinc. Il ne se trouve pas à l'état pur dans la nature et bien que présent un peu partout dans le sol, dans l'eau et dans l'atmosphère, il est relativement rare. On le retrouve principalement dans le minerai de zinc, les phosphates naturels et les minerais de cuivre et de zinc.

Comme il n'y a pas de gisement de cadmium dans le monde ; le métal que nous utilisons est un sous produit de la métallurgie du zinc. Les principales utilisations de ce métal sont dues à ces caractéristiques remarquables à savoir la résistance à la corrosion alcaline, son bas point de fusion et sa haute conductivité électrique. Cependant, le cadmium revenant relativement cher comme matière première, il n'est utilisé que s'il est indispensable et cette tendance a été renforcée par la poussée écologique des dernières décennies.

Le cadmium est un métal lourd largement utilisé comme revêtement d'autres métaux (acier, fer, cuivre,...) dans les garnitures de freins, dans le matériel de mines, l'électronique, l'aéronautique, la construction navale et les appareils électroménagers. Il est également employé comme catalyseur pour la synthèse organique d'une large variété de produits de l'industrie pharmaceutique, cosmétique et alimentaire...etc.

Les sources de contamination par le cadmium d'origine humaine sont nombreuses. La production des métaux non ferreux contribue avec 73 % des émissions anthropogéniques, l'incinération des déchets génère 20% de ces émissions et les 7% restant sont dus à la production du fer et de l'acier, les applications du cadmium, la combustion du bois et du charbon, les fertilisants phosphatés, et en fin le transport routier. Ces émissions de cadmium vont atteindre les trois principaux compartiments de l'environnement : l'air, l'eau et le sol. De plus il peut y avoir des transferts considérables entre ces compartiments surtout en ce qui concerne les émissions dans l'air qui sont considérées comme très mobiles.

Le cadmium étant, comme le plomb et le mercure, un métal lourd, son accumulation dans l'organisme suscite de vives inquiétudes. Il existe trois sources de contamination de la population par ce métal : l'air ambiant, l'alimentation et le tabagisme. Le cadmium dans l'air ambiant est surtout un problème pour les travailleurs de certaines industries, mais le tabagisme et l'alimentation sont des sources importantes d'exposition pour la population générale.

Le cas le plus célèbre reste l'intoxication au cadmium survenu après la deuxième guerre mondiale suite à la contamination de la rivière Zintzu, qui irriguait les champs de riz, par les rejets d'une mine, dans le bassin de la rivière apparaît une nouvelle maladie, nommée "Itaï -Itaï " qui signifie "aï e-aï e", touchant la population de la région contaminée et qui se traduit par des fractures spontanées des os. Depuis 1993, le cadmium et ses composés sont reconnus cancérigènes chez l'homme par l'IARC.

De ce fait, les usages du cadmium et de ses composés sont sévèrement réglementés et des mesures très sévères de prévention et de protection de l'environnement et de la santé s'imposent. Ainsi l'extraction, l'utilisation, la manipulation et l'élimination des composés contenant du cadmium font l'objet de textes réglementaires nombreux et spécifiques.

Le décret du 27 juillet 1994 restreint notamment l'emploi du cadmium et de ses composés pour colorer les matières plastiques, les peintures, les stabilisants et le cadmiage des métaux. D'autres textes relatifs à la fabrication des piles et accumulateurs, l'industrie papetière et le secteur alimentaire, les résidus de toute sorte et l'eau de boisson sont actuellement en vigueur.

Tout comme le plomb et le mercure, la concentration du cadmium dans l'air est étroitement surveillée. Les mesures de détection et de détermination dans l'air concerne particulièrement les poussières de cadmium. Ces poussières sont prélevées sur filtre de quartz, le cadmium est dissolu par attaque acide et son dosage se fait par spectrométrie d'absorption atomique ou d'émission à plasma.

Dans les fumées émises à l'atmosphère, le cadmium et ses composés existent à la fois sous forme particulaire et sous forme gazeuse. Les composés particulaires peuvent être facilement retenus par un dépoussiéreur classique tandis que les éléments volatils qui échappent à cette étape sont éliminés grâce un procédé de traitement des fumées type sec, semi-sec ou humide souvent accompagné d'un traitement sur charbon actif.

