



HAL
open science

L'héritage plombé des Romains

A. Véron

► **To cite this version:**

A. Véron. L'héritage plombé des Romains. Bulletin de l'académie des sciences, agriculture, arts et belles lettres d'Aix 2022-2023, Académie d'Aix Editions, pp.83-92, 2024, 978-2-494-00004-9. hal-04564628

HAL Id: hal-04564628

<https://hal.science/hal-04564628v1>

Submitted on 3 May 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

ALAIN VÉRON

Chargé de Recherche CNRS
(CEREGE, Aix-en-Provence)

3 janvier 2023

Séance ordinaire, musée Arbaud



L'héritage plombé des Romains

Le propos de ce chapitre est de montrer comment l'empreinte environnementale de l'utilisation du plomb romain est encore visible à l'époque contemporaine. Cet héritage est mis en évidence dans les sols, sédiments portuaires et de rivières des zones urbaines témoins de l'occupation romaine à l'Antiquité.

Le plomb est exceptionnel à l'état natif, il est généralement sous forme de sulfures (galène PbS) et de ses produits d'altération (cérusite $PbCO_3$ et anglésite $PbSO_4$). On peut donc raisonnablement supposer que des objets en plomb sont le témoignage de la coupellation, activité métallurgique qui consiste dans le grillage à l'air de la galène à haute température ($1\ 100\ ^\circ C$). Les impuretés de la gangue minérale se regroupent avec la litharge ainsi formée (PbO) et sont séparées de l'argent. Les plus anciens artefacts en plomb connus auraient près de 7000 ans¹ (Yahalom-Mack et al., 2015).

Ce produit secondaire de la coupellation s'avère très dense et très résistant à la corrosion constituant ainsi un matériau très employé dans la plomberie (début IV^e millénaire avant notre ère en Mésopotamie), les tablettes d'écriture (début II^e millénaire en Assyrie), la construction (II^e millénaire, isolation des toits en Égypte; joints de maçonnerie en Assyrie), les navires (équilibre et protection contre la corrosion chimique et biologique dès le III^e millénaire), des lests (pêche et commerce fin du IV^e millénaire dans la vallée de l'Indus) et des sépultures (urnes funéraires dès la fin du III^e millénaire en Égypte et Assyrie). Il est le métal de prédilection pour les soudures en raison de sa faible température de fusion ($327\ ^\circ C$). Son addition aux bronzes rend ces alliages plus faciles à sculpter (fin IV^e millénaire en Égypte). C'est un fondant et un colorant utilisé pour les verres, les céramiques (dès la fin du III^e millénaire en Égypte), les pigments cosmétiques (dès la fin du IV^e millénaire). Enfin, il sert à la fabrication de monnaies et comme adjuvant dans le vin² (figure 1).

Ce sont les Grecs et surtout les Romains qui ont développé l'extraction et l'utilisation quasi industrielle du plomb entre le VII^e siècle av. notre ère et le VI^e siècle de notre ère³ par l'exploitation des mines argentifères.

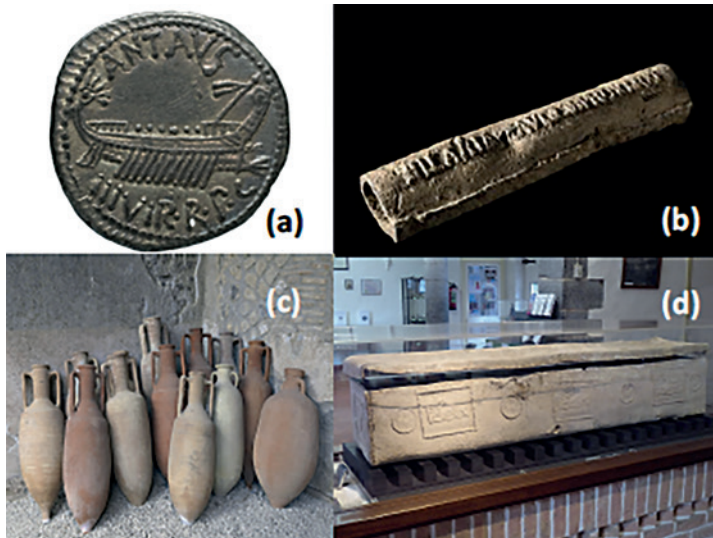


Fig. 1 : Exemples de l'utilisation du plomb à l'Antiquité romaine, (a) monnaies et peinture bateaux, (b) canalisations eau, (c) vin, (d) sarcophages.

