



Le plomb émis lors de l'incendie du toit de la cathédrale Notre Dame de Paris a-t-il une signature isotopique singulière ?

Novembre 2020

Note en réponse à la sollicitation de l'ARS Ile de France sur la détermination d'une signature isotopique du plomb émis lors de l'incendie de Notre Dame (commande D19N0154_ARSIDF).

Citation suggérée : Glorennec P., Durand S. Le Bot B. Le plomb émis lors de l'incendie du toit de la cathédrale Notre Dame de Paris a-t-il une signature isotopique singulière ? Ecole des Hautes Etudes en Santé Publique, Rennes, France nov. 2020.

Résumé

Le 15 avril 2019, la cathédrale "Notre Dame de Paris" a pris feu et lors de cet incendie des particules de plomb ont été émises puis se sont donc déposées dans les environs. Notre objectif était de déterminer si le panache de plomb avait une signature isotopique homogène, et si oui, si elle était singulière. Des échantillons de poussière ont été recueillis en janvier 2020 dans six zones à l'intérieur de la cathédrale, sous le vent de l'incendie, ainsi que huit débris de toit. Ils ont été minéralisés et analysés par ICP-MS. Leurs ratios isotopiques $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ et $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ont été déterminés, comparés les uns aux autres et aux rapports publiés précédemment. Les poussières collectées à l'intérieur de la ND ont des signatures compatibles entre elles et avec la plupart des fragments de toit. Cependant, cette signature est commune et ne diffère pas de celle de nombreuses autres poussières collectées en France au cours de la période 2008-2009, ni de celle du sang d'enfants collecté au même moment en France. Ainsi, il n'apparaît pas techniquement pertinent de comparer des signatures isotopiques du plomb dans des prélèvements sanguins et/ou environnementaux avec les émissions de plomb de l'incendie.

Le plomb émis lors de l'incendie du toit de la cathédrale Notre Dame de Paris a-t-il une signature isotopique singulière ?

Introduction

L'objectif de cette étude préliminaire est d'évaluer la pertinence d'une comparaison des signatures isotopiques du plomb dans des prélèvements sanguins et/ou environnementaux avec les émissions de plomb de l'incendie. Le principe est dans ce premier temps de mesurer puis situer la signature du plomb de la cathédrale et des poussières émises par rapport à la distribution du plomb dans les poussières et plomb sanguin en France.

Matériel et Méthode

Le 31 janvier 2020, huit fragments tombés de l'ancien toit et de la flèche ont été échantillonnés (quatre de plomb fondu et mélangé et quatre de plomb non fondu), ainsi que neuf échantillons de poussière situés à l'intérieur de la cathédrale, sous le vent de l'incendie. Leurs emplacements sont indiqués dans le tableau 1 et la figure 1.

Tableau 1. Description des fragments de toit et des échantillons de poussières prélevés et analysés.

Echantillon	Nature	Remarque
« Table toiture plus ancienne »	Toit	Plomb non fondu, XIXe
« Table toiture pignon sud »	Toit	Plomb non fondu, XIXe
« Décor de la flèche »	Toit	Plomb non fondu, XIXe
« Crête de faîtage »	Toit	Plomb non fondu, 2008
« Plomb mélangé »	Toit	Mélange de plomb fondu
« Flaque de plomb dans un chéneau »	Toit	Mélange de plomb fondu
« Flaque de plomb dans une gouttière en cuivre »	Toit	Mélange de plomb fondu
« Flaque de plomb »	Toit	Mélange de plomb fondu
« Billetterie boutique »	Poussière	
« Grande boiserie, Tribune Nord »	Poussière	
« Petite boiserie, Tribune Haute Nord »	Poussière	
« Grande boiserie, Tribune Haute Sud »	Poussière	
« Frotti sur pierre, Nef »	poussière	
« Grande boiserie, Tribune Haute Sud »	Poussière	
« Touche de l'orgue »	Poussière	
« Banc devant l'orgue »	Poussière	
« Devant orgue »	Poussière	
« Estrade orgue »	Poussière	

