

L'archéologie des textiles

Une nouvelle discipline au service de la connaissance et de la compréhension des sociétés humaines

Christophe Moulherat

Résumé	Préservés généralement sous une forme minéralisée, les textiles sont les témoins privilégiés de bien des aspects des communautés humaines. Retrouvés le plus souvent dans les sépultures, leur utilisation répond fréquemment à des préoccupations tant économiques que sociales. Grâce à la mise en place au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France d'une méthode de caractérisation combinant la microscopie électronique à balayage et la microscopie optique, il a été possible de mettre à jour certains de ces aspects à travers notamment l'identification des fibres.
Mots-clés	Textile, microscopie électronique à balayage, archéologie, minéralisation.
Abstract	Textile archaeology: a new discipline to improve knowledge and understanding of human societies Generally preserved in a mineralized form, textiles are the privileged witness of many aspects of human communities. Mainly found in tombs, their use often met both economic and social needs. Thanks to the installation at the Center for Research and Restoration (Paris) of a characterization method, which combines scanning electronic microscopy and optical microscopy, it has been possible to update some of these features, in particular through the identification of fibres.
Keywords	Textile, scanning electronic microscopy, archaeology, mineralization.

Du fait de leur nature organique, les textiles anciens sont des matériaux particulièrement vulnérables et constituent des trouvailles rares en archéologie. Ils proviennent pour la plupart de contextes funéraires, milieu le plus favorable à leur conservation [1-2]. Parfois, nous parvenons les outils qui ont servi à leur réalisation (pesons, fuseaux, fusaioles...). Comparés aux objets en métal, en pierre ou en terre cuite, les textiles ne représentent qu'une faible proportion des matériaux extraits des fouilles. Ils commencent à se détériorer à partir du moment où ils sont fabriqués et utilisés. La lumière (particulièrement les rayons ultraviolets) est sans nul doute leur pire ennemi, atténuant les couleurs, fragilisant la structure même des fibres, hâtant ainsi leur désintégration. Le milieu d'enfouissement et le climat exercent aussi une influence souvent néfaste même s'ils peuvent être, dans certains cas, à l'origine de conditions exceptionnelles de conservation (dans l'Altaï en Sibérie et au Kazakhstan, sous de nombreux kourganes⁽¹⁾, le permafrost⁽²⁾ a ainsi assuré la conservation de nombreux matériaux périssables).

Pourtant, les restes de textiles anciens sont plus nombreux que ce que l'on soupçonne, mais ils se présentent le plus souvent sous une forme très dégradée. Si l'altération peut prendre la forme d'une empreinte dans un matériau ductile, ou se présenter sous une forme carbonisée à la suite d'un incendie par exemple, la minéralisation par les produits de corrosion métallique constitue le mode de conservation le plus couramment observé. Elle nécessite un contact étroit entre un objet métallique qui a la propriété de se corroder et le matériau organique. Ce dernier est alors soit imprégné, soit recouvert de composés produits lors de la corrosion (figure 1).

De nombreux travaux ont déjà été effectués sur les tissus minéralisés, mais jusqu'à ces dernières années, seule l'étude des caractéristiques techniques était envisagée, faute de méthode appropriée pour identifier les fibres textiles. Grâce à certains développements techniques, il est maintenant possible d'identifier la nature des fibres, quel que soit leur état de conservation, permettant ainsi de déterminer les conditions d'obtention des fibres ainsi que les propriétés qui ont conditionné son choix par l'Homme : choix de nature technologique (facilité de filage, pouvoir hydrophobe), économique (facilité d'approvisionnement, produit de luxe destiné aux échanges...), mais aussi culturelle ou culturelle (préférence pour tels matériaux, dédain pour d'autres...).

C'est tout un pan de la culture matérielle jusqu'alors peu exploité qui devient accessible, ouvrant de nouvelles perspectives d'étude sur la gestion des ressources naturelles et des stratégies d'exploitation (sur place ou comme produits d'échanges par les populations anciennes). La minéralisation devient une opportunité extraordinaire pour la recherche archéologique, et en particulier pour la recherche paléo-environnementale et archéozoologique.

