

L'EMPLOI DES SUBSTANCES NATURELLES DANS L'ART DU LIVRE EXTRÊME-ORIENTAL ET ISLAMIQUE : UNE SOURCE D'INSPIRATION POUR LE DOMAINE DE LA RECHERCHE EN CONSERVATION ?

Marion Dupuy

Résumé La conservation-restauration est un domaine de recherche actif dans lequel l'étude technique des matériaux anciens met en lumière des savoir-faire, témoins d'une préoccupation déjà ancienne de préservation des écrits. Depuis le III^e siècle de notre ère, des biocides naturels ont été employés en Extrême-Orient puis, plus tardivement, dans le monde islamique. Ces techniques s'appuient sur les propriétés fongistatiques, insecticides voire antibactériennes de substances naturelles, dont la nature et les modalités d'emploi varient selon l'époque, la zone géographique et la nature du support. Ainsi, à travers ces pratiques de préservation, l'étude technique revêt une importance capitale puisqu'elle met en lumière une myriade de savoir-faire ancestraux, essentiels à l'approche technique et matérielle des objets, mais également une potentielle source d'inspiration pour la recherche en conservation.

Abstract Conservation-restoration is an active research field in which the technical study of old materials shines light on savoir-faire, indicators of an already old preoccupation of preserving writings. Since the 3rd century AD, natural biocides were used in the Far East then, later, in the Islamic world. These techniques rely on the fungistatic, insecticidal even antibacterial properties of these natural substances, the nature and uses of which vary according to time, geographical area and the type of mounting material. Thereby, through these preservation practices, the technical study takes on a crucial importance since it shines a light on myriads of ancestral savoir-faire, essential to the technical and material approach of the objects but also because it is a potential inspiration for research in conservation.

Resumen La conservación-restauración es un campo activo de investigación en el que el estudio técnico de los materiales antiguos pone en relieve técnicas que demuestran una preocupación ya antigua para la preservación de los documentos. Desde el tercer siglo de nuestra era, los biocidas naturales se han utilizado en el Lejano Oriente y luego, más tarde, en el mundo islámico. Estas técnicas se basan en las propiedades fungistáticas, insecticidas o incluso antibacterianas de las sustancias naturales, cuyas características y modalidades de empleo varían según la época, el área geográfica y la naturaleza del soporte. A través de estas prácticas preservativas, el estudio técnico es de suma importancia, ya que destaca una gran cantidad de conocimientos ancestrales, esenciales para el enfoque técnico y material de los objetos, pero también una fuente potencial de inspiración para la investigación sobre la preservación.

Mots-clés technique ancienne, monde oriental, colorants et substances naturels, biocides naturels, conservation préventive, insectes, moisissures, arts graphiques, art du livre, papier, ôle.

Introduction

De nombreuses études en sciences naturelles mettent en lumière les propriétés singulières de substances d'origine végétale, minérale ou animale. De tout temps, elles ont été employées dans le domaine de la médecine, en tant que traitement thérapeutique, mais également dans le domaine culinaire, la cosmétique et l'artisanat. Dans l'art du livre et de l'écriture extrême-oriental et islamique, la biodiversité est un réservoir de matières premières. Ces substances sont employées aussi bien dans la fabrication des supports d'écriture que des matériaux de tracé. Il est intéressant de voir que, parmi les fonctions associées à leur emploi, se trouve celle de la protection du support, face aux attaques microbiologiques et d'insectes. Cependant, il s'agit de pratiques de coloration du support dont l'intentionnalité n'est pas toujours attestée par les sources historiques.

La protection des écrits en Extrême-Orient

L'application d'une coloration aux propriétés protectrices sur le support d'écriture¹ remonterait au moins au III^e siècle, en Chine. Afin de protéger leurs écrits, les lettrés avaient pour habitude de teindre leur papier en jaune en prévention des attaques d'insectes (Doizy, 1996, p. 75). Ko-Hung (284-363), taoïste et adepte du confucianisme, serait à l'initiative de cette technique. En 675, après avoir constaté une plus grande vulnérabilité des papiers non teints face aux insectes, un décret impérial impose l'emploi systématique de ce papier jaune (Needham, 1985, p. 75-76) – une pratique qui a connu une certaine longévité, puisqu'elle aurait perduré jusqu'à la dynastie Song (X^e-XII^e siècle). Concernant la nature du colorant, plusieurs substances ont pu être employées au cours des siècles. Cette teinture jaune du papier était très répandue en Chine, notamment pour la rédaction des *sutras*, qui sont des actes bouddhiques de dévotion. Une recette du IV^e siècle de Jia Sixie, tirée de son ouvrage *Techniques essentielles pour le bien-être du peuple*, mentionne l'emploi de jus de l'arbre à liège de l'Amour (*Phellodendron amurense*)². (Drège, 2017, p. 58; Needham, 1985, p. 75). Il contient de la berbérine, une substance aux propriétés fongistatiques³ et antibactériennes, dont le parfum joue le rôle de répulsif contre les insectes (Drège, 2017, p. 58).

Le papier pouvait également être teint dans un bain préparé à base de graines du poivrier *Zanthoxylum piperitum*, contenant une substance insecticide et à fort goût épicé. Ce « papier poivré » à la couleur dorée est appelé *Chiao chih* et fut fabriqué dans le sud durant la dynastie Song (Needham, 1985, p. 88). Enfin, avec le changement de format du support d'écriture du rouleau au manuscrit, le procédé de teinture considéré comme fastidieux et chronophage est remplacé par des techniques rapides d'encollage. Celui à la litharge, appelé soit *hung tan* soit *chhien tan*, va être couramment employé. Son utilisation semble plus rapide et aisée, facilitant ainsi l'enduction des pages de garde placées en début et fin de volume (Needham, 1985, p. 76), des emplacements stratégiques qui assurent une protection sur l'ensemble du

¹ Seuls les supports papiers et ôles seront traités dans cet article. Gardons en tête que d'autres supports d'écriture ont été utilisés en parallèle.

