

# Éclairages scientifique et historique

## Tapiserie, broderie et teintures !

Chimie – Art-Chimie  
Cycles 3 et 4

## La teinture

### Histoire de cette technique

Les textiles en laine sont parmi les objets les plus complexes trouvés datant de l'époque médiévale<sup>1</sup>. L'histoire des textiles et des procédés de teinture à cette époque indique le mouvement des artisans qualifiés en Europe, dû à de nombreuses guerres et persécutions<sup>2</sup>.

Dans les livres datant du Moyen Âge qui relatent l'art de la teinture, peu de détails techniques sont donnés. La « *Mappae clavicula* » (IX<sup>e</sup>-XII<sup>e</sup> siècles) est le plus célèbre des recueils médiévaux de recettes techniques. Mais, en réalité, on se trompe en voyant dans les recettes la transposition fidèle des gestes de l'artisan. Tout d'abord, la pratique artisanale se transmet oralement, de père en fils, du patron à l'apprenti. La mise à l'écrit est le fait d'hommes doctes, parfois étrangers au métier<sup>3</sup>.

Cependant, les questions de coût sont souvent évoquées<sup>4</sup>. En effet, un vêtement cher est un vêtement dont la couleur tient. Les mordants et colorants sont onéreux, et les fraudes fréquentes<sup>5</sup>. Au Moyen Âge, le teinturier ne jouissait pas d'une bonne réputation du point de vue de l'honnêteté : Crapelet en dit : « Mançonge de tainurier<sup>6</sup>. » Une bonne réussite de la nuance nécessite un bon mordantage. Ainsi, à cette fin, au XVIII<sup>e</sup> siècle, des règlements concernant la quantité de mordant à ajouter sont élaborés, et des tests de « débouilli » permettant de constater le relargage du colorant sont effectués après chaque teinture<sup>7</sup>.

L'intérêt des académiciens pour la teinture ne prend de l'ampleur que dans les années 1750, sous l'impulsion de Pierre-Joseph Macquer<sup>8</sup>. Entre 1740 et 1770, on peut recenser une quinzaine de mémoires liés à la teinture et les titres laissent apparaître le terme « chimique ». L'explosion des mémoires sur le sujet se situe principalement entre 1770 et 1780. Preuve de ce nouvel intérêt des chimistes, la teinture sort des ateliers pour entrer à l'Académie, avant d'être enseignée comme la chimie.

### La chimie de la teinture

La teinture est un procédé consistant à immerger une matière textile dans une solution colorante. Quatre étapes sont nécessaires<sup>9</sup> :

- 1) attraction : colorant attiré par la fibre ;
- 2) adsorption du colorant à la surface de la fibre ;
- 3) diffusion du colorant dans la fibre ;
- 4) fixation du colorant dans la fibre :
  - liaison covalente ;
  - lien ionique : interaction électrostatique cations/anions ;
  - liaisons hydrogènes ;
  - liaison van der Waals : interaction entre dipôles (grandes molécules).

En teinture naturelle, les colorants ne s'accrochent correctement que sur des fibres naturelles (fibres végétales ou animales)<sup>10</sup>. Avant toute teinture, les fibres doivent être préparées : la laine doit être lavée au savon pour retirer la graisse, et le coton doit subir un débouillissage (chauffer le coton dans un bain de soude) pour retirer les cires et les pectines qui enveloppent cette fibre<sup>11</sup>.

Chaque paramètre a un rôle précis<sup>12</sup> :

- L'eau :
  - disperser et dissoudre les molécules colorantes ;
  - gonfler les fibres : ouverture des écailles, ce qui permet une absorption et une fixation plus faciles des colorants.
  
- La température :
  - favoriser l'agitation et le mouvement des molécules colorantes dans l'eau ;
  - favoriser la solubilisation des molécules colorantes.
  
- Le temps :
  - permettre de favoriser la fixation.

