

# PROJET COLLABORATIF SUR L'UTILISATION DES GELS POUR LE TRAITEMENT DES MÉTAUX. DÉMARCHE ET FONCTIONNEMENT

ÉLODIE GUILMINOT, MANUEL LEROUX, AYMERIC RAIMON, CLÉMENCE CHALVIDAL

**Résumé** Les cas d'objets métalliques nécessitant des traitements localisés sont nombreux et variés (objets composites, métaux argentés ou dorés, métaux peints, etc.) pour lesquels les gels peuvent offrir des solutions intéressantes. Bien que ces techniques soient développées dans d'autres spécialités comme la peinture ou la pierre, leurs utilisations restent anecdotiques dans le domaine des métaux. Suite à la présentation du potentiel des traitements par gel, notamment d'agar, aux Journées des restaurateurs en archéologie (JRA) 2017, le projet collaboratif « Gels Métaux » s'est constitué en janvier 2018.

Ce projet a pour but de rassembler des conservateurs-restaurateurs, indépendants ou d'institutions, des scientifiques et des étudiants autour des gels pour le nettoyage des métaux. Les différents membres sont intégrés en participant à un atelier dans lequel sont proposés, d'une part, une présentation théorique et pratique des principaux gels utilisés en conservation-restauration et, d'autre part, des échanges sur les pratiques actuelles et les besoins de chacun afin de déterminer des axes d'étude prioritaires. Dans cet esprit de collégialité, un espace collaboratif a été développé sur une plateforme internet permettant l'échange d'informations et de documents (fiche mémo, fiche retour d'expériences par exemple) afin de permettre une communication à distance.

Ce projet vise à mettre en commun nos connaissances et nos moyens afin de développer l'utilisation des gels pour le traitement localisé des métaux, mais aussi à favoriser le dialogue entre les différents professionnels de la conservation et de la restauration du patrimoine

## Genèse du projet participatif « Gels Métaux »

Depuis plusieurs années, l'utilisation des gels s'est répandue dans le domaine de la conservation-restauration, en particulier dans le domaine de la peinture grâce aux travaux de Richard Wolbers (Wolbers, 2013). Les traitements par gel pour le papier ou la pierre connaissent aussi de belles réussites. En revanche, nos premières recherches bibliographiques nous ont permis de constater que le traitement des métaux à l'aide de gel reste anecdotique. Lors de la conférence *Gels in conservation* de Londres en octobre 2017, les seuls exemples présentés pour le traitement des métaux portaient sur le retrait d'un vernis d'une sculpture en bronze (Smith, 2017) ou sur les essais menés par une étudiante de l'Institut national du patrimoine (INP) pour le nettoyage de fibres textiles métallisées (Letrange *et al.*, 2017). Pourtant, l'utilisation des gels pour les métaux propose une alternative prometteuse, notamment pour les traitements localisés d'objets complexes et/ou composites. Dans ces cas, les gels devront répondre à de nouvelles conditions d'application et de compatibilité avec divers agents actifs

(solvants, complexants, solutions acides ou basiques). Ils devront aussi être d'une totale innocuité vis-à-vis des substrats métalliques.

Face à la demande grandissante des conservateurs-restaurateurs de métaux et à notre méconnaissance du comportement des gels, Arc'Antique a initié une collaboration avec le laboratoire italien CSGI<sup>1</sup>, expert dans les gels utilisés en restauration (présentation de Rodorico Giorgi à la Journée ICOM Métal-France en janvier 2017) et une première étude a été menée à Arc'Antique par Andréa Dupke (étudiante INSA<sup>2</sup> Rennes) (Dupke, 2017). Les résultats obtenus lors de ce stage ont montré que la préparation des gels pouvait être optimisée, notamment pour les gels à base d'agar, puisqu'une préparation correcte permet de réaliser des gels « pelables », minimisant ainsi les difficultés de rinçage et de résidus. Ces nouveaux protocoles de traitement ont été validés lors du nettoyage d'un ensemble d'objets d'art islamique. Les résultats ont été présentés lors des JRA 2017 (Dupke *et al.*, 2017), créant un certain intérêt de la part de professionnels pour l'utilisation des gels appliqués aux métaux. De cet engouement est né le projet de recherche participatif « Gels Métaux » grâce à la collaboration d'un conservateur-restaurateur indépendant, Aymeric Raimon, d'un conservateur-restaurateur du C2RMF<sup>3</sup>, Manuel Leroux, et d'une scientifique du laboratoire Arc'Antique, Elodie Guilminot.