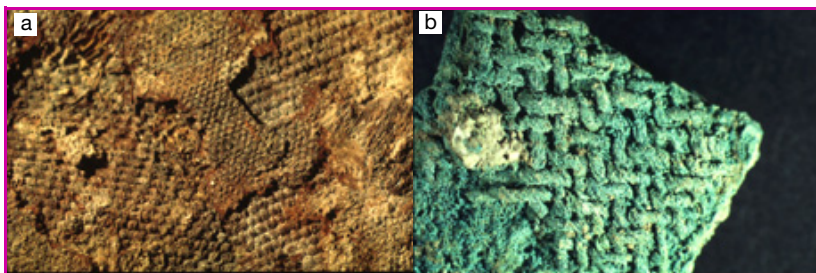


Figure 1 - Exemple d'un tissu minéralisé par les produits de corrosion métallique : a) oxyde de fer (Egiin Gol, Mongolie) ; b) sels de cuivre (Barbèrey, France).

Les textiles minéralisés par les produits de corrosion métallique

Certaines conditions sont nécessaires pour qu'il y ait minéralisation : la matière organique doit être en contact étroit avec un objet métallique qui a la particularité de se corroder rapidement (fer ou alliage cuivreux par exemple). Le textile est alors soit imprégné, soit recouvert de sels produits lors de la corrosion, mais si celle-ci est trop lente, le textile peut disparaître sous l'action du milieu d'enfouissement.

Par conséquent, les conditions idéales de minéralisation sont liées à un milieu qui « agresse » le métal, comme par exemple celui des sépultures qui constituent un environnement très approprié par la présence d'un corps en décomposition [1-2].

Les mécanismes de minéralisation se déroulent généralement en trois étapes [3] :

- dans un premier temps, en présence d'eau et dans un environnement acide, le métal s'oxyde et produit des ions métalliques qui diffusent en solution ;
- parallèlement, l'activité bactérienne issue du milieu d'enfouissement provoque des dégradations à la fois dans les zones plutôt amorphes que cristallines de la fibre, libérant ensuite des espaces dans lesquels les ions métalliques peuvent diffuser ;
- à la surface de la fibre, les ions métalliques s'assemblent pour constituer une gangue de composés solides (oxydes, carbonates...), tandis qu'à l'intérieur, les ions métalliques peuvent former des complexes et des liens avec les macromolécules de la fibre (cellulose, protéine).

Le prélèvement, la préparation et l'observation de plus de 150 échantillons de tissus minéralisés, constitués de fibres de nature différente et conservés sur des supports métalliques en alliage cuivreux et ferreux, permettent de proposer plusieurs cas de figures.

Minéralisation superficielle

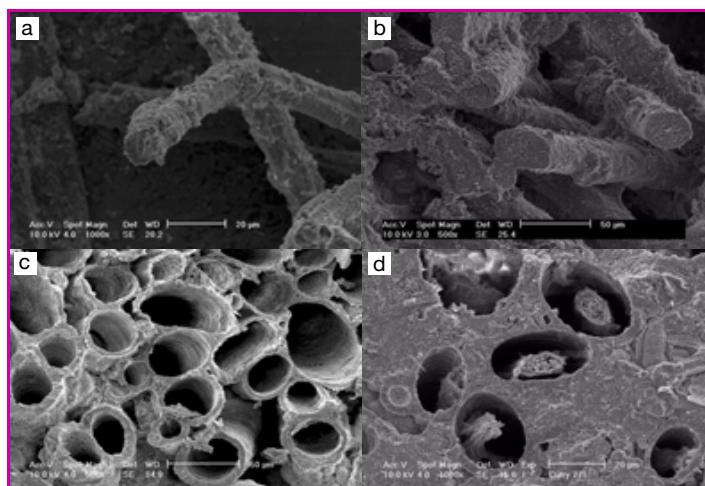
Les produits de corrosion recouvrent la fibre qui garde son intégrité physique et chimique (*figure 2a*). Ils forment une véritable gangue qui, dans le cas du cuivre, peut les protéger de l'action des microorganismes. L'utilisation de certains acides suffit généralement à les libérer de l'emprise de la corrosion.

Minéralisation positive

Elle implique le remplacement total de la matière organique par de la matière minérale. Les fibres conservent généralement leurs caractéristiques morphologiques externes et internes. Elle est assimilable à un phénomène que l'on retrouve en géologie sous le nom de pseudomorphose. Il se produit d'abord un dépôt rapide de la couche de corrosion qui par la suite va imprégner la fibre de façon plus ou moins complète. La fibre est ainsi détruite, seul reste son « fossile » (*figure 2b*).