² L'écorce de cet arbre est mise à tremper dans un bain d'eau afin d'extraire le jus. La teinture du papier dans ce jus de *Phellodendron amurense* est appelée *jan huang*. Le plus ancien *sutra* teinté avec cette substance attesté à ce jour date de 500 ap. J-C. La majorité des manuscrits du Dunhuang ont été teints avec cette substance.

³ Ici, le terme « fongistatique » a été préféré à celui de « fongicide » dans la mesure où les substances naturelles inhibent la croissance des moisissures mais ne les tuent pas. Par ailleurs, il est nécessaire de rappeler qu'un répulsif repousse les insectes tandis qu'un insecticide a vocation à les tuer.

bloc texte. La litharge est obtenue par un mélange de plomb, soufre et salpêtre, additionné à de la colle végétale, puis appliqué sous forme d'encollage. Cet apprêt donne au papier une couleur orangée nommée *wan nien hung*, qui est répulsive. L'excellent état de conservation des manuscrits d'époques Ming et Qing, teints à la litharge, témoignent de l'efficacité de cette pratique. Des colorants naturels d'origine végétale ou minérale, ainsi que d'autres substances naturelles, ont permis la conservation de nombreux écrits et manuscrits en Extrême-Orient, mais également en Inde. C'est par la voie du bouddhisme que la pratique de coloration du support se diffuse aux autres régions extrême-orientales (Ginsberg, 2007, p. 32). Comme il a été mentionné précédemment, à la fonction symbolique du jaune, comme couleur du bouddhisme, s'ajoute une fonction protectrice liée au devoir de transmission des textes sacrés. En Inde, avant et pendant la domination musulmane, l'écriture des textes sacrés est faite sur des ôles (feuille ou palme)⁴. Il s'agit d'une feuille de palmier issue du tallipot (*Corypha umbraculifera*) ou du palmier à sucre (*Borassus flabellifer*), qui subit plusieurs traitements avant d'être employée comme support d'écriture (Deepakshi, Manager Rajdeo, 2018, p. 250). Ce support semble avoir été utilisé au moins dès le I^{er} siècle de notre ère en Inde et dans les pays du sud-est de l'Asie (BNF, s.d.).

Malgré l'avènement de l'Empire moghol, les ôles continuent d'être employées au service de la pratique religieuse indienne. Derrière le processus de fabrication apparaît en filigrane une intention de protéger l'écrit sacré (Colas, 2017, p. 125). En effet, divers extraits naturels ont pu être employés pendant ou en fin de processus de fabrication (Colas, 2017, p. 125). Les feuilles de palme sont portées à ébullition dans un bain d'eau, parfois additionné de curcuma, dont on connaît les propriétés insecticides et colorantes (Al Azharia Jahn, 2006, p. 937). Une fois sèches, elles étaient polies et parfois badigeonnées d'huile de citronnelle (Riberaigua, 2018). L'application de cette huile devait être renouvelée dans le temps. D'autres plantes aux propriétés répulsives ont pu être employées⁵ (Deepakshi, Manager Rajdeo, 2018, p. 252-253). Elles ont généralement pour dénominateur commun une forte odeur répulsive.

Les manuscrits conservés aujourd'hui sont les témoins de l'efficacité insecticide et répulsive de ces substances. Les pratiques de conservation ont été transmises de génération en génération et sont encore pratiquées aujourd'hui. (Deepakshi et Manager Rajdeo, 2018, p. 252). Actuellement, les ôles sont encore utilisées pour l'écriture des textes sacrés bouddhiques (Riberaigua, 2018). Dans d'autres pays tels que le Myanmar (ex-Birmanie), l'huile de citronnelle est toujours appliquée sur les manuscrits d'ôles tandis qu'en Chine la teinture et l'apprêt aux vertus préventives ont été abandonnés au cours des siècles⁶.

Tout comme l'histoire de la transmission des savoir-faire papetiers, la technique de teinture du papier était déjà connue en Orient préislamique grâce aux échanges diplomatiques et commerciaux en provenance de l'Extrême-Orient. Dès la fin du IV^e siècle, l'empereur sassanide d'Iran, Chosroès, aurait importé du papier chinois teint en jaune (Doizy, 1996, p. 25). La technique de coloration du papier connaît un franc succès dans l'art du livre islamique. Tout

⁴ En tamoul, *ôlei* signifie « feuille » ce qui a donné le nom français « ôle ».

⁵ L'huile de neem (insecticide naturel), l'huile de bois de cèdre (repousse les nuisibles dans les lieux de stockage), le thym indien (propriétés biocides et antimicrobiennes), l'huile de clou de girofle (propriétés antibactériennes, fongistatiques, antivirales et insecticides), le bois de santal (antifongique, antibactérien, inhibe la croissance des insectes), le nirgundi (insecticide), l'huile de camphre (insecticide), l'acore odorant (répulsif insectes) ou encore le datura (toxique).

⁶ On peut voir l'application traditionnelle d'huile de citronnelle sur des ôles de palme sur <www.youtube.com> (Bibliothèque universitaire de Yangon à Myanmar, 2016).

comme dans les exemples précédents, elle semble répondre à des enjeux esthétiques, symboliques, utilitaires. En ce qui concerne le monde islamique, l'intention de protéger le support d'écriture n'est pas explicite et la notion d'intentionnalité reste en suspens. De récents travaux scientifiques se sont intéressés aux propriétés des substances naturelles mises en œuvre dans l'art du livre islamique.

L'art du livre islamique : colorer pour protéger ?

