



HAL
open science

État des lieux de l'archéométrie : un aperçu des études présentées lors du XXIIIe colloque du GMPCA à Chambéry (France) en 2022

Emilie Chalmin, Ariane Pinto, Marie-Claire Savin

► To cite this version:

Emilie Chalmin, Ariane Pinto, Marie-Claire Savin. État des lieux de l'archéométrie : un aperçu des études présentées lors du XXIIIe colloque du GMPCA à Chambéry (France) en 2022. *Archeosciences, revue d'Archéométrie*, A paraître, 47 (1), pp.105-115. hal-04461205

HAL Id: hal-04461205

<https://hal.science/hal-04461205>

Submitted on 16 Feb 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

**État des lieux de l'archéométrie : un aperçu des études présentées lors du XXIII^e colloque
du GMPCA à Chambéry (France) en 2022**

**The current state of archaeometry: an overview of the studies presented at the 23rd
GMPCA conference in Chambéry (France) in 2022**

Emilie Chalmin^{1*}, Ariane Pinto², Marie-Claire Savin^{3,4}

¹ EDYTEM, URM 5204 USMB-CNRS, Avenue de la mer Caspienne, 73376 Le Bourget-du-Lac.
Email : emilie.chalmin-aljanabi@univ-smb.fr

² Centre de Recherche et de Restauration des Musées de France, 14 quai François Mitterrand,
75001, Paris. Email : ariane.pinto@hotmail.fr

³ Institut Català d'Arqueologia Clàssica, Plaça d'en Rovellat, s/n, 43003 Tarragona. Email :
msavin@icac.cat

⁴ Departament de Ciències de l'Antiguitat i de l'Edat Mitjana, Universitat Autònoma de
Barcelona, Edifici B Facultat de Filosofia i Lletres 08193 Bellaterra (Barcelona) ; Email :
marieclaire.savin@uab.cat

*Corresponding author

Résumé

L'organisation du XXIII^e colloque « Archéométrie » du GMPCA à Chambéry (France) en mai 2022 a été l'occasion de rassembler les acteurs de la recherche en archéométrie avec pour ambition d'illustrer les apports des approches intégratives dans l'étude des sites archéologiques et dans la formalisation de nouveaux concepts, comme celui de la biographie de l'objet. Cet article présente un aperçu des études présentées et introduit cette réflexion sur les approches intégratives au travers des différentes contributions issues des conférences et des posters rassemblés dans ce numéro de la revue d'ArcheoSciences – Revue d'Archéométrie. Il s'agit ici d'aborder le polymorphisme de l'archéométrie et de rendre compte de la diversité des méthodes et méthodologies mises en œuvre sur un vaste panel d'objets d'étude issus du passé répondant à des problématiques anthropocentrées permettant d'accéder à une meilleure connaissance des sociétés passées et de répondre aux enjeux de conservation et de restauration actuels de ces objets qui font patrimoine.

Abstract

The organization of the GMPCA's 23rd "Archaeometry" symposium in Chambéry (France) in May 2022 provided an opportunity to bring together those involved in archaeometric research, with the aim of showcasing the contributions of integrative approaches to the study of archaeological sites and the formulation of new concepts, such as the object biography. This article presents an overview of the presented studies and introduces this reflection on integrative approaches through the various contributions from the lectures and posters gathered in this issue of ArcheoSciences - Revue d'Archéométrie. The intention herein is to confront the variegated nature of archaeometry and to account for the diversity of techniques and methodologies employed across a broad range of historical artifacts, addressing anthropocentric issues that enable a better understanding of past societies and meet the current conservation and restoration issues for these heritage objects.

Mots clés

Archéométrie, approche intégrée, biographie de l'objet

Keywords

Archaeometry, integrated approach, object biography

Introduction

Le XXIII^e colloque d'archéométrie s'est tenu du 2 au 6 mai 2022 à Chambéry (France), après un report d'un an suite aux conditions sanitaires, sous l'égide de l'association du « Groupe des Méthodes Pluridisciplinaires Contribuant à l'Archéologie » (GMPCA). À l'image d'une communauté très dynamique avec un total de 165 participants, les chercheurs et « apprentis » chercheurs français et provenant de pays voisins (Angleterre, Suisse, Belgique, Espagne, Italie) mais aussi plus lointains (Égypte, Afrique du Sud, États-Unis, Chili, Argentine, Australie) ont pu présenter leurs résultats de recherche en cours et échanger sur leurs pratiques et leurs concepts.

Le programme, détaillé et accessible sur le site internet de l'évènement¹ a été découpé en trois thématiques permettant de faire le point sur l'avancée des recherches en archéométrie et d'organiser les communications autour de deux grandes questions fédératrices et centrées sur l'approche intégrée : (i) penser les interactions Homme/Environnement et (ii) restituer les vies de l'objet, à l'image des recherches menées au sein du laboratoire EDYTEM² et du consortium Patrimalp³. Le dernier volet thématique recouvrait les développements méthodologiques en termes d'analyse, de datation et de visualisation des milieux.

La communication d'ouverture présentée par Jean-Jacques Delannoy⁴, intitulée « Apports de l'approche intégrée dans la définition des accès, aménagements, exploitations et usages du milieu souterrain - La grotte de Cloogs cave en territoire Gunaikurnai (Australie) », a permis d'introduire la notion d'approche intégrée qui a été le fil conducteur pour tout le colloque. Il a été question lors de cette présentation de dialogues entre champs disciplinaires permettant de révéler des indices ethnoarchéologiques, comme la transformation et l'usage des concrétions cassées dans cette petite grotte australienne largement aménagée et transformée au cours du

¹ <https://gmpca2021.sciencesconf.org/>

² <https://edytem.osug.fr>

³ <https://patrimalp.univ-grenoble-alpes.fr>

⁴ J.-J. Delannoy, Pr USMB, Laboratoire EDYTEM, UMR5204, Le Bourget-du-Lac

temps ou encore la collecte des papillons de nuit dans les pratiques alimentaires des *Old People* australiens (Delannoy *et al.*, 2020 ; David *et al.*, 2021).