Minéralisation négative

Elle se caractérise par un rapide dépôt des produits de corrosion autour de la fibre, suivi de la destruction complète des composés organiques qui la constituent (*figure 2c*). Il ne reste que l'empreinte externe des fibres sur l'enveloppe minérale ; des restes de fibres peuvent être parfois identifiés au contact de l'empreinte.



© C2RMF-Moulherat.

Figure 2 - Vue au MEB (a) de fibres de lin recouvertes de produits de corrosion (Marathon, Grèce, V^e siècle av. J.-C.) ; (b) de fibres de laine complètement minéralisées (Rixheim, Haut-Rhin, VII^e siècle av. J.-C.) ; (c) d'empreintes de fibres de laine (Charmoy, Yonne, V^e siècle av. J.-C.) ; (d) de poils d'animal partiellement minéralisés (Cutry, Meurthe-et-Moselle, V^e siècle ap. J.-C.).

Dans certain cas, la décomposition de la fibre commence avant la déposition des produits de corrosion ; on observe alors l'empreinte de la paroi extérieure dégradée de la fibre.

Minéralisation partielle

Il est possible que le remplacement de la fibre par les produits de corrosion soit partiel : une partie de la fibre s'est minéralisée tandis que l'autre a disparu, laissant un vide qui ne sera pas comblé (*figure 2d*).

Si la décomposition de la fibre est plus rapide que la déposition des produits de corrosion, la fibre n'est plus identifiable. Ces différents cas peuvent être observés au sein d'une même sépulture.

Méthodologie appliquée à l'étude des tissus archéologiques

Pour reconstituer tous les processus qui ont permis la confection d'un textile, nous avons suivi une démarche analytique fondée sur des approches complémentaires faisant intervenir successivement des moyens d'observations macroscopiques (œil nu, loupe binoculaire) et microscopiques (microscope optique et microscope électronique à balayage) (*figure 3*).

L'étude d'un textile, quel que soit son mode de conservation, se déroule en deux étapes successives ; à chacune d'elle correspond un protocole d'analyse particulier. Nous présentons ci-après les deux approches complémentaires mises en place : une approche classique, destinée à l'étude des caractéristiques techniques d'un tissu, et une approche originale fondée sur la prise en compte de la matière première.

Première approche : caractérisation des aspects techniques

C'est une étape indispensable à la compréhension d'un textile. Les analyses techniques et leur vocabulaire recourent en grande partie à la terminologie du CIETA⁽³⁾.

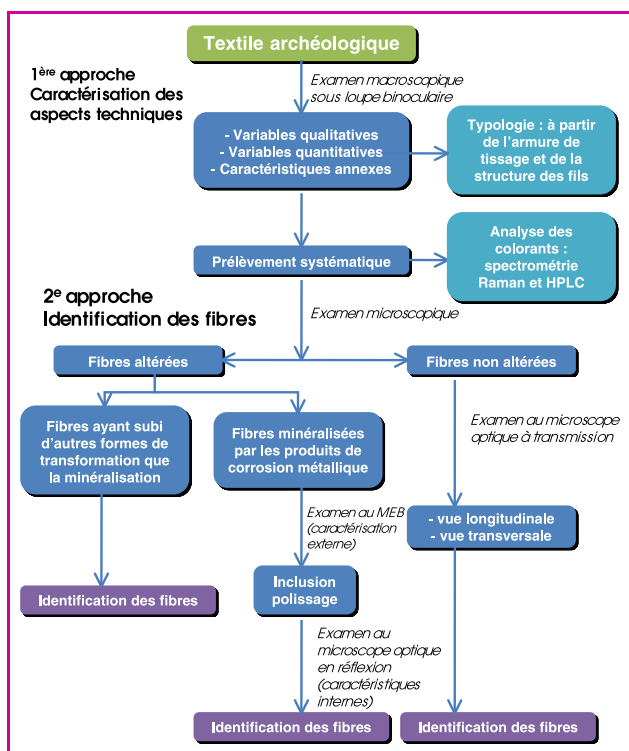


Figure 3 - Schéma représentant la démarche suivie pour l'étude de textiles archéologiques. © Moulherat.

Dans un premier temps, chaque échantillon est observé sous une loupe binoculaire afin de dégager les variables qualitatives et quantitatives.