## Le projet participatif

Le projet participatif « Gels Métaux » a pour objectif d'optimiser l'utilisation des gels pour le traitement des métaux du patrimoine. Il est ouvert aux conservateurs-restaurateurs, aux scientifiques et aux étudiants d'école de restauration ou de formation scientifique. Dans un premier temps, il nous a semblé nécessaire de développer nos connaissances sur les propriétés des gels les plus adaptés au traitement des métaux. Les gels actuellement sélectionnés sont les gels à base d'agar, la gomme gellane, la gomme xanthane, la colle de nerf, les gels à base d'alcool polyvinylique (PVA) et les gels développés par le laboratoire italien CSGI, dont certains sont commercialisés sous le nom de Nanorestore®. Cette liste n'est pas exhaustive et peut évoluer au gré des études et des tests menés par les membres du projet.

## Les ateliers participatifs

Les ateliers participatifs permettent de rassembler les nouveaux membres afin de leur présenter le projet « Gels Métaux ». Plusieurs ateliers ont déjà eu lieu : le premier à Arc'Antique (Nantes) en février 2018 (**fig. 1.a**); le second au C2RMF (Paris) en septembre 2018 (**fig. 1.b**); puis un troisième également au C2RMF en décembre 2018. Le dernier atelier est programmé en février 2019 à Bordeaux. D'autres ateliers « Gels Métaux » sont aussi prévus avec les écoles de conservation-restauration, notamment les étudiants de l'école de Tours (ESBA<sup>4</sup>) et les étudiants du master de Paris 1 en janvier 2019, mais aussi avec l'INP<sup>5</sup> pour l'année scolaire 2019-2020. Le nombre de participants à chaque atelier est limité à une quinzaine de personnes afin de favoriser les échanges.

<sup>1</sup> CSGI, Consorzio interuniversitario per lo sviluppo dei sistemi a grande interfase, (Florence, Italie) : <http://www.csgi.unifi.it/>

<sup>2</sup> INSA, Institut national des sciences appliquées : <https://www.insa-rennes.fr/>

<sup>3</sup> C2RMF, Centre de recherche et de restauration des musées de France : <https://c2rmf.fr/>

<sup>4</sup> ESBA, École supérieure des Beaux-Arts de Tours : <http://tours.esba-talm.fr/>

<sup>5</sup> INP, Institut national du patrimoine : <http://www.inp.fr/>



**Figure 1** Photographie des membres du groupe « Gels Métaux » ayant participé -  
a : au premier atelier « Gels Métaux » en février 2018, à Arc'Antique (Nantes) ;  
b : au deuxième atelier « Gels Métaux » en septembre 2018, au C2RMF (Paris).  
© Elodie Guilminot / Arc'Antique.

Ces ateliers débutent par une présentation théorique des gels les plus utilisés en conservation-restauration et proposent des définitions et un vocabulaire communs. Puis sont présentés par les participants quelques exemples d'application de gels pour le traitement des métaux (ou des études de cas pouvant être transposées aux métaux). Ces présentations sont un moment d'échanges très enrichissants autour d'expériences réussies (ou pas) au cours duquel chaque participant peut intervenir pour compléter une donnée ou s'interroger sur une pratique.

Afin d'enrichir la théorie, une session pratique est ensuite proposée avec trois ateliers :

- préparation des gels;
- exemple de traitement chimique sur métaux;
- exemple de traitement électrochimique sur métaux.

Les participants peuvent alors mieux appréhender les potentialités des traitements par gels mais aussi leurs modalités d'application : facilité ou non de mise en œuvre, suivi possible ou non de l'avancement du traitement, efficacité du traitement, etc.

Suite à cette session pratique, un nouveau temps d'échanges est proposé pour présenter les outils collaboratifs mis en place dans le projet « Gels Métaux » et pour permettre à chaque membre de définir et de se positionner sur les axes d'étude qu'il juge prioritaires.

## Les outils collaboratifs

L'outil principal de ce projet est un espace collaboratif, proposé sous la forme de site internet dont l'accès est réservé aux membres du projet. Ce site, hébergé par le service informatique du département de Loire-Atlantique, permet de rassembler toutes les données et les informations liées au projet, qui sont organisées dans des wikis ou des blogs (**fig. 2**).

