

# LES COUPES TRANSVERSALES DES FILS ISSUS DE TEXTILES ARCHÉOLOGIQUES : UN APPORT DE DONNÉES NON NÉGLIGEABLE

LAURE MEUNIER, CHRISTOPHE MOULHERAT

**Résumé** La restauration du chaland gallo-romain Lyon Saint-Georges 4, daté de la fin du II<sup>e</sup> siècle après J.-C., a donné lieu à une série d'études tant sur sa construction que sur les matériaux qui le composent. C'est à cette occasion qu'un ensemble inédit de tissus enduits de poix utilisés comme calfatage a été dégagé. Dans un premier temps, l'état de conservation des textiles a été expertisé et, dans un second, une collaboration scientifique entre l'INRAP, le musée du quai Branly-Jacques Chirac et ARC Nucléart a été mise en place. Elle a permis de faire des essais de coupes transversales sur quelques échantillons, afin d'évaluer les données potentielles de ce corpus exceptionnel. Les premiers résultats en sont livrés ici.

**Mots-clés :** gallo-romain, textile archéologique, coupe transversale, analyse.

## Introduction

Le chaland Lyon Saint-Georges 4 (LSG4), daté de la fin du II<sup>e</sup> siècle après J.-C. et dévolu au musée *Lugdunum* (Lyon) est en restauration à ARC Nucléart (Grenoble) depuis début 2014. Il a fait l'objet d'un traitement de stabilisation et les opérations de conservation ont amené à un démantèlement complet de l'épave, ce qui a permis une étude archéologique approfondie des divers matériaux en présence. La partie scientifique est coordonnée par Marc Guyon (INRAP) et a porté sur l'étude de l'entretien et la construction du chaland, sur l'étude archéométrique des bois, sur l'archéométrie des clous, sur l'étude des plaques de réparation en plomb et, enfin, sur l'étude des tissus poissés utilisés en tant que matériau d'étanchéité entre les différents éléments.

Une campagne de déploiement de divers bourrelets d'étanchéité a été menée depuis 2016 avec la mise en place d'un nouveau protocole plus respectueux des textiles (Meunier, 2019). Jusqu'à récemment, des solvants organiques étaient utilisés pour dissoudre la poix et récupérer les tissus, avec l'inconvénient majeur de réduire les textiles sous forme de petits fragments et de les fragiliser. Ici, le protocole utilisé consiste à ramollir la poix sans la dissoudre par une immersion dans de l'eau chaude à 100 °C. Les tissus peuvent ainsi être dépliés tout en respectant leur forme originale.

Cela a conduit à la mise au jour d'un ensemble exceptionnel de tissus gallo-romains, qui représentent une surface de plus de trois mètres carrés. Une centaine de tissus ont déjà été identifiés. Ils sont majoritairement en laine, mais quelques textiles et fils d'origine végétale

ont été identifiés et la recherche autour de la caractérisation et de l'exploitation des données disponibles a amené à la mise en place d'une collaboration scientifique avec le musée du quai Branly-Jacques Chirac.

## Quelles sont les caractéristiques d'un tissu archéologique ?

Le plus souvent, les textiles sont conservés sous une forme altérée, ils ont subi des transformations physico-chimiques radicales (De Bühren, 2008) et leur étude en est rendue compliquée et délicate (exemple des tissus minéralisés au contact d'éléments métalliques qui se sont oxydés et ont permis la conservation des fibres [Moulherat, 1999 et 2008]).

Cependant, il arrive que les tissus nous parviennent sous une forme non altérée, ils n'ont pas subi de changements susceptibles de modifier la structure des fibres et, par conséquent, de perturber l'étude du tissu. Les températures extrêmes permettent une telle conservation, comme il est possible d'en observer en Égypte, au Xinjiang (province chinoise occidentale réputée notamment pour son climat désertique) ou en Sibérie où le pergélisol (sous-sol gelé en permanence) a permis la conservation de nombreuses momies. La poix qui imprègne les tissus de LSG4, par ses propriétés hydrophobes et bactéricides, a permis aux textiles de traverser les siècles sans altération.