Dans l'art du livre islamique, la fonction esthétique liée à la couleur s'accompagne également d'une dimension symbolique, puisque la couleur peut être un symbole de colère, de paix ou de joie – mais aussi utilitaire car, le papier blanc étant considéré comme agressif pour les yeux, sa coloration⁷ était recommandée et attestée par les sources historiques (fig. 1).



Figure 1 Exemple de coloration du papier au sein d'un manuscrit persan, *Dîwân* (recueil de poésie) d'Amir Husraw Dihlavi, daté du XV^e-XVI^e siècles. Cote : Persan 313 Bibliothèque nationale de France. © Marion Dupuy.

L'étape de la coloration est considérée comme une étape de finition, généralement consécutive à la formation et au séchage de la feuille. Trois techniques peuvent être employées : l'application d'un encollage coloré à la surface du papier (*ahar*), le bain de teinture (*rang*) et, enfin, la coloration dans la masse⁸. La coloration par bain de teinture apparaît très fréquemment

⁷ Plusieurs auteurs, dont Seyrafi, recommandent fortement le papier coloré plutôt que le papier blanc, en raison de l'éblouissement qu'il procure au lecteur ou au scribe.

⁸ Le colorant est additionné à la pâte à papier par le papetier; il s'agit d'une étape supplémentaire dans le processus de fabrication du papier. Bien qu'aucun témoignage écrit n'atteste cette pratique dans le monde musulman, ce procédé ne doit pas être écarté (Loveday, 2001, p. 51).

dans les traités et recettes persanes, traduites et exposées dans les travaux de Mandana Barkeshli (2016). Ces sources décrivent, de manière plus ou moins exhaustive, les manipulations à réaliser, depuis l'extraction du colorant jusqu'à la coloration du papier, sans oublier le séchage final. La nature est un réservoir de colorants naturels, dont certains ont été couramment utilisés pour colorer le papier dans le monde islamique⁹. Mais il ne sera pas question ici d'exposer en détail les étapes d'extraction et de mise en œuvre de ces colorants, mais plutôt de présenter l'hypothèse d'un emploi intentionnel de colorants aux propriétés fongistatiques. Mandana Barkeshli et son équipe se sont penchés sur le cas du henné (*Lawsonia inermis* L.), fréquemment mentionné dans les sources persanes – une plante qui fait l'unanimité auprès des maîtres persans en raison de sa couleur, qui met en valeur l'or, la calligraphie et les lignes décoratives (Barkeshli, 2008, p. 257). L'étude s'appuie sur une synthèse des données issues des traités persans allant du XIII^e au XIX^e siècle. Concernant la préparation du bain, les auteurs persans mentionnent à plusieurs reprises un ratio de dix *sers*¹⁰ d'eau pour un *ser* de henné. Ces recommandations précises ont attisé la curiosité des chercheurs. En effet, selon eux, ce rapport eau/henné pourrait avoir un lien avec les propriétés fongistatiques dû à la présence de *lawsone* dans les feuilles de henné¹¹. L'étude se poursuit avec une reconstitution de papiers teints au henné selon des concentrations et des temps de bain variés, qui sont placés au contact d'une culture d'*Aspergillus flavus* (Barkeshli, 2008, p. 261).

D'une manière générale, sans considérer la variable de concentration, le henné inhibe la croissance de ce champignon (fig. 2). En effet, les témoins non teints (1 à 4) développent des champignons au bout de deux jours, contre cinq lorsque les échantillons sont teints au henné. Cependant, à partir d'une concentration de 10 % de henné, la croissance de l'*Aspergillus flavus* est réduite de 60 % (Barkeshli *et al.*, 2008, p. 257). Selon la sensibilité des champignons et la concentration de la *lawsone* sur les papiers, les résultats varient d'un champignon à l'autre. Les propriétés fongistatiques du henné à 1 % ou 2% sont efficaces contre de nombreux champignons, tels que le *M.gyoveum* et le *T.rubrum*. Contre l'*Aspergillus flavus* elles ne sont efficaces qu'à partir d'une concentration de 10 %. Par ailleurs, la concentration ne peut excéder 17,5 % de henné, car la préparation devient pâteuse et inutilisable pour teindre le papier. L'efficacité de la teinture dépend donc d'une concentration en henné supérieure ou égale à 10 %, ce qui correspond au ratio recommandé par les sources historiques. Il est fort probable que derrière ces recommandations se cachent des préconisations de préservation du support d'écriture; cependant, bien qu'efficace au premier abord, cette reconstitution à elle seule ne suffit pas à démontrer une intentionnalité derrière cette pratique.

Une autre étude similaire s'interroge sur cette notion d'intentionnalité d'une pratique protectrice. Elle porte sur quatre colorants naturels employés pour la teinture des pages de garde de manuscrits égyptiens de la Période mamelouk (XIII^e-XVI^e siècle) (Ebeid, 2013, p. 61). La chromatographie en phase liquide à haute performance (l'HPLC-ESIMS) a permis d'identifier la présence de curcuma (*Curcuma longa*), de gaude (*Reseda luteola*), de safran (*Crocus sativus*) et de carthame (*Carthamus tinctorius*). Ces colorants naturels ont été par la suite mis

⁹ Une liste non exhaustive provenant de recettes persanes citées dans l'article de Mandana Barkeshli : il s'agit du henné (*Lawsonia Inermis* L., hannâ), l'écorce de grenade (*Granata punica*), le safran (*Crocus Sativus*), le curcuma (*Curcuma longa*) ou encore le bois de Sapan (*Caesalpinia decapetala*).

¹⁰ Un *ser* est une mesure traditionnelle persane qui équivaut à 75 g.