Ce concept d'approche intégrée était au cœur des communications et posters présentés lors de ce colloque et la sélection d'articles présentée dans ce numéro d'ArcheoSciences – Revue d'archéométrie offre une vision non exhaustive, mais représentative de la diversité des approches, des terrains d'étude, des temporalités permettant d'accéder à une meilleure compréhension du passé.

En effet, l'archéométrie est polymorphe, elle s'intéresse initialement « aux informations enregistrées par les objets anciens, artefacts ou archives environnementales, à différentes échelles, le plus souvent observables à travers la mesure instrumentée de paramètres inaccessibles à l'observation visuelle. Ces méthodes relèvent de disciplines des sciences chimiques et physiques, sciences de la terre et de la vie et des sciences environnementales. Dans notre acception large, elle va jusqu'à intégrer les sciences de la conservation » (Bellot-Gurlet & Dillmann, 2018). Elle est donc fondamentalement interdisciplinaire et se nourrit de l'ensemble des disciplines (archéologie, histoire de l'art, géologie, sciences des matériaux, chimie, géomorphologie, géophysique, science de l'environnement, anthropologie biologique...) qui questionnent les objets du passé, qu'ils soient manufacturés ou qu'ils aient enregistré la présence des sociétés passées. Elle a débuté par l'utilisation de méthodes déjà existantes pour les détourner au service de ces objets et répondre à diverses problématiques, mais il a fallu adapter ces méthodes pour étudier ces objets complexes et fragiles. Il s'agit désormais de développer des méthodes dédiées et spécifiques qui peuvent être aussi remobilisées dans d'autres champs de recherche. L'objectif principal est donc la recherche d'indices à différentes échelles dans la matière, en s'appuyant tout aussi bien sur les indices présents dans les écrits que dans les paysages. Les sciences de la matière permettent de mesurer et de caractériser les matériaux, mais il est également nécessaire de comprendre ce qui a disparu et de s'appuyer sur des référentiels adaptés. À l'instar de l'archéologie, on s'intéresse ici aux résidus, aux traces, à ce qui a été conservé et à ce qui a disparu.

Pour rendre compte de ces échanges interdisciplinaires, l'objectif de cet article est de s'appuyer sur les contributions proposées dans ce numéro 47(1) d'ArcheoSciences - Revue d'archéométrie pour en faire ressortir la diversité des innovations et développements méthodologiques appliqués à un large panel d'objets, de matières et accéder au matériau et à

toutes les chaînes opératoires permettant sa transformation en objet. En partant des indices, nous illustrerons comment il est possible d'accéder aux processus de transformation de la matière, mais aussi des éléments naturels paysagés ou souterrains. Enfin, les grandes problématiques et les enjeux scientifiques liés à ces objets patrimoniaux seront rassemblés et illustrés par les exemples issus des contributions de ce numéro.

1. Innovation et développement méthodologique au service de l'archéométrie : du terrain au laboratoire

Les objets étudiés par la communauté sont multiples et peuvent être des objets manufacturés (sculptures polychromes, stèles inscrites, tuiles pour les exemples de ce numéro) ou des espaces naturels investis, voire façonnés par des individus (grottes ornées, structure d'habitat, zone agro-pastorale dans ce numéro). Il s'agit donc d'investiguer ces objets soit à l'échelle de son environnement (Cesarini & Laenger, 2023) et du paysage en mobilisant la géologie, la géomorphologie, la sédimentologie et la géophysique, soit à l'échelle de sa matérialité. Les matériaux rencontrés dans les articles de ce numéro sont divers : argile (Bocquet-Liénard *et al.*, 2023), marbre (Roux, 2023), pigment (Pinto *et al.*, 2023 ; Reiche *et al.*, 2023), métal (or et étain, Pinto *et al.*, 2023) et posent la question de leur origine géologique qui nécessite d'établir des référentiels et des échantillons naturels de comparaison (Bocquet-Liénard *et al.*, 2023). Les ossements humains d'enfants font également partie du corpus d'étude pour proposer des critères d'aide au diagnostic paléopathologique (Bédécarrats *et al.*, 2023). L'ensemble de ces études ne se contentent pas de présenter les résultats acquis par une seule méthode/approche, mais combinent diverses méthodes complémentaires. Au-delà de montrer la diversité des techniques mobilisées, qu'elles soient analytiques ou de visualisation (liste non-exhaustive), il s'agit ici de mettre en avant les innovations techniques et l'importance du développement méthodologique en particulier pour le traitement de données complexes.

a) Les méthodes analytiques

Les méthodes analytiques sont là pour caractériser, mesurer, quantifier les matières et leurs propriétés. Pour étudier le contexte environnemental d'un site archéologique, les mesures se font en général *in situ* et s'appuient sur une instrumentation permettant des acquisitions à

large échelle comme les méthodes géochimiques (Cesarini & Laenger, 2023) et non destructives comme la géophysique (Calastrenc *et al.*, 2023). Mais dès que l'on veut connaître la nature des matériaux géologiques et leur propriété, il est nécessaire de procéder à une sélection pour des mesures ponctuelles sur le terrain (comme avec l'analyse par spectrométrie de fluorescence des rayons X portable, pXRF, Robert *et al.*, 2023) ou à un échantillonnage pour l'analyse et l'observation en laboratoire pour identifier les constituants (pétrographie, analyse élémentaire, diffraction des rayons X) ou pour caractériser leurs propriétés mécaniques (géomécanique, mesure de la plasticité, tomodesitométrie) (Bocquet-Liénard *et al.*, 2023).