Creative Commons Attribution
 (a) Denier 1^{er} s. BCE, Gallica BNF ;
 (b) Tuyau Pb 1-300 CE, Welcome Library London ; (c) Amphores Pompéii ; (d) Sarcophage Pb 280-300 CE, Musée archéologique Tournai.

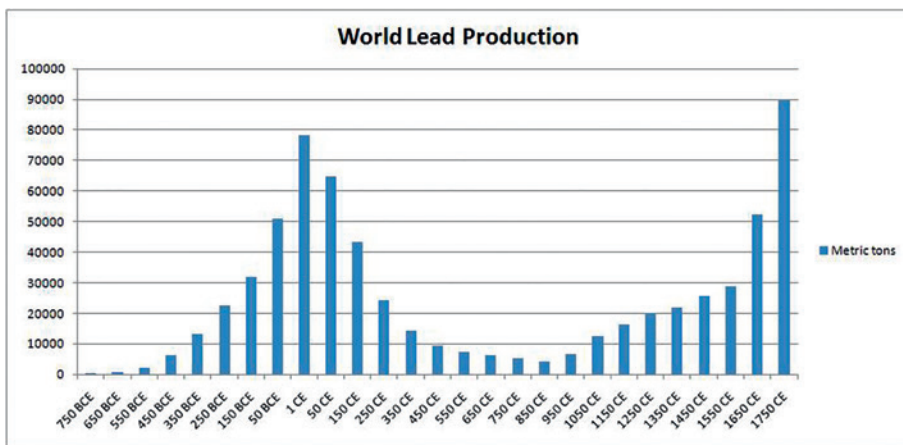


Fig. 2 : Production mondiale de plomb estimée depuis l'Antiquité. On remarque que la production Méditerranéenne pendant la période romaine est équivalente à celle des débuts de notre ère industrielle.

Modifié d'après Settle et Patterson, science, 1990 (Wikimedi Commons).

C'est pendant la période impériale romaine que l'extraction des minerais et les émissions de plomb et auraient atteint un de ses maxima historiques⁴ (figure 2).

Cette extraction a conduit à des enrichissements 10 à 100 fois supérieurs aux dépôts naturels (volcaniques, poussières crustales avec érosion éolienne et feux de forêt) dans des réservoirs sédimentaires de rivières, lacs et

tourbières datés de l'époque romaine à l'échelle régionale en Europe occidentale⁵. La figure 3 montre des facteurs d'enrichissements (FE) du plomb accumulé dans des tourbières espagnoles depuis 4000 ans. Ces FE sont calculés à partir des concentrations d'éléments n'ayant pas d'origine humaine marquée comme le titane. Ils permettent d'identifier des contaminations interprétées ici d'origine anthropique. Pour ces tourbières, les EF varient de $EF < 2$ (pas d'enrichissement) pour les périodes avant 3000 ans, à $EF = 2-5$ (enrichissement modéré) entre 1200 et 1500 ans avant aujourd'hui, au haut Moyen Âge, à $EF = 10-20$ (enrichissement significatif) pendant l'Antiquité et des valeurs très fortes à extrêmes > 20 à partir de la Révolution industrielle. Ces enrichissements reflètent l'exploitation et l'utilisation du plomb en Espagne depuis l'Antiquité, voire la Protohistoire (Âge du Fer).

