

부여 공남지 출토 고목재의 수종

· 김익주 / 국립해양유물전시관 학예연구실

1. 서언

현미경을 사용하여 부여 공남지에서 출토된 목재를 IAWA (International Association Wood Anatomists) 검색표로 수종을 식별한 결과 총 26개 시료 중 침엽수재는 단 1종만이 검색되었고 나머지는 모두 활엽수재로 식별 되었다. 침엽수재는 14개시료가 모두 소나무속이었고 활엽수재는 상수리나무류가 4개였으며, 그외 벚나무속, 졸참나무류, 밤나무속, 느티나무속이 식별 되었다. 현미경은 주로 광학현미경을 사용하였고 부후가 극심하여 박편의 제작이 어려운 시료에 대해서는 주사전자현미경을 사용하여 관찰하였다.

2. 재료 및 방법

수종식별에 사용된 발굴목재 시료가 대부분 극단적인 분해를 보이고 있었으며, 일부는 매장상태 또는 취급과정에서 건조피해를 입은후 다시 수침상태로 있었던 경우도 관찰되었다. 또한 대부분은 수침상태였으나 일부 건조시료는 경화를 위하여 수침상태로 만든 후 시료를 제작하였다. B4, B0-8 등의 시료는 횡단면이 2~3mm에 불과하여 현미경 관찰은 가능하였으나 사진 촬영은 불가 하였다.

소형의 시편을 FAA(Formaldehyde alcohol acetic acid)로 고정한 후 수세하고, 알코올 계열로 탈수하여 Xylene으로 치환하였다. 박편제작을 위해 파라핀으로 포매(Embedding)시켜 Rotary microtome 으로 목재의 3단면(횡단면, 방사단면, 접선단면) 절편을 10-20 μ m의 두께로 제작하였다. 제작된 절편은 슬라이드 글라스에 부착시킨 후 Xylene으로 탈파라핀(Deparaffin)화 시킨 다음 알코올계열로 수화시켜 1% 사프라닌으로 2분간 염색한 후 다시 알코올계열로 탈수하여 Canada balsam 수지로 봉합하여 연구 프레파라트를 제작하였다.

제작된 절편을 광학현미경을 사용하여 목재를 구성하는 개개의 세포 및 조직의 특징을 관찰한 후 IAWA(International Association Wood Anatomists)에서 규정한 검색표를 준용하여 수종식별을 하였다.

3. 결과

소나무속이 14개로 가장 많았고 상수리나무류가 4개였으며, 그외 벗나무속, 졸참나무류, 밤나무속, 느티나무가 식별되었다(표 참조).

1) 소나무아과 경송류 (Hard pine)

횡단면에서 수직수지구가 관찰되며 타일로소이드가 발달되어 있다. 방사단면에서 1열의

공남지 출토목재류의 부재별 수종

일련	유물번호	유적명	유물명	수종
1	6	부여 공남지	옷칠목제용기	소나무
2	41	"	목부재	느티나무속
3	42	"	목제품	벗나무속
4	57	"	"	소나무
5	60	"	"	졸참나무류
6	64	"	"	소나무
7	66	"	"	소나무
8	87	"	"	밤나무
9	88	"	"	느티나무
10	95	"	"	상수리나무류
11	102	"	"	졸참나무류
12	99-12	"	"	소나무
13	99Z-10	"	"	상수리나무류
14	A-30	"	"	"
15	A-39	"	자루형 목제품	벗나무속
16	A-49	"	목제품	상수리나무류
17	A-68	"	"	소나무
18	B4	"	"	느티나무속
19	B0-8	"	"	소나무
20	K-2	"	"	"
21	M-1	"	"	"
22	Ⅲ-4	"	"	"
23	말목-11	"	말목	"
24	괭이	"	-	"
25	칠기편	"	-	"
26	토층내 목편	"	-	"

유연막공을 관찰할 수 있으며, 가도관과 방사유세포가 직교하는 곳의 분야벽공은 창상 벽공이다. 방사가도관의 벽에서는 경송류와 연송류를 구분하는 중요한 특징인 거치상비후가 관찰된다. 접선단면에서 단열방사조직 및 수평수지구가 포함된 방추형방사조직을 볼 수 있다.

2) 참나무과 참나무속 상수리나무류(*Quercus* spp.)

전형적인 환공재로 연륜의 구별이 명확하며, 횡단면에서 공권은 1-2열로 배열하고 공권 외에서 소관공은 고립관공이 방사상으로 배열되었다. 도관내에 타일로시스가 현저하게 발달하며, 광방사 조직이 뚜렷하게 나타났다. 방사조직은 동성형이고 단천공을 갖으며 또한 주위상 가도관을 가지고 있다. 접선단면에서 단열방사조직과 광방사조직으로 구성된 복합방사조직이 명료하다.