Pour accéder aux différents constituants d'un objet complexe, comme dans le cas de sculptures polychromes, des stratégies analytiques doivent être mises en place pour procéder à des analyses non invasives directement sur l'objet (pXRF, pXRD, Pinto *et al.*, 2023). Mais l'étude de microprélèvements reste indispensable pour accéder à la stratigraphie ou l'organisation spatiale de ces constituants, ainsi qu'à des indices structuraux ou des éléments traces. Les techniques analytiques mobilisées pour l'étude de ces microprélèvements sont alors multiples et complémentaires permettant d'accéder à la morphologie et l'organisation spatiale (microscopie électronique à balayage), l'analyse élémentaire (XRF), l'analyse structurale (XRD) et moléculaire (spectroscopie Raman et spectrométrie de masse à ions secondaires à temps de vol, Tof-SIMS). Les méthodes synchrotron offrent également des spécificités en termes de performance analytique (Pinto *et al.*, 2023 ; Bertrand, 2007 ; Bertrand & Dillmann, 2005).

b) Les méthodes de visualisation

L'imagerie permettant d'observer et de rendre compte d'un état de n'importe quelle surface est un vaste domaine couvrant les images satellite, la photographie, la macrophotographie, la microscopie. Mais pour rendre compte des reliefs et microreliefs, il est nécessaire de mobiliser de la photogrammétrie, des ortho-images, des nuages de points acquis avec des lasers pour obtenir des informations tridimensionnelles à haute résolution spatiale, de façon exhaustive et non destructive (Calastrenc *et al.*, 2023 ; Kemper *et al.*, 2023 ; Robert *et al.*, 2023 ; Roux, 2023). Ces outils et ses images sont des prérequis pour proposer des supports et extraire ou mettre en évidence des indices et des spécificités des objets observés. Il peut s'agir

d'images pour lesquelles un traitement permet d'améliorer la lisibilité, comme avec le module D-Strech, dans le cas de l'étude d'art pariétal (Le Quellec *et al.* 2015 ; Defrasne 2014). Il est ensuite possible d'y adosser des informations permettant de cartographier les parois ou les sols en identifiant par exemple, les dépôts naturels, les formes, les éléments déplacés, les actes graphiques... (Kemper *et al.*, 2023 ; Robert *et al.*, 2023). La construction d'un système d'information géographique (SIG) à l'échelle de l'objet étudié permet donc de naviguer dans l'objet et de documenter chaque partie de celui-ci. Très utilisé pour l'étude du contexte physique et environnemental, le SIG permet le croisement d'échelles du bloc, à la galerie, du sol au plafond, de la paroi, et couplé à la cartographie géomorphologique apporte une lecture détaillée des événements qui peuvent ensuite être replacés dans une chronologie (au moins relative) (Kemper *et al.*, 2023 ; Calastrenc *et al.*, 2023). Il peut aussi être question de spatialiser des résultats géochimiques à l'échelle d'un site archéologique sous la forme de cartes d'interpolation (Cesarini & Laenger, 2023). À l'échelle d'un objet manufacturé, comme dans le cas des stèles inscrites, il est possible d'accéder à un état de surface, de comprendre les gestes qui ont permis l'incision de la pierre et d'accéder au savoir-faire de l'artisan (Roux, 2023).

c) Les développements méthodologiques pour l'exploitation des données complexes

Qu'il s'agisse de données analytiques ou d'images, les informations acquises sur un objet, une série d'objets et leur environnement, peuvent être nombreuses et complexes. Inhérent à la construction d'une approche intégrative, il s'agit alors d'utiliser ou développer les méthodes de traitement permettant d'exploiter au mieux ces données, qualitatives ou quantitatives, singulières ou massives, ponctuelles ou spatiales. L'utilisation de logiciels spécialisés permet déjà de traiter les modèles 3D (comme Blender ou Meshlab, Roux, 2023). Mais de nouvelles solutions technologiques sont également développées en s'appuyant sur des algorithmes, permettant d'intégrer par exemple des données multisources : spatiale, spectrale, radiométrique, temporelle à haute résolution, comme dans le projet TAHMM (Téledétection Archéologique en Haute et Moyenne Montagne, Calastrenc *et al.*, 2023). Les enjeux liés à la prospection en milieu de montagne sont en effet majeurs pour identifier des vestiges archéologiques, en devant d'adapter à un milieu très contraint par l'accessibilité et à la difficulté de lecture de ces vestiges dans ces terrains en altitude. L'objectif d'un tel

développement méthodologique est donc bien de pouvoir mettre en exergue les microreliefs et mieux identifier les indicateurs archéologiques en croisant les informations obtenues à large échelle de façon non invasive. Les premiers résultats obtenus sur différents terrains d'étude ont déjà montré l'efficacité de tel traitement pour permettre de percevoir de faibles variations topographiques et ainsi affiner la détection de structures archéologiques.

Les traitements statistiques sont également largement exploités pour l'étude de larges jeux de données ou d'analyses systématiques de collections archéologiques, comme dans le cas de l'étude des ossements d'enfants des cimetières normands médiévaux et modernes (Bédécarrats *et al.*, 2023). Il s'agit dans cette étude de cas d'un développement de méthodes biostatistiques inspirées de méthodes cliniques actuelles permettant d'étudier le lien entre la description macroscopique, radiographique, tomodensitométrique et histologique d'un corpus d'ossements. Le développement d'un outil informatique maîtrisé, spécifique à la paléopathologie, reste indispensable pour intégrer des variables qualitatives à des informations quantitatives pour construire un raisonnement à partir d'un arbre de décision permettant d'établir un diagnostic de pathologie avec des taux de prédiction et en intégrant des marges d'erreur.

2. De l'indice aux processus : comment reconstituer la vie des objets du patrimoine

Une fois les méthodes mises en place, les acquisitions et les traitements des données visent à mettre en évidence des indices dans les objets d'étude permettant de construire un discours sur leur(s) vie(s). Ces indices peuvent être recherchés à différentes échelles et dans différents contextes, que nous allons décliner ici : les matériaux, les écrits et les paysages. Pour être mieux compris, il s'agit souvent d'établir des démarches comparatives soit avec des collections de référence, soit dans des conditions de référence ou encore avec de l'expérimentation. Il est alors possible de décrire les processus de construction, d'utilisation, d'altération des objets étudiés.

a) Recherche d'indices dans les matériaux

Comprendre la nature des constituants d'un objet du passé est un défi indispensable pour répondre aux différentes problématiques et enjeux (*infra*). Les objets du patrimoine, qu'ils soient constitués d'une unique matière ou d'un assemblage de plusieurs matières, présentent la particularité d'être uniques, fragiles et complexes, car ses matières se sont souvent modifiées, altérées au cours du temps. Il s'agit donc de faire la part entre les indices liés à la matière première, liés à la technique de préparation et ceux issus des conditions de conservation. Les méthodes analytiques présentées ci-dessus sont très performantes pour analyser, identifier et spatialiser les constituants, mais il est nécessaire ensuite d'attribuer ces indices. Dans le cas de l'étude de peintures rupestres par exemple, il va être possible de reconnaître la nature du pigment (oxyde de fer, hématite pour le rouge), mais il est nécessaire de comprendre sa morphologie, sa structure et sa géochimie, comme la présence d'éléments spécifiques (Cu, As, Br et Rb retrouvés dans les pigments de Font-de-Gaume) pour comparer les matières entre elles et proposer des hypothèses concernant leur origine géologique (Reiche *et al.*, 2023).