## Comment identifie-t-on les fibres ?

L'étude des fibres est tributaire de leur état de conservation et il existe de nombreux cas pour lesquels les méthodes traditionnelles d'identification s'avèrent inadaptées, notamment lorsque les fibres se sont conservées sous une forme minéralisée par les sels métalliques. La mise en place de nouvelles méthodes d'observation microscopique a permis de pallier ce handicap et d'envisager la détermination de la plupart des espèces végétales ou animales quel que soit leur état de conservation.

La microscopie électronique est un outil indispensable dans l'étude des textiles et, notamment, dans la connaissance des fibres, qu'il s'agisse des caractéristiques externes (écailles, genoux de flexion...) ou des caractéristiques internes (lumen, canal médullaire). Nous verrons plus en détail le potentiel qu'offre cet instrument dans l'analyse des fibres (Gabra-Sanders, Ryder *et al.*, 1984).

L'identification des fibres nécessite l'utilisation de méthodes adaptées à leur état de conservation. L'information obtenue doit être soumise à un référentiel constitué d'images en vue longitudinale et de coupes transversales obtenues au microscope optique et au microscope électronique. Il existe un certain nombre de banques d'images publiées auxquelles il est possible de se référer. Mais il est aussi indispensable de créer sa propre base de données dans laquelle l'éventail des références pourra être adapté à son propre champ d'application.

## Procédés généraux d'identification

L'examen visuel et le toucher donnent une première idée, mais les appréciations qu'ils donnent sont insuffisantes.

La combustion, lorsque c'est possible, par le brûlage d'un ou plusieurs fils, permet d'observer l'allure de la combustion et les résidus. L'odeur permet de facilement différencier les fibres animales; cette méthode utilisée un temps dans l'industrie donne la qualité végétale

ou animale de la fibre, mais n'est pas envisageable ici du fait de la présence de poix qui imprègne les fibres.

Une fibre s'observe de deux façons distinctes, en vue longitudinale et en coupe transversale. À chacune de ces observations correspond une préparation spécifique. La solution choisie ici 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.

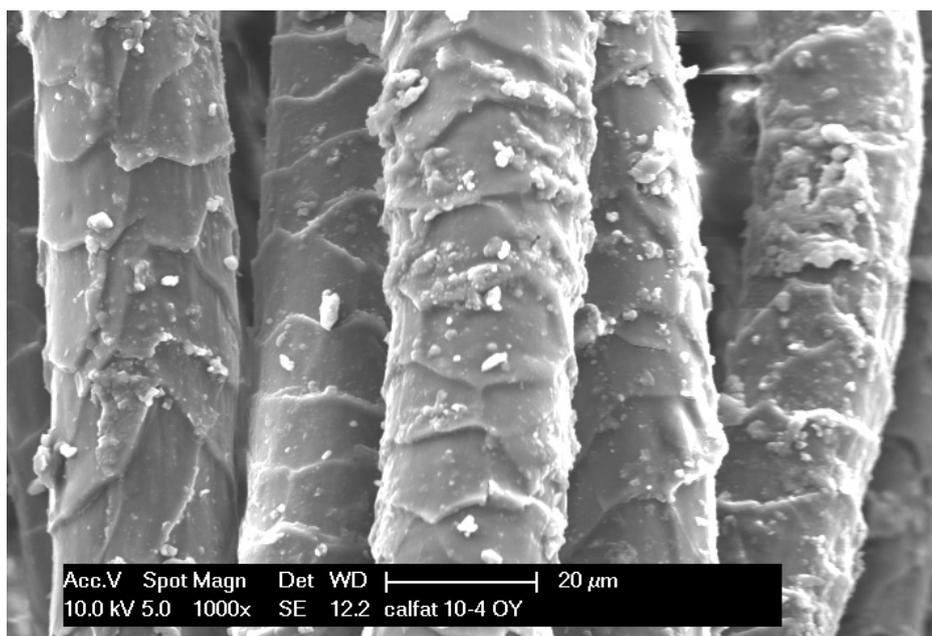
### Les vues longitudinales obtenues sous MEB

L'utilisation exclusive de vues longitudinales dans de nombreux ouvrages sur les textiles archéologiques doit nous conduire à être prudent sur les interprétations d'identification. Seule la combinaison de deux approches peut nous garantir des résultats plus fiables.