3) 참나무과 참나무속 졸참나무류(*Quercus* spp.)

참나무속 상수리나무아속의 특징을 모두 갖는 것은 2)와 같으나, 이 시료는 소관공의 모양이 다각형이며, 소도관이 박벽인 졸참나무류로 식별하였다.

4) 참나무과 밤나무속(*Castanea* spp.)

공권의 관공은 타원형으로서 관공의 열수가 많으며 공권외의 소관공은 다각형으로서 방사방향으로 배열하는 경향이 강하다. 단천공을 갖으며 방사조직은 모두 단열동성형이다.

5) 느릅나무과 느티나무속(*Zelkova* spp.)

공권의 관공은 1~2열이고 공권외는 소관공이 접선방향으로 배열한다. 단천공이며 방사조직은 동성형과 이성3형을 갖는다.

6) 장미과 벚나무속 (*Prunus* spp.)

산공재로서 관공은 불규칙하거나 2~3개씩 연합한다. 단천공이고 도관요소에 나선비후가 있다. 방사조직은 동성형과 이성3형을 갖는다.

4. 고찰

칠기편과 흙무더기 내에서 수습된 가공잔편(자귀 등으로 쳐낸 것으로 추정됨)이 모두 같은 종인 소나무로 밝혀져 유물 출토지 주변에 공방이 있었을 가능성을 엿볼 수 있었다.

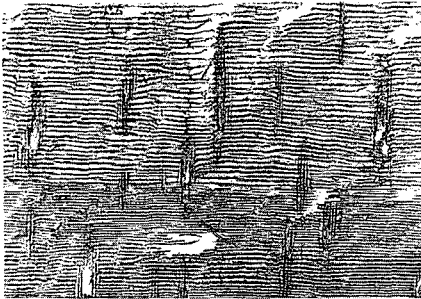
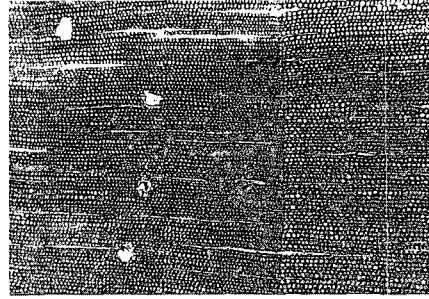
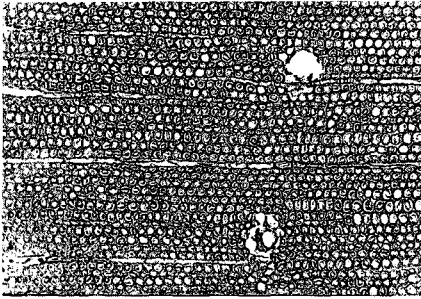
95번 목제품은 유령목이거나 가지부였을 것으로 보이며, K-2 목제품과 41번 목부재는 수침상태에서 건조된후 다시 수침상태에 놓였던 것으로 관찰되었다.

참고 문헌

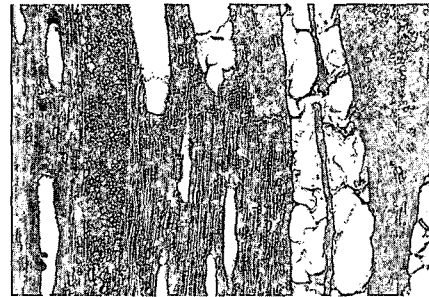
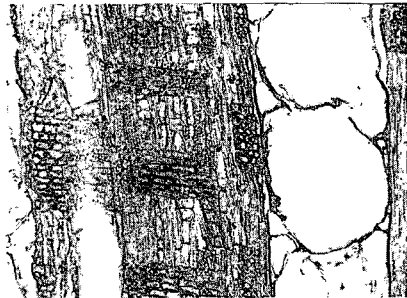
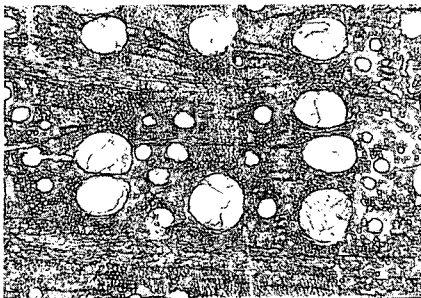
1. IAWA 위원회. 1998. 활엽수재의 식별(일본어판). 해청사
2. 박상진, 이원용, 이필우. 1987. 목재 조직과 식별. 향문사
3. 이필우. 1997. 한국산 목재의 성질과 용도(I, II). 서울대학교출판부
4. 이원용. 1997. 한국산 목재의 조직구조. 향문사
5. 이창복. 1986. 수목학. 향문사