Plomb :

Du fait de ses propriétés physiques (densité élevée, point de fusion bas, malléabilité, résistance à la corrosion et imperméabilité), le plomb est un métal largement utilisé depuis la période antique. L'extraction du plomb a connu son apogée à l'époque romaine, pour la production d'ustensiles, de récipients, de conduites, de soudure et de monnaies, ainsi que lors de la révolution industrielle ou une demande sans précédent s'est accompagnée d'une augmentation exponentielle de l'intensité des émissions de l'environnement.

Trois grandes sources de contamination ont conjugué leurs effets. Une pollution d'origine industrielle, souvent ancienne (activités minières, fonderies primaires ou de recyclage, fabriques de batteries, incinération des déchets...), s'est dispersée par voie atmosphérique, surtout au voisinage des sites d'activité, mais aussi à très longue distance ; on en retrouve dans les profondeurs des glaciers du Groenland. L'exemple classique est celui des fonderies de minerais de plomb qui posent de sérieux problèmes de pollution locale sur l'air mais également sur le sol et sur les eaux superficielles environnantes. La zone d'influence d'une pollution d'une telle fonderie s'étend dans un rayon de cinq kilomètres autour de la cheminée d'émission pour la pollution atmosphérique et jusqu'à dix kilomètres de rayon pour la pollution du sol et des eaux superficielles.

L'usage important des pigments au plomb dans les peintures, lors des deux derniers siècles, constitue une seconde source de dispersion massive, encore très présente dans les revêtements intérieurs des habitats anciens non réhabilités.

Depuis la découverte des propriétés antidétonantes des alkyles de plomb introduits dans l'essence (1923), la diffusion de ce polluant, principalement au voisinage des voiries des grands centres urbains mais également à longue distance, est un phénomène planétaire. L'introduction de la technologie du pot catalytique entraîne un abandon plus ou moins rapide de ce carburant au plomb dans les pays industrialisés, mais celui-ci reste prédominant à l'échelle du globe.

Le plomb, connu depuis des millénaires, a rapidement vu une large utilisation mais ces dangers n'ont été reconnus que plus tard. Inscrit dès 1919 au tableau des maladies professionnelles, le saturnisme était réputé comme touchant les professionnels dans les fonderies, les imprimeries et le bâtiment.

Plus tard, l'alerte a été donnée par un regain inattendu de saturnisme chez des enfants citadins, ingérant des écailles de peintures anciennes en voie de décomposition dans les logements insalubres.

Mais les particuliers, le voisinage des usines et industries transformant le plomb ne semblaient pas concernés. Jusqu'à ce que éclate l'affaire Métal Blanc (Ardennes) qui a révélé l'existence d'une pollution environnementale et humaine dépassant les normes européennes, de longue date et pourtant, inconnue et non reconnue.

La libération intense de ce métal indestructible, sa dispersion à l'échelle planétaire, son accumulation massive et définitive dans l'environnement ont débordé les cycles naturels géobiochimiques dans beaucoup d'écosystèmes et conduit à son accumulation dans les organismes où, dénué de toute fonction physiologique, il exerce uniquement des effets toxiques.

Les principaux produits nocifs sont les oxydes de plomb, les sels de plomb, les plus souvent colorés, les arsénates, les stéarates, les acétates, qui ont des emplois divers en agriculture, dans l'industrie chimique et pharmaceutique.

Pour limiter les effets nocifs de métal lourd, plusieurs normes ont été établies pour réglementer l'utilisation, le stockage et l'élimination du plomb et de ses composés. Ces normes concernent essentiellement les quantités de plomb dans les carburants, les piles et accumulateurs, les résidus de toute sorte (peinture, métallurgie,

forage,...) et les déchets stabilisés. Il existe également des valeurs limites du plomb dans l'eau de boisson, dans l'air ambiant et dans les locaux de travail.

La surveillance des concentrations de plomb atmosphérique a été initiée en France à partir des années 1970. Plusieurs laboratoires ont exercé une surveillance sur des sites proches des sources industrielles (fonderie, fabrication d'accumulateurs) et dans les principaux centres urbains. Les mesures entreprises concernent essentiellement le plomb inorganique particulaire, en raison de son abondance et son impact sanitaire.

