



Michel Tarpin

4. LINGOTS DE PLOMB datant de l'Antiquité romaine. Sous l'Empire romain, la production de plomb atteignit 80 000 tonnes par an ; les principales mines se trouvaient en Espagne, dans les Balkans et en Asie mineure. Le plomb, métal facile à travailler, était utilisé pour la fabrication de nombreux objets d'usage courant : monnaie, tuyaux, statuettes, poids ou ustensiles de cuisine. Ces derniers contaminaient les mets et les vins, de sorte

que certains historiens ont proposé que le saturnisme, ou intoxication par le plomb, aurait été l'une des causes de la chute de l'Empire. Au début du XIX^e siècle, une épidémie de saturnisme frappa les artisans parisiens : parmi les 1 200 personnes admises à l'Hôpital de la Charité pour cause de saturnisme, la moitié environ travaillaient le plomb ; près de 400 étaient peintres, d'autres plombiers.

en Europe, où elle est restée faible, de l'ordre de 2 000 tonnes par an, jusqu'au VIII^e siècle. Elle a ensuite repris pendant le Moyen Âge, en raison de l'exploitation de nouveaux gisements en Allemagne et en Suède, respectivement à partir du IX^e et du XIII^e siècle. Toutefois, au cours du Moyen Âge, la production fut surtout importante en Chine, notamment pendant la dynastie des Sung du Nord (960-1127) : lors de cette période, la production chinoise atteignit 13 000 tonnes par an environ, valeur proche de celle qui était atteinte dans le bassin méditerranéen à l'apogée de l'Empire romain.

La production a ensuite décliné à nouveau, jusqu'à 2 000 tonnes par an au XIV^e siècle, ne recommençant à croître qu'après la Renaissance ; elle n'a alors plus cessé d'augmenter, notamment en raison de l'essor des industries électriques. Aujourd'hui, les neuf millions de tonnes produites chaque année proviennent principalement du Chili, du Pérou, du Zaïre, de la Zambie et de la Chine.

Quelles quantités de cuivre cette production a-t-elle libérées dans l'atmosphère ? Pour le déterminer, nous avons étudié les facteurs d'émission (la masse de cuivre émise dans l'atmosphère par masse de cuivre produite) correspondant aux techniques successivement utilisées. Ce que nous savons des techniques métallurgiques

antiques suggère que les facteurs d'émission étaient certainement considérables dans l'Antiquité, de l'ordre de 15 pour cent ; ils sont restés à cette valeur élevée jusqu'à la Révolution industrielle, car les techniques ont peu évolué au cours des millénaires. Le traitement des minerais de sulfure de cuivre nécessitait de nombreuses étapes successives de grillage, de fusion, d'oxydation et d'affinage, effectuées dans des fours primitifs, à l'air libre.

Quand les procédés furent finalement améliorés, à partir du XIX^e siècle, les facteurs d'émission diminuèrent considérablement, jusqu'à environ un pour cent au début de ce siècle et à 0,25 pour cent aujourd'hui.

En combinant l'histoire de la production et des facteurs d'émission, on obtient une reconstitution des variations des émissions au cours des 5 000 dernières années. Il y aurait eu trois maxima d'émission atmosphérique de cuivre par l'homme : le premier, environ 2 300 tonnes par an, à l'apogée de l'Empire romain ; le deuxième, d'amplitude similaire, à l'apogée de la dynastie des Sung du Nord en Chine, vers 1080 ; le troisième, de l'ordre de 23 000 tonnes par an, dans un passé très récent (les émissions rediminuent aujourd'hui).

Si l'on admet que les émissions naturelles de cuivre vers l'atmosphère sont de l'ordre de 2 000 à 3 000 tonnes par

an, c'est-à-dire une valeur proche des maxima romains et Sung, un raisonnement sommaire montre que les concentrations en cuivre devraient avoir approximativement doublé dans la glace du Groenland à l'époque romaine : c'est ce qui est observé. Il devrait en être de même à l'époque de la dynastie des Sung du Nord, mais nos données du Groenland ne permettent pas de le vérifier, car aucun échantillon de glace de cette époque n'a encore été analysé.