소나무 (Hard pine)

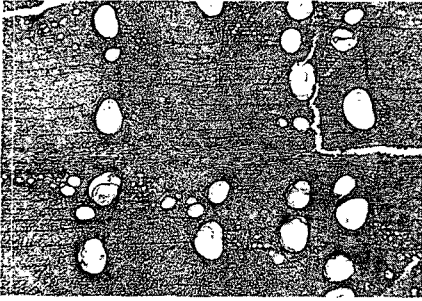
6, 57, 64, 66, 99-12, A-68, B0-8, K-2, M-1, III-4, 말목11, 껍이, 칠기편, 토층내 목편



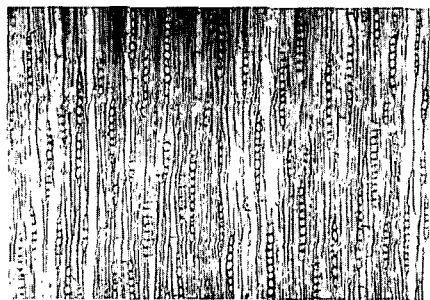
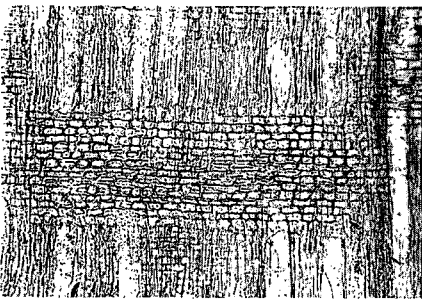
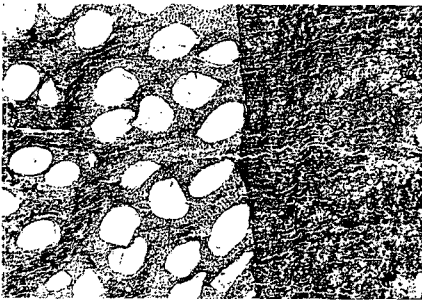
상수리나무류(Quercus spp) : 95, 99z-10, A-49



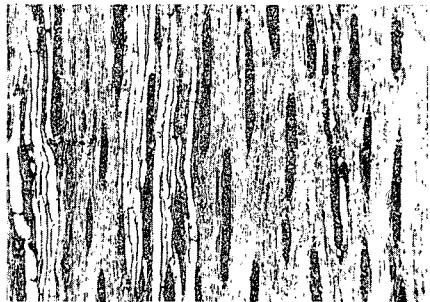
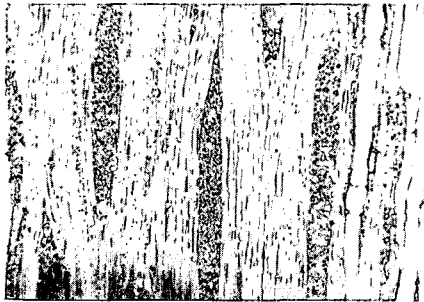
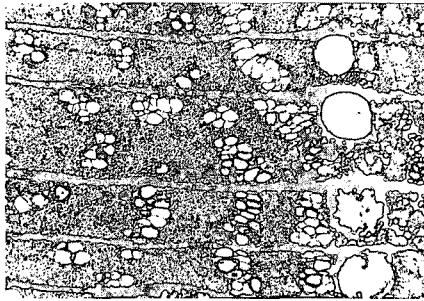
졸참나무류(Quercus spp) : 60



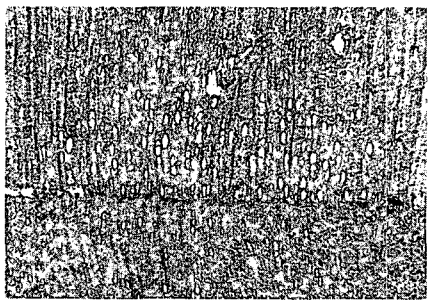
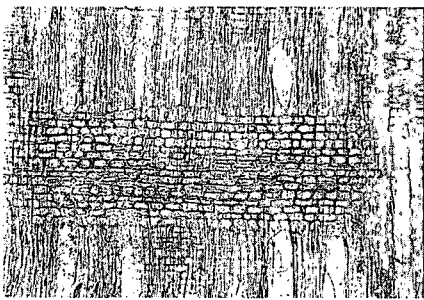
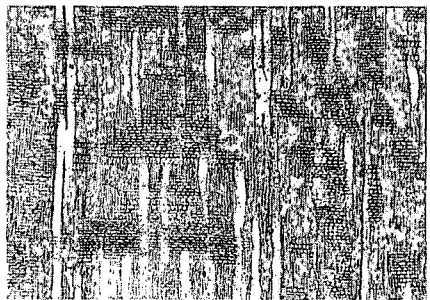
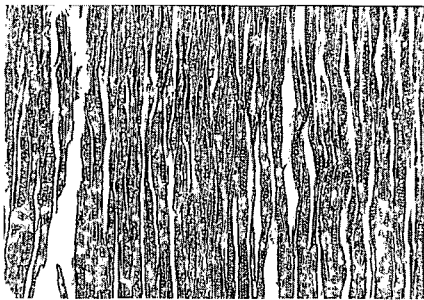
밤나무속(Castanea spp.) : 87