Variables qualitatives

Elles comprennent :

- L'armure de tissage, c'est-à-dire l'organisation des fils les uns par rapport aux autres.
- La structure des fils : il s'agit de l'assemblage de fibres par torsion pour former un fil simple. La combinaison de deux fils simples forme un fil retors. Dans un fil retors, la torsion de chacun des deux fils s'appelle torsion primaire et la torsion d'ensemble, torsion secondaire.
- Le sens de torsion : on se sert de majuscules S (gauche) ou Z (droite) pour indiquer le sens de la torsion, le sens est indiqué par la médiane de chacune des lettres.

Variables quantitatives

Elles comprennent :

- Le nombre de fils au centimètre (réduction) : il permet d'apprécier le degré de cohésion d'un tissu. Si un tissu n'est pas régulier, plusieurs décomptes doivent être effectués ; les valeurs extrêmes sont notées et seul le nombre moyen est retenu.
- La grosseur de fils : elle est exprimée en dixième de millimètre. Les mesures sont prises avec une règle graduée au quart de millimètre. Elle varie souvent au sein d'un même tissu, surtout pour des périodes anciennes, et il est préférable d'utiliser des fourchettes de mesure qui diffèrent selon qu'il s'agit de fibres végétales ou animales, les premières étant généralement plus fines que les autres.
- Le degré de torsion : on distingue plusieurs degrés de torsion selon l'angle produit par la verticale du fil et l'inclinaison de la torsion.

Caractéristiques annexes

Elles comprennent les ajouts le plus souvent décoratifs : lisière terminale, broderie...

L'analyse des colorants constitue aussi un point essentiel de l'étude d'un textile ; les méthodes les plus couramment utilisées sont la chromatographie en phase gazeuse et la microspectrométrie Raman. Lorsque les textiles sont conservés sous une forme minéralisée, les colorants ont le plus souvent disparu et ont été remplacés par les sels métalliques.

Toutes les données recueillies sont alors saisies sur une fiche. La direction des fils est matérialisée par des axes de référence OX et OY. Ce choix résulte des problèmes de détermination de la direction de la chaîne étant donné la taille et l'état de conservation des échantillons.

Pour faciliter la lecture, il est préférable d'utiliser certaines conventions : on utilise une majuscule (Z ou S) pour préciser que le fil est retors de torsion Z ou S (il s'agit de la torsion de retordage) et une minuscule (s ou z) si le fil est simple de torsion z ou s. La première lettre indique la chaîne, la seconde après "/" indique la trame. Par exemple : sergé 2/2, Z/s équivaut à : toile dont les fils de chaîne sont retors de torsion Z et les fils de trame sont simples de torsion s.

Deuxième approche : identification des fibres

La seconde approche comprend principalement l'identification des fibres. Les textiles minéralisés étaient généralement exclus de cette étape, leur nature « minérale » ne convenant pas aux méthodes traditionnelles d'identification (microscopie optique à transmission). Afin de combler cette lacune, une nouvelle méthode d'identification a été mise au point au Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France (C2RMF), fondée sur la reconnaissance de la morphologie spécifique de chacune des fibres. Elle s'appuie sur l'utilisation d'un référentiel unique constitué à partir de fibres souples et minéralisées et consiste en la combinaison de la microscopie électronique à balayage (MEB) et de la microscopie optique en réflexion. À chacun de ces appareils correspond un mode opératoire spécifique.

Les observations fournies sont d'excellente qualité. Il devient possible d'apprécier les vues à la fois longitudinales (microscope électronique) et transversales (microscope optique) indispensables à la détermination de la nature des fibres, chacune d'elles possédant ses propres caractéristiques (forme et importance des écailles, présence ou non d'un lumen, forme du lumen...). Ceci permet dans le même temps de mesurer le diamètre des fibres et de déterminer la qualité de la toison, s'il s'agit de laine de mouton, ou de connaître le degré de maturité dans le cas de fibres végétales.

Microscopie électronique à balayage (MEB)

On procède au prélèvement d'un échantillon dont la taille n'excède pas 5 mm². Préalablement recouvert d'une fine couche d'or pour rendre la surface conductrice, celui-ci est alors observé au MEB.