¹¹ La *lawsone* est une naphthoquinone rouge-orangée qui représente 1 à 1,5 % du poids de la feuille sèche de henné. Ce principe colorant, principalement présent dans les feuilles, à des pourcentages variés selon le type de henné, est responsable des propriétés tinctoriales et fongistatiques du henné (Semwal *et. al.*, 2014, p. 10).

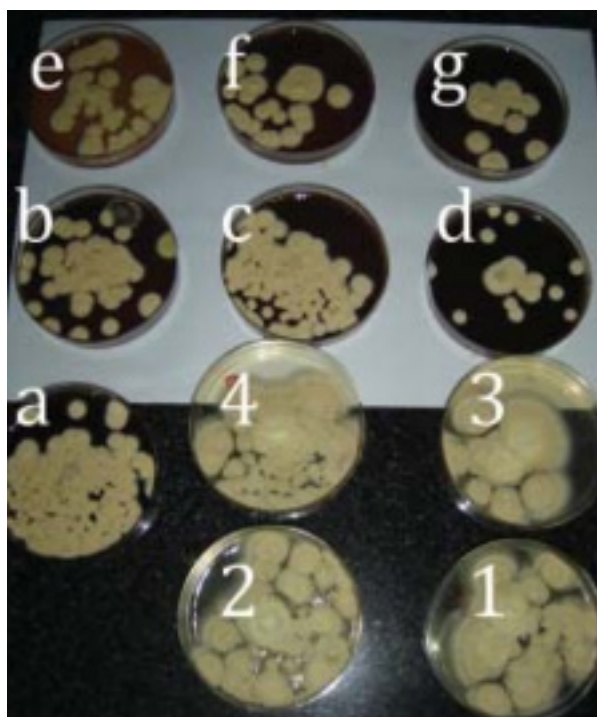


Figure 2 Culture d'*Aspergillus flavus* en contact avec des papiers non teintés (1 à 4) et avec des papiers teintés au henné (a à g) à différentes concentrations allant de 2,5 % à 17,5 % de henné. Photographie au bout de huit jours de culture. © Mandana Barkeshli.

en culture avec trois souches de champignons couramment observées au sein des bibliothèques et du musée du Caire. Les résultats rendent compte des propriétés fongistatiques de ces quatre colorants.

Cependant, à l'instar du cas du henné, aucune source historique ne mentionne un emploi intentionnel dans la technique de coloration du papier. En revanche, il est intéressant de souligner la place stratégique qu'occupent ces gardes teintées au sein du manuscrit. Cela fait d'ailleurs écho aux gardes de manuscrits extrême-orientaux encollées à la litharge et destinées à protéger l'ensemble du bloc texte. L'étude historique, mêlée à l'étude scientifique, permet de confirmer les propriétés fongistatiques ou insecticides d'un colorant naturel.

Bien que ces quatre colorants aient des propriétés fongistatiques et qu'ils semblent stratégiquement placés en début et fin de volume, il reste délicat de statuer sur la question de l'intentionnalité de cette pratique en raison de l'absence de sources textuelles. Dans d'autres domaines de l'art islamique, des pratiques préventives sont en revanche attestées par les sources textuelles et vérifiées matériellement. Dans l'art de la miniature, les sources historiques persanes du Moyen Âge recommandent l'utilisation du pigment synthétique vert-de-gris en mélange avec du safran (épice issue du *Crocus sativus*) afin de prévenir le phénomène de corrosion (fig. 3).



Figure 3 Exemple de corrosion d'un encadrement de texte entraînant la perforation du support. Manuscrit personnel, non identifié. © Marion Dupuy.

Selon une étude, le safran reste stable en milieu alcalin ou acide; il agit comme un matériau tampon en maintenant le pH à un niveau constant, ce qui inhibe le mécanisme de corrosion du vert-de-gris et prévient la perforation du support (Barkeshli, Ataie, 2002). La couleur verte présente dans une douzaine de manuscrits persans a été analysée. Sur les douze miniatures analysées, vingt types de pigments verts ont été identifiés, parmi lesquels cinq étaient à base d'acétate de cuivre, dont trois contenaient du safran (Barkeshli, Ataie, 2002). Bien que l'emploi de cette technique ne soit pas systématique, son rôle préventeur, attesté aussi bien dans les sources historiques qu'à l'échelle des objets, ne peut être ignoré.

Ces exemples anciens témoignent d'une préoccupation intemporelle de protection du patrimoine écrit. Les substances naturelles ont été employées sous forme de colorants ou d'huiles, appliqués sur les supports d'écriture. Bien que ces techniques ne puissent être employées telles quelles sur les biens culturels, il n'en reste pas moins que ces exemples du passé sont sources d'inspiration pour la conservation préventive de demain. Les sources scientifiques, en botanique ou appliquées au domaine de la conservation, reconnaissent les propriétés fongistatiques et répulsives de certaines plantes. Dans un contexte où de nombreux bio-cides chimiques sont employés au détriment de la santé des usagers et parfois des biens culturels, il pourrait être intéressant de tirer profit de leur propriété au service de la préservation du patrimoine.

L'emploi des substances naturelles au service de la conservation préventive de demain

Les mesures de prévention face aux infestations et contaminations dans les réserves et magasins sont plus que nécessaires pour assurer la préservation des biens culturels. En fonction de la typologie d'objets et des matériaux en présence, il est nécessaire de déterminer en amont les menaces biologiques potentielles.

Dans les plans de lutte contre les insectes et les moisissures, des produits chimiques toxiques sont souvent employés. Sur le plan curatif, et notamment la désinfection des objets, la toxicité pour l'être humain de produits chimiques tels que l'oxyde d'éthylène, les phénols ou encore le formaldéhyde est devenue problématique (Tsagouria, 1999). Les acteurs du patrimoine tentent de trouver des alternatives à ces pratiques en s'orientant vers des substances moins délétères, tant pour les êtres humains que pour les objets. En effet, dans le plan de lutte contre les insectes et les moisissures, des biocides chimiques¹², désormais interdits en France, ont pu être utilisés.