느티나무속(*Zelkova* spp.) : 41, 88



벚나무속(*Prunus* spp.) : 42, A-39



La recherche en conservation au C2RMF – Centre de recherche et de restauration des musées de France

Michel Menu

Centre de recherche et de restauration des musées de France – CNRS UMR 171 – Palais du Louvre, 75041
Paris cedex 01, France

Introduction

Le **Centre de recherche et de restauration des musées de France** a été créé par arrêté du Ministre de la Culture et de la Communication le 16 décembre 1998. Il s'agit d'un service à compétence nationale résultant de la fusion du Laboratoire de recherche et du Service de restauration des musées de France. Il est dirigé par Jean-Pierre Mohen, conservateur général du patrimoine.

Le C2RMF participe au contrôle technique et scientifique de l'Etat pour la conservation et la restauration des collections des musées de France.

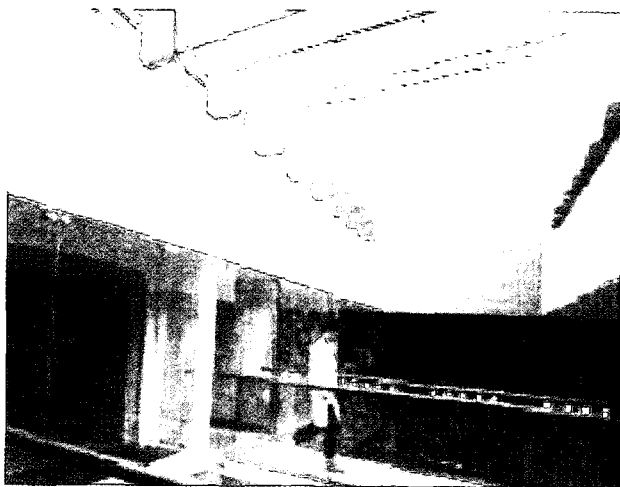


Figure1

Laboratoire, puits de jour.
Architectes Jérôme Brunet et Eric Saunier.
© François Guénet

Pour ce qui concerne la recherche, le C2RMF met en place des programmes sur les matériaux et les techniques des œuvres conservées dans les musées ou susceptibles d'y entrer.

Le Centre fournit aux responsables des collections des musées les méthodes les mieux adaptées pour l'examen, la datation, la caractérisation et l'analyse des œuvres du patrimoine culturel et des matériaux qui les constituent.

Le Département Recherche du C2RMF

Les missions du **Département Recherche du C2RMF** peuvent se définir de la façon suivante :

1 - Etre en mesure de fournir aux responsables des collections des musées français, nationaux ou territoriaux, les méthodes les mieux adaptées pour l'examen, la datation, la caractérisation et l'analyse des œuvres du patrimoine culturel et des matériaux qui les constituent.

Ceci peut être demandé à l'occasion de propositions d'acquisition par un responsable de collection publique, de découvertes de fouilles archéologiques, de la rénovation ou de la création d'un nouveau musée, de grandes expositions thématiques, ou encore à la requête des autorités judiciaires.

Des matériaux de nature et d'âge très divers sont concernés par ces examens. Les méthodes mises en œuvre sont très diverses : photographie, microscopie, radiographie, nombreuses méthodes physiques d'analyse.

Cela peut se traduire par une production de :

- simples rapports d'examen ou d'analyse ;
- monographies sur une œuvre, en collaboration avec les conservateurs, les archéologues, les historiens d'art, parfois insérées dans les catalogues d'exposition ;
- synthèses transversales sur un artiste ou une école ;
- synthèses transversales sur un thème.

2 - Effectuer des recherches sur les œuvres du patrimoine et sur les matériaux qui les constituent. Le Département s'intéresse plus particulièrement à certaines thématiques, telles que :

- la compréhension des processus d'élaboration de certaines œuvres : peintures de chevalet, émaux, objets archéologiques en bronze, ... C'est le

rôle des filières Peinture de chevalet, - Polychromie - Arts graphiques - Couleur et Pierre - Arts du Feu - Datation.

