



# **PROGRAMME NATIONAL DE RECHERCHE SUR LE PATRIMOINE CULTUREL**

---

**CONNAISSANCE DES MATERIAUX ET DE LEUR ENVIRONNEMENT**

**CONSERVATION DES BIENS CULTURELS**

**COMITE SCIENTIFIQUE : “ ANALYSE, CONSERVATION, RESTAURATION DES BIENS CULTURELS ”**

**CONSEIL MINISTERIEL DE LA RECHERCHE**

# SOMMAIRE

<b>1. LES OBJECTIFS DU PROGRAMME</b>	<b>4</b>
1.1. LA CONNAISSANCE DES MATÉRIAUX DU PATRIMOINE CULTUREL	4
1.2 LES RETOMBÉES DES RECHERCHES	5
1.3 L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE ET LA PUBLICATION DES RÉSULTATS	6
1.4 LES ACTEURS DE LA RECHERCHE ET LA FORMATION PAR LA RECHERCHE	7
<b>2. LES CHAMPS COUVERTS PAR LES PROGRAMMES EXISTANTS</b>	<b>8</b>
2.1. LES PROGRAMMES NATIONAUX	8
2.1.1. Le programme PRIMEQUAL	8
2.1.2. Le programme ECLIPSE du CNRS	8
2.1.3. Le programme environnement, Vie et Sociétés (EVS) du CNRS	9
2.2. LES PROGRAMMES EUROPÉENS	9
2.2.1. Les programmes de recherche de la Commission Européenne pour la protection et la conservation du patrimoine culturel européen	9
2.2.2. L'initiative Eurêka	9
2.2.3. Les réseaux COST	10
<b>3. LES THÉMATIQUES DU PROGRAMME NATIONAL</b>	<b>10</b>
3.1 THÉMATIQUE I : CONNAISSANCE DES MATÉRIAUX	11
3.1.1. Présentation générale	11
3.1.2. Objectifs	11
3.1.3 Méthodes	13
3.2. THÉMATIQUE II : IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA DÉGRADATION ET LA CONSERVATION DU PATRIMOINE CULTUREL	15
3.2.1. Présentation générale	15
3.2.2. Objectifs, méthodes et acteurs	15
3.3. THÉMATIQUE III : INTERPRÉTATION DES PROCESSUS D'ALTERATION ET MISE AU POINT DES CAHIERS DE CHARGES D'INTERVENTION	17
3.3.1. Présentation générale	17
3.3.2. Objectifs et méthodes	19
3.4 THÉMATIQUE IV : RECHERCHES EN CONSERVATION DU PATRIMOINE CULTUREL	19
3.4.1. Présentation générale	19
3.4.2. Objectifs et méthodes	20
<b>4. MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME</b>	<b>23</b>
4.1 LE COMITÉ DE PILOTAGE	23
4.2. CONSEIL SCIENTIFIQUE ET SECRÉTARIAT GENERAL	23
4.3. APPELS À PROPOSITIONS DE RECHERCHE	24

<b>ANNEXES</b>	<b>25</b>
<b>LISTE DES PARTICIPANTS AU GROUPE DE RÉFLEXION SUR LE PROGRAMME</b>	<b>26</b>
<b>EXEMPLE DE MODÈLE DE PRÉSENTATION D'UN PROJET DE RECHERCHE</b>	<b>28</b>
<b>CONTRATS EUROPÉENS À PARTICIPATION FRANÇAISE (1986-2002)</b>	<b>29</b>
<b>PRINCIPALES PUBLICATIONS DE RANG INTERNATIONAL (1998-2002)</b>	<b>34</b>
<b>PUBLICATIONS ET EXPOSITIONS DESTINÉES AU GRAND PUBLIC</b>	<b>45</b>
<b>THÈSES SUR LES MATÉRIAUX DU PATRIMOINE (1997-2002)</b>	<b>46</b>
<b>LISTE DE COLLOQUES, ÉCOLES ET COURS DOCTORAUX</b>	<b>48</b>
<b>PRIX OBTENUS PAR DES JEUNES CHERCHEURS</b>	<b>49</b>

# 1. LES OBJECTIFS DU PROGRAMME

## 1.1. LA CONNAISSANCE DES MATERIAUX DU PATRIMOINE CULTUREL

La France possède un patrimoine culturel exceptionnel par sa qualité, sa diversité, son abondance et l'étendue chronologique qu'il recouvre. Ce patrimoine culturel peut être classé en plusieurs catégories : les monuments historiques, les objets archéologiques et ethnographiques, les objets et œuvres d'art, les documents graphiques et les archives. Il a été longtemps étudié seulement par les disciplines des sciences humaines que sont l'archéologie, l'ethnologie, l'anthropologie, l'histoire et l'histoire de l'art.

Or, dès que l'on s'attache à la compréhension de ces témoignages historiques et culturels, on constate que les *matériaux* qui les constituent représentent également un support extrêmement intéressant de la connaissance. En effet, les matériaux constitutifs des objets historiques et culturels ont enregistré un grand nombre d'informations concernant leur histoire, qu'il s'agisse de leur origine géographique, de leur environnement, de la période à laquelle ils ont été confectionnés et exploités, des techniques de fabrication ou de transformation dont ils résultent ou encore de leur utilisation toujours liée à un contexte économique, social et symbolique bien défini. En outre, c'est de la nature et des propriétés de ces matériaux que va dépendre la bonne conservation de ces objets en contexte muséal et patrimonial, voire en plein air dans le cas des objets et monuments historiques exposés à l'extérieur.

La connaissance des *matériaux* choisis, parfois transformés jusqu'à obtenir des œuvres d'art uniques, et utilisés par nos prédécesseurs ou nos contemporains, représente donc une source majeure d'information pour comprendre l'évolution des sociétés et des arts passés ou contemporains d'une part, et pour conserver et présenter ces objets au public d'autre part. Appréhender le patrimoine culturel à partir de l'étude des matériaux et de leur environnement suppose une démarche interdisciplinaire entre les sciences humaines et les sciences physiques, chimiques, biologiques et minéralogiques sur lesquelles s'appuie la science de la conservation.

Comme l'a récemment souligné un rapport de l'Académie des Sciences sur la chimie analytique<sup>1</sup>, l'étude des matériaux du patrimoine culturel tend à devenir un champ à part entière de la chimie analytique. Par ailleurs, les outils et les connaissances acquis dans les disciplines très éloignées du champ culturel ne sont pas suffisamment exploités et adaptés aux problématiques et à l'étude des objets du patrimoine culturel. Grâce à une prise de conscience générale sur la nécessité de mieux conserver le patrimoine culturel et au développement des techniques d'analyse et d'essai dans la seconde moitié du 20<sup>ème</sup> siècle, de nombreux laboratoires de recherche, universitaires ou appartenant à des grands organismes, ou encore rattachés au Ministère de la culture et de la communication, ont mis en place des méthodes d'étude adaptées à l'analyse des matériaux du patrimoine culturel. En effet, ces matériaux représentent un réel défi analytique car il s'agit de *matériaux composites, souvent pollués, qui ont été transformés par l'homme* et qui ont subi un ensemble de *dégradations dans l'environnement* souvent pendant des siècles, voire des millénaires.

---

<sup>1</sup> *La chimie analytique. Mesure et société*. Rapport sur la science et la technologie n°6 animé par Christian Amatore, 2000, 186p.

De plus, leur rareté, leur éventuelle fragilité et leur caractère souvent précieux impliquent la mise au point de techniques d'analyse non destructives qui ne nécessitent pas ou très peu de prélèvement. L'intérêt porté à ces réflexions renforce le caractère social de ce patrimoine culturel.

## 1.2 LES RETOMBEES DES RECHERCHES

Bien que ces travaux soient relatifs aux matériaux du patrimoine culturel, certains d'entre eux présentent un intérêt indéniable pour les matériaux contemporains et représentent de réels ponts entre les problématiques des matériaux du passé et ceux du présent, comme en témoignent les prix scientifiques qui ont récompensé certaines recherches (voir en annexe), dont certains étaient attribués par le monde industriel (L'Oréal, Nestlé, par exemple).

Ainsi certaines techniques adaptées, puis largement répandues pour l'analyse des matériaux du patrimoine culturel sont de plus en plus utilisées pour répondre à des questions scientifiques ou de société, comme par exemple :

- la *thermoluminescence*, technique de datation de certains matériaux ayant subi un chauffage, a récemment été utilisée pour déterminer les températures atteintes par les matériaux constitutifs du tunnel du Mont-Blanc lors du dramatique incendie de mars 1999 ;
- la *datation par le carbone 14* a été utilisée pour mettre en évidence des fraudes alimentaires, par exemple dans les vins ;
- les études menées sur les *processus d'altération des métaux et du verre des vitraux* qui ont séjourné des siècles ou des millénaires enfouis en contexte sédimentaire intéressent fortement les acteurs de l'industrie nucléaire pour le stockage de ses déchets ;
- les recherches concernant la *salissure et l'altération des vitraux* intéressent aussi l'industrie verrière pour la mise au point de verres auto-nettoyants ;
- les recherches menées dans le champ de la "*paleodiet*", qui consistent à reconstituer le régime alimentaire d'espèces aujourd'hui disparues ou de nos lointains ancêtres à partir de la mesure des isotopes stables du carbone et de l'azote dans les ossements, sont également utilisées à l'heure actuelle pour étudier le régime alimentaire de nombreuses espèces destinées à la consommation humaine, afin de vérifier leur conformité aux normes en vigueur, surtout en relation avec la maladie de Kreusfeld-Jacob ;
- les études concernant la caractérisation de *matériaux organiques anciens*, et en particulier de résidus alimentaires, sont citées dans des articles concernant des matériaux actuels dans la mesure où ils peuvent contribuer à une meilleure lutte contre les fraudes alimentaires ;
- dans le domaine du *paléoenvironnement*, les méthodes naturalistes ou physico-chimiques permettent de mieux comprendre les processus de co-évolution de l'homme avec son milieu sur le long terme et ainsi, de distinguer l'influence de l'action de l'homme de celle des facteurs naturels sur les modifications environnementales par exemple ;
- des expériences d'exposition de la pierre, du béton, du verre et des métaux aux gaz et particules d'échappement sont développées en collaboration avec l'*industrie automobile*. Il est évident que ces expériences présentent un intérêt majeur non seulement pour les matériaux du patrimoine culturel, mais aussi pour ceux des véhicules eux-mêmes ;
- dans le domaine des *politiques de l'environnement*, les matériaux du patrimoine culturel servent de référence pour l'application de la Loi sur l'Air dans les Plans régionaux de Protection de l'Atmosphère.

### 1.3 L'ORGANISATION DE LA RECHERCHE ET LA PUBLICATION DES RESULTATS

A l'heure actuelle, les recherches menées sur les matériaux du patrimoine culturel et leur environnement sont relativement dispersées, tant du point de vue institutionnel, que de celui des champs disciplinaires, ce qui nuit à leur efficacité. Cela étant, on peut constater que les acteurs de ce champ de recherche commencent à se fédérer au niveau national, comme en témoigne le Groupement de Recherche “CHIMART”.

De même, au niveau européen un certain nombre de laboratoires commencent à s'organiser afin de mettre en commun leur expertise et leurs moyens analytiques (voir en annexe).

Malgré cette dispersion des recherches, la qualité scientifique et le dynamisme des équipes qui s'intéressent à ces thématiques ont débouché sur des *publications de rang international*, tant dans le domaine de la physique, de la chimie, des sciences des matériaux et de l'environnement, que dans celui de l'archéologie et de l'histoire de l'art (voir en annexe).<sup>2</sup>

Outre les publications dans des revues scientifiques de haut niveau, la diffusion des résultats de ces travaux se fait également dans de nombreux *colloques nationaux et internationaux* (voir en annexe), dont certains ont récemment été organisés en France<sup>3</sup>.

Ils sont aussi transmis directement aux étudiants en stage ou en thèse de doctorat dans les laboratoires s'impliquant dans la recherche sur le patrimoine culturel ou encore dans les Ecoles ou Cours doctoraux internationaux que ceux-ci organisent.

Lorsque cela est jugé utile, les résultats de ces recherches font l'objet d'une diffusion vers le grand public, par le biais d'émissions télévisées ou radiophoniques, de conférences ou d'articles dans des revues accessibles au grand public (La Recherche, Pour la Science, etc.).

Ces actions contribuent à montrer au public, et en particulier à des élèves ou des étudiants qui délaissent les filières scientifiques, que la science, loin d'être rébarbative, mérite toute leur attention.

---

<sup>2</sup> Un certain nombre de travaux de nos laboratoires ont ainsi été publiés dans *Analytical Chemistry, Journal of Raman Spectroscopy, X-Ray Spectrometry, Journal of Chromatography, Journal of the European Ceramic Society, American Mineralogist, Solid State Sciences, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Materials and Structures, Physics and Chemistry of Glasses, Glass Technology, Glass Science and Technology, Geology, Environmental Geology, Journal of the Geological Society, Atmospheric Environment, The Science of the Total Environment, Archaeometry, Journal of Archaeological Science, Studies in Conservation, Journal of Cultural Heritage, Techné, etc.*

<sup>3</sup> Par exemple : *Colloques Art et Chimie : la couleur*, octobre 1998, Paris, et *Art et Chimie: les polymères*, octobre 2002, Paris; *4th Conference of the European Commission on Research for the Protection, Conservation and Enhancement of Cultural Heritage*, novembre 2000, Strasbourg, *European Commission Advanced Study Course “Sciences and Technologies of the Materials and of the Environment for the Protection of Stained-Glasses and Stone Monuments”*, 1998, Université Paris XII-LRMF, Paris, *4<sup>th</sup> International Congress “Lasers in the Conservation of Artworks” LACONA IV*, Paris, 11-14 September 2001.

## 1.4 LES ACTEURS DE LA RECHERCHE ET LA FORMATION PAR LA RECHERCHE

Bien que les recherches sur la physico-chimie des objets du patrimoine culturel commencent à se fédérer au niveau national, il est encore difficile d'évaluer le nombre de personnes et de laboratoires travaillant sur ces matériaux en raison du caractère fortement interdisciplinaire de ces recherches, à l'origine de leur dispersion dans plusieurs laboratoires relevant de diverses institutions.

Cependant un rapide survol des acteurs de ces recherches semble montrer qu'elles se concentrent dans des laboratoires dépendant du Ministère de la culture et de la communication ou dans des UMR faisant intervenir le Ministère de la culture et de la communication, le CNRS et/ou les universités qui développent à la fois des activités propres, mettent en place des réseaux de collaborations avec des laboratoires spécialisés dans des techniques analytiques performantes et assurent le transfert technologique vers les utilisateurs finaux (conservateurs, restaurateurs, archéologues, historiens d'art, etc.). Il faut noter également, avec la récente création de l'Institut national de recherches archéologiques préventives (INRAP), le rôle probablement croissant de cet organisme dans les UMR dans un futur proche. Le CEA est également un des organismes s'intéressant aux matériaux du patrimoine culturel.