L'examen microscopique à balayage (MEB), avec un grossissement jusqu'à 40 000 fois, demande une préparation. Un échantillon doit être prélevé, les fibres constituant le fil nettoyées et légèrement séparées pour avoir une meilleure vue individuelle puis préalablement recouvertes d'une fine couche d'or pour rendre la surface conductrice.

Les avantages du microscope électronique sont :

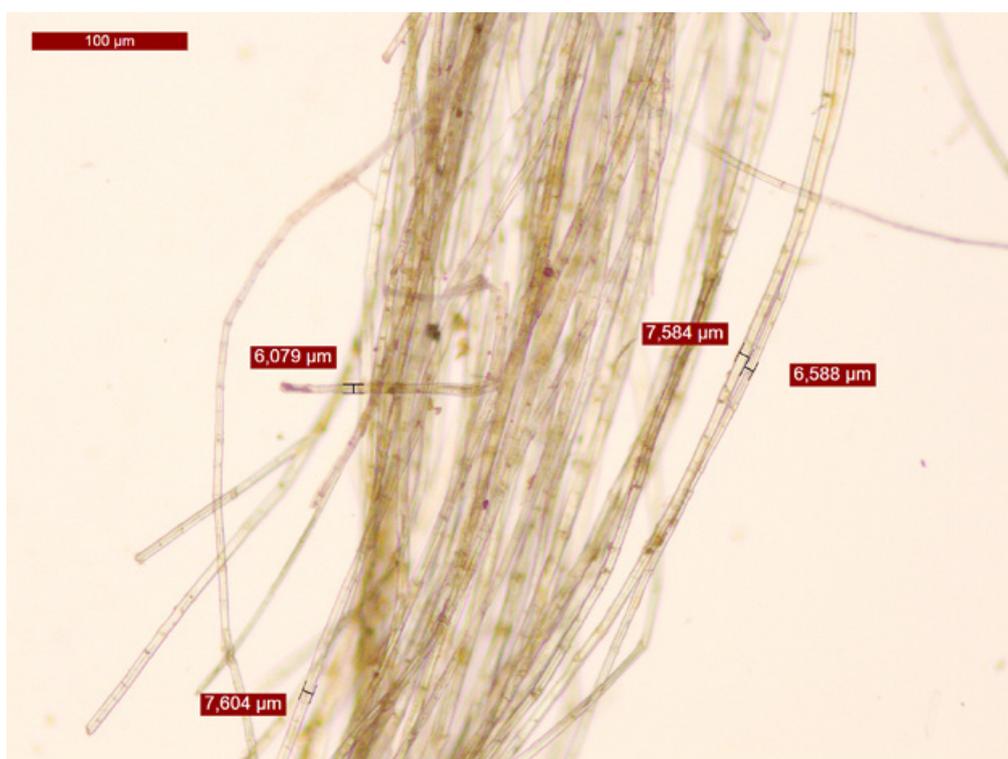
- un grossissement plus important pouvant atteindre  $\times 40\,000$ , selon les modèles utilisés. Dans la pratique, on l'utilise couramment jusqu'à  $\times 10\,000$ ;
- une plus grande profondeur de champ, c'est-à-dire la possibilité de voir nets des plans distincts, ce qui permet d'observer les caractéristiques des surfaces des fibres d'origine animale (structure des écailles) et végétale (présence ou non de genoux de flexion, par exemple, dans le cas de fibres libériennes). Il est également possible de mesurer les diamètres et d'apprécier l'état général de conservation;
- si le microscope est couplé à un spectromètre permettant des analyses élémentaires (EDS), il permet alors d'étudier la composition chimique de l'échantillon et, en particulier en ce qui concerne les fibres textiles, la présence de mordants (Moulherat, 2008) (**fig. 1**).