Actuellement, deux normes NF X 43-026 de juin 1990 et NF X 43-027 de novembre 1993 sont en vigueur pour la mesure de la concentration du plomb et de ses composés dans l'air. Ces mesures se font grâce à un prélèvement par pompage de l'air sur filtre en quartz en cassette fermée, mise en solution des échantillons prélevés et analyse par spectrophotométrie d'absorption atomique ou spectrophotométrie d'absorption d'émission atomique-plasma.

Pour des concentrations de plomb très faibles, la méthode spectrophotométrie d'absorption atomique-four graphite est préférable.

Le plomb dans l'air est majoritairement particulaire, son élimination quasi totale peut se faire par une incontournable étape de dépoussiérage qui est aujourd'hui dominé par deux techniques : le filtre à manches et l'électrofiltre.

SUMMARY NOTE

Energy consumption and industrial production have increased throughout the 20th century and have given rise to enormous problems of environmental pollution, especially by heavy metals (mercury, lead, cadmium etc...). The presence of many forms of these elements of anthropic origin in different compartments of ecosystems (water, the sediments, soils and the atmosphere), at toxic levels, illustrates the consequences of improperly managed metallic emissions.

Heavy metals are characterized by their persistence, their toxicity, and their accumulation capacity in the environment. Their release into the air can cause an environmental hazard in the long term. Furthermore, they can be transported through the air over long distances and deposited far from the initial source.

The pollutants considered responsible for toxic environmental hazard by order of importance are : mercury, cadmium and lead in this state of the art. Mercury is considered as a major pollutant due to its transportation over long distances, its bio transformation into toxic methylated compounds and its bioaccumulation in the trophic chain. Cadmium is considered as the most toxic metal but is relatively rare and is mainly found in metal ores. Its accumulation in sediments and remobilization capacity constitute the most important hazards. Although less toxic than mercury and cadmium, lead is more abundant in natural forms in the environment and is used in great quantities in industry, which makes it a permanent hazard to health.

This state of the art was elaborated in four distinct parts :

- the first part sets an inventory of the origins of heavy metals (Cd,Hg, Pb), the last emission amounts of these metals in the atmosphere and the results of the recent epidemiological studies concerning the noxious effects of these three metals on the human health and the environment.

- the second part is an inventory of the different norms relating to the three heavy metals studied.

- the third part concerns the metrology of heavy metals (Cd, Hg, Pb), it is composed of an inventory of the measurement techniques presently used to detect these metals and their compounds in the air.

- the last part presents the different industrial sectors which emit heavy metals(Cd, Hg, Pb) and presents the different processes presently available for removing these heavy metals from the gaseous effluents.

Mercury :

Mercury is the only liquid metal at room temperature and atmospheric pressure. It is quite rare and disseminated in the environment. It represents only 0.5 ppm in the earth's crust. Traces are found in sedimentary rocks. It is mainly found in cinnabar, an ore containing mercuric sulfide.

The industrial applications of metallic mercury are in the electric industry ; batteries, light bulbs, strip lighting, and in the chemical industry ; cathodes in sodium chloride electrolysis, and in the manufacture of measuring instruments in laboratories (thermometers, barometers, densimeters). It is also used in the preparation of dental amalgams. Its mineral derivatives are used in dry batteries or as an electrolyte for accumulators and as a catalyst in organic synthesis. Cinnabar is a pigment which has been known since antiquity and is still used as such for certain plastic raw materials, paper and wax.

The evaluation of natural and anthropic sources is rather difficult due to the uncertainty related to the determination of emission factors and the sporadic character of natural emissions. However, mercury emissions have decreased significantly over the last few years due to the increased performance of waste incineration techniques and also to preventive measures before incineration such as forbidding the use of mercury in batteries, medical thermometers, waste sorting, etc. Other sources identified are from thermal treatment facilities and certain processes in metallurgy of non ferrous substances. Emissions from the chlorine industry were reduced by 40% between 1990 and 1997. Emissions will probably maintain their present level in the next few years.

Anthropic sources represent nearly 2200 tons of mercury per year. 80% is found in the atmosphere, 15% accumulates in the soil and 5% are deposited on the surface of water.