En ce qui concerne le CNRS, il est intéressant de noter que le personnel qui consacre une partie plus ou moins importante de son temps à des recherches sur les matériaux du patrimoine culturel relève de plusieurs départements (sciences humaines et sociales, sciences chimiques, sciences pour l'ingénieur, sciences de l'univers et de l'environnement).

Enfin, on ne saurait clore ce bref bilan sur les acteurs de la recherche sans aborder la question de l'enseignement. A l'heure actuelle, la formation des étudiants dans le domaine de la connaissance des matériaux du patrimoine culturel se fait essentiellement dans différents D.E.A. “ environnement et Archéologie ” (collaboration entre l'Université de Paris I, VI et X et l'Université de Besançon), “ Archéologie et Archéosciences ” (collaboration entre l'Université de Rennes I et II, et l'Université de Nantes) ou “ Archéomatériaux ” (Université de Bordeaux III) ou D.E.S.S. “ Méthodes scientifiques et techniques en archéologie ” (Université de Bourgogne), “ Méthodes physiques en archéologie et muséographie ” (Université de Bordeaux I et III), “ Les métiers de l'archéologie ” (Université de Nantes) ou “ Conservation préventive ” (Université de Paris I).

Les formations initiales des restaurateurs du patrimoine telles que par exemple la Maîtrise de Sciences et Techniques “ Conservation-restauration des biens culturels ” de l'Université de Paris I et le département de formation des restaurateurs du patrimoine de l'Institut national du patrimoine (“INP”) intègrent également de plus en plus la formation par la recherche dans leur cursus.

En outre, l'enseignement scientifique sur ces matériaux est un fabuleux outil d'apprentissage à une période où les étudiants tendent à délaisser les filières scientifiques, en témoigne le programme d'enseignement de l'Ecole Centrale qui a inscrit ce thème dans sa formation et ainsi re-dynamisé une filière scientifique (recrudescence des inscriptions et des mémoires co-dirigés dans la filière “ Elaboration des Matériaux ”).

En ce qui concerne la formation à la recherche, un certain nombre d'étudiants, la plupart du temps inscrits dans des filières scientifiques, préparent des doctorats sur la physico-chimie des matériaux du patrimoine et sont souvent à l'origine d'avancées non négligeables dans ce domaine, qu'il s'agisse du développement de nouvelles stratégies analytiques, ou d'informations novatrices dans le domaine

de l'histoire de l'art ou de l'archéologie. Ces recherches sont réalisées dans divers laboratoires du Ministère de la culture et de la communication ou du CNRS.

## **2. LES CHAMPS COUVERTS PAR LES PROGRAMMES EXISTANTS**

La proposition d'un programme national de recherche sur le patrimoine culturel doit être mise en perspective en considérant les programmes existant au niveau national ou européen qui prennent partiellement en compte cette problématique. Il s'agit de capitaliser les connaissances acquises dans le cadre de ces programmes et d'établir entre eux des liens informels ou formels entre ces différents programmes.

### **2.1. LES PROGRAMMES NATIONAUX**

#### **2.1.1. Le programme PRIMEQUAL**

Le programme PRIMEQUAL (Programme de Recherche Inter-organismes pour une MEilleure QUalité de l'Air à l'échelle Locale), initié en 1993, concerne la pollution atmosphérique locale et régionale, ses sources et ses effets, qu'elle soit extérieure ou intérieure.

Un volet de ce programme est consacré à l'impact de la pollution atmosphérique sur le patrimoine bâti, en particulier historique et culturel. Ce volet a été renforcé dans la deuxième phase du Programme (PRIMEQUAL 2), lancée en 2001 pour 4 ans. Il concerne la plupart des thèmes qui seront proposés au chapitre II : “ *Impact de l'environnement sur la dégradation et la conservation du patrimoine culturel* ”.

Contact : Pascale EBNER (Ministère de l'écologie et du développement durable)

#### **2.1.2. Le programme ECLIPSE du CNRS**

Le programme ECLIPSE (environnement et CLimat du Passé : histoire et évolution) du CNRS est destiné à faire collaborer des scientifiques de différents domaines (Sciences de l'Univers, Sciences de l'Homme et de la Société, Sciences de la Vie). En s'appuyant sur les programmes scientifiques existants, il s'agit d'accroître la compréhension des processus naturels qui ont contrôlé l'environnement terrestre dans le passé, leur variabilité spatiale et temporelle, ainsi que celle des relations entre les systèmes environnementaux et écologiques. Parmi les quatre axes de recherche, celui concernant “ l'étude des conséquences des changements de l'environnement sur les sociétés humaines ” (dynamique des populations, implications des changements de l'environnement et du climat sur les déplacements / migrations des hominidés et développement des sociétés humaines) entre dans le champ d'investigation du présent PNRPC .

Contact : Anne-Marie LEZINE, Directeur du programme (CNRS / INSUE)

### **2.1.3. Le programme environnement, Vie et Sociétés (EVS) du CNRS**

Ce programme a pour mission de promouvoir au sein du CNRS des actions de recherche interdisciplinaires sur les questions concernant l'environnement de l'Homme, c'est-à-dire l'ensemble des systèmes naturels ou artificialisés ("anthropisés") dans lesquels l'homme intervient ou est intervenu soit en les exploitant, soit en les aménageant.

Contact : Christian LEVEQUE, Directeur de programme (CNRS Meudon)

## **2.2. LES PROGRAMMES EUROPEENS**

### **2.2.1. Les programmes de recherche de la Commission Européenne pour la protection et la conservation du patrimoine culturel européen**

Le premier programme cadre de recherche et de développement technologique (PCRDT) a été lancé en 1984 pour une durée de quatre ans. Les recherches dans le domaine de la protection et de la conservation du patrimoine culturel européen font partie intégrante des PCRDT depuis 1986 et sont prises en compte au sein des programmes de recherche consacrés à l'environnement. Depuis 15 ans, la Direction "Recherche" de la Commission européenne a ainsi financé de nombreux projets consacrés à l'impact de l'environnement en général, et de la pollution atmosphérique en particulier, sur le patrimoine culturel bâti mais également sur les objets conservés dans les musées, archives et bibliothèques. De nouvelles méthodes et technologies de préservation ont été également développées et pour certaines d'entre elles commercialisées <sup>4</sup>. Plusieurs équipes françaises ont participé ou même coordonné ces projets (voir en annexe).

Cependant, dans le cadre du 6<sup>ème</sup> PCRDT (2002-2006) la "Recherche pour la protection, la conservation et la mise en valeur du patrimoine culturel" devrait être de moindre importance. De ce fait, les recherches sur l'impact de la pollution et sur la mise au point de nouvelles méthodes de diagnostic et de traitement des biens culturels risquent de ne plus être soutenues comme auparavant dans un programme spécifique (par exemple "La Ville de demain et le patrimoine culturel" du 5<sup>ème</sup> PCRDT), mais dispersées au sein de programmes plus généraux (Matériaux, Nanotechnologies, Changement climatique, Développement durable...).

Contact : Johanna LEISSNER et Michel CHAPUIS, (Commission européenne, DG "Recherche")

### **2.2.2. L'initiative Eurêka**

L'initiative Eurêka est un réseau européen de Recherche et Développement orientée vers le marché et les petites et moyennes entreprises. Elle a pour but de renforcer la compétitivité européenne en stimulant la coopération dans les domaines de la recherche et du développement technologique guidés par le marché. Eurêka permet à l'industrie et aux instituts de recherche des pays membres et de l'Union européenne de coopérer par le biais d'une approche ascendante ("bottom up") au développement et à l'exploitation de technologies innovantes. Depuis de nombreuses années Eurêka

---

<sup>4</sup> A review of the European Commission Research on Environmental Protection and Conservation of the European Cultural Heritage, Updated version – May 2002, European Commission, DG Recherche "Energy, environment and sustainable development"

soutient également l'innovation dans le domaine du patrimoine culturel et des nouvelles technologies <sup>5</sup>.

Contact : Ineke PETIT (secrétariat français d'Eurêka)

### **2.2.3. Les réseaux COST**

Fondé en 1971, le réseau intergouvernemental COST (European Cooperation in the field of Scientific and Technical Research), a pour but de coordonner sur certains thèmes prioritaires les politiques de recherche fondamentale ou pré-compétitive des Etats membres. La recherche en sciences humaines et sociales y est assez peu présente, seuls quelques programmes concernent le patrimoine culturel.

Le G7 est consacré à l'utilisation des lasers en conservation des œuvres d'art. Ce réseau est structuré en trois groupes de travail : 1) nettoyage, 2) diagnostic des pathologies, 3) études de l'environnement des œuvres.

Coordonnateur : Vassilis Zafiropoulos, FORTH, Héraklion, Grèce

Représentants français : Véronique Vergès-Belmin (LRMH, Chamsp/s/Marne) et Nathalie Huet (Arc'Antique, Nantes)

Le G8 est consacré à l'utilisation de méthodes non destructives d'examen et d'analyse des objets de musées. Ce réseau développe des collaborations sur les thèmes suivants : 1) technologie et techniques de fabrication, 2) origine / provenance (incluant les routes commerciales et zones d'approvisionnement), 3) processus de dégradation, de corrosion et d'altération, 4) préservation et conservation, 5) authenticité et authentification, 6) développement de procédures d'analyse.

Coordonnateur : Annemie Adriaens, Département de chimie de l'Université de Gand, Belgique

Représentants français : Patrick Perin (Musée des Antiquités nationales, Saint Germain en Laye, France), Jean-Claude Dran (C2RMF, Paris)

## **3. LES THEMATIQUES DU PROGRAMME NATIONAL**

Les enjeux majeurs des recherches sur le patrimoine culturel s'organisent autour des quatre thématiques suivantes :

- la connaissance des matériaux,
- l'impact de l'environnement sur la dégradation et la conservation du patrimoine culturel,
- la compréhension des processus d'altération et leur incidence sur les choix de produits et des méthodes de conservation,
- la mise au point des techniques et des méthodes en conservation.

Selon les problématiques développées, les acteurs de la recherche adopteront une approche sectorielle ou transversale.

---

<sup>5</sup> voir le site d'Eurêka : <http://www.eureka.be>

## 3.1 THEMATIQUE I : CONNAISSANCE DES MATERIAUX

### 3.1.1. Présentation générale

Les matériaux du patrimoine culturel sont extrêmement diversifiés ; ils comprennent des matières inorganiques (pierres, mortiers, bétons, plâtres, gemmes, céramiques, verres, métaux, pigments, etc.) et des biomatériaux qui peuvent être amorphes (résines, cires, liants protéiques, colorants, huiles, résidus alimentaires, etc.) ou avoir conservé une morphologie caractéristique (ossements, graines, charbons, bois, textiles, papiers, cuirs, parchemins). Les polymères de synthèse, en tant que fibres, produits de restauration ou encore matériaux utilisés dans l'art contemporain, peuvent également être considérés ici.

Un des intérêts de ces matériaux est qu'ils ont enregistré au niveau de leur composition élémentaire, isotopique ou moléculaire, de leur structure microscopique ou cristalline et de leur milieu poreux, un grand nombre de signatures nous informant sur *leur provenance, leurs modes de transformation et d'utilisation*, ainsi que sur leur *histoire*. Dans la plupart des cas, seuls des examens à différentes échelles, des essais spécifiques ou des analyses physico-chimiques permettent d'exploiter ces informations et de les interpréter dans le domaine de l'histoire de l'art ou de l'archéologie. En outre, la connaissance de la nature des matériaux du patrimoine culturel et de leurs mécanismes de transformation et d'altération est indispensable pour développer des stratégies de conservation et de restauration adaptées et pour authentifier certains objets de musée. Les particularités physiques et chimiques au sein de l'environnement spécifique impliquent également des développements analytiques expérimentaux.

Il s'agira, dans le cadre de cette thématique du PNRPC, de développer des méthodes permettant de caractériser et d'identifier les matériaux constitutifs du patrimoine culturel, d'en saisir les éventuelles interactions, mais aussi de comprendre leur mode d'utilisation, de mise en œuvre et leur degré d'altération.

La datation de ces matériaux ne sera pas considérée ici dans la mesure où des appels d'offre spécifiques sont directement liés à cette question (*voir le compte rendu du comité « analyse, conservation et restauration » sur la mise en place du laboratoire de datation C14 par accélérateur*).

Le développement de stratégies analytiques, indispensable à une meilleure compréhension de ces matériaux si complexes, devra nécessairement s'intégrer dans une problématique interdisciplinaire à l'interface des sciences chimiques et des sciences humaines (histoire des techniques, histoire de l'art et de l'architecture, histoire, archéologie, voire ethnologie).

### 3.1.2. Objectifs

#### *a. Reconstitution des différentes étapes de la vie des œuvres<sup>6</sup>*

A partir de la mise en œuvre et du développement de techniques et de méthodologies analytiques, il s'agira de mener des recherches visant à reconstituer la chaîne opératoire des objets anciens, qui comprend les différentes phases de la vie d'un matériau depuis sa collecte jusqu'à son abandon éventuel. Ces recherches devront répondre à un ou plusieurs des objectifs suivants :

---

<sup>6</sup> Nous utilisons ici le terme "œuvre" au sens large, c'est-à-dire en tant que résultat sensible (œuvre d'art, objet, outil) d'une action ou d'une série d'actions anthropiques orientées vers une fin.

- identifier la nature des matériaux constitutifs des œuvres patrimoniales ;
- déterminer l'origine géographique de certains matériaux afin de remonter aux territoires exploités à différentes périodes ou encore aux réseaux d'échange et routes commerciales (circuits de l'argile pour la fabrication des céramiques, des textiles, des pigments ou des pierres précieuses, etc.) ;
- reconstituer les différentes phases de transformation des matériaux étudiés, qu'il s'agisse de broyage, de traitement thermique ou de mélanges par exemple ;
- rechercher les modes d'utilisation des outils ou objets fabriqués et façonnés par l'Homme ;
- rechercher, dans le cas des œuvres d'art, les indices révélant les différentes étapes de la création artistique.

Les matériaux de restauration, leurs technologies de fabrication constituent également des sources de connaissance enrichissant à la fois l'histoire des technologies et le monde de la conservation, puisque la caractérisation des matériaux est la première étape de la recherche en conservation (cf. thématique IV).

### ***b. Recherches sur les biomatériaux***

Si la plupart des objets issus de sites archéologiques ou conservés dans les musées et les bibliothèques sont le résultat d'actions anthropiques, un certain nombre d'entre eux correspondent à des “ produits biologiques ” qui sont également porteurs d'informations sur les comportements humains des populations qui nous ont précédés : ossements humains et animaux, résidus organiques dans des céramiques, graines, charbons, bois etc.

Les recherches sur ces matériaux se développent de façon exponentielle Outre-Manche et Outre-Atlantique depuis une quinzaine d'années ; mais la France accuse un retard certain dans ce domaine, ce qui nuit à la conservation et à l'exploitation du potentiel informatif des biomatériaux.

Leur étude devra reposer sur des méthodes physico-chimiques ou relevant de la biologie moléculaire (étude de l'ADN, des éléments traces, des isotopes stables du carbone ou de l'azote, protéomique) afin d'appréhender les questions de phylogénie, de migrations de populations, de paléopathologie. Il s'agira également de déterminer l'évolution des régimes alimentaires au cours du temps, ainsi que les habitudes culinaires et les modes de préparation des aliments.