Cela a encouragé les professionnels de la conservation à se tourner vers de nouvelles alternatives éco-durables (Palla, 2020, p. 8). Pour des raisons pratiques, seules quelques études scientifiques et expérimentations sont mentionnées ici. Assurément, les auteurs s'accordent sur l'efficacité d'un grand nombre de substances naturelles contre un grand nombre de moisissures et d'insectes, ce qui apporte une clé de compréhension supplémentaire aux pratiques anciennes. En 1998, un programme collectif de recherche (PCR) mené en France suggère l'emploi des huiles essentielles comme une alternative¹³.

Récemment, le muséum d'Histoire naturelle de Marseille, dans lequel la lutte contre les insectes est la clef de voûte du programme de conservation préventive¹⁴, a expérimenté de nouveaux dispositifs répulsifs. En compléments de pièges lumineux, des cotons imbibés d'huiles essentielles de girofle, thym, sarriette, origan, citronnelle, cannelle ont été placés dans les boîtes à insectes, se substituant ainsi aux traditionnels sels de paradichlorobenzène¹⁵. Une expérimentation qui rappelle fortement l'application traditionnelle d'huile de citronnelle sur les ôles de palme indiennes, à une différence près puisque, dans le cas du muséum, les huiles essentielles ne sont pas employées directement sur l'objet. Malheureusement, cette expérimentation s'est révélée être inefficace et ce, pour plusieurs raisons. Les concentrations des huiles essentielles ont dû être faiblement dosées en raison de l'absence de réglementation et préconisations d'usage de ces huiles dans le cadre patrimonial, mais également en raison d'un manque du recul nécessaire sur les risques sanitaires pour le personnel. Malgré cela, il est intéressant de voir que des initiatives sont prises au sein des institutions pour pallier la toxicité de certains produits.

Pour que ces projets soient viables et réalisables au sein des institutions patrimoniales, des expériences en laboratoire doivent être effectuées en amont, afin de préconiser un cadre

¹² Le paradichlorobenzène connu sous le nom de « boule à mites », le créosote de hêtre, le naphthalène ou encore le camphre ont pu être utilisés.

¹³ Laboratoire CNRS, mission recherche et technologie au Ministère de la culture et de la communication, Huiles essentielles et conservation des œuvres d'art : nouvelles approches dans l'assainissement de l'environnement par des actifs d'origine végétale, appliquées à la conservation des biens culturels, colloque, 2-3 décembre 1998.

¹⁴ Les objets sont essentiellement constitués de matériaux organiques, véritables substrats nutritifs des insectes.

¹⁵ Annexe Fabien Fohrer, service de Conservation préventive du CICRP, cité par Anne Médard-Blondel (2011, p. 21).

d'emploi adapté à la présence humaine et non délétère pour les biens culturels. En parallèle, le Centre interrégional de conservation et restauration du patrimoine (CICRP) de Marseille a mené une étude sur l'emploi des propriétés répulsives de quelques huiles essentielles sur des adultes de *Stegobium paniceum* (vrillette du pain), insectes polyphages, largement représentés dans les collections patrimoniales (Nicosia, 2013).

Les résultats concernant l'action répulsive n'ont pas été concluants. En revanche, il semblerait que les huiles essentielles aient stoppé l'éclosion des œufs et ralenti la ponte des insectes : un premier constat qui rend compte d'un réel impact de ces huiles sur la reproduction de ces insectes. En parallèle, l'expérience avait pour vocation de mesurer l'impact colorimétrique des huiles sur des échantillons de matériaux (papier, textile, métaux, cuir, tyvek®, intissé polyester, polycarbonate). En effet, l'oxydation des huiles au contact de l'oxygène peut entraîner leur jaunissement. Concernant les changements colorimétriques, les substances testées induisent des modifications de la couleur du support, ce qui permet de proscrire un emploi direct sur les objets.

Ces expérimentations, bien que parfois peu concluantes sur le plan de l'efficacité répulsive, participent à la recherche de nouvelles alternatives dans le domaine de la conservation préventive. Les questions de la toxicité pour l'homme et les dommages potentiels sur les objets doivent être prises en compte dans les études portant sur l'efficacité répulsive et/ou fongistatique des substances naturelles. Lors d'une étude sur des artefacts en bois, les huiles essentielles de thym et d'origan se sont révélées être efficaces sur les infestations de petites vrillettes et sur la croissance de l'*Aspergillus flavus* (Palla, 2020). Cependant, les auteurs mettent en garde sur la potentielle nocivité des huiles essentielles pour la santé de l'homme et les objets. Il n'en reste pas moins qu'elles sont des alternatives beaucoup moins nocives que les biocides chimiques couramment employés à ce jour (Nicosia, 2013). Il est intéressant d'observer un retour de l'emploi de biocides naturels à l'instar des pratiques préventives attestées en Extrême-Orient et dans le monde islamique. Afin de respecter la déontologie inhérente à la conservation du patrimoine et de protéger le personnel, il est nécessaire de réfléchir aux modalités d'application de ces huiles au sein des espaces de stockage.¹⁶

Bien évidemment, l'emploi de biocides et répulsifs naturels ne s'affranchit en aucun cas d'une gestion du climat et d'une surveillance accrue des espaces de stockage. Dès la fin des années 90 en France, un projet d'étude a mesuré les propriétés fongistatiques des huiles essentielles de citronnelle (*Cymbopogon citratus*), chénopode (*Chenopodium album*) et thym à carvacrol (*Thymus mastichina*) sur des souches couramment observées dans les bibliothèques¹⁷. Les résultats sont concluants puisqu'une action d'inhibition du développement des spores et des moisissures est constatée. Ces propriétés sont intéressantes au regard de la conservation préventive. Cependant, persiste la question des méthodes d'application de ces huiles au sein des espaces de stockage. En effet, comme il a été mentionné précédemment, elles doivent

¹⁶ Le code éthique de la Confédération européenne des organisations de conservateurs-restaurateurs (ECCO, mars 2003) rend compte des devoirs des restaurateurs du patrimoine. Ces derniers sont soumis à l'obligation de « préserver les biens culturels au bénéfice des générations présentes et futures [...] dans le respect de leur signification esthétique et historique et de leur intégrité physique. La conservation préventive consiste à agir indirectement sur le bien culturel afin d'en retarder la détérioration ou d'en prévenir les risques d'altération en créant les conditions optimales de préservation compatibles avec son usage social ».