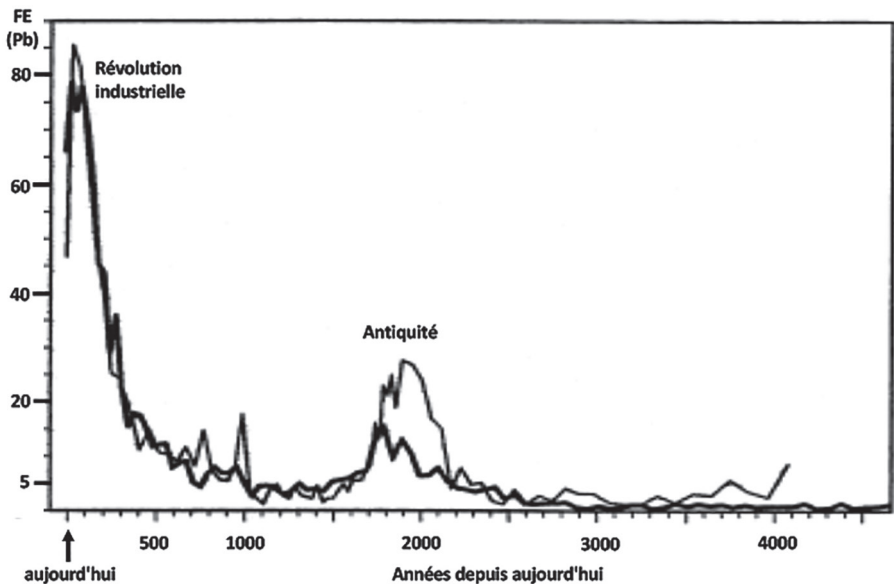


Fig. 3 : Évolution temporelle sur les 4000 dernières années des enrichissements en plomb (EF Pb) dans deux carottes de tourbières prélevées au Nord-Ouest de l'Espagne.

Modifié d'après Martínez Cortizas et al., STOTEN, 2002.

L'utilisation intensive de plomb aurait conduit à une contamination sévère des populations urbaines à l'apogée de l'Empire romain⁶ (Gilfillan, 1965 ; Montgomery et al., 2010), contamination critique compte tenu de sa toxicité avérée qui se manifeste chez l'homme par des affections du système nerveux périphérique (paralysies, diminution de la vitesse de conduction nerveuse) et central (encéphalopathie, troubles du sommeil, irritabilité, anxiété, perte

de mémoire), des effets hématologiques (frein de la synthèse de l'hémoglobine) et rénaux (insuffisance rénale chronique)⁷. Ainsi le plomb est un révélateur géochimique de l'expansion de l'*urbanitas*, le modèle romain de vie urbaine reproductible d'une cité à l'autre et régi par un droit identique, et s'impose comme marqueur de son développement économique.

Qu'est devenu cet héritage plombé des Romains dans notre environnement urbain ? Comment et où le rechercher ? Présente-t-il un danger pour les populations actuelles ?

Les ports sont des bassins confinés, déversoirs des eaux usées, qui reflètent l'expansion urbaine et le développement économique des cités. C'est donc dans les bassins portuaires de l'Antiquité que nous allons commencer notre investigation sur l'empreinte environnementale du plomb romain. Nous avons compilé des mesures de plomb dans des carottages sédimentaires effectués dans des ports de Méditerranée. Les divers niveaux de dépôts ont été datés avec la décroissance radioactive du carbone 14 mesuré dans les restes de matière organique (plantes, bois, charbons) accumulés avec les sédiments au moment de leur dépôt. Et c'est à Marseille, la Grecque, que nous commençons notre périple à la recherche du plomb romain, dans la zone où les marins de l'Antiquité accostaient, aujourd'hui recouverte par l'asphalte et le béton de la ville moderne. Nous avons creusé et extrait une colonne sédimentaire (appelée une « carotte » dans le langage des géoscientifiques) dans laquelle nous avons mesuré des concentrations en plomb 10 à 30 fois plus élevées pendant la période romaine (100 à 300 µg de plomb par gramme de sédiment, ou ppm, parties par million) par rapport au fond géochimique (10 ppm) qui caractérise les périodes non contaminées par les activités humaines⁸. Nous continuons notre exploration dans les sédiments des bassins portuaires de la Rome antique, Ostia et Portus, qui caractérisent les périodes républicaines et impériales respectivement avec des concentrations en plomb qui varient de 50-250 ppm (Ostia) à 500-2100 ppm (Portus), soit des enrichissements d'un facteur 20 à 100 pendant la Rome impériale par rapport aux niveaux non urbanisés⁹.