**Figure 1** Vue au microscope électronique à balayage (MEB) de fibres de laine appartenant à l'épave LSG4, calfat 10-4. © ARC Nucléart.

## Les vues longitudinales sous microscope en réflexion

Pour l'observation en vue longitudinale sous microscope en réflexion, les grossissements nécessaires sont de  $\times 200$  et  $\times 400$ ; quelques fibres sont disposées entre lame et lamelle dans un liquide d'immersion (baume du Canada, par exemple) et l'observation au microscope optique peut être entamée. Pour faire une observation en coupe transversale, le fil doit être nettoyé et les fibres séparées afin de permettre à la lumière de les éclairer par transparence (**fig. 2**). L'échantillon est ensuite déposé entre lame et lamelle. La vue longitudinale doit être complétée si possible par une coupe transversale de l'échantillon. Il est souvent utile d'effectuer l'observation sous une lumière polarisée pour mettre en évidence les structures caractéristiques des fibres.



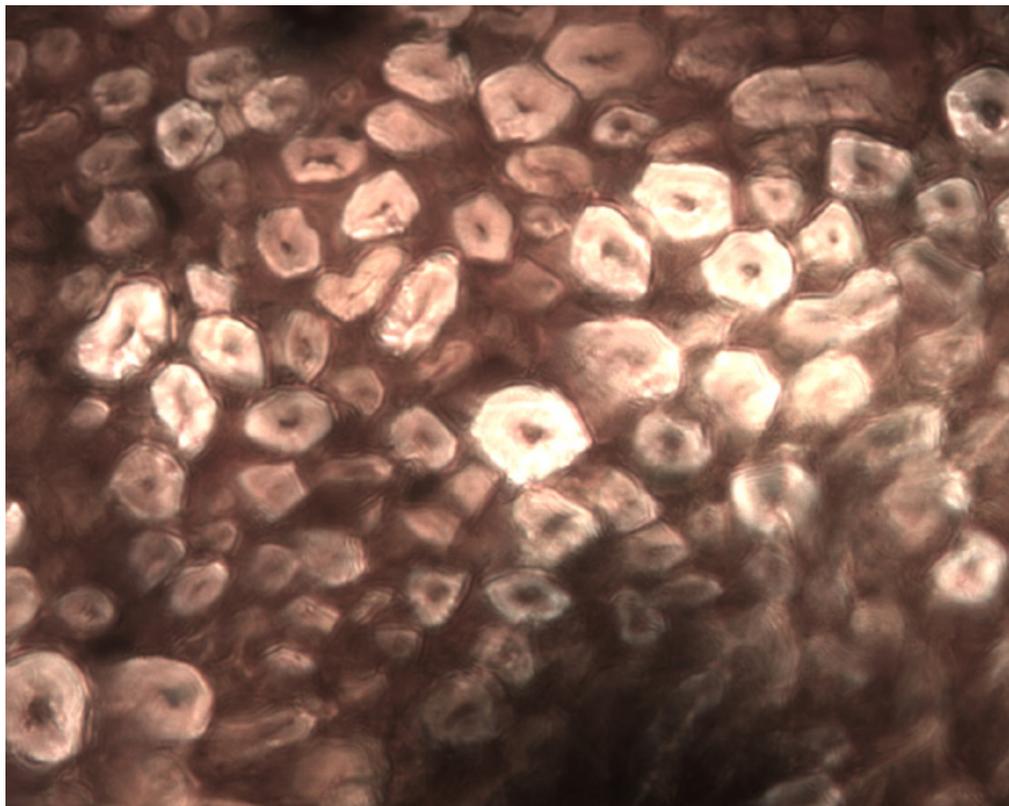
**Figure 2** Vue longitudinale au microscope optique de fibres de lin appartenant à l'épave LSG4, calfat 54-7-8. © Laure Meunier.