Sur l'ensemble de la calotte glaciaire du Groenland, 2 800 tonnes de cuivre se seraient déposées au cours des 2 500 années qui ont précédé la Révolution industrielle. C'est près de 15 fois les quantités qui se sont déposées sur le Groenland de la Révolution industrielle jusqu'à nos jours !

Si nos travaux montrent ainsi une très ancienne pollution en cuivre, ils ouvrent également la voie à une approche quantitative de l'histoire de la production de ce métal (et des autres métaux) pendant l'Antiquité. Les archéologues ont un besoin crucial de telles informations, car l'histoire de la production des métaux, qui a joué un rôle majeur dans le développement des sociétés humaines, reste très parcellaire et imprécise ; une approche quantitative, fondée sur les archives que constituent les carottes de glace, devrait considérablement l'améliorer.

De la Révolution industrielle à nos jours

Examinons maintenant la pollution plus récente, par les divers métaux. La carotte prélevée entre la surface et 70 mètres de profondeur, à Summit, permet de reconstituer cette pollution des années 1770 à nos jours. Tout d'abord, les concentrations en plomb sont proches de 10 picogrammes par gramme dans les années 1770, c'est-à-dire environ le double des concentrations observées à la Renaissance. Elles croissent ensuite jusqu'à 50 picogrammes par gramme, dans les années 1900, en raison de la croissance progressive des émissions de plomb par l'industrie des métaux non ferreux, par la sidérurgie et par la combustion du bois et du charbon. Au cours des années 1920 et 1930, les concentrations auraient ensuite décliné passagèrement, peut-être en raison de la dépression économique.

Puis, des années 1930 à la fin des années 1960, les concentrations ont

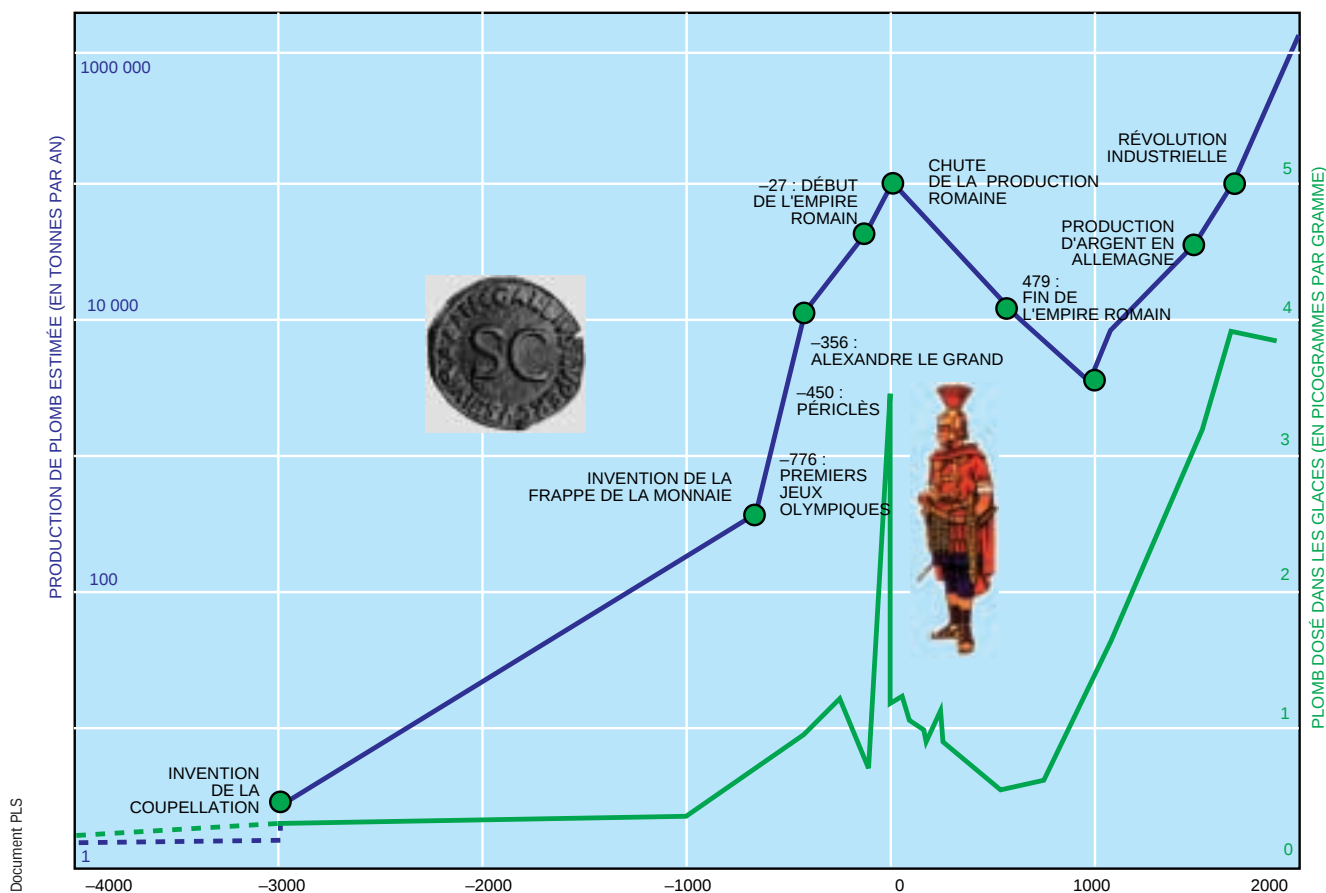
considérablement augmenté, en raison de l'introduction (en 1923), puis de l'utilisation généralisée des composés organo-plombés (le plomb tétraéthyle et le plomb tétraméthyle), comme additifs antidétonants dans les carburants pour automobiles et pour avions. Au maximum des années 1960, la quantité d'additifs utilisée avoisinait les 400 000 tonnes par an (dont deux tiers environ pour les États-Unis). Près de 70 pour cent de ces quantités étaient directement rejetées dans l'atmosphère, à la sortie des pots d'échappement : l'ensemble de notre planète fut terriblement contaminé.