C'est au Liban, dans l'est du bassin Méditerranéen, dans les ports de Saida (ou Sidon) et de Tyr que nous poursuivons notre recherche du plomb romain. Ces deux citées portuaires ont souvent été unifiées et ont précédé d'au moins 2000 ans l'Empire romain, période pendant laquelle les prélèvements réalisés dans des carottes sédimentaires montrent des concentrations en plomb de 60 ppm (Sidon) et 300 à 500 ppm (Tyr), soit 10 à 50 fois plus élevées pendant l'occupation romaine que dans les niveaux non contaminés¹⁰. Enfin nous finissons notre enquête des ports antiques à Alexandrie (Véron et al., 2006), modèle de la cité grecque par excellence qui dévoile des concentrations en plomb de l'ordre de 500 ppm dans les sédiments déposés pendant

la période romaine de la ville, soit environ 200 fois plus élevées que les niveaux non contaminés (figure 4).

L'ensemble de ces travaux démontre très clairement que la contamination en plomb des milieux portuaires à l'époque romaine équivaut ou dépasse largement les seuils toxiques définis aujourd'hui. En effet, une étude exhaustive du BRGM définit une valeur de définition de source-sol (VDSS) qui fixe une concentration en plomb à partir de laquelle le sol constitue une source de pollution, c'est-à-dire un sol potentiellement toxique, de 200 ppm en France¹¹. La valeur de constat d'impact (VCI) qui correspond à un seuil toxique avéré dans les sols résidentiels est calculée à 400 ppm¹². L'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Organisation des Nations Unies (ONU-FAO) définissent un seuil beaucoup plus faible à 50 ppm¹³. Toutefois, ces niveaux pollués vieux de 2000 ans ne sont guère accessibles et présentent peu de danger compte tenu de leur enfouissement sous des aires très urbanisées.

Qu'en est-il des sols urbains peu ou pas enfouis et remobilisés à l'occasion de travaux, ou des sédiments déposés dans les rivières et potentiellement remobilisables dans les eaux actuelles suite à des événements climatiques critiques tels que la succession d'inondations et de sécheresses ? Les investigations sur les sols urbains mal

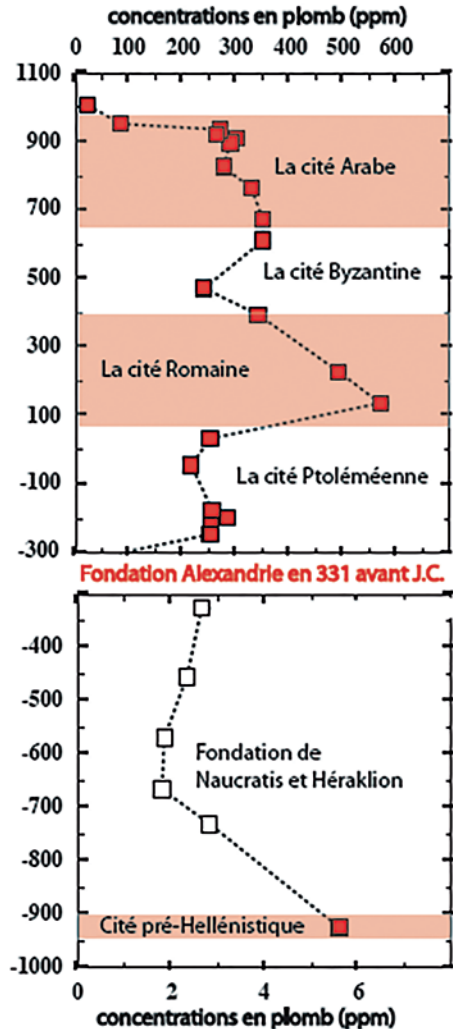


Fig. 4 : Cette figure montre l'évolution des concentrations en plomb dans des niveaux datés d'une carotte prélevée dans le bassin portuaire antique d'Alexandrie. On notera deux évolutions différentes avec des concentrations en plomb qui varient de 2 à 4 ppm dans la section A (avant la construction de la ville en 331 av. J.-C.) et jusqu'à 600 ppm dans la section B (après la fondation de la ville). Le plomb montre ici clairement ses propriétés de marqueur des activités anthropiques avec des maxima d'accumulation de plomb pendant l'occupation romaine.