## Les coupes transversales

L'observation en coupe transversale s'effectue sous un grossissement de  $\times 500$ ; elle nécessite l'utilisation d'un microtome<sup>1</sup>. Elle permet de déterminer de façon plus précise les principales espèces de fibre (**fig. 3**). Plusieurs techniques ont été proposées pour obtenir des coupes transversales de fibres. Des microtomes développés spécialement à cet effet dans l'industrie des fibres commerciales ont été décrits par Wildman (Wildman, 1954), Catling et Grayson (Catling, Grayson, 1982) et Taylor (Taylor, 1990). Les coupes transversales de 15 à 20  $\mu\text{m}$  d'épaisseur sont obtenues avec des lames de rasoir rigides sous une loupe bino-culaire. Ces coupes sont ensuite teintées par des méthodes histo-chimiques de coloration

<sup>1</sup> Les lames utilisées sont de type Ega. Résine Norsodyne S 807 en 5 kg, catalyseur Butanox M 50 en 1 kg et accélérateur NL 51 en 1 kg.

(rouge de ruthénium et vert d'iode) pour améliorer la lecture des formes des cellules (Gay, Monrocq, 1972).



**Figure 3** Vue transversale au microscope optique de fibres de lin appartenant à l'épave LSG4, calfat 54-7. © Laure Meunier.

Nous avons utilisé trois types de microtome, le premier a été mis au point par l'Institut textile de France (ITF) et nécessite un mode opératoire spécifique. Les fils que l'on désire analyser doivent être disposés à l'intérieur d'une gaine de Téflon® remplie par capillarité d'une résine polyester. Cette résine doit être préalablement mélangée à un catalyseur et à un accélérateur de polymérisation. Le tout est mis à polymériser soit 24 heures à température ambiante, soit 30 mn à l'intérieur d'une étuve portée à une température de 60 °C. Ce tube est ensuite positionné dans la gouttière porte-échantillon du fibrotome.

Nous avons également utilisé un autre type de microtome produit en Chine (Y172-Hartz slicer) avec lequel nous obtenons d'excellents résultats également. La différence réside dans le fait qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser un tube en téflon et que la résine est une colle qui polymérise en 30 secondes. Cette technique est très utile pour les échantillons de grandes tailles mais difficile à utiliser dans le cas de fils très fins.

Nous avons utilisé un troisième modèle, élaboré de façon artisanale en perçant à un diamètre de deux millimètres une rondelle de laiton d'épaisseur de trois millimètres primitivement destinée à la plomberie et achetée en grande surface de bricolage. Les résultats en ont été tout à fait satisfaisants. Ce modèle, facile à reproduire, permet d'obtenir des coupes proches de celles que l'on observe avec les microtomes industriels.

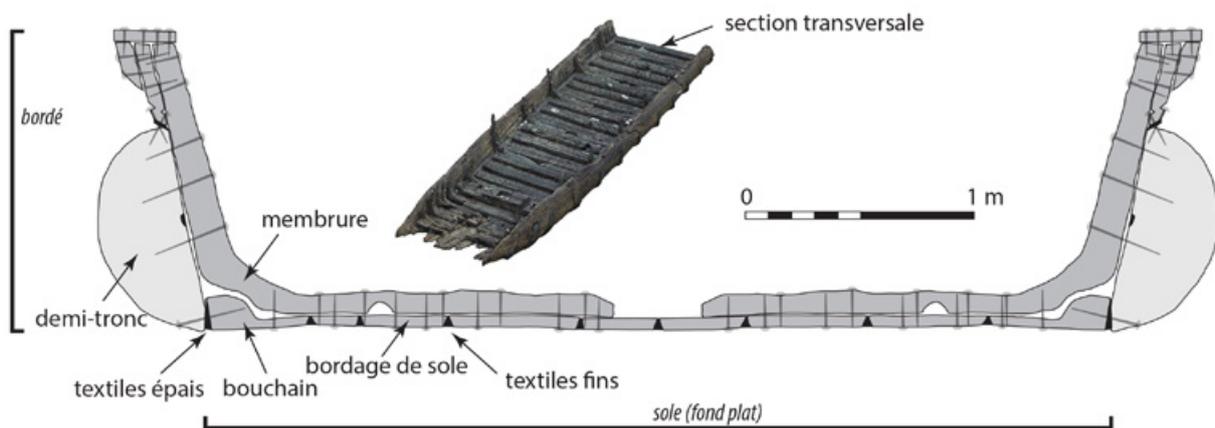
Cet examen apporte de précieuses informations sur la constitution des fibres et permet de différencier sans aucun doute le lin du chanvre et de l'ortie. Il va aussi permettre de comprendre, pour les fibres animales, si elles sont naturellement pigmentées ou pas. En cas de