¹⁷ Projet *Désinfection des biens culturels* financé par la mission de la Recherche et de la Technologie du ministère de la Culture et de la Communication, 1998 (Genty, 1999).

répondre à un cahier des charges strict aussi bien du point de vue de la santé du personnel que de l'intégrité physique des objets.

L'évaporation des huiles essentielles constitue une contrainte supplémentaire. Pour pallier ce problème et accroître le pouvoir répulsif de ces huiles, certains professionnels de la conservation ont opté pour des chambres hermétiques. Des verres ajourés contenant des huiles essentielles aux propriétés répulsives et fongistatiques tels que l'origan (*Origanum vulgare*) et le thym (*Thymus vulgaris*) ont été mis à l'intérieur (Palla, 2020). Dans l'expérience, une marionnette en bois a été placée dans cette chambre hermétique. Les résultats sont concluants, puisqu'au bout de huit mois aucune infestation ni contamination n'a été observée. Ce dispositif nécessite des études complémentaires afin de vérifier l'innocuité physico-chimique des composés volatils sur l'objet.

L'utilisation d'un caisson individuel pourrait s'avérer utile lors de la mise en isolement d'un objet suspect. Cependant, qu'en est-il d'une application à grande échelle? Afin de limiter le contact des huiles avec les objets et permettre leur application à grande échelle, certaines méthodes de désinfection ont été expérimentées au sein d'archives et de bibliothèques (Gutarowska *et al.*, 2016).

Après avoir identifié les principales menaces biologiques spécifiques aux objets conservés dans ces lieux, de nouvelles méthodes chimiques ou physiques de désinfection vont être expérimentées. Les huiles essentielles d'origan (*Origanum vulgare*), de thym (*Thymus*), de thuya (*Thuja*) et de clou de girofle (*Syzygium aromaticum*), dont l'activité antimicrobienne a bien été démontrée dans la littérature scientifique, ont été sélectionnées. Afin de gagner en efficacité et d'éviter tout contact avec les documents, les huiles ont été employées sous forme gazeuse (Nicosia, 2013). Le système de micro-nébulisation, qui consiste à vaporiser les huiles essentielles en fines gouttelettes, a été expérimenté afin de prévenir le développement des moisissures dans les lieux de stockage (Rakotonirainy *et al.*, 1999).

Dans la même idée, un système de thermo-nébulisation avec émission de vapeur sèche associée à un flux d'air à grande vitesse a également été proposé¹⁸. L'inconvénient est que ce système de micro-nébulisation s'accompagne parfois d'un phénomène de condensation des composés volatils et de la vapeur d'eau, pouvant entraîner l'humidification de la surface des objets (Nugari, Salvadori, 2003).

D'autres observations ont pu être faites *a posteriori*. Tout d'abord, une baisse sensible du pH à l'échelle des objets et une décoloration de certains matériaux ont été constatées, ainsi que des résidus sur le parchemin, voire parfois la dissolution de certaines encres (Daniels, Boyd, 1986). Il y a donc un risque à court terme, pour les manuscrits non mis sous étui, et à long terme pour l'ensemble des objets conditionnés. Concernant leur toxicité, l'étude mentionne que ces huiles essentielles ont un faible impact environnemental et ne sont pas toxiques pour le personnel (Gutarowska, 2016). Cependant, elle ne mentionne aucune donnée sur la concentration maximale autorisée dans une aire de stockage ou de travail. Leur manipulation, quant à elle, peut néanmoins s'avérer dangereuse pour la peau (Gutarowska, 2016). L'étude des propriétés de ces substances naturelles ne désemplit pas. Leur non toxicité pour l'homme et l'écosystème extérieur, ainsi que leur innocuité chimique pour les objets sur le long terme ne sont pas encore établies, notamment pour le papier. Ces expérimentations témoignent

¹⁸ Projet *Désinfection des biens culturels* financé par la mission de la Recherche et de la Technologie du ministère de la Culture et de la Communication, 1998, (Genty, 1999).

du dynamisme de la recherche en conservation préventive, qui tente en vain de trouver de nouvelles alternatives dans le plan de lutte contre le développement des micro-organismes et attaques d'insectes au sein des espaces de stockage.

Dans la continuité de ces recherches, le système de micro-encapsulation de ces huiles pourrait être un moyen d'éviter les contacts avec l'objet et le personnel, mais également de réguler l'évaporation de l'huile essentielle tout en limitant son oxydation, et donc son efficacité dans le temps. La technique de micro-encapsulation des huiles essentielles avait déjà été proposée à la fin des années 1990 (Henry, Grumelard, 1998) – une proposition qui a été laissée en suspens à la fin de cette même décennie, notamment sur la question de leur innocuité mais également de leur efficacité à l'échelle de l'espace de stockage.