Modifié d'après Véron, *Géochronique brgm* SGF, 2014 et Véron et al., *GRL*, 2006.

conservés sont peu fréquentes et montrent des concentrations généralement inférieures à 100 ppm pour des sols datés de l'Antiquité¹⁴. La mise à jour de structures chenalises d'époque augustéenne à Aix-en-Provence à la faveur de travaux sur la zone Sextius-Mirabeau¹⁵ nous a offert l'opportunité d'étudier la contamination issue du tissu urbain romain sur une période de 300 ans. Les concentrations en plomb mesurées dans ces structures sédimentaires varient de 150-200 ppm, pour les chenaux les plus anciens (1^{er} siècle av. notre ère), à 400-600 ppm pour la période intermédiaire et 1000-1500 ppm pour les plus chenaux les plus récents (II^e siècle de notre ère) (figure 5). Ces concentrations sont 4 à 40 fois plus élevées que le fond géochimique local non contaminé (Véron et Nin, communication personnelle).

La plupart de ces chenaux empierrés montrent des concentrations en plomb qui excèdent largement les teneurs mesurées dans des sols urbains à proximité d'autoroutes (50-150 ppm) et sont, pour les plus récents, du même ordre de grandeur que celles mesurées près de fonderies de plomb¹⁶. La restauration des paléoméandres de la Vistre de la Fontaine dans la zone périurbaine de la ville de Nîmes, cité romaine fondée au VI^e siècle avant notre ère nous a offert l'opportunité de rechercher ce plomb romain dans les sédiments de rivières urbaines qui sont des accumulateurs de pollutions passées et actuelles au même titre que les zones portuaires, mais dont la stratigraphie est plus complexe et les taux d'accumulation plus faibles. Les sédiments accumulés sur les berges des paléochenaux nîmois pendant la période impériale (entre le 1^{er} et le III^e siècle de notre ère) présentent des concentrations en plomb de 650 à 850 ppm¹⁷, soit 30-40 fois supérieures aux niveaux non contaminés plus anciens (figure 6), et largement au-delà des seuils de pollution actuels définis dans les sols par les VDSL et VCI présentés dans le paragraphe précédent.

Les travaux présentés dans ce chapitre montrent clairement que l'utilisation du plomb romain a largement pollué les milieux sédimentaires urbains et périurbains avec des concentrations souvent critiques vis-à-vis des normes toxiques actuelles. Si certains milieux sont largement enfouis et donc peu accessibles aujourd'hui, ce n'est pas le cas des sols et sédiments de rivières facilement remobilisables à la faveur de travaux ou d'évènements météorologiques extrêmes. La figure 7 résume l'essentiel des concentrations en plomb présentées dans ce chapitre. Il apparaît clairement que les concentrations en plomb dans des estuaires contemporains sont généralement plus faibles que celles mesurées dans les milieux sédimentaires d'époque romaine. En permettant de caractériser précisément l'apparition des activités humaines et le développement urbain dans des sédiments anciens, le plomb, marqueur