- l'étude des mécanismes d'évolution ou d'altération de ces matériaux au cours du temps et en fonction de leur environnement (usage, enfouissement, conservation dans des collections,...)

Certains domaines ne sont pas abordés, ou en tout cas peu traités au sein du département (interaction avec les micro-organismes et les insectes, matériaux tels que le fer, le bois, le papier,...). Pour cela, le LRMF a besoin de collaborations, soit avec ses homologues (LRMH et CRCDG), soit avec d'autres laboratoires de recherche, centres techniques, ateliers régionaux de restauration dotés d'une capacité de recherche. C'est la raison pour laquelle, l'UMR 171 a été créée en 1996 pour établir, accroître, améliorer et mieux formaliser le partenariat avec les laboratoires dépendant du CNRS.

Aussi, l'une des caractéristiques majeures du département est qu'il doit assumer à la fois un rôle de prestataire de service et de conseil pour l'ensemble des responsables de collections des musées en France (demandes très variables dans le temps, concernant les matériaux les plus divers, priorités difficiles à établir et à respecter,...) et une fonction de recherche.

Ceci est à la fois source d'enrichissement et d'ancrage dans le réel, mais aussi source de conflits de priorité entre "service" et "recherche propre".

3 - Développer des méthodes d'examen, de caractérisation ou d'analyse spécifiques, permettant d'adapter les différentes techniques aux contraintes inhérentes aux objets de musée : complexité et variété des matériaux constitutifs, interdiction ou minimisation des prélèvements d'échantillons, etc. C'est le rôle de la filière AGLAE et Développement des méthodes d'analyse.

4 - Diffuser l'information (dossiers sur les œuvres, résultats des recherches) auprès de la communauté scientifique française et internationale. Cela se réalise à travers des actions d'enseignement, des publications ou communications et des congrès, des participations et des expositions.

AGLAE – Accélérateur Grand Louvre d'Analyse Élémentaire

AGLAE est un système d'analyse basé sur un accélérateur électrostatique de 2 MV de type tandem, modèle Pelletron, construit par la société américaine National Electrostatics Corporation. Trois lignes expérimentales sont actuellement en service : la première, de type classique, conduit à une chambre à vide, tandis que les deux autres sont totalement novatrices. La ligne de faisceau extrait à l'air a été spécialement conçue pour l'analyse directe des oeuvres d'art sans prélèvement. Cette ligne a été équipée d'un dispositif de focalisation qui permet de réduire la taille du faisceau jusqu'à environ 10 μm et de réaliser ainsi une microsonde nucléaire à pression atmosphérique. La dernière permet de la fluorescence X dans laquelle l'analyse s'effectue à l'aide des rayons X produits par une cible intermédiaire sous l'impact du faisceau de protons.

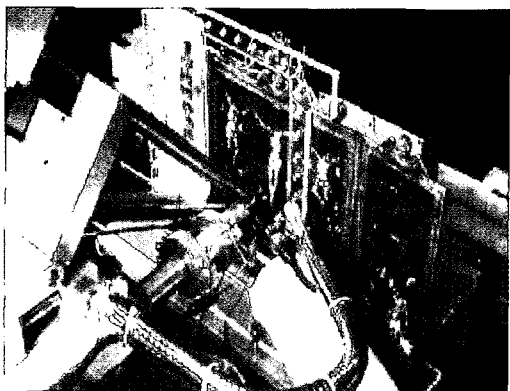


Figure 2

AGLAE : analyse d'un triptyque de la crucifixion, fin XV^{ème} – début XVI^{ème}.
Email peint de Limoges.
Musée du Louvre.
(c) C2RMF, D. Bagault

AGLAE est en fonctionnement depuis 1987 et fut inauguré en février 1988 par le Ministre de la Culture et de la Communication.

Une équipe de 5 chercheurs, ingénieurs et techniciens assure le développement, la maintenance et le bon fonctionnement du système d'analyse.

Une dizaine de chercheurs du C2RMF utilisent régulièrement l'installation, soit pour des caractérisations à la demande des conservateurs, soit pour des recherches en science des matériaux du patrimoine. AGLAE est également ouvert à d'autres équipes de recherche, françaises ou européennes, avec lesquelles le C2RMF établit une convention.