Attention : il est important que la laine ne subisse pas de changements trop brutaux de température car elle risque de feutrer (feutrage = retrait de tissu, modification d'aspect, épaissement et raidissement). En effet, les écailles des fibres de laine ont la propriété de pouvoir s'accrocher les unes aux autres à l'échelle microscopique. Ce phénomène donne l'impression que le tissu se rétracte et devient compact. Quand la température augmente de façon trop soudaine, les fibres s'entremêlent d'un coup et se collent les unes aux autres de façon irréversible<sup>13</sup>.

## Les recettes de teinture

Les recettes de teinture sont différentes selon le type de colorants (colorants directs, colorants à cuve, colorants à mordant).

**Les colorants directs** adhèrent physiquement à la fibre (exemple : les tanins). Ils peuvent se lier à la fibre grâce à des liaisons de van der Waals ou hydrogènes.

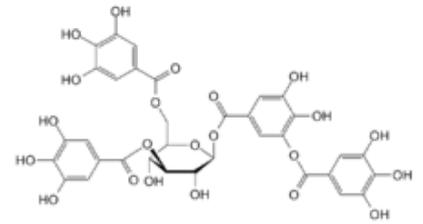
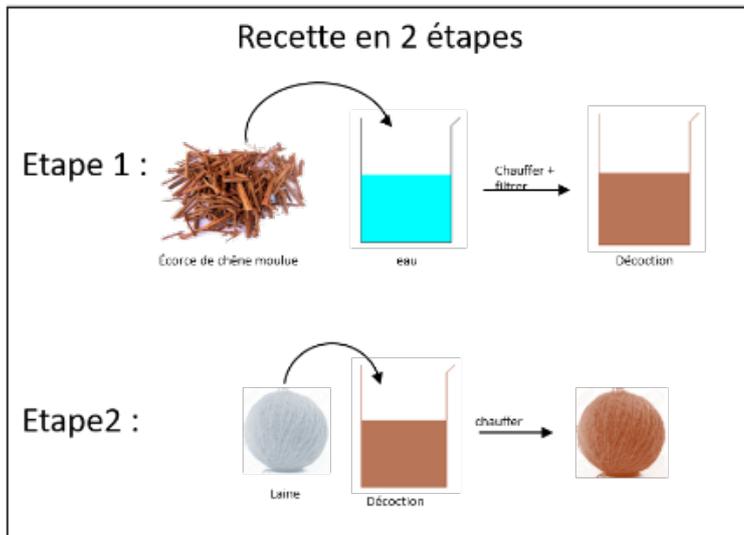
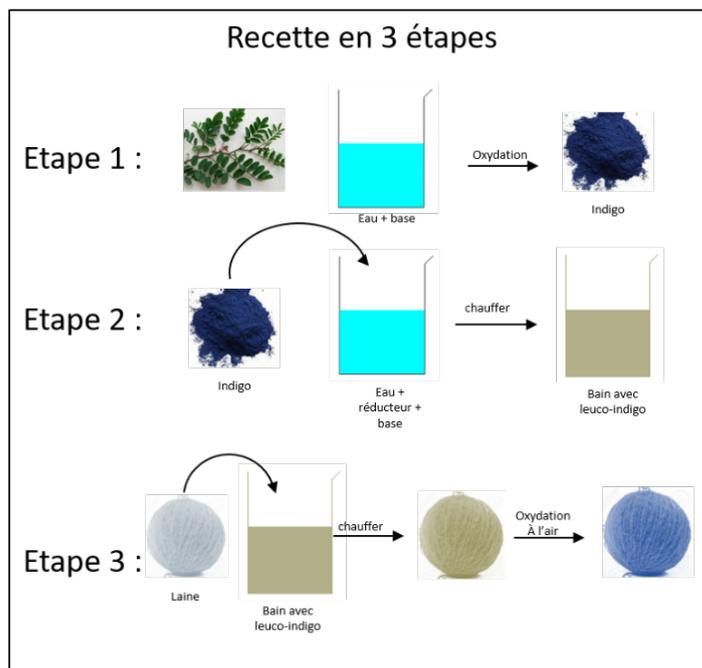
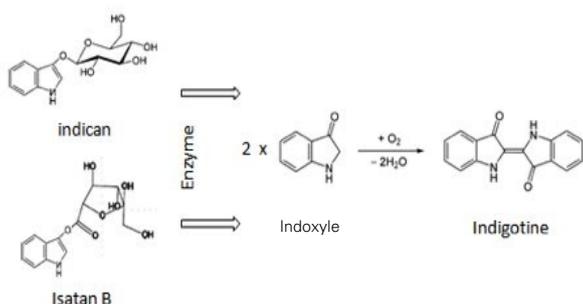


