

A photograph of an archaeologist wearing a white hard hat, a red jacket, and a high-visibility orange and yellow safety vest. He is working in a deep, dark soil trench, using a small metal tool to carefully excavate. Another person wearing a blue hard hat and safety gear is partially visible on the right side of the frame. The background is a light blue sky with white dotted lines suggesting a circuit or network.

L'ARCHÉOLOGUE ET LA CONSERVATION

VADE-MECUM QUÉBÉCOIS

Troisième édition,
revue et augmentée

Le contenu de la présente publication a été préparé par le Centre de conservation du Québec (CCQ) du ministère de la Culture et des Communications.

Coordination du contenu de la troisième édition : André Bergeron.

Textes

Rédaction des textes : André Bergeron et France Rémillard.

Ajouts de textes pour la troisième édition :

Blandine Daux, pour la section 3.1.1, Le verre, et pour le chapitre 6, Les sites rupestres;

Kateri Morin pour la section 3.2 sur les propriétés des métaux, pour la section 3.3.5 sur l'aluminium et pour la section 3.3.6 sur le nickel et le chrome.

Autres contributions à la troisième édition :

Maxime Aubert, Adelphine Bonneau, Jack Brink et Louis Gagnon pour le chapitre 6 sur les sites rupestres;

Richard Lapointe pour la section 8.8 sur la numérisation *in situ*.

Photographies et illustrations

Illustrations intérieures : France Rémillard (MCC), Danielle Filion, Yolande Larochelle, Blandine Daux (MCC), André Bergeron (MCC), Kateri Morin (MCC), Danie Harvey (MCC).

Photographie de la couverture : Ville de Montréal.

Photographies : Michel Élie, Jacques Beardsell, Guy Couture, Jean Blanchet, Jacques Bellemarre (photographes au MCC); André Bergeron, Blandine Daux, Ariane Lalande, Kateri Morin (restaurateurs au MCC); Aurélie Desgens (Laboratoire et réserve d'archéologie du Québec), Richard Lapointe (iSCAN), Louis Gagnon (Institut culturel Avataq), Maxime Aubert (Université Griffith), Nicola-Frank Vachon (Perspective Photo), Raphaël Thibodeau (Pointe-à-Callière) et Jacques Lessard (Musée de la civilisation) (autres collaborateurs).

Rayons X : Michel Élie.

Travail infographique : Michel Élie, Jacques Beardsell, Guy Couture.

Dépôt légal – avril 2021

Bibliothèque et Archives nationales du Québec

ISBN : 978-2-550-88695-2 (version électronique)

Tous droits réservés pour tous les pays.

© Gouvernement du Québec, 2021

[Centre de conservation du Québec du ministère de la Culture et des Communications](#)

1825, rue Simple

Québec (Québec) G1N 4B7

418 643-7001

AVANT-PROPOS

L'avancement des connaissances dans les domaines de l'archéologie et de la conservation, combiné à l'accueil favorable reçu pour les deux premières éditions de *L'archéologue et la conservation*, amène aujourd'hui le Centre de conservation du Québec à présenter une mise à jour de ce *vade-mecum*.

Si la structure de la troisième édition demeure fidèle à celle des deux premières, tout son contenu a été revu et actualisé. L'acquisition de nouvelles expériences par ses auteurs et l'apparition de nouveaux matériaux en archéologie ont rendu nécessaire sa révision. Pour en bonifier le contenu et faciliter le repérage, plusieurs photographies et illustrations ont été ajoutées à cette nouvelle édition.

Par ailleurs, dans un contexte d'essor des contenus sur le Web de même que d'augmentation de la puissance des moteurs de recherche, cette troisième version se décline également en version électronique pour permettre sa diffusion plus large et en dehors des frontières.

L'archéologie est une discipline scientifique d'acquisition de connaissances sur le passé, tandis que la conservation constitue une méthode scientifique de préservation des vestiges. L'association de ces deux disciplines dans le présent *vade-mecum* vise donc à la fois à donner accès à une meilleure connaissance de l'histoire et à assurer une conservation plus efficiente de ses vestiges pour les générations futures.

L'archéologue et la conservation présente un aperçu de la conservation archéologique ainsi qu'une synthèse des disciplines liées, d'une part, à l'archéologie et aux travaux sur le terrain et, d'autre part, aux savoirs et aux savoir-faire des professionnels de la restauration et de la conservation.

Le Centre de conservation du Québec, une expertise unique au service du patrimoine et de l'archéologie

Le Centre de conservation du Québec du ministère de la Culture et des Communications offre une expertise publique et unique au service du patrimoine depuis 40 ans. Il propose, en plus de services-conseils en conservation préventive, des services de restauration et de formation. Pour davantage d'information, visitez le www.ccq.gouv.qc.ca.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	3
TABLE DES MATIÈRES	4
INTRODUCTION	8
1 L'ÉVOLUTION DES OBJETS APRÈS L'ABANDON	10
1.1 Le sol.....	11
1.1.1 Le profil en coupe	11
1.1.2 La texture.....	11
1.1.3 La chimie du sol.....	12
1.2 Le milieu marin.....	13
1.2.1 Le rôle de l'eau	13
1.2.2 La présence des sels.....	14
1.2.3 La présence de gaz dissous.....	14
1.2.4 La sédimentation	15
1.2.5 La faune.....	15
1.2.6 La connaissance du milieu	16
2 LE TRAVAIL DE CONSERVATION SUR LE TERRAIN	17
2.1 Avec ou sans restaurateur	17
2.2 Le début de la fouille	18
2.3 Au cours de la fouille.....	20
3 MATÉRIAUX INORGANIQUES.....	23
3.1 Les matériaux siliceux.....	23
3.1.1 Le verre.....	24
3.1.2 La céramique	31
3.1.3 La pierre.....	34
3.2 Les propriétés des métaux	36
3.2.1 Le métal archéologique	36
3.2.2 Comment arrêter le processus de corrosion	37
3.2.3 La corrosion galvanique	39
3.3 Les métaux, dans le détail	42
3.3.1 Le fer.....	43
3.3.2 Le cuivre et ses alliages	47
3.3.3 Le plomb et ses alliages	50
3.3.4 L'or et l'argent.....	51
3.3.5 L'aluminium	52
3.3.6 Le nickel et le chrome.....	54