teinture, il est possible de voir si cette dernière a pénétré au cœur de la fibre ou si elle est restée en périphérie. Cette technique permet elle aussi de faire des mesures plus précises du diamètre de fibres.

### Quels sont les intérêts de ces études ?

Outre les premières informations de caractérisation qui peuvent être récoltées, une étude systématique des fibres au microscope optique en vue transversale permet d'observer plus finement le matériel. En fonction de la présence, pour les fibres animales, de canaux médullaires ou pas, les propriétés techniques et la résistance de la fibre vont être différentes. Donc la production de statistiques sur leur présence ou non, sur la pigmentation naturelle ou pas, et sur les diamètres des fibres constitutives des fils va donner un éclairage *a minima* sur les choix faits en amont de la production d'étoffe. Dans le cadre de l'étude du corpus de Lyon Saint-Georges 4, le matériel est suffisamment abondant pour que les comparaisons entre les tissus puissent donner une solide base de référence sur laquelle s'appuyer à l'avenir.

### Quels sont les premiers résultats pour l'étude de LSG4 ?



**Figure 4** Coupe sectionnelle de l'épave LSG4 et localisation des emplacements des bourrelets d'étanchéité : entre les planches du fond du bateau (la sole) et entre l'extrémité de la sole (bouchain) et les bordés. © Marc Guyon, INRAP.

Le calfat<sup>2</sup> 54 est situé à l'arrière de l'épave, à tribord, entre le fond plat et le bordé (**fig. 4**). Cette localisation, qui court sur toute la longueur du bateau, est celle qui présente le bourrelet d'étanchéité le plus important. Cet élément d'1,90 m environ a fourni, après déploiement, 46 fragments de tissu. La nouvelle méthode de déploiement est plus respectueuse des tissus en donnant des fragments de plus grande taille (précédemment, on avait considéré que la taille moyenne des fragments de tissu servant à l'étanchéité était de 110 cm<sup>2</sup> (Médard, 2014, p. 123) alors que pour le calfat 54, la taille moyenne des fragments est de 650 cm<sup>2</sup> pour les tissus en laine et 250 cm<sup>2</sup> pour ceux issus de fibres végétales). De nombreux fils de couture sont présents, contrairement aux campagnes précédentes. Une première série de 16 prélèvements de fils a été effectuée, dont quelques fils de couture, et confiée à Tara Chapron pour son mémoire de master 1 en Archéologie (Chapron, 2018) afin d'évaluer les possibilités d'étude (**fig. 5**).

<sup>2</sup> La dénomination « calfat » a été utilisée pour inventorier archéologiquement tous les éléments d'étanchéité du chaland, nous la reprenons donc ici.