Figure 1 - acide tannique

**Les colorants à cuve** sont des pigments insolubles dans leur état coloré (indigo ou pourpre).

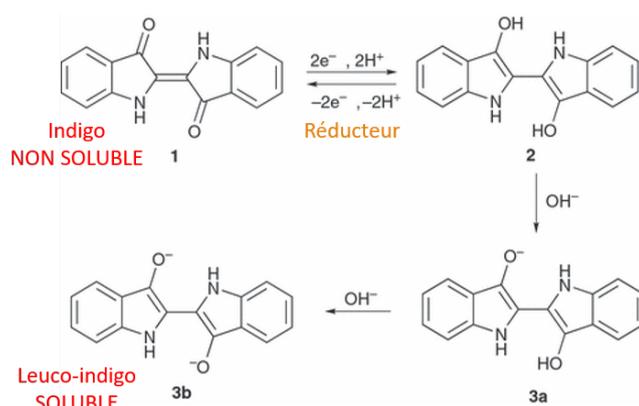


La première étape consiste à extraire le pigment de la plante :



- Les plantes sont placées dans de grandes cuves avec de l'eau en milieu basique.
- Enzymes activées : scission du glucoside en indoxyle et en un sucre.
- L'oxygène réagit avec l'indoxyle : l'indigo est produit et précipite sous la forme d'une poudre bleue très foncée.

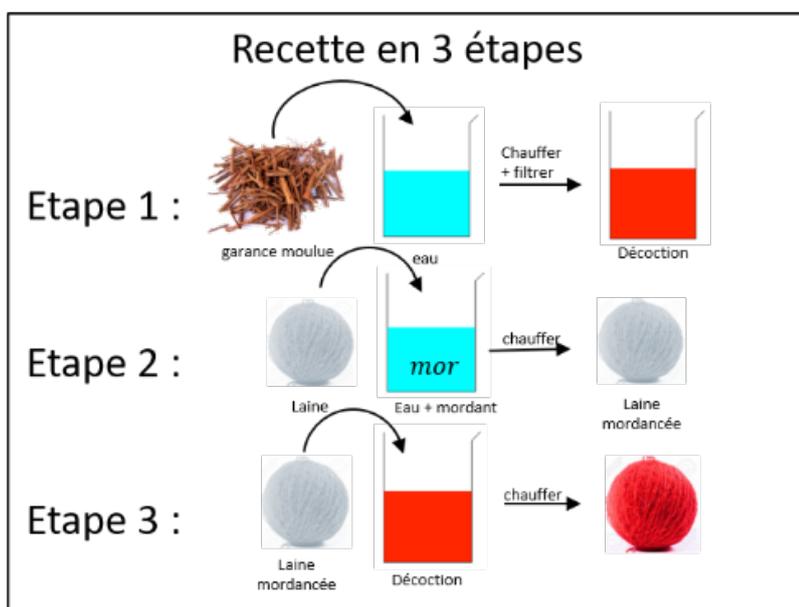
La deuxième étape consiste à rendre le pigment soluble dans l'eau (sous sa forme leuco-indigo) :



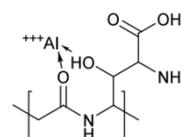
Enfin, la troisième étape consiste à fixer le leuco-indigo sur la fibre (grâce à des liaisons hydrogènes leuco-indigo/fibre).