Les concentrations maximales atteintes dans les neiges du Groenland à la fin des années 1960 – environ 100 picogrammes par gramme – sont plus de 200 fois supérieures aux concentrations naturelles d'il y a plusieurs milliers d'années, et la pollution par le plomb fut, de loin, l'une des pollutions globales les plus spectaculaires (les facteurs d'augmentation pour les composés du soufre et de l'azote, pour le

gaz carbonique et pour le méthane sont bien inférieurs).

À partir du début des années 1970, les concentrations diminuent d'un facteur dix environ, ce qui ramène les concentrations des années 1990 au niveau de celles de la première moitié du XIX^e siècle. Manifestement, c'est là l'effet de l'abandon progressif des additifs au plomb au cours des deux dernières décennies. D'une part, de plus en plus de véhicules (la quasi-totalité aux États-Unis et au Japon) consomment maintenant une essence non plombée ; d'autre part, les compagnies pétrolières ont été conduites à réduire les concentrations en plomb dans l'essence plombée : en France, la concentration en plomb, qui était de 0,55 gramme par litre en 1976, est passée à 0,15 gramme par litre depuis 1991.

La contribution des additifs au plomb à la pollution généralisée de l'atmosphère, au cours des dernières décennies, a été directement confirmée par la détection de composés organo-plombés, principalement le plomb trié-



5. LES CONCENTRATIONS EN PLOMB dans les glaces du Groenland ont été altérées par les activités humaines dès le premier millénaire avant notre ère. Sur ce diagramme, on a mis en correspondance la production estimée de plomb et la quantité de plomb présente dans les

glaces. Les analyses montrent que la pollution en plomb de l'atmosphère de l'hémisphère Nord est ancienne. L'Empire romain a largement pollué la Terre. Puis la pollution a repris à partir du Moyen Âge, avant de se généraliser avec l'introduction des additifs pour l'essence.