Qu'il s'agisse de biomatériaux ou de matériaux inorganiques, les échantillons considérés ici ayant été naturellement dégradés pendant plusieurs années, voire des millénaires, il est bien évident que leur caractérisation apporte bien souvent des informations sur les processus physico-chimiques ou biochimiques à l'origine de leur altération. En relation avec la thématique sur la *Compréhension des processus d'altération* (thématique III), il sera nécessaire de comprendre une partie de ces processus pour être à même d'identifier un matériau altéré.

### ***c. Développement de stratégies analytiques spécifiques***

En raison des spécificités des échantillons du patrimoine culturel, les méthodologies analytiques efficaces sur des matériaux actuels se révèlent souvent difficiles à mettre en œuvre sur de petits échantillons contenant plusieurs matériaux souvent très altérés.

De ce fait, un des objectifs majeurs de l'étude de ces matériaux consiste à mettre en place des stratégies analytiques adaptées qui comprennent la phase de prélèvement de l'échantillon si celui-ci

est nécessaire, de stockage (type de contenant, température, hygrométrie, etc.), de préparation (extraction, polissage, mise en solution, etc.) et d'analyse à proprement parler.

Ces développements analytiques devront se faire suivant cinq objectifs privilégiés, différents et complémentaires :

- Adapter les protocoles de prélèvement, de préparation des échantillons et les techniques d'analyse déjà existants, mais qui ne sont que rarement utilisés conjointement et dont le potentiel pour l'étude des matériaux du patrimoine culturel est important : il est par exemple intéressant de coupler des informations élémentaires et isotopiques ou moléculaires et isotopiques ;
- Perfectionner des appareillages existants grâce à des développements instrumentaux afin de gagner en sensibilité, en précision et en résolution spatiale, en énergie ou en masse ;
- Développer des méthodologies adaptées à l'étude de matériaux composites altérés : la mise au point d'analyses prenant en compte l'objet dans toute sa complexité s'avère primordiale pour la compréhension des objets ;
- Mettre en place de réels *corpus de référence* d'échantillons et de spectres, indispensables à l'interprétation des données obtenues sur des matériaux archéologiques ou de musée ;
- Favoriser le transfert de techniques émergentes de plus en plus utilisées en chimie analytique ou en science des matériaux mais qui n'ont pas encore été mises en œuvre sur les objets de musée en raison du manque de connexions et de collaborations entre les domaines des sciences chimiques et des sciences humaines.

### 3.1.3 Méthodes

#### *a. Mise en place de stratégies de micro-prélèvement, de développement des nano-sciences et d'observation et d'analyse des matériaux du patrimoine culturel*

Les méthodes mises en œuvre dans l'étude des matériaux du patrimoine culturel relèvent de plusieurs champs disciplinaires :

- L'*archéologie* pour tout ce qui concerne l'observation à l'œil nu ou sous loupe binoculaire, voire au microscope optique ou électronique à balayage. Il est alors possible d'appréhender certaines techniques de fabrication et de “ lire ” des traces d'utilisation (tracéologie) ;
- Les *géosciences*, et plus particulièrement la pétrographie, pour tout ce qui est de l'identification des roches (argiles ou dégraissants dans les céramiques, éléments de craie dans des pigments, etc.) au microscope sous lumière polarisée ou au MEB ;
- La *physico-chimie* (chimie analytique, science des matériaux notamment) pour tout ce qui est des analyses élémentaires (MEB analytique, fluorescence X, PIXE, ICP-AES, ICP-MS, etc.), isotopiques (spectrométrie de masse) ou structurales (diffraction des rayons X, spectrométrie infrarouge et Raman, spectrométrie de masse, chromatographies, etc.) ;
- La *biologie moléculaire* et la *microbiologie* dont les techniques (séquençage des ADN, protéomique) ouvrent un champ nouveau encore largement inexploré ;
- La *pétrophysique*, qui rassemble toutes les méthodes de mesure permettant de caractériser les propriétés de stockage et de transfert des fluides (en particulier l'eau et sa vapeur) dans les matériaux poreux.

Le choix des stratégies analytiques dépend bien sûr des objets et matériaux à étudier mais aussi des problématiques posées. Quoi qu'il en soit, il sera nécessaire dans tous les cas, de définir préalablement à toute étude, la nécessité ou non d'un prélèvement, les modalités de prélèvement en tenant compte de la représentativité de l'échantillon par rapport à l'objet dans son ensemble. Il faudra également s'interroger sur les méthodes de préparation de l'échantillon et sur les techniques d'analyse à mettre en oeuvre.

En ce qui concerne la partie analytique à proprement parler, les développements ou les adaptations de protocoles existants, tant dans le domaine de l'analyse structurale que dans ceux de l'analyse élémentaire et / ou isotopique devront permettre d'améliorer l'analyse des divers matériaux du patrimoine culturel.

Le développement de protocoles d'analyse "multi-critères", c'est-à-dire permettant sur un même matériau, objet ou échantillon, d'obtenir des informations à différentes échelles (de l'élément chimique à la structure moléculaire, supra-moléculaire ou cristalline), représentera un atout indispensable pour améliorer notre connaissance des matériaux du patrimoine.

### ***b. Utilisation des hautes technologies***

La recherche appliquée au patrimoine culturel et à son environnement implique souvent le recours à des hautes technologies (p.ex Synchrotron au CERN, Grenoble et demande de participation au programme Soleil du CNRS).

### ***c. Conduite de tests de transformation en laboratoire***

Pour comprendre les processus de transformation anthropiques ou les altérations qu'ont subi les matériaux du patrimoine culturel, il apparaît parfois indispensable de les reproduire expérimentalement sur des matériaux actuels.

Dans le domaine de l'archéologie, cette démarche est dénommée " archéologie expérimentale ".

Elle peut se décliner suivant deux axes :

- la recherche de procédés techniques aujourd'hui disparus à partir d'une expérimentation visant à reconstituer la chaîne opératoire, ou une partie de la chaîne opératoire, d'objets dont les techniques de fabrication sont mal connues : fabrication de céramiques, reproduction des procédés d'extraction et de réduction de minerais, etc. La comparaison des caractéristiques des objets fabriqués par les expérimentateurs à différentes échelles (signature élémentaire, moléculaire, structures, etc.) à celle de matériel archéologique ou de musée devrait permettre de mieux comprendre les évolutions et les choix technologiques des populations du passé.
- L'étude en laboratoire des processus de vieillissement accéléré sur des matériaux actuels, éventuellement synthétisés au laboratoire (cf . thématique III) .
- Les différents milieux environnementaux et leur interaction.

Dans chacun des cas, les recherches auront pour but de définir les conditions opératoires à mettre en oeuvre et les méthodes d'observation et d'analyse du matériel expérimental afin d'apporter un éclairage nouveau sur les matériaux du passé. Les élèves-restaurateurs ainsi que les restaurateurs confirmés devront être impliqués fortement dans cette recherche, car le moment de la restauration est un moment privilégié pour améliorer la connaissance des témoins du patrimoine culturel.

## **3.2. THEMATIQUE II : IMPACT DE L'ENVIRONNEMENT SUR LA DEGRADATION ET LA CONSERVATION DU PATRIMOINE CULTUREL**

### **3.2.1. Présentation générale**

Les *Sciences de l'environnement* ne se sont constituées en disciplines autonomes que ces dernières décennies, à la suite de la prise de conscience de ce que l'action de l'Homme sur son milieu et sur ses propres ressources devenait péjorative, en particulier par l'utilisation massive et indéfiniment croissante des sources d'énergie, qui multiplient considérablement le pouvoir d'action de l'Homme sur la Nature. Les Sciences de l'environnement se sont ainsi distinguées de l'*Ecologie*, science des milieux et des équilibres (ou déséquilibres) naturels, pour s'intéresser aux effets de l'intervention de l'Homme sur eux. Sciences des milieux et des équilibres anthropisés, les Sciences de l'environnement sont nécessairement *pluridisciplinaires* et *interfaciales*. Dans le domaine du patrimoine culturel, elles vont donc se placer à l'interface entre les matériaux constitutifs des monuments et des objets, et les milieux qui les entourent: atmosphère, hydrosphère, biosphère, sols etc. Il ne faudra cependant pas prendre ici en considération les Sciences de l'environnement dans un sens trop restreint aux seuls milieux anthropisés, mais l'étendre à certains facteurs naturels dans lesquels l'Homme n'intervient pas directement (l'eau pure, le gel, les aérosols marins, les organismes spontanément développés sur les objets et monuments...). C'est ainsi surtout leur caractère de sciences des *interfaces entre les matériaux et les milieux environnants naturels et anthropisés* qui devra être mis en œuvre dans l'étude des dégradations et de la conservation du patrimoine culturel.

La relative nouveauté des sciences de l'environnement explique probablement en grande partie le petit nombre des équipes de recherche et des thèmes abordés par ces équipes dans le domaine du patrimoine culturel en France. Pourtant, ce thème a été largement privilégié et abondamment financé par la Commission européenne depuis 1986, comme il a été écrit plus haut, mais peu d'équipes françaises en ont bénéficié, car peu ont répondu aux appels d'offres, soit par manque d'incitation de la part de leurs tutelles, soit par timidité ou modestie, soit par compétence insuffisante dans le domaine, soit enfin par manque de contacts avec d'autres équipes européennes du même domaine, condition indispensable à la soumission d'un projet de recherche à la Commission européenne.

De même, l'intérêt suscité dans les équipes de recherche actives dans le patrimoine culturel par le Programme *PRIMEQUAL*, soutenu par le Ministère de l'environnement, devrait croître à l'occasion de la création du PNRPC du fait du rapprochement de ces deux programmes.

### **3.2.2. Objectifs, méthodes et acteurs**

L'impact de l'environnement sur le patrimoine culturel devrait être abordé dans des opérations de recherche s'articulant autour des grandes problématiques suivantes :

#### ***a. Impact de l'environnement naturel et anthropisé sur les matériaux du patrimoine culturel immobilier (monuments) et mobilier (objets et oeuvres d'art) :***

- Etude des mécanismes et évaluation quantitative de l'action de l'*environnement naturel (non pollué)* sur les matériaux (pierre, ciments, mortiers, enduits, bétons, verre, vitraux, céramiques,

peintures, fresques, métaux, polymères, papier, cuir, parchemin, encres, colles, cires, vernis, textiles, bois...): *action de l'eau, des aérosols marins, des agents physiques (chaleur, gel, lumière...) et biologiques (micro-organismes, animaux et végétaux supérieurs)*;

- Etude et cartographie dynamique 3D de la *microclimatologie extérieure* des monuments;
- Etude des mécanismes et évaluation quantitative de l'action de l'*environnement anthropisé (pollué)* sur les mêmes matériaux :
- action des *polluants atmosphériques gazeux* en diminution actuelle (SO<sub>2</sub>) ou en augmentation (NO<sub>x</sub>, NH<sub>4</sub>, NO<sub>3</sub>, O<sub>3</sub>, Composés Organiques Volatils...) et *particulaires* en diminution (cendres volantes) ou en augmentation (très fines particules carbonées); l'accent sera mis sur les conséquences de l'*évolution* actuelle, qualitative et quantitative, de la nature de la pollution atmosphérique et sur les situations de *pollution multiple* entraînant des *effets synergétiques*;
- action des *polluants dispersés dans l'eau et les sols* (engrais, pesticides, rejets industriels...) sur les matériaux poreux;
- Développement des techniques de *cartographie des dégradations* physiques, chimiques et biologiques à l'échelle du monument : automatisation, informatisation, traitement de l'image numérisée...
- Expériences de *simulation des dégradations en site réel ou en chambre climatique*: évaluation quantitative des effets en fonction des doses reçues. Etablissement des fonctions dose-réponse, des doses et seuils critiques ou acceptables, évaluation de la perte de durabilité des matériaux;
- *Cartographie du risque* pour les matériaux dû à la pollution atmosphérique à différentes échelles pertinentes: urbaine, locale, monumentale...

***b. Etude de l'environnement intérieur des monuments, musées, églises, bibliothèques, archives, réserves, vitrines...:***

- Détermination et évaluation quantitative des *sources intérieures de pollution*;
- Influence et évaluation quantitative des contributions des *sources extérieures de pollution*;
- Etude et cartographie dynamique 3D de la *microclimatologie intérieure* et de son influence sur la *durabilité* et les conditions de *conservation* des objets du patrimoine culturel;
- Etude du rôle des *systèmes de ventilation, de climatisation et d'éclairage* dans les échanges de polluants extérieurs et intérieurs, et dans les processus de dégradation des matériaux;
- Rôle des *visiteurs individuels et du tourisme de masse* sur le transport et l'importation des polluants et sur l'induction de variations microclimatologiques intérieures.

***c. Apports de l'étude des dégradations des matériaux du patrimoine culturel à la connaissance et à l'enregistrement des variations des environnements passés, naturels et anthropisés.***

Les monuments et les objets du patrimoine culturel ont subi, et parfois enregistré de façon mesurable, les variations climatiques et environnementales du passé, par exemple celles dues à l'utilisation successive par l'Homme de combustibles différents pour le chauffage, la cuisine, l'éclairage, l'artisanat, l'industrie ou les transports. Les matériaux du patrimoine culturel, situés en majorité en zone habitée, souvent au cœur des villes, ont ainsi été soumis aux pollutions à proximité de leurs sources et renseignent donc sur celles-ci. Leurs enregistrements diffèrent ainsi de ceux des archives glaciaires ou sédimentaires, les polluants ayant dans ces derniers cas subi un tri important dû à leur transport sur de longues distances.

#### ***d. Adaptation et développement des méthodes, outils et protocoles des Sciences du Climat et de l'environnement***

Ces méthodes devront être adaptées à l'étude des conditions de dégradation et de conservation des matériaux du patrimoine culturel. Par exemple, le contrôle climatique des monuments historiques et des grottes ornées :

- Acquisition automatique de données physiques, chimiques, hydriques ;
- Amélioration des méthodes de mesures des échanges aux interfaces ;
- Méthodes de traitement et d'analyse de l'ensemble des mesures multi-paramétriques dans le temps ;
- Modélisation des transferts de chaleur et de masse afin d'établir des scénarios d'évolution des paramètres environnementaux à moyen et long terme.

### **3.3. THEMATIQUE III : INTERPRETATION DES PROCESSUS D'ALTERATION ET MISE AU POINT DES CAHIERS DE CHARGES D'INTERVENTION**

#### **3.3.1. Présentation générale**

Lumière, eau, température, sels solubles, polluants chimiques, micro-organismes, insectes, homme, constituent les principales sources de dégradation des œuvres. Ces agents interviennent seuls ou en diverses combinaisons et/ou séquences sur les objets du patrimoine, dont quelques uns comportent un seul matériau (statues en marbre, en bronze, certains ornements...), mais la plupart sont composites (objets des collections ethnologiques, documents graphiques, supports informatiques, vitraux, maçonneries...).