**Les colorants à mordant** (souvent les rouges et les jaunes) sont des colorants qui forment des liaisons trop faibles avec la fibre<sup>11</sup>. En revanche, un grand nombre d'entre elles peuvent se combiner avec un sel métallique, car leur structure présente un ou plusieurs sites de chélation. Les sels utilisés comme mordants sont dissociés en ions par l'eau, et les cations réagissent avec les fibres et les molécules colorantes. Le mordant peut changer la couleur d'un colorant car il modifie la densité électronique (exemple : le fer noircit le colorant, mais l'alun ne modifie pas la couleur).

L'alun est utilisé pour la teinture des textiles depuis au moins la période médiévale<sup>14</sup>. Il s'agit d'un sulfate double d'aluminium et de potassium  $\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$ . Dans l'eau, il est sous la forme  $\text{Al}^{3+}$ .

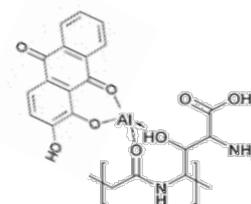


Pour l'étape 2 : la laine réagit avec le mordant<sup>15</sup>.



Pour l'étape 3 : la laine mordancée [laine-Al] réagit avec le colorant<sup>16</sup>.

→ Site chélate à six chaînons : très stable.



Le mordant peut aussi être ajouté directement dans le bain de décoction. C'est ce qu'on appelle le mordantage simultané. Les recettes évoquées ici sont des recettes historiques, datant du XVIII<sup>e</sup> siècle. Voici un exemple d'une recette de teinture avec de la garance, extraite du livre de Hellot<sup>10</sup> ou du livre de Jombert<sup>17</sup>, et datant du XVIII<sup>e</sup> siècle.

Pour teindre en rouge de Garence, le bouillon est, à peu près, le même que pour le Kermés; on le fait toujours avec l'alun & le tartre. Les Teinturiers ne sont pas extrêmement d'accord sur les proportions; pour moi, je pense que la meilleure, est de mettre cinq onces d'alun & une once de tartre rouge pour chaque livre de laine filée; je mets aussi environ un douzième d'eau sûre dans le bain du bouillon, & j'y fais bouillir la laine pendant deux bonnes heures. Si c'est de la laine filée, je la laisse bien humectée de la dissolution de ces sels pendant

CHAPITRE XVII. 377  
sept ou huit jours; & si c'est du drap, je l'achève le quatrième jour. Pour teindre cette laine, je prépare un bain frais, & lorsque l'eau est chaude à pouvoir y souffrir encore la main, j'y jette une demie livre de la plus belle Garence-grappe pour chaque livre de laine, & j'ai soin de la faire bien pallier & mêler dans la Chaudiere avant que d'y mettre la laine, que j'y tiens pendant une heure sans faire bouillir le bain, parceque la couleur seroit terne. Mais pour mieux assurer la teinture, on peut le faire bouillir sur la fin de l'opération seulement, pendant quatre ou cinq minutes. (\*)

24 *Le Teinturier*  
y mêlent du Fenugrec, & après cela cette étoffe s'éclaircit avec des eaux sûres, de l'agaric, du Tartre & du terre-merite. Les Ecarlates plus foncées ne doivent point estre éclaircies, & ne tirent pour cela que sur le nacarat.

*Du Rouge cramoisi.*

Pour faire le rouge cramoisi on prend du Tartre, de la Cochenille, du Mestecque autrement dit tescale, & des eaux sûres, après avoir fait bouillir ce rouge avec des eaux sûres, de l'Alun & de la gravelle.

*Du Rouge de Garance.*

Quant aux rouges de Garance, ils se font avec la plus belle Garance, qui est celle qui vient de Flandres, après qu'on les a laissé bouillir avec Alun, Gravelles, son & eaux sûres. Il y a des Teinturiers qui se servent du Realga ou de l'Arsenic dans le bouillon, & autres employent le Sel commun ou d'autre Sel avec  
de

*Parfait.* 25  
de la Farine de Bled dans le Garançage, d'autres se servent d'agaric ou de l'esprit de vin, avec de la galle ou terre-merite, cela depend de la fantaisie.