AGLAE met en œuvre les méthodes d'analyse utilisant des faisceaux d'ions dérivées de la physique nucléaire et désormais d'un emploi courant en science des matériaux. Elles sont basées sur l'interaction de nature atomique ou nucléaire entre les ions incidents et les atomes constitutifs des matériaux, et la détection des produits de l'interaction (photons ou ions secondaires) dont l'énergie est caractéristique de l'atome-cible. Elles possèdent de très bonnes performances analytiques tout en étant non destructives pour tenir compte du caractère précieux et souvent unique des œuvres. Trois techniques sont utilisées: l'émission X induite par particules chargées (PIXE), la spectrométrie de rétrodiffusion Rutherford (RBS) et l'analyse par réactions nucléaires (NRA) dont une variante est dénommée PIGE (émission gamma induite par particules chargées). AGLAE est la seule installation de ce type dans le monde é à être implantée dans un laboratoire de musée. Le caractère non destructif de cet instrument a été conforté par le développement de la ligne expérimentale spécifique, le faisceau extrait à l'air, permettant l'analyse directe des œuvres sans prélèvement, préparation ou mise sous vide.

Un exemple : Etude des bijoux des rois francs

Introduction

La nécropole du haut moyen-âge découverte dans le sous-sol de la Basilique de Saint-Denis, au nord de Paris, a livré un ensemble de fibules de style cloisonné, couvrant toute la période mérovingienne (V^{ème}-VII^{ème} s.). Il s'agit de bijoux ayant appartenu à des personnages de haut rang de la société franque, et en particulier une parure attribuée à Arégonde, femme de Clotaire I^{er}, fils de Clovis. Ces objets sont exposés au Musée des Antiquités nationales à Saint-Germain-en-

Laye (MAN) et au musée du Louvre, à Paris. L'origine des matériaux employés dans ces bijoux ainsi que les techniques de fabrication demeurent mal connues. C'est pour tenter de répondre à ces questions qu'à l'initiative de Patrick Périn et Françoise Vallet du MAN, les outils et méthodes du laboratoire ont été appliqués au trésor de Saint-Denis.

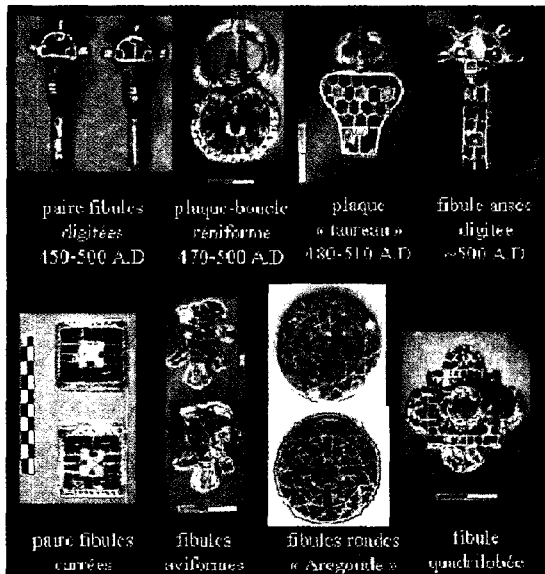


Figure 3

Bijoux mérovingiens de la Basilique de Saint-Denis

Les objets découverts dans les tombes de la nécropole mérovingienne sont des fibules, des plaques-boucles et d'autres objets de parures. Ces bijoux cloisonnés appartiennent au style polychrome tout à fait particulier qui s'est répandu en Europe durant les Grandes Invasions. Ces parures féminines avaient pour fonction première d'agrafer les vêtements. La datation obtenue par des critères archéologiques montre qu'ils couvrent une période de deux siècles (du V^e au VII^e siècle), soit une grande partie de la période mérovingienne.

© C2RMF

PIXE et Raman : deux techniques d'analyses non destructives

Le prélèvement sur ces objets précieux étant exclu, deux techniques d'analyse totalement non-destructives ont été employées :

- la méthode PIXE (Proton Induced X-ray Emission) basée sur l'accélérateur de particules AGLAE, qui délivre la composition chimique élémentaire de l'objet. Cette méthode rapide et multi-élémentaire possède une bonne sensibilité et surtout s'emploie directement sur les objets sans préparation.

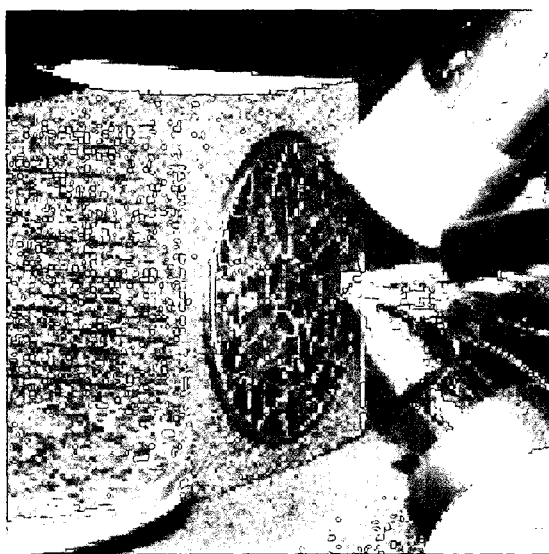


Figure 4

Les bijoux ont été analysés avec des méthodes non-destructives.
Ici la méthode PIXE avec l'accélérateur de particules AGLAE.
© C2RMF, T. Calligaro