En 2019, un groupe de recherche s'est intéressé à l'encapsulation des huiles essentielles de cannelle (*Cinnamomum verum*) dans des sphères de gel, comme alternative aux biocides chimiques, mais également dans l'optique de limiter le contact des huiles avec les objets (Campanella *et. al.*, 2019). Les propriétés biocides de la cannelle sont liées à la présence des composés eugénol et cinnamaldéhyde. Cette technique récente consiste à encapsuler de l'huile essentielle de cannelle à l'intérieur de perles fabriquées à partir de polysaccharides gélifiants (**fig. 4**). Selon les chercheurs, les propriétés de l'huile essentielle de cannelle sont nettement supérieures à celles des autres huiles essentielles (Campanella, *et. al.*, 2019). Comme il a été mentionné précédemment, les huiles essentielles sont oxydables et volatiles, c'est pourquoi ce dispositif d'encapsulation permet de réguler la libération des composés volatils de l'huile essentielle et d'éviter son contact avec l'oxygène.

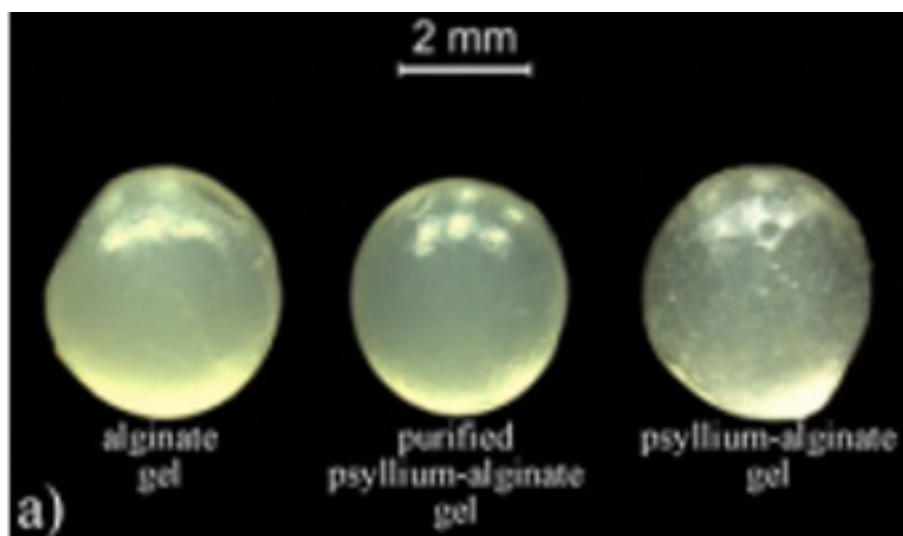


Figure 4 Perles/ sphères de gel d'alginate (à gauche), gel de psyllium et alginate purifiés (au milieu) et gel de psyllium et alginate (à droite), d'après Luigi Campanella *et al.* (2019, p. 7). © Luigi Campanella.

La question du contrôle de la libération de l'huile repose sur la technologie de la sphère. L'association d'alginate (polysaccharide obtenu à partir d'algues) et de psyllium (*Plantago psyllium*)¹⁹ a été retenue en raison de sa résistance à l'huile essentielle de cannelle. Ces capsules ont ensuite été soumises à des tests. Elles ont été placées à proximité de levures

¹⁹ *Psyllium* : une plante de la famille des *plantaginaceae* qui a pour particularité de gonfler au contact de l'eau et de renforcer ici la structure de la capsule.

Saccharomyces cerevisiae, afin d'évaluer leur activité respiratoire par test de respirométrie et, donc, déterminer le niveau de contrainte que pouvaient exercer ces capsules (Campanelle *et. al.*, 2019, p. 3). Une baisse significative de leur activité respiratoire a été observée, confirmant ainsi le rôle fongistatique de ces capsules. C'est une alternative intéressante pour la conservation préventive du patrimoine culturel en papier.

Néanmoins, la réalité pratique n'apparaît pas dans cette étude. Les modalités d'application de ces capsules ne sont pas signalées. Sans doute faut-il imaginer que ces billes peuvent être placées à proximité des rayonnages des réserves et à des endroits stratégiques. Le rapport d'efficacité entre la capsule et le volume de la pièce n'est pas indiqué non plus, rendant abstraite son application. Malgré ces lacunes, il s'agit d'une alternative prometteuse, qui mérite d'être exploitée dans le respect de la déontologie de la conservation du patrimoine.

Conclusion

Ces pratiques de protection des écrits en Extrême-Orient et dans le monde islamique témoignent d'une préoccupation déjà ancienne de lutte contre les insectes et les micro-organismes. Ces savoir-faire reposent sur l'emploi de substances naturelles, dont les propriétés ont ainsi été mises en lumière – l'occasion de souligner ici l'importance de l'étude technique dans la recherche actuelle en conservation. En effet, les exemples ci-dessus ont des retombées historiques et techniques, et peuvent constituer des sources d'inspiration pour la conservation de demain. Les produits chimiques employés dans le cadre de la lutte contre les contaminants biologiques sont à tour de rôle retirés du marché en raison de leur toxicité. Sur le modèle des pratiques anciennes, les nouvelles alternatives naturelles dans le domaine de la conservation préventive pourraient s'imposer comme une voie plus saine et viable.