*De la demy graine.*

Ces couleurs deviennent rouges avec l'Agaric, eaux sûres, moitié grainée d'Ecarlatte & moitié Garance; mais il faut avant cela que les demy graines ayent esté bouillies comme une Ecarlatte. Il y en a qui y mêlent le terre-merite, ou qui les éclaircissent après, de même qu'on fait les Ecarlattes.

*Le demy cramoisi.*

Après que les demi-cramoisis ont été bouillis comme un rouge cramoisi ou de Garance, on les rend rouges avec moitié garance & moitié Cochenille.

*Du Nacarat de Bourre.*

Lorsqu'on veut teindre des

C

# La Tapisserie de Bayeux

La Tapisserie de Bayeux relate la conquête de l'Angleterre en 1066 par Guillaume le Conquérant. Elle est un sujet d'étude extrêmement discuté, analysé et documenté, malgré le manque de ressources apportant des informations sur son origine. En effet, la première source documentaire reconnue abordant cette œuvre date de 1476<sup>18</sup>. Par conséquent, les questions relatives à la naissance de l'œuvre restent ouvertes, encore à ce jour, en dépit de la densité des études sur le sujet.

## Sa conservation au cours du temps

La Tapisserie de Bayeux a été très bien conservée car elle reposait dans un coffre en bois et était tendue seulement une fois par an dans la nef de la cathédrale de Bayeux. Après la Révolution, en 1794, la Commission des arts du district de Bayeux la saisit au nom de la nation et assure ainsi sa protection. De décembre 1803 à février 1804, elle est exposée au musée Napoléon (futur musée du Louvre). À partir de 1812, la Tapisserie est conservée au sein de l'hôtel de ville de Bayeux. Elle est ordinairement tendue et exposée aux yeux du public tous les ans, en septembre. À partir de 1842, elle est exposée pour la première fois en permanence dans la galerie Mathilde<sup>19</sup>. À l'occasion du transfert de la Tapisserie de Bayeux dans son nouveau local d'exposition en 1983, une analyse de son état de conservation est effectuée.

## Analyse de la Tapisserie en 1982-1983<sup>20</sup>

L'intégralité de la Tapisserie est posée sur une doublure en lin bis datant du XVIII<sup>e</sup> siècle. L'ensemble est fixé à la toile de lin originale, dite « toile de base ». D'importantes et nombreuses restaurations sont visibles sur la Tapisserie : neuf catégories différentes de pièces de textile en lin ont été repérées, identifiées selon leur composition et le type de couture utilisé.

L'étude de l'envers de la Tapisserie a permis de supposer que l'ensemble de l'œuvre (inscription, scène, bordure) aurait été réalisé en une seule opération et avec un dessin conçu au préalable. En effet, les fils sautent d'un motif à l'autre. De plus, la Tapisserie a dû être réalisée par une équipe : des différences de techniques sont repérées à plusieurs endroits et certaines scènes sont exécutées avec plus ou moins de maîtrise. Des ateliers de broderie semblent donc avoir été actifs dans le sud de l'Angleterre, où elle a peut-être été confectionnée.

Une analyse des laines teintées<sup>21</sup> a été effectuée. Au revers de la Tapisserie, il est facile de distinguer les laines d'origine et celles de la restauration du XIX<sup>e</sup> siècle, ayant utilisé des colorants de synthèse. Ces dernières sont très différentes en termes de texture et de couleur. Il est à remarquer qu'un seul type de laine est utilisé pour la restauration : ces changements découlent ainsi de la même campagne.

## Les laines d'origine

Pour les laines d'origine, dix couleurs différentes ont été notifiées : le rouge orangé, le rouge brun, le jaune moutarde, le beige, le bleu foncé, le bleu moyen, le bleu noir, le vert moyen, le vert pâle et le vert foncé.

Tout d'abord, un examen des mordants utilisés a été effectué au microscope électronique à balayage : le mordant utilisé est l'alun.

Ensuite, un examen des colorants a eu lieu. Pour ces analyses, la chromatographie sur couche mince a été utilisée.