- la micro-spectrométrie Raman, méthode d'analyse structurale, qui permet de caractériser des particules microscopiques au sein d'un objet translucide. Elle s'avère particulièrement bien adaptée à l'identification des inclusions des gemmes, qui sont de précieux indicateurs de leur provenance.

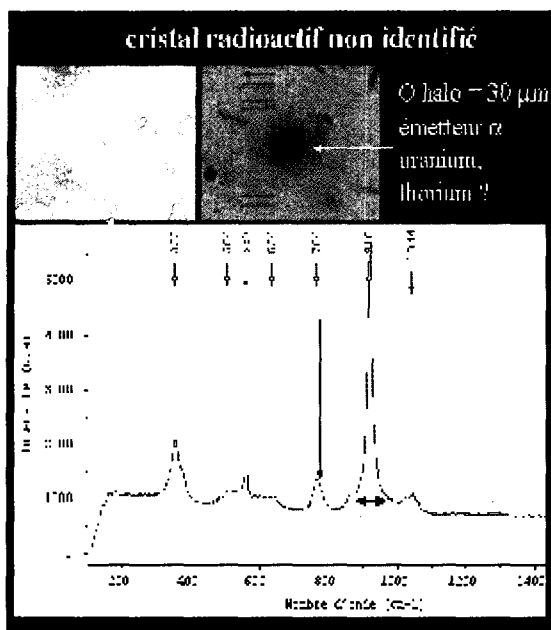


Figure 5

Identification des inclusions par micro-spectrométrie Raman

Les inclusions microscopiques piégées dans les gemmes sont des indicateurs complémentaires de leur provenance. Pour déterminer la nature de ces inclusions, souvent profondément enfouies au sein du cristal, la micro-spectrométrie Raman s'avère un outil idéal.

Différents types d'inclusions présentes dans les grenats mérovingiens almandins ont été identifiées: apatite, zircon, monazite... L'illustration montre le spectre Raman d'une inclusion probablement radioactive (élargissement des raies). Cette inclusion est déterminante, car elle n'est observée que dans les grenats indiens. Ceci conforte les résultats obtenus par PIXE, à savoir que la majorité des grenats des bijoux des rois francs étaient extraits des gisements d'Inde.

Les résultats

Identification des gemmes

La composition chimique permet d'identifier les gemmes serties dans les bijoux. Il s'agit de grenats rouges (almandins, pyropes) et d'incrustations en pête de verre précieux (bleu, vert, rouge).

Provenance des grenats

La provenance des grenats est déterminée en croisant des techniques PIXE et Raman.

La première délivre la composition en éléments majeurs, mineurs et traces en vue de la comparaison avec des grenats d'origine connue. La sonde Raman permet de caractériser les inclusions minérales. Il en ressort que les grenats sont importés d'Inde, de Ceylan (Sri Lanka) et d'Europe centrale (Tchéquie).

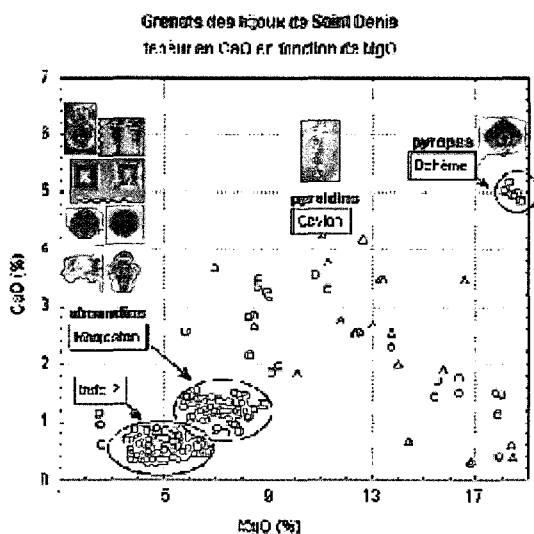


Figure 6

La provenance des grenats déterminée par leur composition chimique

Les grenats ont une composition variable. Leur formule chimique est $X^{++}_3Y^{+++}_2SiO_4$, où l'élément chimique X peut être Mg, Fe, Ca et l'élément chimique Y peut être Al, Fe, Cr. Parmi les grenats les plus répandus figurent l'almandins