Localisation des prélèvements de poussières de l'incendie

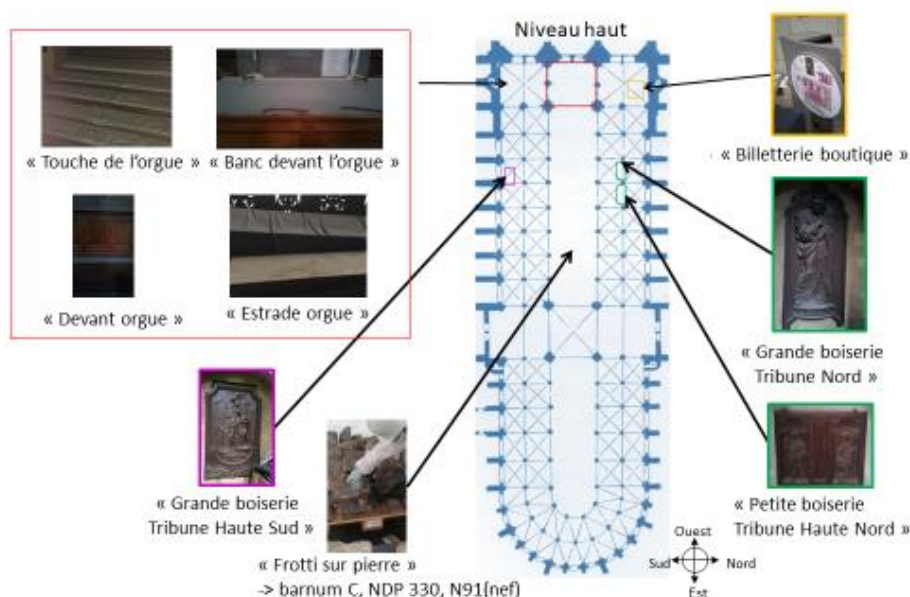


Figure 1. Localisation des prélèvements de poussière de l'Incendie (d'après A. Azéma, LRMH).

Les poussières ont été prélevées par lingettes sur des supports non métalliques. Les échantillons ont été minéralisés puis analysés par ICP-MS (7900 Agilent Technologies) avec correction des biais de masse par méthode standard bracketing par échantillon certifié SRM 981.

La comparaison de la signature isotopique a été effectuée sur des graphiques en utilisant les rapports isotopiques $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ et $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, les plus discriminants dans le contexte français (Y. Oulhote et al. 2011). L'incertitude de mesure est représentée sur des graphiques avec des barres d'erreur (+/- 2 écarts types autour des rapports isotopiques). Les signatures isotopiques des poussières de l'incendie ont été comparées les unes aux autres pour évaluer si la signature de l'incendie était homogène. Elles ont également été comparées aux signatures du toit et de la flèche pour en évaluer l'homogénéité. Les signatures isotopiques des poussières de l'incendie ont ensuite été comparées avec celles de la poussière et du sang observées en France en 2008-2009 (Y. Oulhote et al. 2011) avec des méthodes comparables, notamment en termes de précision.

Résultats

Les rapports isotopiques du plomb du toit de N.D. de Paris et de la poussière de son incendie sont représentés sur la figure 2. La partie du toit ayant le plus faible rapport $\text{Pb}^{207/206}$ et le plus élevé en $\text{Pb}^{206/204}$ (la plus proche du coin supérieur gauche) est celle de la table de toiture de la "table de toiture plus ancienne". La partie du toit ayant le rapport en $\text{Pb}^{207/206}$ le plus élevé et le rapport $\text{Pb}^{206/204}$ le plus bas (le plus proche du coin inférieur droit) est celle de la table de toiture de la paroi latérale sud de la cathédrale. On peut voir sur la figure 2 que les rapports isotopiques, en tenant compte de leurs incertitudes, du toit et des flèches se chevauchent, à l'exception de la "table de toit plus ancienne". De même, les rapports isotopiques de la poussière de l'incendie se chevauchent tous et ont donc une signature homogène. Cette signature est cohérente avec celles du toit, à l'exception de "table plus ancienne".