Certains matériaux ne sont pas poreux, auquel cas les sollicitations environnementales de nature chimique ou biologique se traduiront par des modifications progressant depuis la surface des objets vers l'intérieur, c'est par exemple les cas de métaux ou des verres. D'autres matériaux comme les pierres, céramiques, briques, mortiers et bétons présentent un réseau poreux se comportant comme site de stockage et de transfert des agents de détérioration.

Malgré des efforts substantiels des laboratoires de recherche, des lacunes sont identifiées dans trois grands domaines de connaissance : le diagnostic d'état, la connaissance des processus d'altération, et enfin la compatibilité entre matériaux.

#### ***a. Le diagnostic d'état***

Nous manquons d'outils descriptifs (normalisation de l'observation et de son vocabulaire) autant que de méthodes non ou peu destructives d'identification des phases nouvellement formées comme conséquence du vieillissement naturel, voire de l'altération anthropique des œuvres d'art. Les méthodes non ou peu destructives de caractérisation des états de dégradation des œuvres d'art sont encore trop peu développées.

### ***b. Les processus d'altération***

Maintenir ou restaurer l'intégrité physique des œuvres constitue, on l'a vu, l'un des buts de la conservation d'une œuvre. Or malgré une préservation formelle très acceptable, certaines œuvres présentent des dégradations très superficielles impliquant des changements partiels ou totaux de couleurs. Les mécanismes de ces changements, qui affectent non seulement les colorants synthétiques et naturels (on parle alors de décoloration), les vernis (jaunissement) mais aussi certains verres ou pigments minéraux (noircissement) sont encore trop mal connus, ils doivent être étudiés.

Dans d'autres cas, des dégradations affectent l'ensemble d'un matériau, mettant parfois en péril toute une catégorie de patrimoine. C'est le cas en particulier des matériaux contemporains, qui ont servi dans tous les domaines d'activité humaine. Leurs processus d'altération ont peu ou pas été étudiés car la question de leur durabilité ne s'est absolument pas posée lors de leur création. En font partie, pour n'en citer que quelques uns, certaines sculptures en zinc, beaucoup d'objets utilitaires en nitrate et acétate de cellulose, la plupart des supports numériques et audiovisuels. Leur étude est particulièrement difficile car certains de ces objets sont protégés par des secrets de fabrication à cause d'intérêts financiers évidents.

Les matériaux contemporains ne sont pas les seuls à se dégrader. La détérioration de certains matériaux traditionnels comme les résines, cires, graisses, gommes, ou encore le bitume, mériteraient un regain d'intérêt, notamment en mettant au point des procédures analytiques adaptées à leurs spécificités.

Par ailleurs, même si parfois l'on parvient à comprendre comment s'est produite une dégradation, il est beaucoup plus difficile de quantifier sa cinétique. Parfois même, le processus de dégradation est arrêté, par exemple si les insectes xylophages sont morts à l'intérieur d'une poutre de bois, mais les moyens manquent pour le mettre en évidence. Nous avons ainsi besoin que des équipes se penchent sur les méthodes non ou peu destructives d'évaluation du caractère actuel ou fossile des processus de dégradation.

Corrélativement, un gros effort doit être réalisé pour mettre au point des modèles permettant de prévoir la cinétique de dégradation des matériaux, des assemblages de matériaux et plus en amont, pour identifier des paramètres à entrer dans les modèles prédictifs.

### ***c. Les études de compatibilité***

Il n'est pas rare que des matériaux aient été associés dans un objet pour assurer une fonction bien précise, mais que cette association soit précisément la source de sa détérioration. Par exemple, les encres ferro-galliques occasionnent des dégradations irréversibles sur les documents graphiques. Il en va de même pour les impressions mordancées au fer sur textiles en coton. Ces problèmes d'incompatibilité entre matériaux sont légion dans le domaine du patrimoine, tant minéral

qu'organique, pourtant les causes et processus mis en jeu sont encore très mal connus. Il est essentiel de développer les recherches sur cette problématique.

### **3.3.2. Objectifs et méthodes**

Une étude spécifique de quelques phénomènes d'altération sur des matériaux simples fréquemment utilisés devrait être entreprise à l'aide d'expériences de simulation. L'étude, en laboratoire, de processus de vieillissement accéléré dans des enceintes spécifiques permettant de contrôler différents paramètres (température, hygrométrie, éclairage) sur des matériaux actuels, éventuellement synthétisés au laboratoire, devrait permettre de mieux comprendre les processus physico-chimiques, voire biologiques, à l'origine de l'altération de certains objets. Ceci pourrait permettre à terme d'établir un référentiel et la mise au point de quelques critères moléculaires et isotopiques permettant d'évaluer le niveau d'altération ainsi que la nature de l'altération des objets.

Une étude de l'altération de quelques cas de mélanges binaires est nécessaire afin de mieux appréhender les cinétiques différentes d'altération de divers composants, ou encore les réactions entre constituants induites par l'altération.

Ces travaux sur des substances modèles pourront ensuite être confrontés aux cas réels. Il serait intéressant, par exemple, d'étudier sur un objet donné, des prélèvements effectués sur des zones plus exposées et de les comparer à d'autres plus protégées. De même, dans le cas d'objet massif, pourrait-on comparer surface et prélèvement dans la masse.

L'étude de la compatibilité entre matériaux poreux sera menée à partir de tests permettant de caractériser les propriétés de stockage et de transfert de l'eau et de la vapeur d'eau en leur sein. Des expérimentations en grandeur, seront menées sur des maquettes (murets de quelques mètres carrés dans le cas de la pierre, du béton et des mortiers). Les maquettes seront appareillées pour suivre certains paramètres cruciaux comme la température, la teneur en eau en fonction des paramètres météorologiques.

## **3.4 THEMATIQUE IV : RECHERCHES EN CONSERVATION DU PATRIMOINE CULTUREL**

### **3.4.1. Présentation générale**

La conservation des biens culturels nécessite non seulement une bonne documentation de leur histoire matérielle mais surtout une parfaite connaissance de leur nature et de leur évolution en fonction de leur environnement (passé, actuel et futur).

En raison de la spécificité des biens culturels, complexes du fait de leur nature associant généralement différents matériaux, et en raison de leur diversité, les moyens d'analyse et de traitement existants ne sont pas toujours adaptés aux interventions, en particulier sur site. Malgré les nombreuses recherches menées dans le domaine culturel<sup>7</sup>, qui suivent le développement incessant de techniques nouvelles de la science des matériaux, les moyens mis en œuvre ne permettent généralement pas d'envisager la conservation sur le long terme. Ils ne permettent pas

---

<sup>7</sup> Voir bases de données du Ministère de la culture et de la communication <http://service1.culture.gouv.fr/cbc>, Voir aussi programmes européens Cost G7 et G8 et autres

non plus de bien contrôler les paramètres de l'environnement, de bien surveiller l'évolution des dégradations des matériaux constitutifs des œuvres, restaurées ou non.

Les besoins exprimés en France par les professionnels de la conservation et de la restauration, se répartissent ainsi selon trois grands thèmes :

- l'adaptation de techniques de caractérisation et de diagnostic,
- la mise au point de protocoles de conservation des biens culturels tenant compte de l'évaluation de leur environnement au sens large,
- l'amélioration des traitements de restauration.

Les techniques et méthodes mises au point doivent respecter la charte de Venise, et viser notamment à :

- être réversibles, dans le cas d'un traitement de conservation et/ou de restauration,
- être non destructives, dans le cas de mise au point d'une méthode de diagnostic, d'analyse ou de traitement,
- ne pas engendrer de désordres et de dégradations supplémentaires,
- respecter les normes françaises et européennes d'hygiène et de sécurité.

Les techniques, les traitements, les procédures, peuvent être nouveaux ou être améliorés, en adaptant ou modifiant des protocoles spécifiques au bien culturel à traiter. A ces techniques et méthodes seront associés, dans la mesure du possible, des protocoles et des démarches analytiques complémentaires, visant en particulier à les rendre reproductibles.

Une approche multidisciplinaire, basée sur des transferts de technologie et un savoir-faire développé dans d'autres disciplines (aéronautique, médecine...) et associant les utilisateurs qui sont les acteurs de la conservation du patrimoine culturel, sera favorisée. Ces recherches, à but appliqué, devront avoir une finalité adaptée au contexte socio-économique de la conservation et de la restauration et pouvoir être facilement mises en œuvre dès la fin du projet.

### **3.4.2. Objectifs et méthodes**

#### ***a. Optimisation de techniques de diagnostic non destructives et d'analyse***

L'optimisation de techniques de diagnostic et d'analyse a plusieurs objectifs. Dans le domaine de la recherche développée sur la conservation matérielle des œuvres, les scientifiques expriment le besoin de disposer de techniques toujours plus performantes, plus précises, qui permettent de mieux connaître les constituants originels des biens culturels, les mécanismes d'altération mis en jeu.

Sur le terrain, c'est-à-dire à proximité des biens culturels dans leur environnement propre, les professionnels de la conservation et de la restauration ont besoin d'outils portables, d'utilisation simple, non destructifs, qui permettent d'établir un diagnostic le plus précis possible, basé sur des données reproductibles et pouvant être facilement reliées à des données fournies par des appareils de laboratoire plus performants.

Les techniques d'analyse et de diagnostic seront nouvelles ou correspondront à l'amélioration de techniques existantes. Les techniques de diagnostic doivent être préférentiellement non destructives et auront pour principales tâches :

- de détecter d'éventuelles contaminations biologiques,
- de caractériser des états de dé-cohésion, l'évolution de la dégradation, les produits de dégradation secondaires,
- de suivre la dynamique des fluides liquides et gazeux circulant dans les matériaux poreux,
- d'améliorer les méthodes de bilans (par ex. hydriques),
- de suivre sur le long terme l'efficacité d'un traitement après application.

Les techniques d'analyse pourront être des outils nouveaux de laboratoire permettant de développer la connaissance des matériaux, de leurs altérations, de leur environnement, qu'il soit passé ou actuel. Elles ne seront pas nécessairement non destructives mais les techniques ne nécessitant que des micro-prélèvements et ne détruisant ou ne polluant pas le prélèvement seront privilégiées.

Une piste à privilégier est aussi l'utilisation d'outils mathématiques permettant :

- l'analyse d'images,
- la collecte de données par des systèmes d'information géographique,
- la simulation (transferts de fluides, cinétiques d'altération, l'évolution de l'état de conservation...),
- la définition de seuils d'intervention.

### ***b. Prévention et traitements***

Développer de nouveaux traitements et faire progresser les traitements déjà utilisés en conservation-restauration sont des objectifs prioritaires pour garantir la conservation des matériaux du patrimoine culturel sur le long terme.

La prévention est une partie primordiale de la conservation car elle en est la principale composante. Elle a aussi une importance économique considérable car elle peut diminuer dans le temps le coût des restaurations qui sont souvent onéreuses et peuvent déstabiliser l'état d'équilibre atteint.

Des traitements de prévention ont ainsi très rapidement été développés. Ces traitements sont de différentes natures ; il peut s'agir d'un ensemble de mesures établi, basé sur une connaissance physique, chimique, biologique des biens culturels et de leur environnement, d'une technique physique de traitement, de l'application d'un traitement chimique d'application d'un ou de plusieurs produits. Certaines précautions, par manque de connaissance quant à leurs effets sur les biens culturels, quant aux causes de l'évolution de la stabilité de ces biens patrimoniaux, n'ont pas toujours été prises dans le passé.

Il s'avère maintenant nécessaire de compléter le panel de traitements de prévention adapté et utilisé pour l'ensemble des biens culturels.

Les traitements sont généralement appliqués sur des biens culturels constitués par des matériaux de nature différente (objets composites...). Ils doivent être dans la mesure du possible réversibles, n'avoir aucun effet sur le matériau originel de l'œuvre et ne pas être nocifs vis-à-vis des autres matériaux, en particulier modernes (ex. polymères).

Les thématiques pourront porter notamment sur l'optimisation ou le développement de nouveaux traitements :

- d'éradication d'organismes nuisibles (insectes, moisissures essentiellement),
- d'extraction d'éléments ou composés chimiques vecteurs ou catalyseurs de dégradations,
- de stabilisation et/ou de consolidation d'un état de dégradation, ainsi que de protection non dommageable pour l'intégrité de l'œuvre et sa lisibilité,
- de nettoyage.

Parmi les actions prioritaires qui pourraient être développées, nous pouvons proposer :

- d'étudier des traitements utilisés dans le milieu industriel (en particulier pour les traitements de protection) afin de pouvoir les adapter au domaine de la conservation restauration,
- de mettre au point des traitements de consolidation avec une étude du vieillissement des matériaux de consolidation ainsi qu'une réflexion sur les problèmes de traitements d'objets déjà consolidés,
- de rechercher de nouveaux protocoles de mise en œuvre pour certains traitements
- de diminuer les problèmes de toxicité (utilisation de solvants),
- d'optimiser des traitements pour les objets composites,
- de rechercher des procédures adaptées pour traiter des éléments de tailles différentes :
  - cas des traitements de pièces de grandes dimensions,
  - cas des traitements de masse (nombre important d'objets de même nature),
- de développer la notion de maintenance pour les traitements afin de pouvoir privilégier dans certains cas des traitements plus ponctuels et renouvelables ainsi que d'éviter des traitements lourds.

Les traitements doivent avoir un effet durable ou être associés à un traitement préventif de durabilité déterminée ou à évaluer.

Pour le cas des biens culturels déjà restaurés ou traités, la possibilité de retraitement devra prendre en compte le vieillissement des produits déjà appliqués.

Dans tous les cas, les paramètres physiques, chimiques influençant la qualité des résultats obtenus doivent être déterminés précisément.

Ces traitements doivent limiter tout risque de contamination biologique, chimique (ex. diffusion, absorption), physique vis-à-vis des parties non traitées des biens culturels, et tenir compte des normes en vigueur en matière d'hygiène et sécurité.

### ***c. Evaluation de l'efficacité des traitements utilisés actuellement en restauration.***

De nombreux traitements sont actuellement utilisés en restauration avec des protocoles parfaitement définis. Malheureusement des études récentes ont montré que certains de ces traitements n'étaient absolument pas adaptés à la protection des éléments du patrimoine culturel et ceci pour plusieurs raisons :

- problèmes d'état de surface,
- protocole de mise en œuvre mal adapté,
- faible efficacité des produits actifs.

A titre d'exemple on peut citer le cas des traitements de protection et des procédés d'extraction des éléments chimiques vecteurs ou catalyseurs de dégradation.

## **4. MISE EN ŒUVRE DU PROGRAMME**

### **4.1 LE COMITE DE PILOTAGE**

Dans la mesure où des financements extérieurs à ceux du ministère de la culture et de la communication pourront être rassemblés, ce programme a vocation à terme à être piloté par un Comité de pilotage inter-organismes dont les deux fonctions principales seront l'orientation et la coordination. En 2003 pour le lancement du programme, c'est le comité scientifique « analyse, conservation et restauration des biens culturels » du conseil ministériel de la recherche qui en fera office.

Dans une telle hypothèse de partenariat, il s'agira de mettre en place un comité de pilotage duquel devra émerger l'expression de la demande des acteurs de terrain (conservateurs et restaurateurs du patrimoine culturel, architectes des bâtiments de France, architectes en chef des monuments historiques, donneurs d'ordre au niveau national, régional, départemental et communal, etc.).