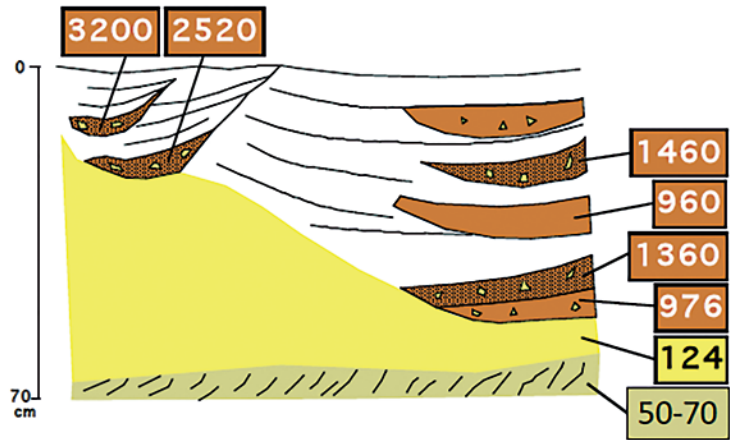


Fig. 5 : Schéma montrant les chenaux romains du Haut-Empire qui drainaient l'eau urbaine dans une zone inondable au à Aix-en-Provence. Le plomb s'est accumulé dans ces fossés limoneux contenant de nombreux fragments et cailloutis, et dont la stratigraphie verticale s'étend du 1^{er} au III^e s. apr. J.-C.

A. Véron et N. Nin, communication personnelle.

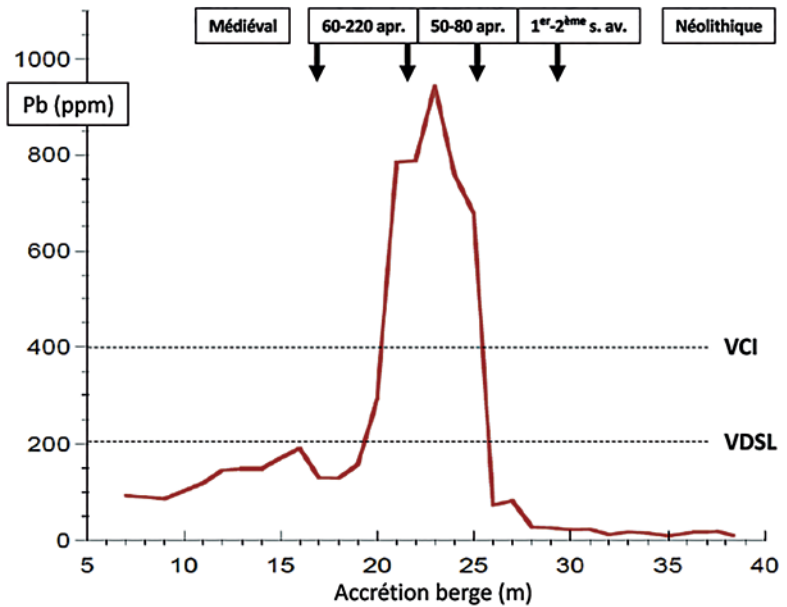


Fig. 6 : Concentrations en plomb sur les berges d'une rivière urbaine Nîmoise, la Vistre de la Fontaine. Les teneurs en plomb atteignent des maxima dans les niveaux accumulés pendant la période du Haut-Empire romain, avec des concentrations bien au-delà des seuils toxiques définis dans les sols actuels.

Modifié d'après Flaux et al., J. Roman Archaeol., 2023.