La figure 3 représente les rapports isotopiques du plomb des poussières d'incendie de N.D de Paris et des poussières domestiques en France. Elle indique que la signature, avec l'incertitude associée, des poussières de l'incendie chevauche de nombreux rapports isotopiques de plomb des poussières qui ont été mesurés dans les maisons de jeunes enfants vivant en France en 2008-2009. La signature des poussières de l'incendie n'est donc pas spécifique.

La figure 4 représente les rapports isotopiques du plomb des poussières de l'incendie de N.D de Paris et ceux du sang des jeunes enfants vivant en France en 2008-2009. Elle indique que la signature des poussières de l'incendie, avec l'incertitude associée, chevauche de nombreux rapports isotopiques du plomb qui ont été mesurés 10 ans avant l'incendie.

Discussion

Nous avons évalué que la signature isotopique de la poussière émise lors de l'incendie de la cathédrale N.D. de Paris était homogène, mais pas spécifique.

Huit échantillons de poussière ont été prélevés pour caractériser la poussière émise par l'incendie. Ils ont été collectés à l'intérieur de la cathédrale, sous le vent à l'ouest du transept. Pour assurer la représentativité des échantillons de poussière, les échantillons n'ont pas été prélevés sur le sol (éventuellement pollué par du plomb tracé), ni sur des objets pouvant contenir du plomb. L'homogénéité de la signature isotopique des échantillons de poussière de l'incendie présentée sur la figure 2 est en faveur d'une source unique. Cette observation est corroborée par la similitude de la signature des poussières de l'incendie avec celles de la majorité des échantillons de toit.

Nous avons comparé la signature de l'incendie avec celles de la poussière et du sang observées en France en 2008-2009 (Y. Oulhote et al. 2011). Nous n'avons pas connaissance d'une évaluation représentative des signatures isotopiques à Paris seulement. Nous n'avons pas pu limiter notre analyse aux enfants issus de l'étude nationale vivant à Paris, car ils étaient très peu nombreux dans l'étude nationale. Nous n'avons observé aucune singularité de la signature de la poussière de l'incendie par rapport à la poussière et au sang français. Une implication pratique est qu'une comparaison des signatures isotopiques ne permet pas d'évaluer la responsabilité de l'incendie de la cathédrale pour une contamination environnementale ou une exposition humaine. De plus, dans nos conditions d'analyse, on ne peut distinguer le ratio $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ des poussières de l'incendie de celui de la signature urbaine de Paris évaluée par Ayrault et al. (Ayrault et al. 2012) dans des carottes de sédiments prélevées dans la Seine, elle-même proche du minerai de Rio Tinto (Espagne) qui a été fortement exploité depuis le milieu du 19e siècle.

Bibliographie

Ayrault S, Roy-Barman M, Le Cloarec M-F, Priadi CR, Bonté P, Göpel CJC. 2012. Lead contamination of the seine river, france: Geochemical implications of a historical perspective. 87:902-910.

Oulhote Y, Le Bot B, Poupon J, Lucas JP, Mandin C, Etchevers A, et al. 2011. Identification of sources of lead exposure in french children by lead isotope analysis: A cross-sectional study. Environ Health 10:75.