Dans une partie du site figurent les dates importantes (dates des ateliers ou des réunions), le nom des membres et un blog dans lequel, par exemple, des articles détaillent l'avancement du projet ou présentent les participants.

Au centre de la page d'accueil sont présentées les informations sur les ateliers (fichiers des présentations, compte-rendu, photographies) et sur l'organisation du projet (rôle des différents membres, présentation des groupes d'étude avec le détail de leur état d'avancement).

À droite sont situés les wikis rassemblant les documents ressources du projet :

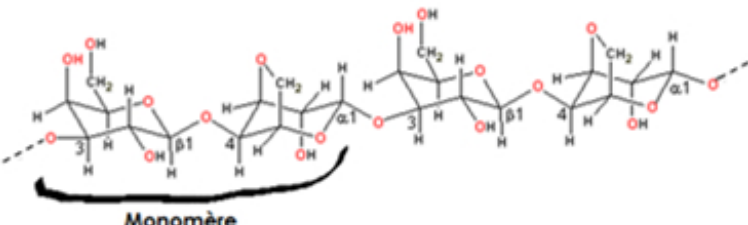
- les fiches mémos;
- les fiches retour d'expérience;
- la bibliothèque, avec différents articles de référence et des rapports d'étudiants.

Les fiches mémos (**fig. 3**) ont pour objectif de présenter de manière synthétique chaque gel : nom (usuel et/ou commercial), molécule, type de gel, protocole de préparation (avec si possible une référence), modes d'application possibles, exemples d'utilisation, compatibilité avec les agents chimiques et des compléments d'information utiles (comme des références bibliographiques). Ces fiches sont actuellement en cours de rédaction et peuvent être complétées par tous les membres.

Les fiches retour d'expérience (**fig. 4**) ont pour objectif de partager les traitements par gel réalisés sur des objets. Un modèle de fiche est disponible avec des propositions pré-remplies afin de permettre à un restaurateur de la compléter rapidement. Le document est organisé autour des rubriques suivantes : informations sur le praticien, données sur l'objet traité et sur le traitement appliqué (gel choisi, protocole, mode d'application, etc.), appréciation du traitement réalisé. Cette fiche permet à la fois de faire ressortir des problématiques et de favoriser le dialogue entre les scientifiques travaillant sur certains axes d'étude et les conservateurs-restaurateurs qui testent leurs propositions sur des objets. Les retours d'expérience permettent ainsi de faire progresser les axes de recherche.



Figure 2 Image du tableau de bord de l'espace collaboratif, site internet réservé aux membres du groupe « Gels Métaux ». © Elodie Guilminot / Arc'Antique.

<p style="text-align: center;"><b>Définition</b></p> <p><b>Nom-usuel</b> Nevek – Fournisseur CTS</p> <p><b>Molécule chimique</b> Composition exacte inconnue – Polysaccharides provenant d’algues rouges. Mélange d’Agarose et d’agaropectine. Préparer à partir d’Agar (CTS) 5% avec en plus du 5% Propagol</p>  <p style="text-align: center;"><b>Monomère</b></p> <p><b>Type de Gel</b> Gel Physique. Structure en hélice au-dessus de la température de gélification (~80°C)</p> <p><b>Propriétés majeures</b> Gel plus stable mécaniquement que l’Agar. stable à pH neutre. thermoréversible. peu de résidus</p>	<p style="text-align: center;">Informations sur le Gel (nom, molécule, propriétés)</p>
<p style="text-align: center;"><b>Protocoles</b></p> <p><b>Préparation du gel</b> Mélanger de 50% Nevek dans la solution de traitement chauffée à 50°C, une fois le mélange translucide, chauffer à 80°C pour la gélification</p> <p><b>Mode d’application</b> Application à chaud (avec une seringue) ou à froid en formant un film rigide de 2-3mm</p> <p style="text-align: center;"><b>Compatibilité</b></p> <p><b>Domaine de stabilité de pH</b> Gel stable aux pH neutre</p> <p><b>Composés compatibles</b> Produits déjà testés</p> <p style="text-align: center;"><b>Exemples d’application</b></p> <p><b>Cas de traitement 1</b> Description objet: Fusil provenant de la collection Pierre-Loti Problématique de traitement: objet composite, enlever le ternissement sur les parties en alliages cuivreux Application: Application à chaud du Nevek avec TAC (citrate de tri-Ammonium) Résultats obtenus: Nettoyage homogène et satisfaisant Contact du restaurateur en charge du traitement: Aymeric Raimon</p>	<p style="text-align: center;">Informations sur la préparation et l’application du gel</p>
<p style="text-align: center;"><b>Informations complémentaires</b></p> <p><b>Références bibliographiques</b> Fiche CTS, Article JRA-2017-Andréa-Dupke</p>	<p style="text-align: center;">Références pour données complémentaires</p>

**Figure 3** Exemple d’une fiche mémo, disponible dans l’espace collaboratif « Gels Métaux ». © Elodie Guilminot / Arc’Antique.