Le principe de fonctionnement est fondé sur l'incidence d'un faisceau d'électrons émis par le microscope sur la surface de l'échantillon. L'interaction entre les électrons du faisceau et l'objet provoque l'émission de différents rayonnements et particules (électrons secondaires, électrons rétrodiffusés, rayons X...). Les électrons secondaires sont

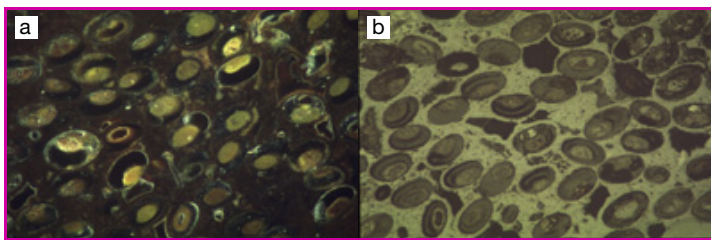


Figure 4 - Vue au microscope optique en réflexion (x200) (Cutry, France) : (a) fond noir ; (b) fond clair.

émis après excitation de la matière par le faisceau d'électrons incidents. Faiblement énergétiques, ils proviennent d'une profondeur limitée d'environ 10 nm. L'image reconstituée grâce aux électrons secondaires est topographique, proche de celle obtenue au microscope optique ; elle permet l'identification des fibres textiles minéralisés.

Les avantages du microscope électronique par rapport au microscope optique sont :

- un grossissement plus important pouvant atteindre x300 000. Dans la pratique, on l'utilise couramment jusqu'à x10 000 ;
- une plus grande profondeur de champ, c'est-à-dire la possibilité de voir nets des plans distincts⁽⁴⁾ ;
- si le microscope est couplé à un système d'analyse des rayons X émis, il permet alors d'étudier la composition élémentaire de l'échantillon.

Microscope optique en réflexion

L'échantillon est inclus dans un bloc de résine époxy translucide. Après une polymérisation dont la durée n'excède pas 24 heures, il est alors poli à la pâte diamantée jusqu'au 1/4 de μm . La coupe obtenue est observée au microscope optique en réflexion⁽⁵⁾. Il convient de choisir judicieusement le plan de coupe. Il est alors permis d'apprécier les vues à la fois longitudinales et transversales indispensables à la détermination de la nature des fibres, chacune d'elles possédant des caractéristiques spécifiques.

Deux modes d'observation sont appliqués à l'échantillon : en lumière directe (fond clair) et en lumière indirecte (fond noir). L'observation en lumière diffusée (fond noir) permet la différenciation des différents modes de conservation des fibres grâce à la couleur diffusée par chacun (figure 4a). L'observation en lumière réfléchie (fond clair) permet de déceler, par contraste, la forme de la fibre. C'est à partir de cette observation que sont effectuées les mesures de diamètres. On recherche le degré de corrosion (figure 4b).

L'originalité de cette approche, par rapport à celles existantes, tient à l'utilisation conjointe de deux types de microscopes. On obtient une qualité d'information presque comparable aux fibres non minéralisées [4]. Désormais, de nouvelles perspectives sont envisagées dans l'étude des tissus, qu'il s'agisse de détermination de la nature des fibres, du degré de maturité s'il s'agit de fibres végétales, de l'appréciation de la qualité de la toison dans le cas de la laine.

Les textiles : une source considérable d'information

Les textiles anciens peuvent largement contribuer à nous informer sur le degré technique atteint pour leur élaboration, sur les différentes étapes de la chaîne opératoire, sur leur utilisation et sur les hommes qui les ont réalisés.

Des informations de nature diverse peuvent ainsi être tirées de leur étude :

- Les matériaux sélectionnés et transformés pour être filés : le choix des matières premières textiles est très étendu dans l'Antiquité. On rencontre dans le domaine végétal une gamme de matériaux qui se présentent sous la forme de filasses d'écorce (bouleau, orme, tilleul, chêne...), de fibres de tiges (appelées aussi fibres libériennes), qu'il s'agisse du lin, du chanvre, de l'ortie ou du jute, de feuilles comme le sisal et sous la forme de gousses tels le coton et le kapok [5]. Dans le domaine animal, l'échantillonnage est aussi considérable. Parmi cet ensemble, la laine de mouton et de chèvre représente l'essentiel des matériaux utilisés en Europe. En revanche, en Asie du sud-est et en Inde, la soie constitue la matière d'origine animale la plus utilisée. Parmi ces espèces végétales et animales, seul l'usage de quelques-unes survivra.
- Les techniques élaborées pour réaliser des tissus simples ou complexes, chaque culture ayant développé un artisanat textile en fonction de ses propres besoins : métier à sangle dorsale, métier horizontal ou vertical.