Pour accéder à la technique de préparation, il est par exemple possible de procéder à des analyses tracéologiques pour reconnaître les traces d'outils laissés dans le matériau, comme dans le cas de gravure dans le marbre (Roux, 2023).

Enfin pour accéder aux indices liés à l'altération, la présence de phases d'altération spécifiques comme les oxydes d'étain permet de remonter au matériau initialement utilisé, ici la feuille d'étain pour la préparation du support des textiles sur les sculptures polychromes dans le cas des brocards appliqués (Pinto *et al.*, 2023). Mais il existe aussi l'approche taphonomique pour l'étude des ossements, mais aussi des parois, qui permet de faire une description et une analyse des surfaces pour identifier des phases d'encroutements ou des processus bio-géo-chimiques ayant conduits à une modification de cette surface qui aura ainsi « enregistré » des indices depuis son abandon ou sa réalisation (Bédécarrats *et al.*, 2023 ; Reiche *et al.*, 2023 ; Robert *et al.*, 2023).

b) Recherche d'indices dans les écrits

Comprendre l'origine des matières premières, la manufacture, la diffusion des objets manufacturés ou encore les pratiques sociales dans les périodes historiques peut passer par la recherche d'indices dans les écrits. Il est possible d'accéder à des informations sur les

matières premières à partir de documentation géologique (cartes et notices) ou sur des anciennes exploitations minières. Des recettes ou des procédés peuvent être décrits dans des ouvrages de référence, comme des traités spécialisés, des encyclopédies. Des cadastres ou des archives départementales peuvent permettre de retrouver des bâtiments ou des activités, comme par exemple les archives départementales du Calvados qui ont permis de retrouver l'existence de la paroisse de Barbery, ou encore les mentions dans la documentation de l'abbaye concernant l'activité de tuilerie dans le travail de l'équipe de [Bocquet-Liénard et al. \(2023\)](#). Ces sources anciennes permettent également d'identifier les lieux d'exploitation de la terre pour la production de tuiles.

Croiser les informations avec des études historiques et anthropologiques, peut permettre également de comprendre les indices laissés dans la matière en lien avec des rituels ou des pratiques. Dans le cas de la paléopathologie, l'analyse historique et paléoanthropologique des cimetières médiévaux permet de croiser des informations sur les pathologies et les conditions sanitaires ou épidémies pouvant être à l'origine des décès ([Bédécarrats et al., 2023](#)).

La reconstruction du travail des artisans, des méthodes de conception ainsi que des étapes de construction du décor du théâtre antique de Vaison-la-Romaine passe également par la recherche d'indices dans les écrits, inscrits directement dans la pierre ([Roux, 2023](#)).

Il est aussi possible de rechercher des indices dans les écrits datant du début du XXe siècle pour comprendre les états de dégradation des peintures rupestres et comparer d'anciens relevés avec des relevés actuels comme dans le cas de grottes découvertes depuis plus d'un siècle (exemple de la grotte de la Mouthe, [Robert et al., 2023](#)).

c) Recherche d'indices dans les paysages

Cette recherche d'indices dans l'environnement direct des vestiges du passé doit se faire à différentes échelles, souvent emboîtées pour permettre d'identifier ces vestiges, comprendre leur évolution dans le temps, mais aussi pour accéder aux relations des sociétés passées avec leur environnement. Ces indices se cachent dans les sous-sols ou dans les modifications de la topographie de surface perceptibles seulement avec des observations en géophysique ou par prises de vues aériennes ([Calastrenc et al., 2023](#)). Des indices géochimiques enregistrés dans les sols révèlent les activités passées comme l'élevage, le stockage ou encore les activités métallurgiques, qui peuvent être alors réparties dans différents espaces au sein d'un même site

archéologique (Cesarini & Laenger, 2023). Alors qu'il est possible de « lire » dans une stalactite brisée ou une dalle de calcite grâce à la géomorphologie, pour comprendre l'aménagement dans une grotte (Kemper *et al.*, 2023). Il s'agit ici d'identifier les gestes humains, mais aussi de les spatialiser et de leur donner une chronologie. Expliquer la formation et l'évolution d'un système karstique permet de comprendre l'accessibilité et la circulation dans ces espaces souterrains et en particulier de comprendre l'organisation spatiale des actes graphiques (Kemper *et al.*, 2023 ; Robert *et al.*, 2023).

d) *Quelques processus d'altération*

Une fois les indices identifiés dans la matière de l'objet étudié, il s'agit de lui attribuer une origine : géologique, artefact lors de la préparation de la matière, « ingrédient secret » d'une recette, phase d'altération, pollution, élément lié à l'environnement. Dans le cas de l'identification de phases d'altération, il est alors possible de comprendre les processus ou les conditions de conservation ou environnementales ayant permis la formation de celles-ci.

Dans le milieu karstique, de nombreux phénomènes peuvent se produire, physiques, chimiques, biologiques, microbiologiques et anthropiques (Chalmin *et al.*, 2017). La formation d'encroûtement calcitique riche en hydroxyapatite en est un exemple retrouvé dans la grotte de Font-de-Gaume qui s'explique par l'écoulement de matières issues de la couverture pédologique. On peut noter également la présence de vermiculations, présentes également à Font-de-Gaume et à Lascaux, qui remobilisent les minéraux (argile et quartz) issus de l'altération du substrat calcaire et parfois les pigments déposés en surface (Reiche *et al.*, 2023 ; Hoerlé *et al.*, 2011). Des patines de surface sont également observées dans la grotte de la Vache liées au suintement des parois conduisant à des difficultés de lecture des parois ornées (Robert *et al.*, 2023). La compréhension de l'évolution de ces états de surface dans les sites ornés permet donc de restituer les conditions et la qualité de la paroi au moment de la réalisation des actes graphiques et de comprendre les phénomènes responsables de leur détérioration (anthropique ou naturelle) depuis leur réalisation ou depuis leur découverte historique jusqu'à nos jours (Robert *et al.*, 2023).