Le Comité de Pilotage devrait avoir pour tâches de :

- définir les priorités de la recherche à court, moyen et long termes, en réponse aux préoccupations et besoins des pouvoirs publics et des différents acteurs impliqués dans la conservation du patrimoine culturel, et en coordination avec les autres programmes français et européens;
- orienter les recherches selon ces priorités par la programmation d'appels à propositions de recherche et d'autres actions incitatives.

Sa composition pourra faire l'objet d'un arrêté et il pourrait comprendre : des représentants de chacun des organismes partenaires contribuant au financement du Programme aux côtés du ministère de la culture et de la communication : par exemple le Ministère chargé de la recherche, le Ministère de l'écologie et du développement durable (Programme PRIMEQUAL, le Ministère de l'équipement (DRAST), le Centre National de la Recherche Scientifique, etc. et des personnalités du monde de la recherche, de l'enseignement, de la société civile et de l'entreprise, désignées en raison de leurs compétences reconnues dans le domaine du patrimoine culturel.

### **4.2. CONSEIL SCIENTIFIQUE ET SECRETARIAT GENERAL**

Un Conseil Scientifique Pluridisciplinaire (CSP) devra être placé auprès du Comité de Pilotage (CP). Son rôle est de l'assister pour traduire en termes de Programmes de recherche les axes qu'il aura considérés comme prioritaires.

Les tâches du CSP consistent à rédiger les Appels à Propositions de Recherche en concertation avec le comité de pilotage, à procéder à l'expertise des projets reçus en s'assurant si nécessaire l'aide

d'experts extérieurs, à proposer des financements en fonction du budget global défini et à soumettre ses avis et classements au Comité de pilotage.

Le Comité scientifique pluridisciplinaire est chargé d'assurer le suivi et l'évaluation scientifiques des travaux ainsi que toute expertise complémentaire.

Le CSP est constitué d'experts désignés à titre personnel en raison de leur compétence dans le domaine du patrimoine culturel, et représentant les différentes disciplines impliquées dans le programme.

Le CSP détermine et rend publiques ses procédures et critères d'évaluation des projets soumis en réponse aux Appels à Propositions de Recherche.

La MRT assure le secrétariat général du programme ainsi que la gestion des financements apportés par le ministère de la culture.

### **4.3. APPELS A PROPOSITIONS DE RECHERCHE**

Les Appels à Propositions de Recherche présenteront les objectifs du programme national et les critères d'éligibilité des projets proposés afin d'aider les chercheurs et les institutions culturelles à centrer leurs projets sur ses finalités.

Les propositions devront faire état de leur articulation avec d'autres programmes régionaux, nationaux, européens et internationaux dont le financement peut être combiné avec le présent programme (cf modèle annexé).

Il est ainsi envisageable de financer le volet français de programmes multilatéraux ou de soutenir des projets français associant des équipes étrangères si la valeur ajoutée d'une telle coopération est réelle et justifiée.

Les Appels à Propositions de Recherche ne porteront pas nécessairement sur l'ensemble des axes du PNRPC. Ils pourront être échelonnés dans le temps.

## **ANNEXES**

## **LISTE DES PARTICIPANTS AU GROUPE DE REFLEXION SUR LE PROGRAMME**

MM Jean-Pierre MOHEN, Jean-Claude DRAN et Michel MENU, Centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF) et de l'UMR 171  
M Bertrand LAVEDRINE, Centre de recherche sur la conservation des documents graphiques (CRCDG)- UMR 8573  
Mmes Isabelle PALLOT-FROSSARD, Véronique VERGES-BELMIN, Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH)  
Mme Elisabeth MOGNETTI et M. Jean-Marc VALLET, Centre interrégional de conservation et de restauration du patrimoine (CICRP)  
M Jacques DUCHENE, Atelier régional de conservation pour la sauvegarde du patrimoine culturel et des objets d'art (ARC NUCLEART)  
Mme Nathalie HUET, Laboratoire de restauration et de recherche ARC'ANTIQUE  
M François MIRAMBET, Laboratoire d'archéologie des métaux (LAM) – CCSTIFM  
M Roger LEFEVRE, LISA, Université de Paris XII Val de Marne  
Mme Véronique QUILLET, Laboratoire d'étude des matériaux en milieux agressifs (LEMMA), Université de la Rochelle  
M Jean-Marc FONTAINE, Laboratoire d'acoustique musicale, UMR 7604, Université de Paris VI  
M Christian ROLANDO, Laboratoire de chimie organique et macromoléculaire, UFR de Chimie, Université de Villeneuve d'Ascq, UPRESEA 8009  
Mme Marie Florence GRENIER LOUSTALOT, Service central d'analyse du CNRS, USR 0059  
M Michel KEDDAM, Laboratoire de physique des liquides et électrochimie, Université de Paris VI, UPR 15  
Mme Claude COUPRY, Laboratoire dynamique des interactions et réactivité, CNRS de Thiais, UMR 7075  
M Jean Luc GARDETTE, Laboratoire de Photochimie moléculaire et macromoléculaire, CNRS, Ensemble scientifique des Cézeaux, UMR 6505  
Mme Sylvia TURRELL, Laboratoire de spectrochimie infrarouge et Raman, UPR 8516  
M Pierre ALBRECHT, Laboratoire de chimie organique des substances naturelles, Université Louis Pasteur, Strasbourg, UPR 7509  
M Philippe DILLMANN, Laboratoire Pierre Sue, CEA Saclay  
M Bernard CHEVALIER, Institut de chimie de la matière condensée de Bordeaux, UPR 9048  
M Jean-Laurent MONNIER, Laboratoire civilisations atlantiques et archéosciences, CNRS UMR 6566  
M Alain TCHAPLA, Laboratoire d'études des techniques et instruments d'analyse moléculaire, IUT d'Orsay, EA 3343  
Mme Evelyne DARQUE-CERETTI, CEMEF, Ecole des Mines de Paris, UMR 7635  
MM. Georges CALAS et Christian BROUDER, Laboratoire de minéralogie et de cristallographie, Université de Paris VI, UMR 7590  
M Luc ROBBIOLO, CECM et Laboratoire de métallurgie ENSCP, UPR 2801  
M Laurent CHARLET, Groupe Géochimie LGIT-IRIGM, Université Joseph Fourier, Grenoble  
M François FARGES, DEA « Géomatériaux », Université de Marne la Vallée,  
M Claude ESTOURNES, Institut de physique et de chimie des matériaux, Strasbourg, UMR 7504  
M William MOUREY, Laboratoire de conservation-restauration, Centre archéologique du Var, CNRS, UMR 6130  
M Victor ZYMLA, Laboratoire d'élaboration des matériaux, Ecole centrale de Paris

M Jean STEINMETZ, Laboratoire de chimie du solide minéral, Faculté des sciences, Vandoeuvre lés Nancy, UMR 7555

M Daniel DAVID, Laboratoire Roberval, Centre de recherche, Royallieu, UMR 6066

M Jean-Paul LAURENT, Laboratoire d'étude des transferts en hydrologie et environnement, CNRS, Grenoble

M François ALLARD, Laboratoire d'étude des phénomènes de transfert appliqués aux bâtiments (LEPTAB), Université de la Rochelle

Mmes Marie BERDUCOU et Marie-Christine PAPILLON, Institut national du patrimoine, IFROA,

Mmes Brigitte LECLERC et Nathalie BUISSON, Bibliothèque nationale de France, Laboratoires

M Jean-Philippe ECHARD, Musée de la Musique, Laboratoire

M Christina SACRE, Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB)

M Fernand AUGER, IUT de la Rochelle

M Jean VOUVE, Université de Bordeaux I

M Guy LAURIAT, Université de Marne la Vallée

M Guy LIBOUREL, Centre de recherche pétrographique et géochimique

M Jean-Marc ROSANT, Laboratoire de mécanique des fluides, Ecole centrale de Nantes

M Jean-Hugues THOMASSIN, Ecole supérieure d'ingénieur de Poitiers, Université de Poitiers

Mme Anne SCHMITT, Maison de l'Orient Méditerranéen – Jean Pouilloux, Université Lumière – Lyon 2, UMR 5138

Mme Astrid BRANDT, Institut National du Patrimoine – Département des restaurateurs du patrimoine

## **EXEMPLE DE MODELE DE PRESENTATION D'UN PROJET DE RECHERCHE**

### **A- Renseignements administratifs (2 pages)**

**Titre du projet :**

**Coordinateur :** Nom, Prénom

Fonction

Adresse complète

Tél :

Fax :

Mél :

**Nom des équipes partenaires :**

**Résumé du projet de recherche (200 mots) :**

**Mots-clés (six au maximum) :**

**Axe(s) et thème(s) de l'Appel à Propositions de Recherche concernés :**

**Articulation avec les programmes régionaux, nationaux et européens :**

**Durée envisagée :**

**Budget prévisionnel total (€TTC) :**

**Participation demandée au programme (€TTC) :**

**Cofinancements prévus et/ou obtenus (€TTC) :**

### **B- Description du projet (10 pages)**

**Justification du projet de recherche :**

Etat de l'Art

Bibliographie

**Plan de recherche**

Objectifs, résultats attendus et aspects innovants

Programme de travail : hypothèses, méthodes, outils et protocoles envisagés

Constitution des équipes de recherche participant directement au projet

Responsabilités et tâches dévolues à chaque équipe de recherche

Calendrier d'exécution

Présentation et diffusion des résultats: rapports intermédiaires, rapport final, organisation de colloques internes et publics, participation et présentation à des congrès nationaux et internationaux, publications scientifiques, brevets...

**Expérience, moyens techniques et humains mis en œuvre dans le projet, et publications antérieures des équipes proposant dans le domaine considéré**

**C- Annexe financière (€TTC), ventilée en: équipements, fonctionnement, missions, rémunération de personnels recrutés pour la durée du projet.**

## **CONTRATS EUROPEENS A PARTICIPATION FRANÇAISE (1986-2002) 8**

### **1-Programme "Effects of Air Pollution on Historic Buildings" (1986-1990).**

"The Inter-relationship of Air Pollution levels on Stone Decay Rates at Historic Monuments"

Coordinateurs: T.J. Cooper et J.O. Lewis (Trinity College, Dublin).

Participant français: M. Mamillan (CEBTP).

"Ultrasounds Applied to the Non-destructive Examination of Stone Structures"

Coordinateur: M. Mamillan (CEBTP).

### **2-Programme STEP: Protection and Conservation of the European Cultural Heritage (1989-1992).**

"The Effects of Air Pollutants on the Accelerated Ageing of Cellulose containing Materials" (1991).

Coordinateur: J.B. Havermans (TNO-Delft)

Participant français: F. Flieder (CRCDG, Paris).

"Granitic Materials and Historical Monuments: Study of Weathering and Application Conservation" (1991).

Coordinateur: M.A. Vicente (Salamanque, Espagne)

Participant français: V. Vergès-Belmin (LRMH, Champs sur Marne), Michel Robert (INRA, Versailles)

"Evaluation of the correlation between natural and artificial ageing of vegetables tanned leather and determination of parameters for standardization of an artificial ageing method" (1991)

Coordinateur: R. Larsen (Copenhague)

Participant français: C. Chahine (CRCDG, Paris).

"Conservation of Granitic Rocks and Application to Megalithic Monuments" (1991)

Coordinateur: J. Delgado-Rodrigues (Lisbone)

Participant français: Bouineau (CEBTP, St Rémy les Chevreuse)

### **3-Programme ENVIRONNEMENT: "Environmental Protection and Conservation of European Cultural Heritage" (1991-1994)**

"Non-destructive Testing and System Identification to evaluate diagnostics methods" (1993).

Coordinateur: A. Nappi (Trieste)

Participant français: P. Cotte (LCPC, Nantes).

"Rôles des apports atmosphériques solides et gazeux, et de la nature du substrat dans les altérations superficielles des monuments. Approche expérimentale et modélisation" (1993)

---

<sup>8</sup> Source: "A review of the European Commission research on environmental protection and conservation of the European Cultural Heritage, Updated version, May 2002, European Commission", Liste établie le 1<sup>er</sup> Juillet 2002

Coordinateur: R. Lefèvre (LISA, Université Paris XII)

Participant français: J.-L. Crovisier (Centre de Géochimie de la Surface, Strasbourg).

"Microstructural decay of lithoid monuments, caused by environmental factors, studied using a newly developed radar-aided methodology" (1994)

Coordinateur: V. Massa (Syremont SpA, Novara)

Participant français: B. Carachon (Compagnie Générale de Géophysique, Massy)

"Deterioration and conservation of vegetable tanned leather" (1994)

Coordinateur: R. Larsen (Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen)

Participant français: C. Chahine (CRCDG, Paris)

#### **4-Programme ENVIRONNEMENT ET CLIMAT: "Technologies to protect and rehabilitate the European Cultural Heritage" (1994-1998).**

"Archaeometric study to reconstruct the pollution and the climate of the past and their effects on cultural heritage" (1996)

Coordinateur: R. Lefèvre (LISA, Université Paris XII)

"Development of evaluation criteria, prediction and control methods concerning sea-salt effects on monuments stones- Sea-salt control in monuments" (1996)

Coordinateur: F. Zezza (Politecnico di Bari, Italie)

Participant français: F. Auger (Université de La Rochelle)

"Salt Compatibility of Surface Treatment - SCOST" (1998)

Coordinateur: E. De Witte (IRPA, Bruxelles)

Participant français: P. Bromblet (LRMH, Champs sur Marne)

#### **5-Programme: « Standards, measurements & testing »**

«Non-intrusive laser measurement techniques for diagnostics of the state of conservation of frescoes, paintings and wooden icons » **LASERART** (1997)

Coordinateur : Prof. TOMASINI (Université d'Ancône, Italie),

Participant français : Marcel Stefanaggi (LRMH, Champs sur Marne)

Durée : 1997 – 2000

« Development of new measurement methods to determine the superficial hardness of exposed monumental rocks » **HARDROCK** (1997)

Coordinateur : Piero Tiano (CNR, Florence, Italie)

Participant français : V. Vergès-Belmin (LRMH, Champs sur Marne)

« Development of innovative non-destructive evaluation techniques for the diagnosis of ancient wood » **DiaWood** (1998)

Coordinateur : G. Chaumat (Arc Nucléart)

Participation française : ARC-Nucléart, CEA-Grenoble, Centre Technique du Bois et de l'Ameublement, ARTEC-Systems

#### **6-Programme ENVIRONNEMENT ET CLIMAT: Projets CRAFT (1994-1998)**

"Wood exploitation by using starch impregnation and DIC technology - WEST" (1998)

Coordinateur: M. P. Contento (Contento Trade srl, Campoformido, Italie)  
Participants français: K. Allaf (Gradient, LMTAI, La Rochelle), A. Baleix (Divergent, Compiègne), J.M. Lecomte (NEU Séchage Industriel, Marcq-en Barouel), T. Farges (TBN19, Egletons), P. Pomey (Centre Camille Jullian, Aix-en-Provence).