N° d'échantillon	Nature de la fibre	Tissu prélevé	Informations	Pigmentation naturelle	Canal médullaire ou lumen	Diamètre des fibres	Moyenne	Nombre de fibres examinées
A	Végétale, chanvre	LSG4 S6 calfat 54-10-7	Fil de couture	Non	Oui en forme de I	5 à 44 µ, forme souple avec un canal épais	17 µ	37
B	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-10-7		Non	Peu à très visible	19 à 47 µ	31 µ	28
C	Végétale, chanvre	LSG4 S6 calfat 54-9-6	Fil de couture	Non		6 à 60 µ	18 µ	40
D	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-9-5			Peut-être très fin, de l'ordre de 4 microns	16 à 50 µ	30 µ	49
E	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-9-5		Oui	Non	13 à 47 µ	25 µ	42
F	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-8-1-2	Cordelette de 6 mm de diamètre	Non		17 à 51 µ	28 µ	17
G	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-8-1-2	Fil de couture de la cordelette			16 à 60 µ	35 µ	37
H	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-9-2	Cordelette			10 à 39 µ	22 µ	54
J	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-9-3	Tissu de réparation	Très présente	Non	14 à 30 µ	23 µ	18
K	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-9-3		Très présente	Non	12 à 37 µ	22 µ	30
L	Animale, laine	LSG4 S6 calfat 54-10-9	Cordelette			17 à 69 µ	34 µ	71
M	Végétale, lin	LSG4 S6 calfat 54-1-1		Non		8 à 19 µ	13 µ	40
N	Végétale, lin	LSG4 S6 calfat 54-1-3		Non		10 à 12 µ, forme polygonale caractéristique avec un très petit lumen		
P	Végétale, lin	LSG4 S6 calfat 54-7-2		Non		3 à 23 µ, dimensions et structure externe qui font penser à du lin	10 µ	55
Q	Végétale, lin	LSG4 S6 calfat 54-7-7		Non		11 à 21 microns, forme polygonale caractéristique avec un très petit lumen	16	5
R	Végétale, lin	LSG4 S6 calfat 54-10-12		Non		6 à 26 µ	13 µ	37

Figure 5 Tableau des 16 échantillons prélevés et analysés.

Les éléments végétaux font leur apparition, car ils n'avaient pas été repérés dans les études précédentes sur les tissus d'étanchéité romains (Médard, 2010, 2014). Seule la laine était représentée, par suite du choix fait de l'échantillonnage. Les tissus végétaux sont plus petits et moins nombreux que ceux en laine. L'échantillon P appartient à un sergé végétal qui est pour le moment le plus ancien d'Europe de l'ouest (fig. 6).



**Figure 6** Macrophotographie du sergé végétal calfat 54-7-2. © Laure Meunier.

Il est intéressant de remarquer que deux des trois fils de couture (échantillons A et C) sont en chanvre et qu'ils ont été utilisés pour coudre des étoffes en laine. Les échantillons végétaux possèdent tous des fibres très fines (moyenne entre 10 et 18  $\mu$ ), ce qui les différencie au premier abord des fibres animales plus épaisses, mais seules les coupes sectionnelles réalisées ont permis une identification immédiate par reconnaissance de la structure interne des fibres, que ce soit pour le lin (échantillons M, N, P, Q, et R) ou le chanvre (échantillons A et C). Les échantillons de laine ont permis de voir la rareté de la présence de canaux médullaires, alors que certains tissus d'autres collections romaines en comportent. Cela peut signifier un choix dans la matière première, car les fibres avec canal médullaire sont plus grossières, mais également plus solides, alors que celles qui en sont dépourvues s'approchent de la qualité « angora » ou « mérinos », apportant chaleur et gonflant. La présence de fibres pigmentées naturellement ou pas, même si toutes n'ont pas été renseignées, indique là encore des choix quant à la matière première. Si les romains étaient en effet capables de différencier de tels fils, les étoffes produites avec avaient des statuts différents et la qualité même du textile était une marque d'appartenance directe à une certaine classe sociale (Harran, 2019).

## Conclusion

La mise au jour d'un très important corpus réutilisé comme matériau d'étanchéité pour le chaland gallo-romain Lyon Saint-Georges 4 et les premières études microscopiques réalisées montrent d'ores et déjà l'intérêt d'étendre cette méthodologie à un plus grand nombre de textiles. Différents champs pourront être explorés comme la présence de fibres végétales ou les choix de qualités de fils effectués pour fabriquer les étoffes. Ces données pourront donner, nous l'espérons, des pistes pour la recherche de l'emploi précédent de ces tissus.

## Remerciements

Nous tenons à remercier ARC Nucléart pour l'utilisation des infrastructures, ainsi que le musée du Quai Branly-Jacques Chirac, Tara Chapron pour la qualité de son travail, qui a permis de mettre ces résultats en perspective et enfin Marc Guyon, de l'INRAP, qui nous apporte son aide dans ces recherches et a réalisé le plan de localisation.