La présence de phases d'altération peut également permettre de restituer l'existence d'un matériau qui aurait complètement disparu et initialement utilisé dans la confection d'un objet. C'est justement le cas de la présence de deux oxydes d'étain stables sous deux formes

cristallines et dans des proportions différentes qui permet de comprendre l'utilisation d'une plaque d'étain, désormais complètement disparue, lors de la production de brocarts appliqués à la fin du Moyen-âge en Savoie (Pinto *et al.*, 2023). La présence d'argent sous forme AgCl et Ag₂S associé à l'or indique également la corrosion de l'argent dans des conditions d'oxydation à l'air en présence d'eau. L'utilisation de feuilles métalliques (étain et or/argent) fait en effet partie du procédé de fabrication des brocarts appliqués permettant d'obtenir les reliefs, les motifs et l'éclat des tissus richement ornés de cette époque. Mais les propriétés de ces métaux vis-à-vis de l'oxydation sont très différentes, ce qui a conduit à des processus d'altération différents, comme l'oxydation de l'étain avec un taux estimé à 33 µm tous les 100 ans qui a conduit à sa totale disparition en 700 ans, depuis la production de ces sculptures. La compréhension de ces phénomènes d'altération est un atout précieux pour proposer des restaurations adaptées pour ces sculptures polychromes.

3. Les problématiques et les enjeux des objets du patrimoine

Les enjeux liés à l'étude des objets patrimoniaux sont principalement dus à leur fragilité et à la valeur accordée aux vestiges du passé, permettant de comprendre l'évolution des sociétés. Il s'agit bien souvent de trouver les meilleures conditions de conservation et de procéder à des restaurations en s'appuyant sur les savoir-faire pour conserver au mieux ce patrimoine. Pour autant les problématiques liées à l'étude de ces objets sont plurielles et nécessitent de s'adapter à chaque environnement, chaque corpus, pour prendre en considération non seulement l'état de conservation, mais également les indices et les moyens d'investigation à disposition. L'objectif ici n'est pas de rendre compte de façon exhaustive de toutes les problématiques, mais d'illustrer quatre grands champs de recherche que l'on retrouve associés dans le domaine de l'archéométrie : la reconstitution de la chaîne opératoire, les pratiques et savoir-faire, la compréhension de l'évolution des relations homme/milieu et enfin l'importance du calage chronologique.

a) Les questions de chaînes opératoires

Pour l'ensemble des objets manufacturés, il s'agit de reconstituer toutes les étapes de l'extraction des matières premières jusqu'à la diffusion de produits finis. Cette chaîne

opératoire implique des choix, des contraintes et une certaine temporalité. La recherche d'indices peut alors se faire directement dans la matérialité de l'objet, mais aussi directement dans l'environnement pour retrouver par exemple les traces d'une exploitation minière. Il est alors possible de retrouver précisément le gisement, comme dans le cas de production de tuiles du X^{IV}e au X^{VIII}e dans le Calvados (Bocquet-Liénard *et al.*, 2023), ou simplement de pouvoir donner les spécificités d'une matière géologique sans vraiment reconnaître sa provenance géographique, comme dans le cas des pigments rouges à base d'oxyde de fer (Reiche *et al.*, 2023). Pour aller au-delà de la nature géologique, il est souvent nécessaire d'accéder à des référentiels ou de procéder à des prospections de gisements.

Comprendre l'origine géologique ou identifier un lieu précis d'approvisionnement permet d'une part d'accéder à la transformation de la matière première, et d'autre part de mettre en relation des individus et des sociétés qui transportent et échangent ces matières.

Reconstituer l'ensemble des étapes des chaînes opératoires est souvent difficile, mais même lorsque les informations sont partielles, elles donnent à voir la complexité des choix et des étapes et permettent d'enrichir notre compréhension de la construction d'un système technique et économique d'une société au travers d'un ou plusieurs objets.

b) Matérialité, pratique, savoir-faire

Au-delà de l'objet lui-même, penser la chaîne opératoire nécessite aussi de s'intéresser au savoir-faire et à la fabrication d'outils, la mise en place d'atelier, de transfert de connaissance pratique... Le travail des artisans nécessite l'apprentissage de gestes techniques et l'archéométrie permet d'apporter des arguments en croisant les indices retrouvés dans la matière de l'objet, et parfois avec ceux trouvés dans les écrits. Les gestes techniques peuvent parfois être décrits par différentes étapes de réalisation et confirmés seulement par des expérimentations. Une fois ces gestes compris, il est alors possible de proposer des restaurations adaptées à ces objets, comme dans le cas des brocarts appliqués (Pinto *et al.*, 2023).

Reconnaître un travail soigné et maîtrisé, comme dans le cas de gravure sur une stèle, ou au contraire retracer les étapes du travail qui ne sont pas celles d'un tailleur de pierre ou d'un lapicide nécessite des observations minutieuses, mais aussi de nombreux éléments de comparaison (Roux, 2023). Reconnaître des tuiles produites dans un même atelier nécessite

de s'intéresser à la matière première aussi bien qu'aux traces de façonnage ou encore aux températures et conditions de chauffe. Cette notion d'atelier implique un lieu (une abbaye), la construction de four et la présence d'un groupe d'individus, comme nous l'explique l'équipe de Bocquet-Liénard *et al.* (2023) dans le cas de la fabrication de tuiles.