Références bibliographiques

- Barkeshli M., Ataie G.** (2002), « pH Stability of saffron used in verdigris as an inhibitor in persian miniature paintings », *Restaurator*, Vol. 23, N° 3, p. 154-164.
- Barkeshli M., Ataie G., Alimohammadi M.** (2008), « Historical analysis of materials used in Iranian paper dyeing with special reference to the effect of henna dye on paper based on scientific analysis », dans *ICOM-CC 15th Triennial Conference New Delhi, 22-26 September 2008, preprints*, New Delhi, Allied publishers, Vol. 1, p. 255-263.
- Barkeshli M.** (2016), « Historical persian recipes for paper dyes », *Restaurator*, Vol. 37, N° 1, p. 49-89.
- BNF** (s.d.), *Arrêt sur « manuscrits sur ôles, ou feuilles de latanier*, [en ligne]. Disponible sur : <<http://classes.bnf.fr/ecritures/arret/supports/textes/o3.htm>> (consulté le 4 décembre 2019).
- Campanella L. et al.** (2019), « Capsulated essential oil in gel spheres for the protection of cellulosic cultural heritage », *Natural Product Research*, N° 35, p. 2-8.
- Daniels V., Boyd B.** (1986), « The yellowing of thymol in the display of prints », *Studies in conservation*, Vol. 31, p. 156-158.
- Doizy M.-A.** (1996), *De la dominoterie à la marbrure. Histoire des techniques traditionnelles de la décoration du papier*, Paris, Arts et métiers du livre Éditions, 250 p.
- Drège J.-P.** (2017), *Le papier dans la Chine impériale. Origines, fabrication, usages*, Paris, Les Belles Lettres, 600 p.
- Ebeid H. et al.** (2013), « A Study of dyed endpapers during islamic mediaeval times in Egypt : purpose, materials and techniques », dans Watteuw L. et Hofmann C. (éd.), *Paper conservation : decisions and compromises*, actes du colloque, International Council of Museums (ICOM-CC), Graphic documents working group interim meeting, Vienne, 17-19 Avril 2013, Vienne, ICOM, p. 61-65.
- Genty G.** (1999), « Huiles essentielles et conservation des œuvres d'art : des huiles essentielles à la conservation? », [en ligne], *Actualités de la conservation*, N° 9, février-juillet 1999. Disponible sur : <[BnF-Professionnels : Conservation - Huiles essentielles et conservation des œuvres d'art](#)> (consulté le 7 février 2022).
- Ginsberg T.** (2007), « Somegami: traditional japanese techniques for making naturally dyed papers », *Hand papermaking*, Vol. 22, N° 1, p. 32-36.
- Gutarowska B. et al.** (2016), *A modern approach to biodeterioration assessment and the disinfection of historical book collections*, Lodz, Institute of fermentation technology and microbiology, 136 p.
- Henry F., Grumelard J.** (1998), *Encapsulation de fongicides*, Rapport dans le cadre du projet demandé par le Laboratoire de recherche des monuments historiques (LRMH), Thiais, CNRS, 49 p.
- Hunter D.** (1936), *A Papermaking pilgrimage to Japan, Korea and China*, New York, Pynson Printers, 148 p.
- Loveday H.** (2001), *Islamic Paper: a study of the ancient craft*, Londres, Archetype publications, 90 p.
- Medard-Blondel A.** (2011), « Mise en œuvre et limites de la conservation préventive au muséum d'Histoire naturelle de Marseille », *La lettre de l'OCIM*, N° 138, p. 16-23.
- Needham J., Tsuen-hsuei T.** (1985), *Science and civilization in China. Chemistry and chemical technology: Part I: Paper and printing*, Vol. 5, Londres, Cambridge University Press, 485 p.
- Nicosia G., Fohrer F., Dechezlepretre Y., Gisel de Billerbeck V.** (2013), « Étude comparative de substances bioactives pour la protection des biens patrimoniaux contre les insectes ravageurs », [en ligne], *CeROArt*, N° HS/2013. Disponible sur <<https://journals.openedition.org/ceroart/3361>> (consulté le 15 novembre 2020).
- Palla F. et al.** (2020), « Essential Oils as natural biocides in conservation of cultural heritage », *Molecules*, N° 25/3, p. 1-12.
- Rakotonirainy M. Fohrer, Flieder F.** (1999), « Research on fungicides for aerial disinfection by thermal fogging in libraries and archives », *International biodeterioration biodegradation*, Vol. 44, p. 133-139.
- Nugari M. P., Salvadori O.** (2003), « Biodeterioration control of cultural heritage: methods and problems », dans Saiz-Jimenez C. (ed.), *Molecular biology and cultural heritage*, London, Routledge, p. 8-23.

Riberaigua C. (2018), « Les manuscrits sur ôles (feuilles de palmier) d'Asie du Sud et du Sud-Est », 12^e journée *DocAsie*, Maison de l'Asie, Collège de France, CNRS, 36 p. Disponible sur : <[Codicology and conservation issues of the Asian palm-leaf manuscripts of the Collège de France \(Paris\)](#). (cnrs.fr)> (consulté le 7 février 2022).

Semwal R.B. et. al. (2004), « Lawsonia inermis L. (henna): ethnobotanical, phytochemical and pharmacological aspects », *Journal of Ethnopharmacology*, Vol. 155, N° 1, p. 10.

Seyrafi A. (1945), *Golzari Safa*, Supplément persan 1656, Paris, BNF et n° 7395 (microfilm), université de Téhéran, bibliothèque centrale.

Sharma D., Raideo singh M. (2018), « Chromatographic Study on traditional natural preservatives used for palm leaf manuscripts in India », *Restaurator*, Vol. 39, N° 4, p. 249-264.

Tsagouria M.-L. (1999), « Les contaminants biologiques des biens culturels : causes, préventions et traitements », [en ligne], *Actualités de la conservation*, N° 8. Disponible sur <[Actualités de la conservation - Numéro 8 - Octobre 1998 - Janvier 1999](#) (bnf.fr)> (consulté le 6 février 2022).

L'auteur

Marion Dupuy conservateur-restaurateur d'arts graphiques et livres, diplômée du master CRBC de l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne en juillet 2020. Son mémoire de recherche porte sur l'étude des colorants naturels employés dans les papiers colorés unis des manuscrits islamiques du XI^e au XVIII^e siècle. Elle travaille désormais comme auto-entrepreneur en restauration d'arts graphiques et livres. dupuymarion@outlook.com.