Figures

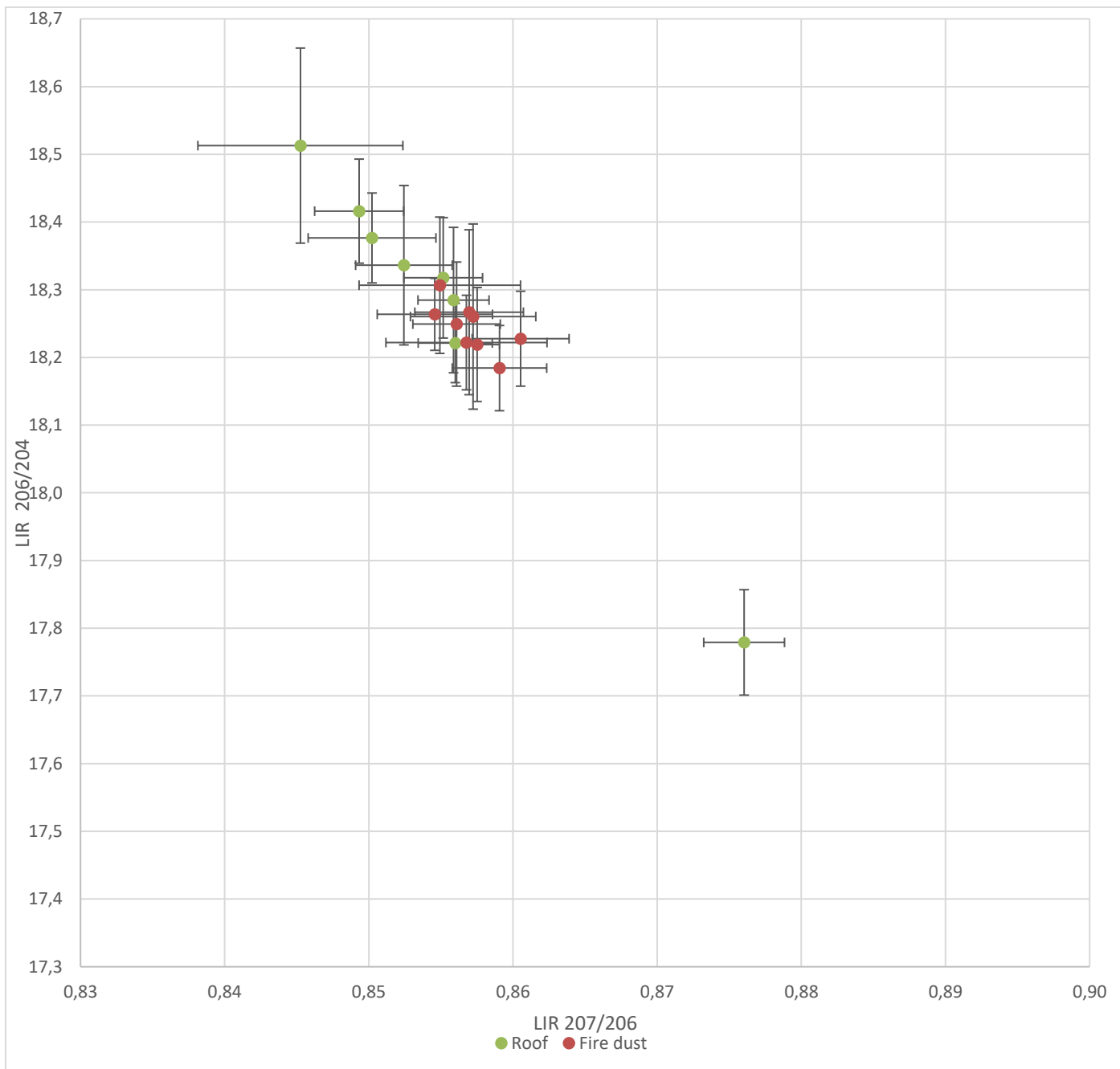


Figure 2. Ratios isotopiques du toit de ND de Paris, et des poussières émises lors de son incendie.

Lead isotopic ratios of N.D de Paris roof and of dust from its fire.