## Références bibliographiques

- Buhren V. de** (2008), « La conservation des tissus en milieu humide. Quel traitement pour permettre une présentation muséographique de ces vestiges fragiles? », dans Bailly-Maître M.-C., Jourdain-Annequin C., Clermont-Joly M. (dir.), *Archéologie et paysages des mines anciennes : de la fouille au musée*, Paris, Picard, p. 137-141.
- Catling D., Grayson J. E.** (1982), *Identification of vegetable fibres*, Londres, New-York, Chapman and Hall, 89 p.
- Chapron T.** (2018), *Contribution à l'archéologie des textiles : caractérisation et circulation de la laine dans l'Antiquité*, rapport de master 1 en Archéologie, sous la direction de Nathalie Ginoux et Christophe Moulherat, université de Paris 4 Sorbonne, 85 p.
- Gabra-Sanders T., Ryder M. L., Williams A.E.** (1984), « Internal medulla of hair revealed by scanning electron microscopy », *Journal of Microscopy*, vol. 134, mai 1984, p.189-192.
- Gay M.-C., Monrocq R.** (1972), « Identification des fibres textiles naturelles par examen microscopique », *Annales du laboratoire de recherche des musées de France*, 1972, p. 16-22.
- Harran N.** (2019), « Mode et beauté à l'époque gallo-romaine, dossier pédagogique de l'Exposition du 6 avril au 7 juillet 2019 », 20 p. Disponible sur : <<https://musees.ville-senlis.fr/Ressources-documentaires/Ressources-pedagogiques>>
- Médard F.** (2010), « Les tissus associés à la construction des chalands gallo-romains du Parc Saint-Georges (Lyon), I<sup>er</sup>-III<sup>e</sup> siècles ap. J.-C. », dans Rieth É. (dir.), *Les épaves de Saint-Georges Lyon - I<sup>er</sup>-XVIII<sup>e</sup> siècles*, Paris, CNRS Éditions (coll. Archaeonautica), p. 136-146.
- Médard F.** (2014), « Les tissus associés à la construction du chaland Arles-Rhône 3 : qualité et gestion de la matière première », dans Marlier S., Andrieu-Ponel V. (dir.), *Arles-Rhône 3 : un chaland gallo-romain du 1<sup>er</sup> siècle après Jésus-Christ*, Paris, CNRS Éditions (coll. Archaeonautica), p. 116-125.
- Meunier L., Guyon M.** (à paraître), « Caulking textiles from the Lyon Saint-Georges 4's shipwreck : recording and conservation questions », dans Schofield E. (dir.), *Proceedings of the 14th ICOM-CC group on Wet organic archaeological materials Conference, Southampton, 2019*.
- Moulherat C.** (1999), « Le microscope électronique et le microscope métallographique inversé, nouveaux outils au service de l'identification des fibres minéralisées par les produits de corrosion métallique », dans Meyer-Roudet H. (dir.), *À la recherche du métal perdu, nouvelles technologies dans la restauration des métaux archéologiques*, Paris, Errance, p. 63-64.
- Moulherat C.** (2008), « L'archéologie des textiles, une nouvelle discipline au service de la connaissance et de la compréhension des sociétés humaines », *L'actualité chimique*, N° 318, avril 2008, p. 30-34.

**Taylor M. A.** (3<sup>e</sup> éd. 1990), *Technology of textile properties, an introduction*, Londres, Forbes Publication, 354 p.

**Wildman A. B.** (1954), *The microscopy of animal textile fibres*, Leeds, Wira, 209 p.

## Les auteurs

**Laure Meunier** Chercheuse indépendante IFIRES, restauratrice à ARC Nucléart, [lauree.meunier@gmail.com](mailto:lauree.meunier@gmail.com)

**Christophe Moulherat** PhD en Anthropologie, Ethnologie, Préhistoire, musée du quai Branly-Jacques Chirac, [christophe.moulherat@quaibranly.fr](mailto:christophe.moulherat@quaibranly.fr)