Au sein de chaque société, les différences dans les types de textiles relèvent non seulement du métier à tisser employé, mais aussi des habitudes vestimentaires en partie liées à l'environnement dans lequel évoluent les populations étudiées.

Les costumes antiques grecs et romains utilisent essentiellement le drapé, pièce d'étoffe rectangulaire tissée dans des dimensions variables selon son usage (tunique ou manteau) et la taille du destinataire. Le tissu, toujours drapé, n'est jamais travaillé en forme, ni coupé, ni taillé ; il est porté autour du corps selon des règles déterminées. À l'inverse, les populations situées dans les régions plus septentrionales (Celts, Germains, Scythes...) se distinguent par l'utilisation de pièces de tissus taillées, assemblées et cousues.

Le textile tient une place très importante dans les sociétés antiques mais aussi modernes et sa fonction ne se limite pas au domaine vestimentaire. L'étude minutieuse de la tombe à char de Hochdorf au sud de l'Allemagne, datée de la fin du VI^e siècle avant notre ère, a permis de comprendre l'importance des tissus dans les pratiques funéraires et d'apprécier différentes formes d'utilisation (tenture ou pièces d'emballage), ainsi que certaines qualités requises par les artisans celtes, tant dans le choix des matières premières et des colorants que dans les modes de réalisation des tissus.

Ces quelques exemples illustrent l'importance que revêtent les textiles dans les sociétés anciennes et justifient toute l'attention que l'on doit leur porter.

Conclusion

Cette réponse méthodologique à l'état de conservation des tissus permet d'envisager l'étude de très nombreux textiles à travers le monde, textiles dont seules les pièces les plus spectaculaires faisaient jusque là l'objet d'un examen attentif de la part des chercheurs. D'ores et déjà, nous pouvons nous attacher à l'étude d'une plus grande quantité de vestiges textiles, provenant de contextes funéraire, domestique ou culturel. Ils peuvent se présenter sous les formes les plus diverses, du minuscule fragment de fil contenu à l'intérieur d'une perle à l'empreinte de vêtements conservée sur une épée, et renferment de nombreuses informations, tant sur le degré technologique atteint pour les réaliser que sur l'exploitation du milieu naturel.

Conscient des nouvelles possibilités d'exploitation des informations incluses dans les textiles, l'attention a été portée sur l'identification des fibres afin de tirer le meilleur parti possible des nombreux vestiges. Se situant à l'interface entre les études paléo-environnementales et l'analyse technologique, ce type d'approche a également le mérite d'établir un pont avec un autre aspect important pour la recherche en archéologie encore peu exploité, à savoir l'exploitation du milieu naturel.

Notes et références

- (1) Kourgan ou Kurgan est la désignation russe de tumulus : monticules voire de collines artificielles recouvrant une ou plusieurs tombes.
- (2) Permafrost ou pergélisol : couche du sol terrestre gelée en permanence qui représente un quart de l'hémisphère nord.
- (3) CIETA : Centre International d'Étude des Tissus Anciens.
- (4) C'est une faible ouverture angulaire du faisceau d'électrons qui offre une très bonne profondeur de champ : celle-ci permet de voir avec une parfaite netteté des objets de surface irrégulière.
- (5) Deux types de résine sont utilisés : une de couleur verte dont la polymérisation dure entre 5 et 10 mn permet l'étude d'un échantillon rapidement mais les phénomènes de retrait sont importants (LAM PLAN résine 605 en poudre de 1 kg et catalyseur en bouteille de 500 mL). L'autre polymérise en 24 heures mais elle est translucide et ne provoque pas de phénomène de retrait. Elle permet une meilleure manipulation des

échantillons après déposition dans le moule (Struers Epofix résine en bouteille de 1 L et Epofix catalyseur en bouteille de 130 mL).