Selon la couleur des fibres, plusieurs résultats ont été trouvés :

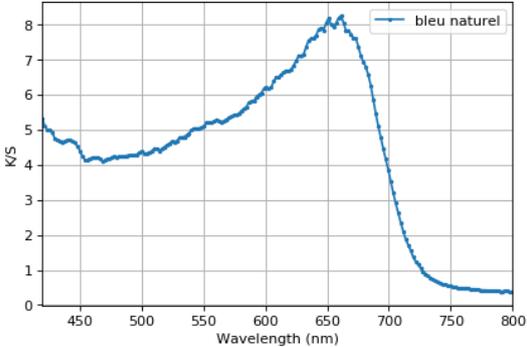
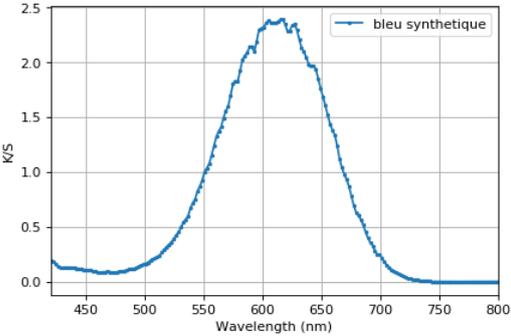
- Pour les rouges : alizarine et purpurine → utilisation de garance.
- Pour les bleus : indigotine → pastel.
- Pour les verts : lutéoline + apigénine + indigotine → gaude + pastel.

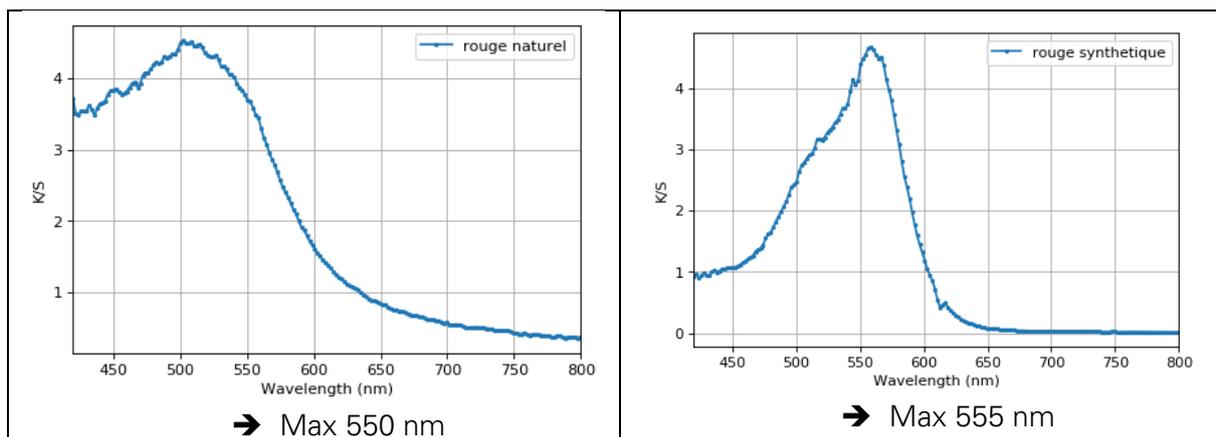
## Les fils utilisés pour la restauration

L'une des plus importantes campagnes de restauration identifiées a été effectuée entre 1842 et 1872. La vivacité des couleurs au revers de la Tapisserie, comparée à leur effacement sur cette dernière, montre la faible stabilité de ces colorants face à la lumière. Pour cette restauration, des colorants de synthèse très récents ont donc été utilisés. En effet, beaucoup de ces produits ont été abandonnés pour cette raison dans les années 1890.

Au total, 17 couleurs différentes ont été retrouvées : noir violacé, bleu foncé, bleu pâle, gris, vert foncé, vert criard, vert pâle, rouge foncé, rouge orangé, rouge rosé, moutarde, beige rosé, naturel, kaki foncé, bleu canard, beige orangé, bleu turquoise.