L'archéométrie est aussi capable au travers de l'étude de vestiges archéologiques d'accéder à des conditions de vie, comme dans le cas de l'étude de la paléopathologie des enfants (Bédécarrats *et al.*, 2023).

c) Relation homme/milieu

Nous avons déjà pu illustrer plusieurs études s'intéressant à l'environnement des vestiges du passé et des approches touchant aux paléoenvironnements. Pour accéder à cette relation entre les sociétés et leur environnement, il faut pouvoir questionner (i) l'occupation de l'espace avec l'accessibilité, la localisation et l'aménagement éventuel et (ii) l'évolution de cette occupation. En croisant les informations enregistrées dans les archives naturelles et les données archéologiques, il est possible de comprendre les différentes pratiques culturelles et sociales et leur impact sur ce milieu. Les approches géomorphologiques et paléoécologiques permettent d'apporter des arguments pour aborder l'appropriation spatiale et pour retracer des dynamiques en termes de paysage ou de végétation. Il est alors possible d'accéder aux pratiques agro-pastorales passées comme dans le cadre du projet PATHWay consacré aux sociétés provençales et alpines (Calastrenc *et al.*, 2023).

Dans des espaces souterrains, la place de ces interventions humaines est souvent questionnée mais il est aussi possible d'accéder aux différentes formes d'appropriation de cet espace contraint. Grâce au concept d'anthropo-géomorphologie, il est possible de réinterroger les morphologies de ces grottes ou abris ornés ou non en les abordant en tant que « mémoires » de leur évolution et de leur transformation au cours des fréquentations humaine et animale. L'étude de ces morphologies à l'échelle du paysage et du paléo-paysage permet de reconstituer le contexte physique de ces sites et l'évolution de leur accessibilité au cours du temps (Kemper *et al.*, 2023 ; Robert *et al.*, 2023). A l'échelle du site, il s'agit de pouvoir faire la part de l'action naturelle et culturelle pour identifier des architectures, comprendre les paysages souterrains, les effets des travaux, exploitations et transformations qu'a pu connaître une grotte, comme La Mouthe depuis 125 ans (Robert *et al.*, 2023).

d) Attribution chronologique

Bien que ce ne soit pas toujours une finalité en soi, dater ou accéder à une temporalité pour la fabrication d'un objet reste une volonté forte et permet d'ancrer dans l'histoire, des micro-histoires, des actes individuels ou collectifs et redonne du sens à cette succession d'évènements. Par sa richesse de techniques analytiques, de méthodologies et d'approches, l'archéométrie propose actuellement des arguments tangibles pour proposer des attributions chronologiques. C'est bien en croisant les indices, les regards et les approches qu'il est possible de construire des chronologies relatives avant d'établir un référentiel temporel et une datation absolue. La carte géomorphologique permet par exemple de mettre les éléments et des évènements en relation et de construire des chronologies emboîtées sur différentes échelles de temps (géologique, humaine) (Kemper *et al.*, 2023). De même que la chronostratigraphie permet d'obtenir un contexte archéologique avec une fine résolution temporelle comme dans le cas de la grotte de la Mouthe (Robert *et al.*, 2023). Recontextualiser l'objet, son environnement, les conditions de fabrication, les facteurs socio-économiques sont d'autant d'éléments qui enrichissent une temporalité et qui donnent du sens à une chronologie. Comprendre ce qui a pu se passer à une date antérieure, permet également d'anticiper ce qui peut se produire à l'avenir pour préserver au mieux ces vestiges du passé.

4. Un concept dynamique pour des interactions anthropiques dynamiques : la biographie de l'objet

Au-delà de l'analyse et de l'expertise, nous venons de démontrer la place forte de l'archéométrie pour dépasser la dichotomie traditionnelle entre matérialité (objets, structures, outils) et immatérialité (discours, symboles, mémoire), en interrogeant les pratiques, les gestes et la transmission. La notion anthropologique de « biographie d'objet » permet d'intégrer ces différentes facettes matérielle et immatérielle car les preuves matérielles comprennent de nombreux éléments de la chaîne opératoire ainsi que des preuves d'utilisation, de réutilisation, de recyclage, de réparation et de dégradation. Selon Igor Kopytoff, dans son article « *The Cultural Biography of Things : Commoditization as*

Process », l'écriture d'une biographie des objets implique de poser les mêmes questions que celles qui s'appliquent aux personnes : d'où vient l'objet, qui l'a fabriqué ? Quelle était sa fonction initiale ? Quels sont les « âges » ou les périodes de la vie de l'objet et comment ses usages évoluent-ils ? Que se passe-t-il lorsque la chose arrive à son terme ? (Kopytoff, 1986). Cette approche dynamique innovante transcende une focalisation étroite sur la fabrication ou l'utilisation technique uniquement, en s'interrogeant sur le changement de la matérialité et de la perception de l'objet en fonction du contexte culturel et social, des interactions anthropiques et de la dégradation naturelle. Il s'agit d'intégrer les objets en tant qu'acteurs capables de vivre une « vie sociale » (Appadurai, 1986) et d'agir (Latour, 2007).

De nombreuses monographies consacrées à la vie sociale des choses ont été publiées depuis la fin des années 1990 (Anstett & Gélard, 2012 ; Alberti, 2005 ; Bonnot 2015 ; Bromberger & Chevallier, 2016 ; Daston, 2000 ; Dassié, 2010). En s'appuyant sur cette notion de biographie d'objet, nous pouvons définir les différentes étapes majeures de la vie d'un objet : fabrication, utilisation/réutilisation, dégradation.

Pour l'étape de la fabrication, la restitution des processus techniques implique d'étudier non seulement les outils et les moyens de production, mais aussi les matériaux. Pour la céramique, par exemple, l'analyse des différentes phases présentes dans la pâte et la glaçure ainsi que la connaissance de leurs conditions de formation, permettent d'identifier les matières premières, les conditions de préparation et de cuisson à travers une approche d'ingénierie inverse (« reverse engineering », Sciau *et al.*, 2011 ; Sciau & Goudeau, 2015). La rétro-ingénierie peut être poussée plus loin en explorant l'ensemble du système technique et en incluant les acteurs humains, les normes et les conventions techniques, la tradition, le transfert culturel, l'adaptabilité, la prescription et la variabilité.

