

L'apport des analyses chimiques à la connaissance des armatures de fer de Notre-Dame de Paris

Maxime L'Héritier, Aurélia Azéma, Delphine Syvilay, Emmanuelle Delqué-Kolic, Philippe Dillmann

▶ **To cite this version:**

Maxime L'Héritier, Aurélia Azéma, Delphine Syvilay, Emmanuelle Delqué-Kolic, Philippe Dillmann. L'apport des analyses chimiques à la connaissance des armatures de fer de Notre-Dame de Paris. Chimie et Notre-Dame: la science au service d'une résurrection, Fondation de la Maison de la Chimie, Feb 2022, Paris, France. cea-03574124

HAL Id: cea-03574124
https://cea.hal.science/cea-03574124

Submitted on 15 Feb 2022

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.

L'apport des analyses chimiques à la connaissance des armatures de fer de Notre-Dame de Paris.

Maxime L'HÉRITIER[a], Aurélia AZÉMA[b], Delphine SYVILAY[b],
Emmanuelle DELQUÉ-KOLIC[c], Philippe DILLMANN[d]

[a] *Université Paris 8, ArScAn CNRS UMR 7041*
[b] *LRMH CRC USR 3224*
[c] *LMC14, LSCE CEA/CNRS UVSQ UMR 8212*
[d] *LAPA IRAMAT NIMBE CEA/CNRS*

L'incendie de 2019 a mis au jour des armatures de fer jusqu'ici inconnues dans la structure de Notre-Dame de Paris. Ces découvertes ont conduit à la documentation systématique de ces usages dans la diachronie, des phases de construction des XII^e^-XIII^e^ siècles aux restaurations des XIX^e^-XX^e^ siècles. Au-delà de l'inventaire archéologique de ces armatures préalable à toute forme d'étude, l'analyse chimique des alliages ferreux qui les composent apporte un éclairage inédit sur les pratiques des bâtisseurs médiévaux et modernes, grâce aux méthodologies développées depuis une vingtaine d'années [1] : nature et qualité des matériaux mis en œuvre, procédés techniques de production utilisés et mise en forme par les forgerons [2], provenance et approvisionnement du métal pour le chantier [3]. Ces analyses permettent enfin de renseigner la chronologie de ces renforcements [4]. Grâce au chantier de restauration et à l'ensemble de ses acteurs, plusieurs dizaines d'armatures (agrafes, tirants, clous, armatures des décors…) ont pu être prélevées pour être soumises à ces investigations.
L'analyse métallographique de ces armatures révèle en premier lieu la nature des alliages ferreux mis en œuvre, très hétérogène, alliant fer, carbone, phosphore et de nombreuses inclusions non métalliques. Certaines pièces se démarquent toutefois par une composition très aciérée. Elle met également en évidence de nombreuses soudures, qui posent la question de la mise en forme de ces barres, par assemblage d'éléments plus petits, et incidemment la question de l'utilisation de matières recyclées et des circuits d'approvisionnement. L'analyse des inclusions de scories en éléments majeurs par MEB-EDS, puis en éléments traces par LA-ICP-MS renseigne sur les procédés techniques utilisés, bas fourneau et haut fourneau, et les différentes sources de métal, illustrant l'activité du marché du fer sur la place parisienne. Enfin, six agrafes et deux clous ont pu être datés par la méthode du radiocarbone. Les résultats obtenus donnent des éléments nouveaux de compréhension des phases de construction et de consolidation de l'édifice.

Références :

[1] M. L'Héritier, Le fer et le plomb dans la construction monumentale au Moyen Âge, de l'étude des sources écrites à l'analyse de la matière, *Ædificare*, 2019, p. 79-121.
[2] P. Dillmann, M. L'Héritier, Slag inclusion analyses for studying ferrous alloys employed in French medieval buildings, *JAS*, 34, 2007, p. 1810-1823.
[3] A. Disser, P. Dillmann, M. Leroy, M. L'Héritier, S. Bauvais, P. Fluzin, Iron Supply for the Building of Metz Cathedral, *Archaeometry*. 59, 2017, p. 493-510.
[4] S. Leroy, M. L'Héritier, E. Delqué-Kolic, J.-P. Dumoulin, C. Moreau, P. Dillmann, Consolidation or initial design? Radiocarbon dating of ancient iron alloys sheds light on the reinforcements of French Gothic Cathedrals, *JAS*, 53, 2015, p. 190-201.

Mots Clés : Alliages ferreux, Métallographie, Archéométrie, Architecture gothique, Datation.