

Programme National de Recherche sur le Patrimoine Culturel (PNRPC) du ministère de la culture et de la communication

**Néoformation de sulfates
comme facteur de dégradation des monuments :
traçage isotopique (S, O, B)
des sources internes et externes de pollution**

Durée du programme : 2 ans (2004-2006).

Thématique du programme

Les pierres de monuments s'altèrent principalement sous l'action de l'eau et de la cristallisation de sels solubles. Il est souvent difficile d'y remédier, généralement parce que l'origine des sels n'est pas connue. L'objectif de cette recherche était ainsi de préciser l'origine des sulfates solubles responsables de la dégradation des pierres. Il s'agissait notamment de distinguer et de quantifier les apports de différentes sources identifiées : naturelles internes (pyrite notamment), naturelles externes (aérosols marins), anthropiques involontaires (pollution atmosphérique urbaine), anthropiques volontaires (plâtre, ciment romain), ceci sur un choix délibéré de monuments présentant des causées par une ou plusieurs des sources citées ci-dessus. Les monuments concernés sont les cathédrales de Bourges (18), Chartres (28), Marseille (13) et Versailles (78), ainsi que le château de Chenonceaux (37).

La méthodologie proposée repose sur la signature isotopique du soufre et de l'oxygène constituant les sulfates solides ainsi que celle du bore présent en traces dans les mêmes sulfates. Cette combinaison de plusieurs isotopes permet de restreindre le nombre d'hypothèses quant à l'identification des sources. Ce concept de la "boîte à outils" multi-isotopique, déjà été utilisé avec succès dans l'identification de polluants de l'eau et de l'atmosphère, est novateur dans le domaine de la conservation des monuments. Même si les isotopes du soufre ont été appliqués dans le passé, les études impliquant plusieurs isotopes (comme les isotopes du S et de l'O des sulfates) sont rares et le développement d'un outil multi-isotopique (B, O, S) n'avait jamais été tenté.

Les objectifs étaient :

- l'étude de la néoformation de sulfates sur des monuments situés dans des contextes différents (différents matériaux de construction, environnements divers, urbain, côtier...)
- la constitution une banque des signatures isotopiques de sources potentielles de sulfates
- l'évaluation de l'importance des sources internes et externes de sulfates pour les monuments étudiés et en particulier de mieux comprendre la contribution de certains matériaux de construction ou de restauration dans la dégradation des pierres, pour en tirer des recommandations générales (définition de stratégies de restauration et de conservation -restriction de l'utilisation de certains matériaux, élimination ou isolation de sources de dégradation internes au monument- etc.).
- proposer une méthode de quantification de l'impact des sources de sulfates, applicable dans le cadre d'études préalables à la restauration

Equipe de recherche animant ce programme

Dr. W. Kloppmann (coordinateur), Dr E. Petelet, Dr C. Guerrot (Bureau de Recherches Géologiques et Minières) - France

Dr. Jean-Marc Vallet, Dr. Philippe Bromblet (C.I.C.R.P.) - France

C. Gosselin (L.R.M.H.-C.I.C.R.P.) - France

O. Rolland (restaurateur)

Dr. V. Vergès-Belmin, M. Guiavarc'h (LRMH) - France

Publications liées à ce programme

KLOPPMANN W., VERGÈS-BELMIN V., GOSSSELIN C., ROLLAND O., BROMBLET P., VALLET J.-M., DOTSIKA E. (2006). Isotope (sulphur, oxygen, boron) tracing of internal or external origin of sulphates involved in the degradation of French stone monuments (BOS project). Safeguarded cultural heritage- Understanding and viability for the enlarged Europe, 7th European Commission Conference "Sauveur", 31/05-3/06 2006, volume 1 – papers, pp. 437-440.

VALLET JM., GOSSSELIN C., BROMBLET P., ROLLAND O., VERGÈS-BELMIN V., KLOPPMANN W. (2006). "Origin of salts in stone monument degradation using sulphur and oxygen isotopes: first results of the Bourges Cathedral (France).", Journal of Geochemical Exploration, n° 88, pp. 358-362.