La seconde étape s'intéresse aux fonctions, aux usages, à la réutilisation, voire au recyclage des objets. Les matériaux et la forme d'un artefact sont fortement liés à une fonction initiale. Néanmoins, les objets peuvent avoir des vies différentes déterminées par des usages distincts, parfois inhabituels ou en totale contradiction avec la fonction initiale de l'objet. Cette étape s'appuie sur des études permettant la restitution des usages passés telles que la tracéologie (Formigli, 2009 ; Linton, 2014) ou les analyses de résidus (Dolfini & Crellin, 2016 ; Efrati *et al.*, 2022 ; Koh & Birney, 2019 ; Oras *et al.*, 2017). Le recyclage est également un sujet important et innovant : les verres et les métaux peuvent être fondus et remodelés, les poteries

écrasées peuvent être utilisées pour en créer de nouvelles, les pierres architecturales sont remodelées et les sous-produits de certains processus de fabrication sont utilisés comme agents colorants. Il s'agit donc plus particulièrement de retracer des trajectoires d'objets uniques. C'est le cas de l'étude des supports épigraphiques des inscriptions antiques de Vaison-la-Romaine qui se concentre sur les différentes étapes de l'utilisation des inscriptions romaines et qui démontre la réutilisation de plaques de marbre (Roux, 2023).

Enfin, le devenir des objets nécessite de comprendre l'altération des objets et la manière dont leur vie passée modifie la lecture des matériaux, de la forme ou de l'aspect. L'identification des dégradations environnementales (atmosphère, eau, sédiments...) ou anthropiques est essentielle pour comprendre l'état actuel des artefacts et proposer de meilleurs moyens de les restaurer (Pinto *et al.*, 2023).

Conclusion

Cet état des lieux de la recherche issu d'exemples d'études présentées au XXIII^e colloque « Archéométrie » du GMPCA en mai 2022, nous confirme que l'archéométrie ne se définit pas avec des contours nets, qu'elle ne se borne pas et qu'elle est en perpétuel renouvellement. Il s'agit toujours de construire ce dialogue interdisciplinaire tout en gardant la précision et l'exigence de chacune des disciplines concernées.

Accéder à la signification culturelle de la production de tous ces objets ou de toutes les traces d'activités humaines enregistrées dans les archives est une idée vaine et n'est pas au cœur des préoccupations de l'archéométrie. Mais au travers de ce panel d'exemples, nous pouvons entrevoir la richesse de la documentation fournie autour de ces objets et le potentiel informatif de ceux-ci pour comprendre les évolutions structurelles et culturelles des sociétés du passé. En se tournant vers le futur, il s'agit d'un patrimoine enrichi de connaissances à partager et à donner à voir au travers de restaurations, d'expositions, de fac-similés à un plus large public. Les acteurs, chercheurs, restaurateurs, conservateurs, contribuent ainsi largement à la diffusion de ce savoir.

Remerciements

Nos remerciements vont tout d'abord à tous nos sponsors et partenaires qui ont rendu possible la réalisation de ce colloque. Certains d'entre eux étaient présents pour présenter leur expertise et leurs dispositifs expérimentaux (Elementar France, Hirox, Bruker et Synergie 4). Un soutien financier a été obtenu auprès des tutelles du laboratoire EDYTEM avec l'USMB et le CNRS ainsi qu'auprès de l'INRAP et d'autres sponsors (Paléotime, Specsole, Archéodénum). L'organisation du colloque ainsi que le projet de publication a bénéficié d'une aide de l'Etat gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme « Investissements d'avenir » portant la référence ANR-15-IDEX-02 (projet CDTools Patrimalp). Nous remercions la SAS (*The Society for Archaeological Sciences*) pour avoir financé le prix du meilleur poster remis à Aurélie Chassin de Kergommeaux par Brandi MacDonald. Nous remercions l'équipe du Manège et la ville de Chambéry pour nous avoir accueillis dans de très bonnes conditions. Merci à Clément Mani et le conseil départemental pour la visite guidée du Château de Chambéry. Nous ne serions oublier l'ensemble des bénévoles et des participants de ce bel évènement ainsi que les membres du laboratoire EDYTEM et du consortium Patrimalp pour leur implication dans l'organisation de cet évènement.

Références bibliographiques

- Anstett, É., Gélard, M. L., 2012. *Les objets ont-ils un genre ? : Culture matérielle et production sociale des identités sexuées*. Armand Colin, Paris.
- Alberti, S. J., 2005. *Objects and the Museum*. Isis, 96(4): 559-571.
- Appadurai, A., 1986. Introduction: Commodities and the Politics of Value. In A. Appadurai (dir.). *The Social Life of Things: Commodities in Cultural Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge-New York, 3-63.
- Bellot-Gurlet, L., Dillmann, P., 2018. L'archéométrie une discipline du passé ou un enjeu interdisciplinaire pour l'avenir ? Réflexions issues du bilan de 40 ans de colloques du GMPCA. *ArcheoSciences*, 42-1: 77-83. <https://doi.org/10.4000/archeosciences.5347>
- Bédécarrats, S., Bougault, D., Pacory, J., Goux, D., Elie, N., Naveau, M., Skeif, H., Cazin, A., Lemonnier, F., Chapelain de Seréville-Niel, C., 2023. Confrontation de l'examen macroscopique à l'étude radiographique, microtomodensitométrique et histologique de l'os et implications en paléopathologie des immatures. *ArcheoSciences*, 47: XX-XX.
- Bertrand, L., 2007. Synchrotron imaging for archaeology, art history, conservation, and palaeontology. *Physical Techniques in the Study of Art, Archaeology and Cultural Heritage*, 2: 97-114. [https://doi.org/10.1016/S1871-1731\(07\)80004-2](https://doi.org/10.1016/S1871-1731(07)80004-2)