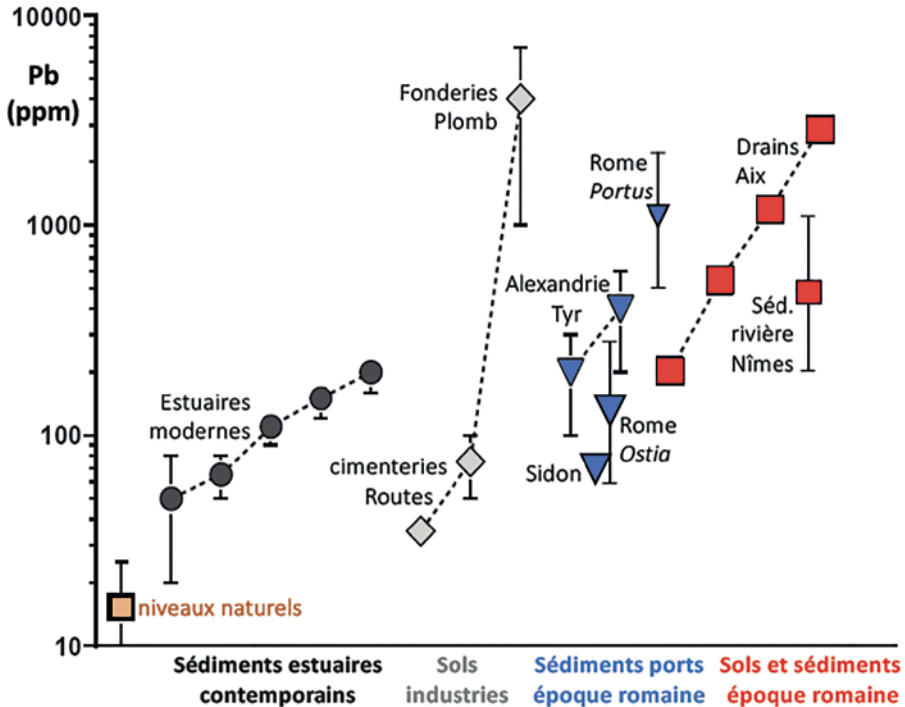


Fig. 7 : Résumé des concentrations en plomb présentées dans ce chapitre. L'échelle verticale est logarithmique, car les écarts de concentrations sont élevés depuis des niveaux naturels de plomb dans les sols (5-25 ppm en moyenne) aux niveaux les plus élevés (> 1000 ppm) dans certains sols urbains (romains et actuels) et sédiments portuaires romains.

Véron A. communication personnelle.

anthropique, met en évidence l'impact des modes de vie et des activités économiques sur l'environnement. Il complète parfaitement les observations toxicologiques, phénologiques, les indicateurs biologiques ainsi que les documents écrits et les preuves archéologiques caractéristiques des activités anthropiques ou des perturbations en résultant. Ce traceur géochimique s'avère même essentiel en l'absence de tels indicateurs, lorsque les milieux sont très dilués ou les artefacts archéologiques absents.

Cette approche géoarchéologique des ports méditerranéens de l'Antiquité est le fruit d'une collaboration sans faille avec Christophe Morhange (professeur, AMU) qui est sans conteste un des meilleurs spécialistes de ce sujet et que nous avons la chance d'accueillir au CEREGE, à Aix-en-Provence, depuis 1999. Je lui dédie ce modeste chapitre sur un sujet qu'il affectionne et dont il est toujours un des principaux instigateurs.

Certains travaux géochimiques présentés dans ce chapitre ont été réalisés sur des chantiers dirigés par les archéologues suivants :

Marseille : A. Hesnard, Centre Camille Jullian (AMU-CNRS)

Sidon : C. Doumet-Serhal, The British Museum

Alexandrie : J.Y. Empereur, Centre d'Études alexandrines (IFAO-CNRS)

Aix-en-Provence ; N. Nin, Service Archéologie et Muséum de la ville d'Aix-en-Provence