- [1] Janaway R.C., Textile fibre characteristic preserved by metal corrosion: the potential of S.E.M. studies, *Conservator*, UKIC, **1983**, 7, p. 48.
- [2] The preservation of organic materials in association with metal artefacts deposited in inhumation graves, *Death, Decay and Reconstruction, Approches to Archaeology and Forensic Science*, R.C. Janaway, Manchester University Press, **1987**.
- [3] Chen H.L., Jakes K.A., Foreman D.W., Preservation of archaeological textiles through fibre mineralization, *Journal of Archaeological Science*, **1998**, 25, p. 1015.
- [4] Moulherat C., *Archéologie des textiles protohistoriques : exemple de la Gaule celtique*, thèse de doctorat, Université Paris 1, **2001**, 2 vol.
- [5] Moulherat C., Tengberg M., Haquet J., Mille B., Early evidence of cotton at Merhgarh, Pakistan, *Journal of Archaeological Science*, **2002**, 29, p. 1393.



Christophe Moulherat*

est professeur à l'École du Louvre, chercheur associé à l'Unité Toulousaine d'Archéologie et d'Histoire (UMR 5608 du CNRS) et collaborateur de l'Institute of Technology and Research (FORTH), Crète.

* 24 rue Louis Blanc, 75010 Paris.
Courriel : christophe.moulherat@free.fr



INSTITUT DE CHIMIE SEPARATIVE DE MARCOULE



L'ICSM, UMR5257 CEA/CNRS/Universités ouvre ses locaux à Marcoule fin 2008. La recherche fondamentale qui y sera menée concerne la chimie au service du nucléaire du futur et la chimie du développement durable. Parmi les opportunités décrites sur le site www.icsm.fr, trois postes sont à pourvoir en priorité en 2008 :

CHERCHEUR CEA EN PHYSICO-CHIMIE DES ACTINIDES

Localisé sur le centre CEA de Marcoule (près d'Avignon), ce poste est dédié à un chercheur ayant une culture transverse entre la chimie et la physico-chimie. Il s'intéressera essentiellement au comportement d'espèces moléculaires d'actinides dans des fluides organisés et plus particulièrement au contrôle de la réactivité des espèces en fonction du milieu pour obtenir de nouveaux composés (supramoléculaires ou solides ultra divisés) d'actinides. Ce poste s'adresse à toute personne possédant un doctorat en chimie ou physico-chimie, une expérience post-doctorale est souhaitée. Une expérience en manipulation d'uranium ou d'actinides est un élément positif du dossier.

Personne à contacter : Daniel Meyer - ICSM - UMR 5257 - Centre de Marcoule - BP 17171 - 30207 Bagnols-sur-Cèze cedex
Tél : 04 66 39 79 50 - Mél : daniel.meyer@cea.fr

POST-DOC EUROPÉEN

Localisé d'abord à Chypre pour six mois, ensuite à Marcoule pour une période équivalente, ce projet de recherche s'intéresse à l'étude de la nature des interactions entre un ion uranyle UO_2^{2+} et des bicouches de phospholipides. L'objectif de ces travaux consiste à déterminer le rôle relatif de la complexation et des interactions à longue distance d'interaction de l'uranyle avec les bicouches. Ce poste s'adresse à toute personne possédant un doctorat en physico-chimie. Il s'intègre dans le réseau d'excellence ACTINET.

Personne à contacter : Thomas Zemb - ICSM - UMR 5257 - Centre de Marcoule - BP 17171 - 30207 Bagnols-sur-Cèze cedex
Tél : 04 66 79 17 34 - Mél : thomas.zemb@icsm.fr

POST-DOC CNRS (ITU)

Ce contrat postdoctoral s'inscrit dans le cadre d'un accord de recherche entre l'Institut de Chimie Séparative de Marcoule (CEA-ICSM France) et l'Institut des Eléments Transuraniens (ITU Allemagne). Il s'intéresse à la réactivité de couche mince d'actinide réalisée puis soumise à un stress oxydant. Après synthèse, par plasma atomique et caractérisation, par spectroscopie photoélectronique d'une couche mince d' UO_2 , son évolution en présence de peroxyde d'hydrogène sera étudiée. Les études sont prévues pour être réalisées à l'Institut des Eléments Transuraniens localisé en Allemagne près de Karlsruhe, avec de fréquents séjours à Marcoule.

Personne à contacter : Daniel Meyer
Daniel Meyer - ICSM - UMR 5257 - Centre de Marcoule - BP 17171 - 30207 Bagnols-sur-Cèze cedex
Tél : 04 66 39 79 50 - Mél : daniel.meyer@cea.fr