"Optimisation of mineral repair mortars for historic buildings-Lithos Arte Mortars" (1998)

Coordinateur: E. De Witte (IRPA, Bruxelles)

Participant français: P. Mérindol (Ateliers Mérindol, Avignon)

« Micromethods for the Analysis of Parchment » (MAP)

Coordinateur : René Larsen (Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen)

Participant français : Claire Chahine (CRCDG, Paris)

**7-Programme ENVIRONNEMENT: "The City of Tomorrow and Cultural Heritage: Protection, conservation and enhancement of the European Cultural Heritage" (1999-2002)**

«Laser multitask non destructive technology in conservation diagnostic procedures » LASERACT (2002)

Coordinateur : Vivi TORNARI, FORTH, Crète, Grèce

Participant français : : Marcel Stefanaggi (LRMH, Champs sur Marne)

"Carbon content and origin of damage layers in European Monuments - CARMEL" (2001)

Coordinateur: H. Cachier (LSCE, CNRS/CEA, Gif-sur-Yvette)

"Biomediated calcite precipitation for monumental stones reinforcement - BIOREINFORCE" (2001)

Coordinateur: P. Tiano (CNR, Florence)

Participant français: G. Orial (LRMH, Champs sur Marne)

"Assessment of Suitable Products for the Conservative Treatment of Sea Salt Decay - ASSET" (2001)

Coordinateur: F. Zezza (Istituto Universitario di Architettura di Venezia)

Participant français: F. Auger (Université de La Rochelle)

"A light dosimeter for monitoring cultural heritage: development, testing and transfer to market - LiDo" (2001)

Coordinateur: H. Roemich (Fraunhofer Institut für Silicatforschung, Brombach)

Participant français: B. Lavédrine (CRCDG, Paris)

"Chemoluminescence- a Novel Tool in Paper Conservation Studies - PAPYLUM" (2001)

Coordinateur: B. Pihlar (Université de Ljubljana, Slovénie)

Participant français: J. Lemaire (Ensemble Universitaire des Cézeaux, Aubière)

"Model for multi-pollutant impact and assessment of threshold levels for cultural heritage -MULTI-ASSESS" (2002)

Coordinateur: V. Kucera (Institut Suédois de la Corrosion, Stockholm)

Participant français: R. Lefèvre (LISA, Université Paris XII)

"Determination of conditions to prevent weathering due to condensation, particles deposition and micro-organisms growth on ancient stained-glass windows with protective glazing - VIDRIO" (2002)

Coordinateur: A. Bernardi (CNR, Padoue)

Participants français: I. Pallot-Frossard (LRMH, Champs sur Marne), R. Lefèvre (LISA, Université Paris XII)

"Compatibility of Plasters and Renders with Salt loaded Substrates in Historic Buildings - COMPASS" (2002)

Coordinateur: Rob P.J. van Hees (TNO Bouw, Delft)

Participants français: V. Vergès-Belmin (LRMH, Champs sur Marne), P. Loutrel (Lefèvre, Chevilly-Larue), F. Botton (ACMH, Lyon)

"Stabilisation of Iron Gall Ink Containing Paper - INKCOR" (2002)

Coordinateur: J. Kolar (National and University Library, Ljubljana, Slovénie)

Participant français: A. de La Chapelle (Musée du Louvre, Département des Arts Graphiques, Paris)

"Improved Damage Assessment of Parchment -IDAP" ((2002)

Coordinateur: R. Larsen (Royal Danish Academy of Fine Arts, Copenhagen)

Participant français: C. Chahine (CRCDG, Paris)

#### **8- Programme ENVIRONNEMENT: "The City of Tomorrow and Cultural Heritage: Protection, conservation and enhancement of the European Cultural Heritage" (1999-2002).**

"European Salt Damage Conservation Network - EDSCoN"

Coordinateur: Clifford Price (University College, Londres)

Participants français: V. Vergès-Belmin (LRMH, Champs/s/Marne), R. Lefèvre (LISA, Université Paris XII)

### **Liste de quelques collaborations internationales qui ont été financées au niveau européen ou par les Ministères des Affaires Etrangères dans le cadre d'actions bilatérales**

Programme d'actions intégrées PROCOPE, 2002-2003. Collaboration entre le Rathgen-Forschungslabor SMPK (Berlin) et le C2RMF (Paris) sur le thème *Étude non-destructive des dessins à pointe de métal par microfluorescence X induite par rayonnement Synchrotron et par Proton Induced X-ray Emission (PIXE)*.

Programme d'actions intégrées ALLIANCE, co-financé par le Ministère des Affaires Etrangères et le British Council (1998). Collaboration entre le laboratoire de spectrométrie de masse dirigé par C. Rolando de l'ENS, le LRMF et la *School of Chemistry* (groupe de recherche de Richard Evershed) de l'Université de Bristol sur le thème "*Chimie et Archéologie : élaboration de protocoles d'analyse adaptés à l'étude de résidus organiques conservés dans des récipients céramiques néolithiques*".

### **Liste des programmes internationaux sur le patrimoine culturel impliquant des équipes françaises**

#### **Pour le LISA**

**PIC-Matériaux:** Programme International Coopératif des Nations-Unies: "Effets de la pollution atmosphérique sur les matériaux, incluant les monuments historiques". (Point focal français). 1998-2001.

#### **Pour Arc'Antique et Arc Nucléart**

Accord France-Canada (ACF) pour la coopération et les échanges dans le domaine de la muséologie (Ministère des communications du Canada et Ministère français de la culture et de la communication : 1°) 1996-1997 : accueil d'une chercheuse canadienne de l'ICC (Vasilike Argyropoulos), 2°) 1999 : voyage de deux chercheurs d'Arc Antique au Canada et collaborations Arc'Antique-ICC, Parks Canada et CCQ pour le traitement des matériaux composites métal/bois gorgés d'eau. Echange d'expertise franco-canadienne, 3°) 2000 : Accueil de Lyndsie Selwyn : exchange of technical expertise

## PRINCIPALES PUBLICATIONS DE RANG INTERNATIONAL (1998-2002)

### Publications en physico-chimie

Balan E., Allard T., Morin G., Calas G., Incorporation of Cr<sup>3+</sup> in dickite: a spectroscopic study. *Physics and Chemistry of Minerals*, 29, (2002)273-279.

Bleton J., Méjanelle P., Goursaud S., Tchapla, A., 1998, Identification par CPG/SM des principaux acides gras constitutifs de la subérine du liège – application à la caractérisation des sols du Titanic et de la maison Louis Pasteur. *Analysis* 26 (3), M51-M54.

Calligaro T., Dran, J.C., Salomon J., Poirot, J.P., 2000, PIXE/PIGE characterisation of emeralds using an external microbeam. *Nucl. Instr. and Meth. B* 161-163, 769-774.

Calligaro T., Colinart S., Poirot J.-P., Sudres C., 2002, Combined external-beam PIXE and  $\mu$ -Raman characterisation of garnets used in Merovingian jewellery. *Nuclear Instrument and Methods in Physics Research B*, 189, 320-327.

Derieux A., Rochut S., Papillon M.-C., Pepe, C., 2001, Identification des colles protéiques présentes dans les œuvres d'art par couplage CG/SM à trappe d'ions. *C.R. Acad. Sci. Paris, Chimie/Chemistry* 4, 295-300.

Lattuari A., Metzger P., Acquaviva M., et al, 2002, *n*-Alkane degradation by *Marinobacter hydrocarbonoclasticus* strain SP 17 : long chain  $\beta$ -hydroxy acids as indicators of bacterial activity. *Organic Geochemistry*, 33, p. 37-45.

Méjanelle P., Bleton J., Goursaud S., Tchapla, A., 2002, Analysis of Monosaccharides by GC-MS – applications to the identification of pure natural substance or present on museum objects. *Carbohydrate Analysis by Modern Chromatography and Electrophoresis. Ed : Z EL RASSI, Publ : Elsevier, AmsterdamJ. Of Chromatography Library. Vol 58-2<sup>ed</sup>, Chap. 33.*

Neelmeijer C., Brissaud I., Calligaro T., Demortier G., Hautajarvi A., Mader M., Martinot L., Schreiner M., Turunala T., Weber G., 2000, Painting, a challenge for XRF and PIXE analysis. *X-ray spectrometry*, 29, 101-110.

Olsson A.M.B., Calligaro T., Colinart S., Dran J.C., Lövestam N.E.G., Moignard B., Salomon J.n 2001, Micro-PIXE analysis of an ancient Egyptian papyrus: identification of pigments used for the “Book of the Dead”. *Nucl. Instr. and Meth. B* 181, 707-714.

Pagès-Camagna S., Colinart S., Couprie C., 1999, Fabrication Processes of Archaeological Egyptian Blue and Green Pigments Enlightened by Raman Microscopy and Scanning Electron Microscopy. *Journal of Raman Spectroscopy*, 30, 313-317.

Pomiès M.P., Menu M., Vignaud C., 1999, Observations of goethite dehydration: application to archaeological samples. *Journal of European Ceramic Society*, 19, 1605-1614.

Regert M., Rolando C., 2002, Identification of Archaeological Adhesives Using Direct Inlet Electron Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry*, 74, 965-975.

Reiche I., Vignaud C., Menu M., 2000, Heat induced transformation of fossil mastodon ivory into turquoise odontolite: structural and elemental characterisation. *Solid State Sciences*, 2 (6), 625-636.

Reiche I., Vignaud C., Champagnon B., Panczer G., Brouder C., Morin G., Solé V.A., Charlet L. and Menu M., 2001, From mastodon ivory to gemstone: The origin of turquoise color in odontolite, *American Mineralogist*, 86, 1519-1524.

Rémazeilles C., Quillet V., Calligaro T., Dran J.C., Pichon L., Salomon J., 2001. PIXE elemental mapping on original manuscripts with an external microbeam. Application to manuscripts damaged by iron gall ink corrosion. *Nucl. Instr. and Meth.B* 181, 681-687.

#### Publications en Sciences des Matériaux:

Chabas A., Lefèvre R., 2000 : Behaviour of soda-lime glass in polluted atmosphere : a case study in Paris, *Riv. Sperim. Vetro, Murano-Venice*, 30, 6, 135-140

Chabas A., Lefèvre R.-A., 2001: Soiling of soda-lime float glass in the polluted atmosphere of Paris, *Glass Technology*, accepté, sous presse

Chahine C., Rottier C., 1999, Influence du vieillissement artificiel sur le cuir et le parchemin traités au polyéthylène glycol, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 75-108.

Chahine C., Rottier C., 1999, Studies of changes of denaturation of leather and parchment collagen by differential scanning calorimetry, in *Methods in the analysis of the deterioration of collagen based historical materials in relation to conservation and storage. Preprints*. Bruxelles: European Commission, Environmental and Climate Programme, DG XII, p. 151-158.

Chahine C., 2000, Changes in hydrothermal stability of leather and parchment with deterioration: a DSC study, *Thermochimica Acta*, vol. 365, n° 1-2, p. 101-110.

Djemal A., Balan E., Morin G., Hernandez G., Labbe J.-C., Muller J.-P., Behavior of paramagnetic iron during the thermal transformations of Kaolinite, *Journal of American Ceramic Society* 84, (2001), 1017-1024.

Dessandier D., Blanc A., Bromblet Ph. et Mertz J-D., 2002, Durabilité et compatibilité des pierres des monuments : proposition de méthodologie d'étude - *Pierre Actual*, n° 791, juillet 2002, pp. 58-67.

Dessandier D., Blanc A., Bromblet Ph. et Mertz J-D., 2000, Durability of stones in buildings : influence of mineralogical composition and microstructural properties - *Proceedings of the 9th International Congress on Deterioration and conservation of Stone, Venice 19-24 June 2000*, Ed. Elsevier, Vol.1, pp. 69-78.

Dessandier D., Antonelli F. et Rasplus L., 1997, Identification and petrographic, physical and mechanical characterisation of stones used in the chevet of the Royal Abbey in Fontevraud (Maine-et-Loire, France). Comparison with rock material proposed for restoration. *Science and Technology for Cultural Heritage*, 6 (I) 1-12.

Dessandier D., Antonelli F. et Rasplus L., 1997, Relations entre minéralogie et milieu poreux de la craie Tuffeau (Bassin de Paris, France). *Bull. Soc. Géol. France*, t. 168, n° 6, pp. 741-749.

Dubus M., Aucouturier M. Colson I. et al, 2002, Évaluation de la corrosion du plomb aux Archives nationales de France, in *Preprints of the 13<sup>th</sup> ICOM-CC triennial meeting*. Londres : James and James pour l'ICOM, p. 851-859.

Dupont A.-L., 2002, Study of the degradation of gelatine upon aging using aqueous size-exclusion chromatography. *Journal of chromatography*, A, 950, p. 113-124.

Dupont A.-L., 2002, The role of gelatine / alum sizing in the degradation of paper : A study by size exclusion chromatography in lithium chloride / N,N-dimethylacetamide using multiangle light scattering detection, in *Works of Art and Paper. Books, Documents and Photographs, Techniques and Conservation. International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works. Preprints of the Baltimore Congress*. Londres: IIC, p. 59-64.

Flieder F., Leroy M., Duval A., et al, 1999, Analyse des papyrus et étude de leur dégradation, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 51-74.

Flieder F., Leroy M., Duval A., et al, 2001, Papyrus: The need for analysis. *Restaurator*, n° 22, p. 84-106.

Garnier N., Cren-Olivé C., Rolando C., Regert M., 2002, Characterization of Archaeological Beeswax by Electron Ionization and Electrospray Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry* 74 : 4868-4877.

Jerosch H., Lavédrine B., Cherton J.-C., 2001, Study of the stability of cellulose-holocellulose solutions in N, N-diméthylacétamide-LiCl by size exclusion chromatography. *Journal of Chromatography*, A, vol. 927, n° ½, p. 31-38.

Jerosch H., Lavédrine B., Cherton J.-C., 2002, Study about correlation between SEC and mechanical tests of different paper types for degradation state evaluation. *Restaurator* (sous presse).

Jerosch H., Lavédrine B., Cherton J.-C., 2002, Differences in ageing behaviour of cellulose shown by SEC. *Journal of biochemical and biophysical methods* (sous presse).

Juchauld F., Chahine C., 1999, Parchment degradation study by steric exclusion chromatography, in *Methods in the analysis of the deterioration of collagen based historical materials in relation to conservation and storage. Preprints*. Bruxelles: European Commission, Environmental and Climate Programme, DG XII, p. 43-55.

Juchauld F., Chahine C., 2002, Determination of the molecular weight distribution in parchment collagen by steric exclusion chromatography. *Archetype*, p. 123-131.

Juchauld F., Chahine C., Thao S., 2002, Évaluation de la quantité de matières extractibles d'un cuir ancien, in *Preprints of the ICOM-CC 13<sup>th</sup> triennial meeting*. Londres: James and James pour l'ICOM, p. 777-784.