($\text{Fe}_3\text{Al}_2\text{SiO}_4$) et le pyrope ($\text{Mg}_3\text{Al}_2\text{SiO}_4$). La composition chimique des grenats dépend du contexte géologique ; elle constitue une empreinte digitale qui permet d'en retrouver la provenance. Dans le diagramme des teneurs en CaO en fonction de MgO, on distingue 4 groupes de grenats correspondant à 4 provenances différentes. La comparaison avec la composition de grenats modernes d'origine connue indique que les deux groupes les plus importants correspondent à des gisements d'Inde. Un objet comporte des grenats de Ceylan (Sri Lanka) alors que seule la fibule la plus tardive (VII^e me s.) comporte des grenats de Bohême.

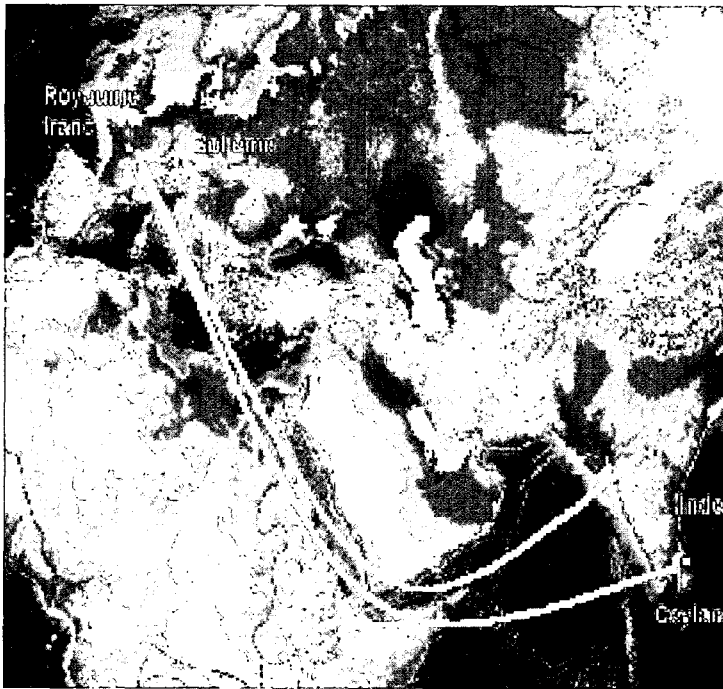


Figure 7

Recettes des verres

La composition chimique permet de reconstituer les recettes des verres (verre sodique et verre au plomb), et d'identifier les éléments chimiques colorants (cobalt pour le bleu, manganèse pour le rouge, cuivre pour le vert).

Composition de l'or

La composition des alliages et soudures permet de caractériser les techniques de fabrication des bijoux: brasures, dorures, paillons ... D'autre part, d'intéressants indices sont obtenus sur la provenance de l'or utilisé pour la monture des bijoux : certains éléments présents à l'état de trace dans l'or tels l'étain permettent de distinguer deux types d'or.

Des matériaux et un savoir-faire unique

Ainsi, ces analyses permettent d'appréhender les bijoux dans leur globalité : pierres précieuses, verres, métaux nobles, techniques d'orfèvrerie... Elles ont permis d'esquisser une route des gemmes s'étendant jusqu'en Asie, qui s'interrompt à l'aube du VII^e s.

Le métal atteste du travail d'orfèvres mérovingiens ainsi qu'un réseau d'échange de bijoux avec le monde romain.

Les routes d'approvisionnement en grenats

Les grenats étaient importés d'Inde et de Ceylan (Sri Lanka). Cette route d'approvisionnement fut coupée au VII^e s. et les grenats furent alors extraits des mines de Bohême, en Europe centrale (Tchéquie). Mais ces mines ne pouvant produire des grenats en qualité et en quantité suffisante, le style de bijoux cloisonné couvert de grenats disparut rapidement.

Bibliographie

T. Calligaro, S. Colinart, J.-P. Poirot, C. Sudres, "Combined external-beam PIXE and μ -Raman characterisation of garnets used in Merovingian jewellery", Nucl. Inst. And Meth. B, 189 (2002) 320

Le C2RMF édite la revue semestrielle Techné. Techné diffuse des résultats pluridisciplinaires de la science des matériaux et de la restauration du patrimoine.

Techné – La science au service de l'histoire de l'art et des civilisations.

Edition : Réunion des Musées Nationaux.

Commande et abonnement : CDRMN, 1-31 allée du 12 Février 1934, 77186 Noisiel

Tel : 33 (0) 1 60 06 03 14 (postes 123 et 125)