Mercury and its compounds can penetrate into the human body in several ways via the mouth, the respiratory tract, the skin. It then passes into the bloodstream where it can be transformed and disseminated. For liposoluble species such as elementary mercury or methyl mercury, absorption into the bloodstream is rapid as the cell membranes are made of lipids. Absorption, distribution and storage of mercury depend on the chemical species and the physico-chemical properties of the substances. The toxic effect of inorganic mercury compounds is far from being the same as that of organic mercury compounds.

Liquid metallic mercury is not very toxic through ingestion or contact. Exposure to high levels give rise to a cerebellar type syndrome called : mercurial shaking. This

state generally arises after other symptoms such as insomnia and irritability. Chronic intoxication with mercury or mercury vapors gives rise to hydrargyrisms. It often evolves insidiously and is only revealed after 20 years of exposure. It is most often of professional origin. Hydrargyrisms is, before saturnism, the most classical and formerly well known professional diseases.

Mercury and its compounds are subject to numerous and specific regulations. All sectors are concerned. Thermometers and batteries containing mercury have been banned, the elimination of amalgam waste as well as chlorine metallurgy flows are subject to strict regulations, without forgetting of course waste incineration i.e. hospital waste, special industrial waste or household waste.

In the majority of analytical protocols for total atmospheric mercury, air is sampled using a pump at low flow rate. After elimination of aerosols by filtration (quartz fibre filters), the gaseous forms of mercury are trapped by amalgamation on a sand support impregnated with a deposit of a noble metal (gold, silver). The mercury is then desorbed by heating the trap between 400 and 700 °C and transferred in the form of Hg⁰ and directly detected by atomic absorption spectrometry (AAS) or atomic fluorescence (AFS).

For the treatment of mercury in the gaseous effluents, it is in gas form in the smoke and its condensation temperature is about 350 °C. It is therefore not eliminated by filtration, a wet treatment process is used. Mercury recondenses after cooling and is eliminated by washing of the gases. The other technique may be adsorption on activated carbon.

Cadmium :

Cadmium is a metal which resembles tin and has many properties in common with zinc. It does not exist in nature in a pure state and although it is present almost everywhere in the soil, in water, in the atmosphere, it is relatively rare. It can mainly be found in a zinc ore, the natural phosphates, and copper and zinc ores.

As no real source of cadmium exists as such, the metal we use is a byproduct of zinc metallurgy. This metal is used for its extraordinary characteristics i.e. resistance to alkaline corrosion, low melting point and high conductivity. However, cadmium is relatively expensive as raw material, it is only used if considered as indispensable and this tendency has increased due to pressure from ecologists these last decenniums.

Cadmium is a heavy metal widely used to coat other metals (steel, iron, copper,...) in calipers, mining material, electronics, astronautical industry, ship building and household appliances. It is also used as a catalyst in the organic synthesis of a wide variety of pharmaceutical products, cosmetics and foods etc...

There are numerous sources of cadmium contamination of human origin. The production of non ferrous metals accounts for 73% of anthropogenic emissions, waste incineration accounts for 20% and the remaining 7% are due to iron and steel production, applications of cadmium, wood and coal combustion, phosphate fertilizers and finally road transport. These emission reach the three main environmental compartments : air, water and soil. Furthermore, there may be considerable transfer between compartments especially for emissions in the air which are considered as extremely mobile.

Like all heavy metals, its accumulation in the body is a case for alarm. The three sources of cadmium contamination for the population are : the air, food and smoking. The cadmium in the air is especially a problem for workers in certain industries, but smoking and food are important sources of exposure for the general population.

The most famous case of cadmium intoxication was reported after the second world war following contamination of the Zintzu river by effluents from a mine. The river irrigated rice paddies and a new disease called "Itai -Itai " which means "ouch-ouch" appeared in the population of the contaminated region. The disease caused spontaneous bone fractures. Since 1993, cadmium and its compounds are recognized as being carcinogenic for man by the French Association for Cancer Research (ARC).

As a result, the use of cadmium and its compounds are strictly regulated and strong preventive measures, environmental protection and health protection are necessary. Therefore, the extraction, use, manipulation and elimination of cadmium containing compounds are subjected to numerous and specific regulatory texts.