## FICHE RETOUR D'EXPERIENCE

## Restaurateur

Nom, prénom :  
 Institut / statut :

## Résumé du traitement

Raison(s) d'un traitement par gel :  
 Méthode :  
 Type(s) de composé(s) à éliminer :  
 Produit(s) actif(s) utilisé(s) :  
 Gélifiant / épaississant :

## Objet traité

Photographies :

Photographie avant traitement	Photographie après traitement
-------------------------------	-------------------------------

Catégorie d'objet :  
 Provenance :  
 Typologie :  
 Matériau(x) :

## Strate(s) à éliminer

Description stratigraphique :  
 Schéma / photographie.

Description de la (des) strate(s) à éliminer :

## Traitement(s)

Protocole du traitement :  
 Choix du gélifiant / épaississant :

## Appréciation du traitement

Décrire le résultat / appréciation du traitement selon les points suivants :  
 - Efficacité du dégagement : satisfaisant / insatisfaisant. Préciser pourquoi  
 - Visibilité / contrôle de la réaction  
 - Facilité du retrait : aisé / malaisé (résidus et / ou adhésion du mélange au substrat)

**Figure 4** Modèle de fiche retour d'expérience, disponible dans l'espace collaboratif Gels Métaux. © Elodie Guilminot / Arc'Antique.

## Axes d'étude et perspectives

À la suite de ces premiers ateliers, six axes d'étude ont été identifiés. Six groupes ont ainsi été définis de manière collégiale :

- l'étude des résidus : évaluation de la présence et de la dangerosité des résidus sur les surfaces traitées, développement de savoir-faire et d'outils pour optimiser l'application et le retrait des gels;
- l'utilisation des gels sur des métaux décorés : pour des objets métalliques dorés, argentés, étamés ou peints. Le traitement peut avoir pour but le retrait des produits de

corrosion (d'alliages cuivreux ou ferreux par exemple), des salissures ou des sédiments localisés sur ou sous des substrats particulièrement fragiles;

- l'étude de la compatibilité des gels avec différents agents chimiques (solutions acides, basiques ou complexantes) en fonction de leur concentration et de leur pH;
- l'impact d'un traitement par gel : évaluation de son efficacité en fonction de l'état de surface de l'objet (couche de corrosion compacte, poreuse et/ou fissurée), suivi de la profondeur et de la maîtrise du traitement;
- le développement de nouveaux gels pour les métaux : ces études sont menées par le laboratoire italien, CSGI, avec Rodorico Giorgi, et l'université de Neuchâtel avec Edith Joseph;
- l'utilisation des résines échangeuses d'ions : ce traitement ne fait pas appel à des gels mais ces résines sont souvent utilisées pour les mêmes problématiques. Il nous paraît donc intéressant d'étudier la potentialité de ces traitements et de les comparer aux gels.

Ces différentes études se limitent aux gels identifiés pour être les plus adaptés au traitement des métaux : l'agar, la gomme gellane, la gomme xanthane, le Carbopol® ou Pemulen®, les PVA et les colles d'origine animale (comme la colle de nerfs).

Les études menées par des membres du projet sont ouvertes à l'ensemble du groupe. Ainsi, les travaux d'Alban Gomez (étudiant de l'INSA Rouen accueilli pendant un stage de 5 mois à Arc'Antique en 2018) (Gomez, 2018) ont été présentés lors des ateliers et diffusés à l'ensemble des membres. Son travail a ainsi permis d'optimiser les protocoles de préparation des gels et de vérifier la compatibilité ou non de gels avec les agents chimiques (solutions acides, neutres ou basiques) ou avec des complexants, en évaluant le maintien ou la perte des propriétés des gels. Des traitements ont aussi été testés, comme le nettoyage de pièces de monnaie en alliage cuivreux argenté par application de gel d'EDTA pendant 2 heures (fig. 5). Ce premier test a confirmé la forte potentialité des gels d'agar pour le traitement de certains métaux archéologiques.