- Bertrand, L., Dillmann, P., 2005. Synchrotron et archéométrie: compte rendu de table ronde. *ArcheoSciences*, 29: 169–171. <https://doi.org/10.4000/archeosciences.709>
- Bocquet-Liénard, A., Bataillé, M.-P., Davidson, R., Dupré, J., Leclerc, M., Thierry, M.-A., Savary, X., Dubois, A., Vincent, J.-B., Maquaire, O., Cantin, N., 2023. Les argiles utilisées au Moyen Âge et à l'époque moderne par l'industrie tuilière de Barbery (Calvados). *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Bonnot, T., 2015. La biographie d'objets : Une proposition de synthèse. *Culture & Musées*, 25 : 165-183. <https://doi.org/10.4000/culturemusees.543>
- Bromberger, C., Chevallier, D., 2016. *Carrières d'objets : Innovations et relances*. Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris.
- Cesarini, R., Laenger A., 2023. Premiers résultats d'une approche archéo-chimique sur l'habitat rural des alpages de la vallée de la Biaysse (Freissinières, Hautes-Alpes, France). *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Chalmin, E., Hœrlé, S., Reiche, I., 2017. Taphonomy on the Surface of the Rock Wall. *The Oxford Handbook of the Archaeology and Anthropology of Rock Art*. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780190607357.013.47>
- Calastrenc, C., Baleux, F., Poirier, N., Laurent, A., Philippe, M., Rendu, C., Llubes, M., 2023. Inspecter les zones d'altitude. Programme TAHMM ou le développement d'une procédure multi-source pour la prospection archéologique des terrains d'altitude. *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Daston, L. (dir.), 2000. *Biographies of scientific objects*. University of Chicago Press, Chicago.
- Dassié, V., 2010. *Objets d'affection. Une ethnologie de l'intime*. Éditions du Comité des travaux historiques et scientifiques, Paris.
- David, B., Fresløv, J., Mullett, R., *et al.* 2021. 50 years and worlds apart: Rethinking the Holocene occupation of Cloggs Cave (East Gippsland, SE Australia) five decades after its initial archaeological excavation and in light of GunaiKurnai world views. *Australian Archaeology*, 87: 1-20.
- Defrasne, C., 2014. Digital image enhancement for recording rupestrian engravings: applications to an alpine rockshelter. *Journal of Archaeological Science*, 50: 5031-5038.
- Delannoy, J.-J., David, B., Fresløv, J., Mullett, R., GunaiKurnai Land and Waters Aboriginal Corporation, Green, H., Berthet, J., Petchey, F., Arnold, L. J. , Wood, R., McDowell, M., Crouch, J. Mialanes, J., Ash, J., Wong, V. N.L., 2020. Geomorphological context and formation history of Cloggs Cave: What was the cave like when people inhabited it? *Journal of Archaeological Science: Reports*, 33: 102461.
- Dolfini, A., Crellin, R. J., 2016. Metalwork wear analysis: The loss of innocence. *Journal of Archaeological Science*, 66: 78-87.
- Efrati, B., Barkai, R., Cesaro, S. N., Venditti, F., 2022. Function, life histories, and biographies of Lower Paleolithic patinated flint tools from Late Acheulian Revadim, Israel. *Scientific reports*, 12(1): 2885.

- Formigli, E., 2009. Micro-rayures et signes d'usure. Authentification d'orfèvrerie archéologique. *ArcheoSciences*, 33: 335-339.
- Hoerlé, S., Konik, S., Chalmin, E., 2011. Les vermiculations de la grotte de Lascaux : identification de sources de matériaux mobilisables par microanalyses physico-chimiques. *Karstologia*, 58: 29-40.
- Kemper, J., Delannoy, J.-J., Jaillet, S., Ontañon-Peredo, R., Arias, P. 2023. La grotte de La Garma (Cantabrie, Espagne): Identification, structuration et spatialisation des aménagements souterrains depuis le Paléolithique, *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Kopytoff, I., 1986. The cultural biography of things: commoditization as process, In A. Appadurai (dir.), *The Social Life of Things: Commodities in Cultural Perspective*. Cambridge University Press, Cambridge-New York, 65-91.
- Latour, B., Guilhot, N., 2007. *Changer de société, refaire de la sociologie*. La Découverte poche, Paris.
- Le Quellec, J.-L., Duquesnoy, F., Defrasne, C., 2015. Digital image enhancement with DStretch®: Is complexity always necessary for efficiency? *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 2: 55-67.
- Linton, J., 2014. Modéliser la gestion des grandes lames en silex de la fin du Néolithique à partir de la quantification des traces d'utilisation. *ArcheoSciences*, 38: 235-246.
- Oras, E., Higham, T. F., Cramp, L. J., Bull, I. D., 2017. Archaeological science and object biography: a Roman bronze lamp from Kavastu bog (Estonia). *Antiquity*, 91(355): 124-138.
- Pinto, A., Poline, V., Bouvier, C., Bordet, P., Blanc, N., Fabre F., Lelong, F., Martinetto, P., 2023. The degradation of metal sheets in polychrome sculptures: the “applied brocades” of Savoy. *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Reiche, I., Chalmin E., 2014. 14.15 - Synchrotron methods: Color in paints and minerals. In: Holland H. D., Turekian K. K. (eds) *Treatise on Geochemistry* (Second Edition). Elsevier, Oxford, pp 209-239.
- Reiche, I., Tapia Reguera, J., Trosseau, A., Coquinot, Y., Maigret, A., Müller, K., Tranchant, L. , Schoeder, S., Cretin, C., 2023. Stratigraphie et matière orange-rouge de la paroi ornée paléolithique de la grotte de Font-de-Gaume, Dordogne, France. *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Robert, E., le Fillâtre, V., Calligaro, M., Lesvignes, E., Garate Maidagan, D., Rivero Vila, O., Muth, X., 2023. Anthropisation passée et impacts historiques en grotte ornée : une lecture croisée des parois de la grotte de la Mouthe (Dordogne, France). *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Roux, E., 2023. Photogrammétrie et analyse de surface des modèles 3D pour l'étude des supports épigraphiques des inscriptions antiques de Vaison-la-Romaine (Vaucluse, France). *ArcheoSciences*, 47: XX–XX.
- Sciau, P., Goudeau, P., 2015. Ceramics in art and archaeology: a review of the materials science aspects. *The European Physical Journal B*, 88(5): 132.

Sciau, P., Leon, Y., Goudeau, P., *et al.* 2011. Reverse engineering the ancient ceramic technology based on X-ray fluorescence spectromicroscopy. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 26(5): 969-976.