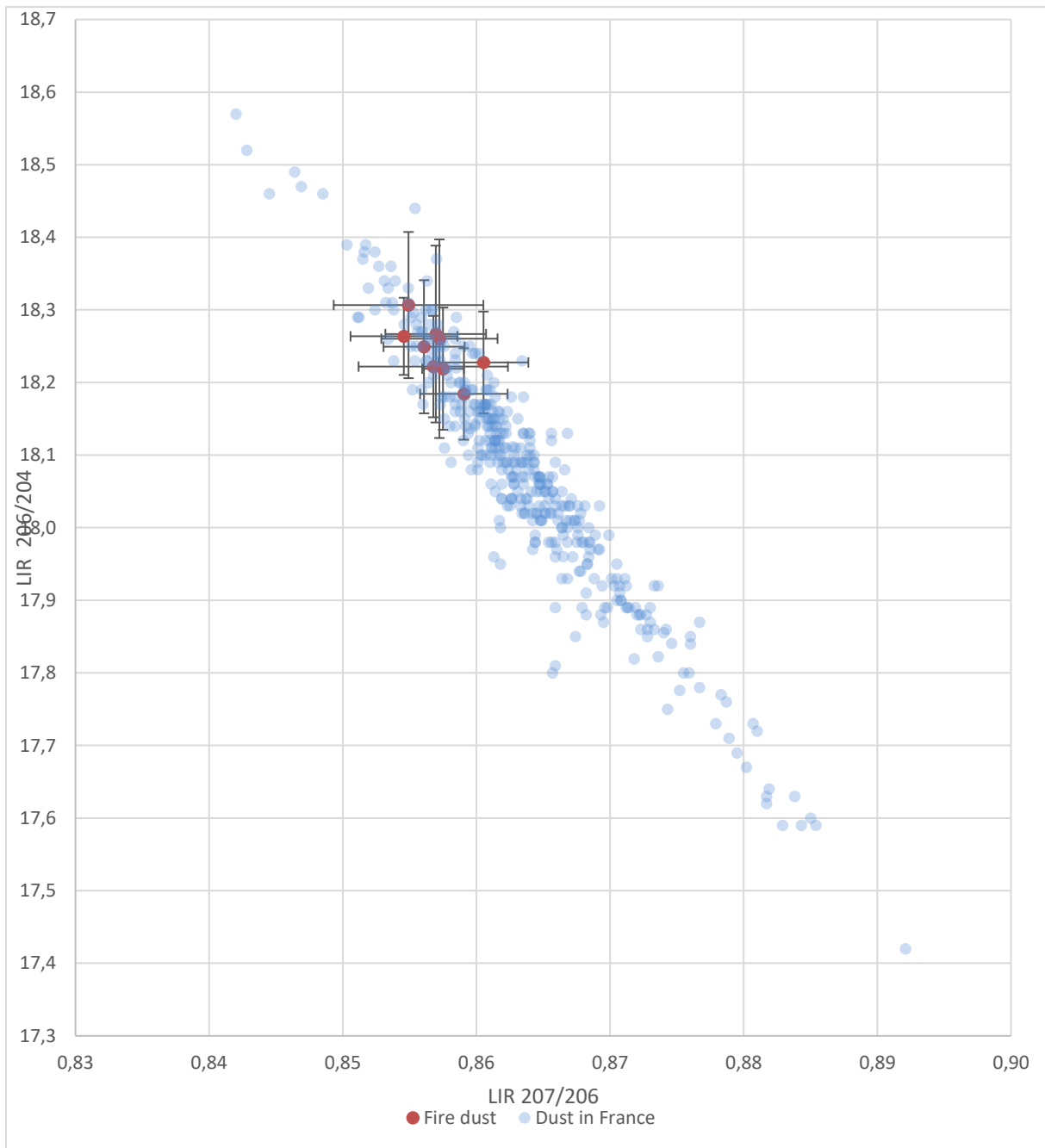


Figure 3. Ratios isotopiques des poussières émises lors de l'incendie de N.D. de Paris et de poussières en France. Lead isotopic ratios of N.D de Paris fire dust and home dust in France.



Figure 4. Ratios isotopiques des poussières émises lors de l'incendie de N.D. de Paris et de sang en France. Lead isotopic ratios of N.D de Paris Fire dust and blood in France.