Lefèvre R., Derbez M., Grégoire M., Ausset P., 1998: Origin of sulphated grey crusts on glass in polluted urban atmosphere: the stained-glass windows of Tours Cathedral (France). *Glass Sci. Technol., Glastech. Ber.*, 71, n°3, 75-80

Munier I., Lefèvre R., 2000 : New crystallisations developed on low-durability glasses exposed to the atmospheric pollution in Paris, *Riv. Sperim. Vetro, Murano-Venice*, 30, 6, 127-130

Nguyen T.-P., Lavédrine B., Flieder F., 1999, Effets de la pollution atmosphérique sur la dégradation de la gélatine photographique, in *Preprints of the 12<sup>th</sup> ICOM-CC triennial meeting*. Londres : James and James pour l'ICOM, p. 567-570.

Richardin P., Bonnassies-Termes S., Bizouard G. et al, 2000, Analyse d'un prélèvement de vase, in Elayi J., Sayegh H., *Un quartier portuaire de Beyrouth au Fer II/Perse*, Paris : Éd. Gabalda, p. 355-368.

#### Publications en Sciences de l'environnement:

Ausset P., Bannery F., Del Monte M., Lefèvre R.-A., 1998: Recording of pre-industrial atmospheric environment by ancient crusts on stone monuments. *Atm. Env.*, 32, 16, 2859-2863

Ausset P., Del Monte M., Lefèvre R.-A., 1999: Embryonic sulphated black crusts on carbonate rocks in atmospheric simulation chamber and in the field: role of carbonaceous fly-ash, *Atm. Env.*, 33, 10, 1525-1534

Chabas A., Jeannette D., Lefèvre R.-A., 2000: Crystallization and dissolution of airborne sea-salts on weathered marble in a coastal environment at Delos (Cyclades, Greece), *Atm. Env.*, 34, 2, 219-224

Chabas A., Lefèvre R.-A., 2000: Chemistry and microscopy of atmospheric particulates at Delos (Cyclades, Greece), *Atm. Env.*, 34, 2, 225-238

Chabas A., Jeannette D., 2001: Weathering of marbles and granites in marine environment: petrophysical properties and special role of atmospheric salts, *Environmental Geology*, 40, 3, 359-368

Del Monte M., Ausset P., Lefèvre R., Thiébault S., 2001: Evidence of pre-industrial air pollution from the Heads of Kings of Juda Statues from Notre-Dame Cathedral in Paris. *The Science of the Total Env.*, 273, 1-3, 101-109

Del Monte M., Forti P., Ausset P., Lefèvre R., Tolomelli M., 2001: Air pollution records on selenite in the urban environment, *Atm. Env.*, 35, 22, 3885-3896

Lefèvre R.-A., Ausset P., 2002: Atmospheric pollution and building materials: stone and glass, *Geological Society Special Publication*, London, 205, sous presse

Munier I., Lefèvre R., Geotti-Bianchini F., Verità M., 2002: Influence of polluted urban atmosphere on the weathering of low-durability glasses, *Glass Technology*, accepté, sous presse

Vilmont L.-B., 1999, Effets des polluants atmosphériques sur les disques compacts, in *Archiver et communiquer l'image et le son : les enjeux du troisième millénaire. Actes du 5<sup>e</sup> Symposium technique mixte JTS 2000*, Paris : CTS, p. 74.

Publications en Conservation:

Argyropoulos V., Rameau J.-J., Dalard F., Degriigny C., Testing Hostacor IT as a corrosion inhibitor for iron in polyethylene glycol solutions, *Studies in Conservation*, n° 44, 1999, p. 49-57.

Argyropoulos V., Degriigny C., Guilminot E., Monitoring treatments of waterlogged iron-wood composite artefacts using Hostacor IT-PEG 400 solutions, *Studies in Conservation*, n° 45, 2000, p. 253-264.

Aubry T., Chahine C., 2002, Interventions minimales sur les reliures en cuir dégradés : cuir ou papier japon ?, in *La conservation à l'ère du numérique. Actes des 4<sup>es</sup> Journées internationales d'études de l'ARSAG*. Paris : ARSAG, p. 195-204.

Bobichon C., Degriigny C., Dalard F., Tran Q.K., *An electrochemical study of iron corrosion inhibitors in aqueous polyethylene glycol solutions*, *Studies in Conservation*, n°45, 2000, p. 145-153.

Bromblet P., 2000 : Evaluation of the durability and compatibility of traditional repair lime-based mortars on three limestones. *Int. Journ for Restoration of Buildings and Monuments*, 6, 5, 513-528.

Bromblet P. , Labouré M. , Oriol G. 2002 : Diversity of the cleaning procedures including laser for the restoration of carved portals in France during the last ten years /. *Journal of Cultural Heritage*, in press.

Brunet J., Vouvé J., Malaurent P., 2000 : Re-establishing an underground climate appropriate for the conservation of the prehistoric paintings and engravings at Lascaux. *Conservation and Management of Archaeological sites*, 4, 3, 33-45.

Castellini P., Esposito E., Legoux V., Paone N., Stefanaggi M., Tomasini E.P. 2000, On field validation of non-invasive laser scanning vibrometer measurement of damaged frescoes : experiments on large walls artificially aged /. *Journal of Cultural Heritage*, 1, supp 1, p. 349-356.

Chahine C., Rouy D., 1999, The cleaning of parchment : how far we can go ?, in *International conference on conservation and restauration of archival and library materials, Erice, 22-29 April, 1996*, Rome : Istituto centrale per la patologia del libro, p. 433-442.

Chahine C., 2002, Évolution des techniques de fabrication du cuir et problèmes de conservation, in *Le travail du cuir de la Préhistoire à nos jours. XXIIes Rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*. Antibes : Éditions APDCA, p. 15-31.

Costa V. 2001, The deterioration of silver alloys and some aspects of their conservation. *Reviews in Conservation*, 2, p. 18-34.

Colinart S., Garcia-Darowska M., Portal A., 2001, Masques funéraires égyptiens de l'époque romaine. in *Le plâtre, l'art et la matière*, Ed. Créaphis, Paris, 58-65.

Degrigny C., Le Gall R., 1999, Conservation of ancient lead artefacts corroded in organic acid environment : electrolytic stabilization/consolidation, *Studies in Conservation*, n° 44, p. 157-169.

De Reyer D. , Jeantet A.-Y., Pilbout S., 2002, Les lamelles des fils métalliques organiques dans les textiles médiévaux : approche méthodologique de leur origine biologique [et al.] *Studies in Conservation*, vol. 47, n° 2, p. 122-133.

Daniel F., Copy S., Fliedier F., 1999, La désacidification de masse à la Bibliothèque nationale de France: un peu plus de magnésium, s'il vous plaît, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 75-108.

Daniel F., Demarque A., Fliedier F., 1999, Effets de l'encapsulation sous vide du papier par la méthode Archipress, in *Preprints of the 12<sup>th</sup> ICOM-CC triennial meeting*. Londres : James and James pour l'ICOM, p. 495-501.

Daniel F., Hatzigeorgiou V., Copy S., et al, 1999, Étude de l'efficacité d'un nouveau produit d'archivage : le MicroChamber®, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 25-50.

Daniel F., Laroque C., Richardin P., et al, 1999, La conservation des papiers transparents dans les collections publiques, in *Actes du 2<sup>e</sup> Congrès international pour la sauvegarde du patrimoine culturel dans les pays du bassin méditerranéen, Nanterre, 5-9 juillet 1999*, p. 219-220.

Dupont A.-L., Barteaux J., Jerosch H., et al, 2002, Testing CSC Book Saver®, a commercial deacidification spray. *Restaurator*, 23, 1, p. 39-47.

Eichert D., Vergès-Belmin V., Kahn O., 2000, Electronic paramagnetic resonance as a tool for studying the blackening of Carrara marble due to irradiation by a Q-switched YAG laser. *Journal of Cultural Heritage*, 1, suppl 1, 37-45.

Fliedier F., Capderou C., 1999, *Sauvegarde des collections du patrimoine : la lutte contre les détériorations biologiques*. Paris : CNRS Éditions, 256 p.

Fliedier F., Delange E., Duval A., et al, 2001, Payrus: The need for analysis, *Restaurator*, n° 22, p. 84-106.

Gillet M., Maes H., Garnier C., et al, 2001, Light stability of computer-generated printings, in *Conference Proceedings, London, March 2001: Preservation and conservation issues related to digital printing*. Londres : Robert Horne Group for the Institute of Physics, p. 66-72.

Guilminot E., Rameau J.-J., Dalard F., Degrigny C., Hiron X., Benzotriazole as inhibitor for copper with and without corrosion products in aqueous polyethylene glycol (PEG), *Journal of Applied Electrochemistry*, n° 30, 2000, p. 21-28.

Guilminot E., Dalard F., Degrigny C., Electrochemical study of corrosion inhibitors of iron in PEG solutions, in *Proceedings of the 9<sup>th</sup> European Symposium on Corrosion Inhibitors (9 SEIC)*, Ann. Univ. Ferrara, N.S., Sez. V, Suppl. N. 11, (2000), p. 213-225.

Guilminot E., Dalard F., Degrigny C., Tran Q.K., Adaptation of waterlogged wood treatments to composite waterlogged wood/iron archaeological objects, *Corrosione : prevenzione, protezione e conservazione, Pitture e Vernici European coatings*, n°16, vol. 77, 2001, p. 51-59.

Hanus J., Richardin P., Bonnassies-Termes S., 1999, Influence of ethylene oxide sterilisation on some photographic papers, in *Preprints of the 12<sup>th</sup> ICOM-CC triennial meeting*. Londres : James and James pour l'ICOM, p. 550-554.

Hanus J., Richardin P., Bonnassies-Termes S., et al, 1999, Comparison of two different methods by head-space gas chromatography for determination of residual ethylene oxide in sterilized papers, in *Preprints of the 12<sup>th</sup> ICOM-CC triennial meeting*. Londres : James and James pour l'ICOM, p. 507-512.

Kleitz M.O. et Vallet J-M., 2001. Les traitements par anoxie et atmosphère modifiée. Synthèse bibliographique, in *Les contaminants biologiques des biens culturels*, Ed. scientifique MN. Roquebert, collection Patrimoine/ Heritage series, Muséum National d'Histoire Naturelle, Ed. Elsevier, 317-332.

Labouré L., Bromblet P., Orial G. Wiedemann G., Simon-Boisson C., 2000 : Assessment of laser cleaning rate on limestones and sandstones. *Journal of Cultural Heritage*, 1, supp 1, 21-27.

Laroque C., 2000, Transparent papers: A technological outline and conservation review, *Reviews in conservation*, n° 1, p. 21-31.

Larsen R., Chahine C., 2002, *Deterioration and conservation of vegetable tanned leather in ancient books*, in *4<sup>th</sup> Commission conference on research for protection, conservation and enhancement of cultural heritage. Opportunities for European enterprises. Strasbourg, 22-24 November 2002*. Luxembourg: European Communities, p. 145-149.

Lavédrine B., 1999, The blue pink scale: A new light dosimeter for the exhibition of sensitive artefacts, in *The Institute of Paper Conservation Conference "Care of photographic, moving images and sound collections"*. Worcestershire: Institute of Paper Conservation, p. 124-128.

Lavédrine B., Gandolfo J.-P., 1999, La plaque autochrome : histoire, conservation et reproduction des plaques additives Lumière, in *Conservazione dei materiali librari archivistici e grafici*, Torino : Ed. Umberto Allemandi & C., p. 247-256/

Lavédrine B., Gillet M., Garnier C., 1999, Mise au point d'un actinomètre pour le contrôle de l'exposition des photographies et des objets sensibles à la lumière, in *Preprints of the 12<sup>th</sup> ICOM-CC triennial meeting*. Londres : James and James pour l'ICOM, p. 65-69.

Lavédrine B., 2000, Methodology used in the inspection of film collection, in *The vinegar syndrome: Prevention, remedies and the use of new technologies*, Bologne: Gamma Group, p. 79-85.

Lavédrine B., Duverne R., Leroy M., et al, 2000, Analyse statistique de l'état de conservation d'une collection de films sur support en triacétate de cellulose, in *Archiver et communiquer l'image et le son : les enjeux du troisième millénaire. Actes du 5<sup>e</sup> Symposium technique mixte JTS 2000*, Paris : CTS, p. 44-53.

Lavédrine B., Gandolfo J.-P., 2000, L'addition des couleurs. L'autochrome : analyse et conservation d'un procédé photographique, in *Actes du congrès « Art et chimie, la couleur »*, Paris : CNRS Éditions, p. 130-137.

Lavédrine B., Gandolfo J.-P., Monod S., 2000, *Les collections photographiques. Guide de conservation préventive*, Paris : ARSAG, 304 p.

Louvet A., Gillet M., 1999, Les clichés photographiques sur supports souples : contribution à l'étude de leur stabilité, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 109-159.

Le Métayer-Levrel G., Castanier S., Orial, G. [et al.], 1999 : Applications of bacterial carbonatogenesis to the protection and regeneration of limestones in buildings and historic patrimony . *Sedimentary Geology*, 126, 25-34.

Memet J.B., Rakotonirainy M., Tran Q.K, 2002, La conservation des objets archéologiques composites fer/bois gorgés d'eau. *Matériaux et Techniques* (sous presse).

Monthel G., Schoefer M., Valansot O., De Reyser D. et Nowik W., 1998, Les Tissus gallo-romains de Chalon-sur-Saône : étude pluridisciplinaire, *Bulletin du Cieta*, 75, 21-36.

Nicolaus N., Chahine C., 2002, Sampling of a painting belonging to the Fine Arts Museum of Lille, *Studies in Conservation* (sous presse).

Rakotonirainy M., Raison M.-A., Flieder F., 1998, Evaluation of the fungistatic and fungicidal activity of six essential oils and their related compounds, in *Preprints of the Jubilee Symposium of the School of Conservation, Copenhagen, 1998*. Copenhagen : The Royal Danish Academy of Fine Arts, p. 121-130.

Rakotonirainy M., Flieder F., Fohrer F., et al, 1999, La désinfection des papiers par les faisceaux d'électrons et les micro-ondes, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 159-172.

Rakotonirainy M., Raison M.-A., 1999, Étude de l'activité antifongique de quelques huiles essentielles, in *Les documents graphiques et photographiques : analyse et conservation. Travaux du CRCDG, 1994-1998*. Paris : La Documentation française ; Archives nationales, p. 173-192.

Rakotonirainy M., 1999, La contamination fongique dans les collections d'archives et de bibliothèques : détection et lutte, in *Biodétérioration et désinfection des collections d'archives et de bibliothèques. Actes des 2es Journées de conservation préventive*. Arles : CICL, p. 34-42.

Rakotonirainy M., Fohrer F., Flieder F., 1999, Research on fungicides for aerial disinfection by thermal fogging in libraries and archives. *International Biodeterioration & Biodegradation*, n° 44, p. 133-139.

Rakotonirainy M., Fohrer F., Lavédrine B., 2000, Traitement des films cinématographiques contaminés par les moisissures, in *Archiver et communiquer l'image et le son : les enjeux du troisième millénaire. Actes du 5<sup>e</sup> Symposium technique mixte JTS 2000*. Paris : CTS, p. 66-73.

Rakotonirainy M., Héraud C., Lavédrine B., 2002, Detection of viable fungal spores contaminant on documents and rapid control of the effectiveness of an ethylene oxide disinfection using ATP assay, *Luminescence* (sous presse).