Il est possible de remarquer des différences de spectres (maximum d'absorption) entre les colorants de restauration et les colorants naturels, y compris visuellement.

<p>Bleu naturel : indigo (de pastel)</p> 	<p>Bleu synthétique (bleu d'aniline – inventé en 1860)</p> 
 <p>→ Max 660 nm</p>	 <p>→ Max 620 nm</p>
<p>Rouge naturel : garance des teinturiers</p> 	<p>Rouge synthétique (fuchsine – inventée en 1858)</p> 



## Les couleurs

Aujourd'hui, l'un des enjeux majeurs dans l'analyse d'objets patrimoniaux est d'obtenir des données exploitables sur la matérialité des œuvres, tout en les préservant au maximum. La Tapisserie de Bayeux, bien que très bien conservée, reste fragile. L'imagerie hyperspectrale permet une analyse physico-chimique non invasive. Cette technique consiste à acquérir des informations spatiales et spectrales sur un objet : à chaque pixel de l'image, un spectre de réflectance de la lumière est mesuré de manière continue.

Le premier objectif des nouvelles analyses a donc été de mettre au point une méthode non invasive permettant une analyse de fils de laine teintés. En janvier 2021, le laboratoire d'archéologie moléculaire structurale (LAMS) a réussi à scanner en huit jours l'intégralité de la Tapisserie de Bayeux derrière sa vitre d'exposition.

Dans le but d'identifier les spectres de réflectance acquis sur la Tapisserie de Bayeux, une base de référence de laines teintées a été créée. Pour les colorants naturels, des laines ont été teintées au laboratoire avec de la garance, de la gaude et du pastel, selon des recettes historiques datant du XVIII<sup>e</sup> siècle<sup>10</sup>.

Pour les colorants synthétiques, nous avons utilisé des livres de teinture ou de chimie des colorants<sup>22</sup> contenant des échantillons de laine ou de soie teints avec des couleurs développés dans les années 1870. En comparant les spectres de réflectance, il a été possible d'identifier les colorants utilisés à l'époque médiévale et à l'époque moderne. Les résultats sont en accord avec les études antérieures, qui ont dû détruire des prélèvements. Cette méthode permet donc d'acquérir des résultats justes, sans prélèvements et analyses chimiques.

Quelques différences spectrales sont néanmoins visibles entre les spectres de réflectance de colorants de la Tapisserie et ceux de laines teintées au laboratoire. Ces dissemblances peuvent être dues à la dégradation des colorants et des fils de laine. Un suivi de la dégradation des colorants et des laines après exposition à des lampes produisant des ultraviolets est en cours. Cette étude permettra, en identifiant la signature spectrale des colorants de la Tapisserie de Bayeux sur les échantillons de laine dégradés, de revenir aux colorants originels utilisés lors de sa confection : une reproduction virtuelle de cette dernière dans l'état où elle était au moment de sa création sera possible.