**Figure 5** Exemple de traitement de nettoyage chimique par gel, mené sur une pièce en alliage cuivreux avec une argenture (traitement d'EDTA pendant 2 h avec un gel d'agar). © Elodie Guilminot / Arc'Antique.

## Conclusion et perspectives

Le projet de recherche collaboratif « Gels Métaux » a été fondé suite à la présentation aux JRA d'octobre 2017 à Nancy sur le potentiel des traitements par gels appliqués aux métaux. Les premiers jalons de ce projet ont depuis été posés. Une structure et une organisation



originales ont été créées pour son bon fonctionnement. Après un an d'existence, près d'une soixantaine de personnes (professionnels et étudiants) sont inscrites à ce projet et la demande de participation est encore forte. Le nombre de participants contribue à l'enrichissement du projet par l'apport de données variées : bibliographiques, recherche fondamentale en laboratoire ou retour d'expérience sur des traitements. Outre cet intérêt scientifique commun, ce groupe permet également de réunir des professionnels du patrimoine trop souvent éloignés : conservateurs-restaurateurs, étudiants, corps enseignant, ingénieurs de recherche, instituts publics, privés et professionnels indépendants. Les ateliers participatifs produisent, peut-être sous l'effet d'un nombre limité mais varié de participants, un espace d'échange enrichissant, interactif et convivial.

Toutefois, en tant que projet collaboratif, le projet est amené à évoluer selon l'implication de chacun. Ainsi, chaque participant, à hauteur du temps et des moyens dont il dispose, peut apporter un élément de recherche dans l'objectif commun d'échanger, de confronter et d'enrichir nos connaissances sur les gels appliqués à la conservation des métaux.

## Références bibliographiques

**Dupke A.** (2017) *Utilisation des gels pour le traitement localisé des métaux archéologiques et historiques*, rapport de stage de fin d'études, École d'ingénieur INSA Rennes, Arc'Antique, 45 p.

**Dupke A., Raimon A., Guilminot E.** (2017), « Nouvelles utilisations des gels à base d'agar pour le nettoyage des métaux », dans *D'hier à demain*, actes des XXXI<sup>es</sup> Journées des restaurateurs en archéologie), Nancy, 12-13 Octobre 2017, Paris, ARAAFU, (coll. CRBC-Cahiers techniques, 26), p. 71-89.

**Gomez A.**, (2018), *Utilisation des gels pour les traitements des métaux en restauration*, rapport de stage de fin d'études, École d'ingénieur INSA Rennes, Arc'Antique, 44 p.

**Letrange A., Hourdet D., Guerrier J., Pons E.** (2017) « Comparison of three hydrogels for cleaning tarnished silver threads using electrochemical treatment », dans Angelova et al., *Gels in the conservation of art*, publication de la conférence *Gels in conservation 2017*, London, England, éd. Archetype Books, p. 69-371.

**Smith S.** (2017), « Layer by layer : the removal of complex soiling on a collection of modern art bronzes using buffered pH-adjusted aqueous gels », dans Angelova et al., *Gels in the conservation of art*, publication de la conférence *Gels in conservation 2017*, London, England, éd. Archetype Books, p. 349-355.

**Wolbers R.** (2013) *Le nettoyage des surfaces peintes : méthodes aqueuses*, Paris, Eyrolles, 208 p.

### Les auteurs

**Elodie Guilminot** Ingénieur de recherche, laboratoire Arc'Antique – GPLA (Grand Patrimoine de Loire-Atlantique), 26 rue de la Haute Forêt, 44300 Nantes, [Elodie.Guilminot@Loire-Atlantique.fr](mailto:Elodie.Guilminot@Loire-Atlantique.fr)

**Manuel Leroux** Chef de travaux d'art, filière Archéologie et Ethnographie, département Restauration, C2RMF (Centre de recherche et de restauration des musées de France), Pavillon de Flore, Porte Jaujard, 14 quai F. Mitterrand 75001 Paris, [manuel.leroux@culture.gouv.fr](mailto:manuel.leroux@culture.gouv.fr)

**Aymeric Raimon** Conservateur-restaurateur indépendant, [aymericra@hotmail.fr](mailto:aymericra@hotmail.fr)

**Clémence Chalvidal** Conservateur-restaurateur indépendant, [clemence.chalvidal@gmail.com](mailto:clemence.chalvidal@gmail.com)