Nîmes ; C. Flaux, Mosaiques Archéologie



NOTES DE FIN

1. Wertime T.A. The beginnings of metallurgy : a new look. *Science*, 182, 875-887, 1973.
2. Nriagu J.O. Lead and lead poisoning in Antiquity. Wiley & Sons eds, Wiley Inter-science, Toronto, 436 p., 1983.
3. Ibid.
4. Settle D.M., Patterson C.C. Lead in albacore : guide to lead pollution in Americans. *Science* 207, 1167-1176, 1980.
5. Renberg I., Persson M., Emteryd O. Pre-industrial atmospheric lead contamination detected in Swedish lake sediments. *Nature*, 368, 323-326, 1994.
- Shotik W., Weiss D., Appleby P.G., Cheburkin A.K., Frei R., Gloor M., Kramers J.D., Reese S., Van Der Knaap W.O. History of atmospheric lead deposition since 12,370 14C yr BP from a peat bog, Jura Mountains, Switzerland. *Nature*, 281, 1635-1640, 1998.
- Renberg I., Bindler R., Brannvall M.L. Using the historical atmospheric lead-deposition record as chronological marker in sediment deposits in Europe. *The Holocene* 11(5), 511-516, 2001.
- De Vleeschouwer F., Le Roux G., Shotyk W. Peat as an archive of atmospheric pollution and environmental change : A case study of lead in Europe. *PAGES Newsletter* 18 (1), 21-22, 2010.
6. Nriagu J.O., op. cit., 1983.
7. Needleman H., 2009. Low level lead exposure : history and discovery. *Ann. Epidemiol.* 19 (4), 235-238.
- Gidlow D.A. Lead toxicity. *Occupational Medicine* 65 (9), 348-356, 2015.
- Tarrago O., Brown MJ. ATSDR Case Studies in Environmental Medicine : Lead Toxicity. WB2832 CDC/ATSDR course, 185 p., 2017.
8. Le Roux G., Véron A., Morhange C. Lead pollution in the ancient harbours of Marseilles. *Méditerranée : Revue géographique des pays méditerranéés*, ISSN 0025-8296, 104 (1-2), 2005.
9. Delile H., Keenan-Jones D., Blichert-Toft J., Goiran J.P., Arnaud-Godet F., Albarède F. Rome's urban history inferred from Pb-contaminated waters trapped in its ancient harbor basins. *Proc Natl Acad Sci USA* 114(38), 10059-10064, 2017.
10. Elmaleh A., Galy A., Allard T., Dairon R., Day J.A., Michel F., Marriner N., Morhange C., Couffignal F. Anthropogenic accumulation of metals and metalloids in carbonate-rich sediments : Insights from the ancient harbor setting of Tyre (Lebanon). *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 82, 23-38, 2012.
- Le Roux G., Véron A., Morhange C. Geochemical evidences of early anthropogenic activity in harbour sediments from Sidon. *Archeology & History in Lebanon* 18, 115-119, 2003.

11. Laperche V., Dictor MC., Clozel-Leloup B., Baranger P. Guide méthodique du plomb appliqué à la gestion des sites et des sols pollués. BRGM/RP-52881-FR 136 p., 40 ill., 2004.
12. Ibid.
13. De Vries W., Schütze G., Lots S., Meili M., Römkens P., de Temmerman L., Jakubowski M. Critical limits for cadmium, lead and mercury related to ecotoxicological effects on soil organisms, aquatic organisms, plants, animals and humans. In : Proceedings of the Expert Meeting on Critical Limits for Heavy Metals and Methods for their Application, ed. G. Schütze, U. Lorent, T. Spranger, 29-78. Berlin : Umweltbundesamt, 2003. WHO/FAO. Codex Alimentarius Commission. Food Additives and Contaminants. Food Standards Program, ALINORM 10/12A, 2001.
14. Blintliff J.L., Davies B., Gaffney C., Snodgrass A., Waters. Trace metal accumulations in soils on and around ancient settlements in Greece. In : Geoprospection in the Archeological Landscape, Sperry P. ed., 9-24, 1992.
15. Nin N., Sextius-Mirabeau îlot A. Rapport Final d'Opération, Mission Archéologie, vol. 1, Aix-en-Provence, 67 p., 2004.
16. Erel Y., Veron A., Halicz L. Tracing the transport of anthropogenic lead in the atmosphere and in soils using isotopic ratios. *Geochim. Cosmochim. Acta* 61, 4495-4505.
Ettler V., Mihaljevic M. Komalrek M. ICP-MS measurements of lead isotopes in soils heavily contaminated by lead smelting : tracing the sources of pollution. *Anal. Bioanal. Chem.* 378, 311-317, 2004.
Othman I., Al-Oudat M., Al-Masri M.S. Lead levels in roadside soils and vegetation of Damascus City. *Sci. Total Environ.* 207, 43-48, 1997.
Rabinowitz M.B. Lead isotopes in soils near five historic American lead smelters and refineries. *Sci Total Environ.* 346, 138-148, 2005.
Teutsch N., Erel Y., Halicz L., Banin A., 2001. Distribution of natural and anthropogenic lead in Mediterranean soils. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 65, 2853-2864.
17. Flaux C., Save S., Scrinzi M., Minvielle Larousse N., Vaschalde C., Renaud A., Tillier M., Guihou A., Deschamps P., Véron A. Roman-era alluvial waste in the Vistre de la Fontaine (Nîmes, southeast France) : from a sacred spring to a contaminated river. *Journal of Roman Archaeology* 36, 1-23, 2023.