# Bibliographie

- (1) Von Holstein, I.C.A. Light stable isotope (C, N, H, O) Approach to identifying movement of medieval textiles in North West Europe. PhD, University of York, 2012.
- (2) Edmonds, J. Medieval textile dyeing, 2012.
- (3) Halleux, R. Pigments et colorants dans la *Mapae clavicula*. In Pigments et colorants de l'Antiquité et du Moyen Âge : Teinture, peinture, enluminure, études historiques et physico-chimiques. Institut de recherche et d'histoire des textes, Centre de recherche sur les collections, Équipe Étude des pigments, histoire et archéologie, Eds. Histoire. CNRS Éditions : Paris, 2016, p. 173 à180.
- (4) La Roncière, C.-M. de. Prix et salaires à Florence au XIV<sup>e</sup> siècle (1280-1380). École française de Rome, 1982, Vol. 59.
- (5) Pastoureau, M. Du bleu et du noir : éthiques et pratiques de la couleur à la fin du Moyen Âge. Médiévales, 1988, N° 14, 9-21.
- (6) Weckerlin, J.-B. (1821-1910) A. du texte. Le drap "escarlate" au Moyen Âge : essai sur l'étymologie et la signification du mot écarlate / notes techniques sur la fabrication de ce drap de laine au Moyen Âge, 1905.
- (7) Berthollet, C.-L. (1748-1822) A. du texte. Éléments de l'art de la teinture, ... Tome 1, 1791.
- (8) Lehman, C. L'art de la teinture à l'Académie royale des sciences au XVIII<sup>e</sup> siècle. Methodos. Savoirs et textes, 2012, N° 12.
- (9) Brady, P.R. Diffusion of dyes in natural fibres. Review of progress in coloration and related topics, 1992, Vol. 22 (1), 58-78. <https://doi.org/10.1111/j.1478-4408.1992.tb00090.x>.
- (10) Hellot, J. (1685-1766) A. du texte. L'art de la teinture des laines et des étoffes de laine en grand et petit teint, avec une instruction sur les déboüillis, 1750.
- (11) Cardon, D. Le monde des teintures naturelles. Belin, Paris, 2014.
- (12) Lewis, D.M. ; Rippon, J.A. The coloration of wool and other keratin fibres. John Wiley & Sons, 2013.
- (13) Van der Vegt, A.K. A study on the mechanism of wool felting, 1955.
- (14) Heers, M.-L. Les Génois et le commerce de l'alun à la fin du Moyen Âge. Revue d'histoire économique et sociale, 1954, 32 (1), 31-53.
- (15) Hendersen, L.R. The chemical profile of Rubia tinctorum in wool dyeing and a novel fibre extraction method for compositional analysis. The University of Leeds, 2013.
- (16) Sanyova, J. Dyes in history and archaeology 21, archeology 2008, 2008, 209-213.
- (17) Jombert, C. Le teinturier parfait, ou l'art de teindre les soyes, laines, fils, chapeaux, &c., la manière de mettre en couleur les cuirs, l'yvoire, les os, le bois, le verre, le cristal, &c. - Avec un traité des drogues & ingrédients qu'on y emploie, du choix qu'on en doit faire, et de leur culture ; divisé en deux parties ; 1716.
- (18) Inventaire du trésor de la cathédrale de Bayeux.
- (19) Bouet, P. ; Neveux, F. La Tapisserie de Bayeux : révélations et mystères d'une broderie du Moyen Âge. Beaux livres. Ouest France, 2013.
- (20) Bédard, I. ; Girault, B. ; Monier, V. Étude technique de la broderie de Bayeux. Rapport d'études menées de novembre 1982 au 31 janvier 1983.
- (21) Travaux réalisés sur la Tapisserie de la reine Mathilde. Institut textile de France, 4 mars 1983.
- (22) Wurtz, A. Progrès de l'industrie des matières colorantes artificielles, 1876.

---

## Coordination

Fatima RAHMOUN pour la Fondation *La main à la pâte*

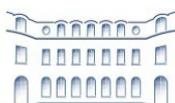
## Contributeurice

Clarisse CHAVANNE

## Remerciements

Philippe WALTER, Clémentine BERTHELOT, Martin BOSTAL, Nathalie PASQUET, Marie-Lise ROUX

**Cette ressource a été produite avec le soutien de la Fondation de la Maison de la Chimie**



Fondation de la Maison de la Chimie

**En partenariat avec Mediachimie et le Laboratoire d'archéologie moléculaire et structurale – CNRS, faculté des sciences de Sorbonne Université**



## Date de publication

Septembre 2022

## Licence

Ce document a été publié par la Fondation *La main à la pâte* sous la licence Creative Commons suivante : Attribution + Pas d'Utilisation Commerciale + Partage dans les mêmes conditions.



*Le titulaire des droits autorise l'exploitation de l'œuvre originale à des fins non commerciales, ainsi que la création d'œuvres dérivées, à condition qu'elles soient distribuées sous une licence identique à celle qui régit l'œuvre originale.*

## Fondation *La main à la pâte*

43 rue de Rennes

75006 Paris

01 85 08 71 79

contact@fondation-lamap.org

Site : [www.fondation-lamap.org](http://www.fondation-lamap.org)