The decree of July 27th 1994, particularly restricts the use of cadmium and its compounds to color plastics, paints, stabilizers and cadmium coating of metals. Other texts are now in effect concerning battery manufacture, accumulators, the paper industry and foods, residues of all kinds and drinking water.

Like lead and mercury, the concentration of atmospheric cadmium is closely monitored. Detection and determination measures in the air particularly concern

cadmium dust. These dusts are sampled off quartz filters, the cadmium is dissolved by acid attack and measured by atomic spectrophotometry absorption or plasma emission.

In atmospheric smoke emissions, cadmium and its compounds exist in both particle and gas form. The particulate compounds can easily be trapped by a classical dust removal whereas the volatile elements which escape from this step are eliminated by a dry, semi dry or wet process often accompanied by a treatment on activated charcoal.

Lead :

Due to its physical properties (high density, low melting point, malleability, resistance to corrosion and impermeability), lead has widely been used since antic times. Lead extraction reached its apogee in roman days, for utensils, recipients, pipes, welding and money, as well as during the industrial revolution, where an unprecedented demand led to an exponential increase in the intensity of emissions in the environment.

Three main sources of contamination conjugated their effects. Industrial pollution, often ancient (mining activities, primary or recycling foundries, battery factories, waste incinerators...) was dispersed in the atmosphere especially near the sites of origin, but also at great distances ; lead can be found deep in the glaciers of Greenland.

The classical example is that of lead ore foundries which cause serious problems of local pollution in the air but also in the soil and surface water nearby. The influence zone of such a foundry extends to 5 kilometers around the chimney stack for atmospheric pollution and up to 10 kilometers for soil and surface water pollution.

The use of lead containing pigments in paints over the last two centuries constitutes a second source of massive dispersion, still present in old buildings which have not been renovated. Since the discovery of antidetonating properties of lead alkides introduced into petrol (1923), the diffusion of this pollutant, mainly located in urban centers but also at greater distances is a worldwide phenomenon. The introduction of the catalytic exhaust technology has led to the gradual substitution by unleaded petrol in industrialized countries, but leaded petrol remains predominant on a planetary scale.

Lead has been known for thousands of years and was rapidly and widely used. The dangers however, were not recognized until much later. Saturnism was recognized in 1919 as a professional disease, for workers in foundries, the printing industry and construction. Later, the alert was given by an unexpected increase in saturnism among city children, who had ingested scales of old paint from insalubrious lodgings. For particulars, populations around factories and industries transforming lead did not seem to be concerned until the affair in the Ardennes broke out revealing the existence of anthropic environmental pollution above European standard thresholds which had existed for a long time but which had remained unknown and not recognized

The massive release of this indestructible metal, its dispersion on a planetary level, its massive and irreversible accumulation in the environment have flooded the natural geobiochemical cycles in many ecosystems and led to its accumulation in organisms where it has no physiobiological function and has only a toxic effect.

The main toxic compounds are lead oxides, lead salts, most often colored, arsenates, stearates, acetates which are used in agriculture, the chemical and pharmaceutical industries.

To limit the toxic effects of this heavy metal, several standards have been established to regulate use, storage and elimination of lead and its compounds. These standards mainly concern the quantities of lead in petrol, batteries and accumulators, all sorts of residues (paint, metallurgy, drilling,...) and stabilized waste. There are also threshold values for lead in drinking water, the atmosphere and work stations.

Scanning of atmospheric lead concentrations was initiated by France in 1970. Several laboratories have monitored sites close to industrial facilities (foundry, accumulator manufacture) and in the main urban centers. Particulate inorganic lead was mainly measured due to its abundance and health impact.

Two standards are now in effect : NF X 43-026 June 1990 and NF X 43-027 November 1993 to measure atmospheric lead and its compounds. Air is sampled by a pump onto a quartz filter in a closed flask. The samples are then brought into solution and lead is measured by atomic spectrophotometry absorption or plasma emission. For very low lead concentrations, the method using atomic spectrophotometry absorption with graphite oven is preferable.

Atmospheric lead is mainly particulate, and it can be practically totally eliminated by dust removal. Two techniques dominate in this area : the fabric filters and electrostatic filters.