Tiano P., Delgado Rogrigues J., De Witte E., Vergès-Belmin V., Massey S., Snethlage R., Costa D., Cadot-Leroux L., Garrod E., Singer B., 2000 : The conservation of monuments : a new method to evaluate consolidating treatments. *Int Journal for Restoration of Buildings and Monuments*, 6, 2, 133-150.

Vatelot J., Colinart S., Degrand L., Romain A., 2002 Redécouverte d'un modèle en terre cuite du *Sommeil de Rodin* : étude et restauration In *colloque ICOM-CC, Rio de Janeiro, 22-27 22-27 Septembre 2002, Preprints 2*, 550-555.

Vergès-Belmin V., Dignard C. 2002, Laser yellowing, myth or reality ?/. *Journal of Cultural Heritage*, in press

Vergès-Belmin V., Wiedemann G., Weber L.[et al.] 2002, A review of health hazards linked to the use of lasers as cleaning tools for stone building components and artefacts / /. *Journal of Cultural Heritage*, in press

Vilmont L.-B., 1999, Prise en compte du risque biologique dans la réalisation des bâtiments d'archives et de bibliothèques, in *Biodétérioration et désinfection des collections d'archives et de bibliothèques. Actes des 2es Journées de conservation préventive*. Arles : CICL, p. 47-56.

Vouvé J., Vouvé F., Brunet J., Malaurent P., 2000 : Apport de l'analyse colorimétrique à propos de la caractérisation in situ des peintures préhistoriques dans une démarche conservatoire : cas de la grotte Chauvet (Ardèche, France). *C.R.A.S., Sciences de la terre et des planètes*, 331, 627-632.

Vallet JM. 2000, La protection des pierres. Guide sur les hydrofuges de surface. *Cahier technique n° 3 du Cercle des partenaires du patrimoine*, avril 2000. 55 p.

Vallet JM., Simon S., Mertz JD., et Martinet G. 2000 : Durability of consolidants on French calcareous stones after eighteen years of ageing, In *Actes du 9<sup>th</sup> International congress on the deterioration and conservation of stones*, vol. 2, Ed. V. Fassina, Venice, June 19-24, 2000, 165-174.

Von Waldthausen C., Lavédrine B., 2002, An investigation into a consolidation treatment for flaking autochrome plates, in *Preprints of the the 13<sup>th</sup> triennial meeting of ICOM-CC*. Londres: James and James pour l'ICOM, p. 664-669.

Publications à l'interface des sciences et du Patrimoine culturel

Chabas A., Jeannette D., Lefèvre R., 1998: Altération du marbre et du granite de Délos: rôle de l'environnement atmosphérique marin naturel et pollué. *Bull. de Correspondance Hellénique*, 122, 487-500.

Colinart S. et Pagès-Camagna, 2001, Egyptian polychromy: Pigments of the Pharaonic palette". Ed; Bayerisches Landesamt Für Denkmalpflege, München, 85-88.

Colinart S., Grappin-Wsevolosky S., Matray C., 1999, La cire punique: Etude critique des recettes antiques et de leur interprétation - application aux portraits du Fayoum. *12<sup>th</sup> Triennial Congrès ICOM-CC, Lyon, 28 août - 6 septembre 1999, Preprints 1* : 213-2.

Colinart S., 2001, Technique picturale d'un portrait du fayoum à l'encaustique, in: *La peinture funéraire antique, IV<sup>e</sup> av. J.-C. - IV<sup>e</sup> siècle apr. J.-C.* sous la direction d'Alix Barbet, actes du colloque 6-10 octobre 1998, St Romain en Gal. Editions Errance, 2001, 253-255

Colinart S., Analysis of inorganic yellow colour in Egyptian painting *In Colour and painting in Ancient Egypt*. Edited by W.V. Davies. *The British Museum Press, 20001, 1-4*.

Del Monte M., Ausset P., Lefèvre R., 1998: Traces of ancient colours on the Trajan's Column, Rome. *Archaeometry*, 40, 2, 403-412.

Guerra M. F., Calligaro T., 2002, Gold traces to trace gold, *Journal of Archaeological Sciences*, sous presse.

Pagès-Camagna, S., Colinart, S., 2000, La palette de l'Egypte pharaonique. *Actes du colloque : Art et Chimie, la Couleur, 16-18 septembre 1998, Palais du Louvre (France)*, CNRS Éditions, 218-222 (2000).

Pomies M.P., Morin G. and Vignaud C., XRD Study of the goethite-hematite transformation: application to the identification of heated prehistoric pigments. *European Journal of Solid State Inorganic Chemistry* 35, (1998) 9-25.

Regert M., Rolando C., 2002, Identification of Archaeological Adhesives Using Direct Inlet Electron Ionization Mass Spectrometry. *Analytical Chemistry* 74, 2002 : 965-975.

Regert M., Colinart S., Degrand L., Decavallas O., 2001, Chemical Alteration of Beeswax through Time: Accelerated Ageing and Analysis of Archaeological Samples from Various Environmental Contexts. *Archaeometry*, 43 (4), 549-569.

Regert M., Vacher S., Moulherat C., Decavallas O., 2002, Study of Adhesive Production and Pottery Function during Iron Age on the site of Grand Aunay (Sarthe, France) by Gas Chromatography/Mass Spectrometry. *Archaeometry*, accepté.

Reiche I., Vignaud C., Champognon B., Panczer G., Brouder C., Morin G., Solé A., Charlet L., Menu M., 2001, From Mastodon ivory to gemstone : the origin of turquoise color in odontolite. *American Mineralogist* 86, (2001) 1519-1524.

Reiche I., Morin G., Brouder C., Solé V.A., Petit P.E., Vignaud C., Calligaro T., Menu M., 2002, Manganese accommodation in fossilised mastodon ivory and heat-induced colour transformation: Evidence by EXAFS. *Eur. J. Miner.* 6 (sous-presse).

Vallet JM. et Vallet-Coulomb C., 1999, Characterisation of residual efficiency of ancient water repellent products applied on calcareous stones by using water absorption measurements under low pressure (pipe method), in *6<sup>th</sup> International conference on "non destructive testing and microanalysis for the diagnostics and conservation of the cultural and environmental heritage"*, 17-20 mai 1999, Rome, 417-430.

Tchapla, A., Bleton, J. Goursaud, S. et Méjanelle, Ph., 1999, Contribution à la connaissance des substances organiques utilisées en Egypte ancienne – l'apport de techniques physico-chimiques d'analyse. *Encyclopédie religieuse de l'univers végétal – croyances phytoreligieuses de l'Egypte ancienne*, publication coordonnée par S.H. Aufrère, Université Paul Valéry – Montpellier III, Vol 1, 445-488

Tchapla, A., Méjanelle, Ph., Bleton, J., Goursaud, S. et Mourer, R., 1999, A propos de l'Homme de Lyon – matériaux des baumes d'une momie de l'Egypte ptolémaïque conservée au Musée d'Histoire naturelle de Lyon – Comparaison avec les baumes de momies de différentes époques". *Encyclopédie religieuse de l'univers végétal – croyances phytoreligieuses de l'Egypte ancienne*, publication coordonnée par S.H. Aufrère, Université Paul Valéry – Montpellier III, Vol 1, 489-516

Tchapla, A., Bleton, J. Goursaud, S., Méjanelle, Ph. Et Mourer, R., 1999, Contribution à l'étude des onguents et des fards rituels mentionnés dans les textes religieux et funéraires égyptiens". *Encyclopédie religieuse de l'univers végétal – croyances phytoreligieuses de l'Egypte ancienne*, publication coordonnée par S.H. Aufrère, Université Paul Valéry – Montpellier III, Vol 1, 517-532

## **PUBLICATIONS ET EXPOSITIONS DESTINEES AU GRAND PUBLIC**

*L'électrolyse au service de l'archéologie*, dans le chapitre L'électrolyse, un exemple de transformation forcée, Manuel de chimie Terminale S, sous la dir. De Jacques MESPLEDE, Ed. Bréal, 2002, p. 211

*Arc'Antique : la science au service de l'art*, dans dossier Le patrimoine, un trésor tout public, Loire-Atlantique : le magazine du Conseil Général, n° 24, été 2002, p. 23

*La beauté des canons*, dans dossier la restauration, Acquis sciences, n°22, hiver 2000, p. 24-25

*Du canon de marine à la porcelaine fine...*, dans dossier : la science au service du patrimoine, Réseau : recherche et innovation en Bretagne, °150, décembre 1998 , p. 12-13

### *Film pour le grand public*

*Arc'Antique –Nantes*, Exploration planète : l'aventure de la science, Gédéon programmes /La cinquième, 2000, 12 min.

### *Cédérom*

Safeguarding our documentary heritage / conservation préventive du patrimoine documentaire, UNESCO, IFLA-PAC, Ministère de la culture et de la communication – Mission de la recherche et de la technologie, Paris 2000 (A.C. Brandt-Grau, coordonnateur scientifique)

### *Site web*

« Sciences et patrimoine culturel », une production multimédia de la MRT  
Présentation des laboratoires et ateliers membres du réseau, bibliothèque virtuelle, base de données, actualités, autres serveurs spécialisés <http://www.culture.gouv.fr/culture/conservation/fr/>

### *Exposition itinérante :*

Technologies de l'archéologie sous-marine : une production de la Fondation Maison des sciences de l'homme et de la Mission de la recherche et de la technologie du ministère de la culture en collaboration avec le département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines, le laboratoire Arc Antique et le groupe de recherche en archéologie navale (GRAN), version française réactualisée en 2002. (version trilingue arabe-français-anglais disponible)

## THESES SUR LES MATERIAUX DU PATRIMOINE (1997-2002)

### 1997

Chabas A., 1997 : Rôle de l'environnement atmosphérique marin dans la dégradation des marbres et du granite de Délos (Cyclades, Grèce). *Thèse de doctorat de l'Université Paris XII*, 1997, 204 p., 137 fig., 29 tabl., 8 annexes.

Bannery F., 1997 : Les apports atmosphériques particuliers en Arles: relation avec la sulfatation des matériaux. *Thèse de doctorat de l'Université Paris XII*, 1997, 230 p., 58 fig., 35 tabl., 7 annexes.

### 1998

Nguyen T.-P., 1998 : Étude des effets de la pollution sur la dégradation de la gélatine photographique. *Thèse de doctorat de l'université de Rouen*, 134 p., annexes.

### 1999

Derbez M., 1999 : Rôle des apports atmosphériques dans l'altération de calcaires tendres en environnement urbain: la cathédrale de Tours. *Thèse de l'Université Paris XII*, 200 p., annexes.

### 2000

Bach S., 2000 : Modification chimique du bois en vue de son utilisation en milieu Extérieur. *Thèse de doctorat de l'INPG (Grenoble)*, spécialité "Science et Génie des Matériaux", soutenue le 29 septembre 2000.

Guilminot E., 2000 : Action d'un inhibiteur de corrosion du fer en milieu eau-polyéthylèneglycol (PEG 400) lors des traitements des objets archéologiques composites gorgés d'eau/ fer, *Thèse de doctorat de l'Université de Grenoble*, soutenue le 6 Octobre 2000.

Martinetto P., 2000, Etude cristallographique des préparations de cosmétiques de l'Egypte. Apports du rayonnement synchrotron à l'analyse quantitative et micro-structurale des matériaux archéologiques *Thèse de doctorat de l'Université Joseph Fourier Grenoble*, soutenue le 11 octobre 2000.

Munier I., 2000 : Impact de la pollution atmosphérique sur l'altération de verres-modèles de faible durabilité. *Thèse de doctorat de l'Université Paris XII*, 319 p., 95 p. d'annexes.

Reiche I., 2000, Processus physico-chimiques d'altération des ossements et ivoires anciens. *Thèse de doctorat de l'Université Paris VI*, soutenue le 15 septembre 2000.

### 2001

Kiratisin A., 2001 : L'environnement structural et électronique du chrome et du fer dans le corindon ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), *Thèse de doctorat de l'Université Paris VI*, soutenue le 21 décembre 2001.

### 2002

Bertrand L., 2002 : Approche structurale et bioinorganique de la conservation des fibres kératinisées archéologiques. *Thèse de doctorat de l'Université Paris VI*, soutenue le 19 novembre 2002.

Jerosch H. : Caractérisation de l'état de dégradation de la cellulose par chromatographie d'exclusion stérique. *Thèse de doctorat de l'université de Versailles-Saint-Quentin en Yvelines*, 204 p., annexes.

Lombardo T., 2002 : Les mécanismes d'altération du verre calco-sodique en atmosphère urbaine polluée, *Thèse de Doctorat de l'Université Paris XII*, 200 p.

Simonot L., 2002 : Etude expérimentale et modélisation de diffusion de la lumière dans une couche de peinture colorée et translucide. Application à l'effet visuel des glacis et des vernis. *Thèse de doctorat de l'Université Paris VI*, soutenue le 4 novembre 2002.

## LISTE DE COLLOQUES, ECOLES ET COURS DOCTORAUX

Journées Françaises de Spectrométrie de Masse (annuel) et International Symposium on Archaeometry (tous les deux ans)

Cours doctoral européen "Sciences et Matériaux du patrimoine culturel", Centre Universitaire Européen pour les Biens Culturels, Fondation du Conseil de l'Europe, Ravello, Italie (annuel)

« Sharing conservation science : vers un langage commun », INP / ICCROM, 8 juin au 6 juillet 2001 (cours organisé pour la deuxième fois en 2 ans en France),

4<sup>th</sup> European Commission Conference « Research for Protection, Conservation and Enhancement of Cultural Heritage : Opportunities for European Enterprises », Strasbourg, 22 au 24 novembre 2000  
Conférence co-organisée par le Ministère de la culture et de la communication (Mission de la recherche et de la technologie) dans le cadre de la Présidence française de l'Union européenne)

5<sup>th</sup> European Commission Conference on Cultural Heritage Research : a Pan-European Challenge, 15 – 18 May 2002, Cracow, Poland

Représentant français au comité d'organisation : Jean-Marc Vallet, Centre interrégional de conservation et de restauration du patrimoine (CICRP)

## **PRIX OBTENUS PAR DES JEUNES CHERCHEURS**

**Prix de Jean Rose** (minéralogie – cristallographie) de l'AFAS (Association Française pour l'Avancée des Sciences) obtenu en 2001 par Ina Reiche (doctorat de l'Université de Paris 6 réalisé au C2RMF, soutenu le 15 septembre 2000) pour ses travaux sur intitulés "*De l'ivoire de mastodonte à la turquoise osseuse*"

**Prix de la Fondation L'Oréal Art et Science** obtenu en 1999 par Sandrine Pagès-Camagna (doctorat de l'Université de Marne la Vallée réalisé au C2RMF, soutenance, mars 1999) pour ses travaux sur le vert égyptien

**Prix du G.M.P.C.A.** (Groupe des Méthodes Pluridisciplinaires Appliquées à l'Archéologie) obtenu en 1999 par Martine Regert (doctorat de l'Université de Nanterre réalisé au département de chimie de l'ENS et au C2RMF, soutenu le 9 décembre 1996) pour ses travaux sur les matériaux organiques archéologiques