4 MATÉRIAUX ORGANIQUES	57
4.1 Coquillages	58
4.1.1 Description	59
4.1.2 État à l'extraction	59
4.1.3 Soins particuliers	59
4.2 L'os, l'ivoire et l'andouiller	60
4.2.1 Description	60
4.2.2 État à l'extraction	62
4.2.3 Soins particuliers	63
4.3 Peau et cuir	66
4.3.1 Description	66
4.3.2 État à l'extraction	67
4.3.3 Soins particuliers	68
4.4 La vannerie et les cordages	69
4.4.1 Description	69
4.4.2 État à l'extraction	70
4.4.3 Soins particuliers	70
4.5 Textiles	72
4.5.1 Description	72
4.5.2 État à l'extraction	73
4.5.3 Soins particuliers	73
4.6 Bois	75
4.6.1 Description	75
4.6.2 État à l'extraction	75
4.6.3 Soins particuliers	76
4.7 Végétaux carbonisés	79
4.7.1 Description	79
4.7.2 État à l'extraction	79
4.7.3 Soins particuliers	79
5 LES COMPOSITES	81
5.1 Comportement des composites dans le sol	81
6 LES SITES RUPESTRES	83
6.1 Les agents de dégradation	84
6.1.1 Facteurs de dégradation mécanique	84
6.1.2 Facteurs de dégradation physicochimique	84
6.1.3 Facteurs de dégradation biologique	85
6.1.4 Facteurs de dégradation anthropique	87
6.2 Les moyens de conservation	89
6.2.1 La « conservation passive »	90
6.2.2 La « conservation active »	93

7 LES TECHNIQUES APPLIQUÉES À L'ARCHÉOLOGIE	98
7.1 La consolidation <i>in situ</i>	98
Matériaux conseillés pour la consolidation	99
7.2 La levée en bloc	101
7.3 Les profils de parois	109
7.4 Le nettoyage	117
7.4.1 Les objets secs	117
7.4.2 Les objets humides	118
7.5 Le remontage	119
7.6 La numérotation	122
7.7 Les moulages	123
7.8 La numérisation des structures <i>in situ</i>	127
7.9 La protection des structures archéologiques <i>in situ</i>	129
7.9.1 Une protection en niveaux	130
7.9.2 Les inconvénients	131
7.9.3 Un agent de dégradation inattendu	131
8 LA CONSERVATION PRÉVENTIVE APRÈS LA FOUILLE	133
8.1 La restauration et la conservation	133
8.1.1 La restauration	133
8.1.2 La conservation	134
8.2 Une question de temps	135
8.3 La conservation préventive	136
8.4 Les conditions environnementales	137
8.4.1 Un changement de vocabulaire	137
8.4.2 Une évolution des pratiques	138
8.4.3 Une performance pour chaque type d'édifice	139
8.4.4 L'humidité relative et la température	139
8.4.5 Les taux d'humidité recommandés	141
8.5 La lumière	142
8.6 La réserve	144
8.7 La manipulation et le transport	147
8.8 La poussière et la pollution	152
8.9 Les moisissures	153
8.10 Les insectes	154
8.11 Les vitrines et les microclimats	155
8.11.1 Le choix des matériaux	156
8.11.2 L'éclairage	156
8.11.3 Le gel de silice	157
8.12 La mise en valeur	159
8.13 Les mesures d'urgence pour les institutions préservant des collections	163

BIBLIOGRAPHIE LIÉE À LA CONSERVATION PRÉVENTIVE.....	165
BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE.....	166
ANNEXE I.....	168
ANNEXE II.....	171
ANNEXE III.....	179

INTRODUCTION

Idéalement, tout chantier de fouille d'importance devrait bénéficier sur place des services d'un restaurateur qui s'occupe des questions de soclage, de consolidation, de levée, de nettoyage, d'entreposage temporaire, d'emballage et d'expédition des artefacts aux laboratoires d'analyse et de traitement. Dans la pratique, l'expertise et les ressources font régulièrement défaut, si bien que les missions sont trop souvent menées dans des conditions fort éloignées de ce qu'elles devraient être. Sachant que c'est le plus fréquemment à l'archéologue qu'il revient d'assumer sur le chantier le rôle du restaurateur, nous avons voulu lui fournir un bagage d'information qui lui permettra, nous l'espérons, de mieux comprendre les processus de dégradation qui touchent les spécimens qu'il recueille et d'agir immédiatement pour contrer les effets souvent irréversibles de leur exhumation.

Même s'il existe de nombreuses recettes en matière de restauration, la pratique des activités de conservation ne saurait se résumer à l'utilisation machinale d'un produit ni à l'application de trucs particuliers à la profession. La plupart du temps, il suffit de savoir poser le bon geste au moment opportun. Le présent manuel a donc été conçu afin de permettre de donner des soins d'urgence sur le terrain, un peu à la façon d'un manuel de secourisme.

Un des objectifs du présent ouvrage est de prévoir les besoins en matière de conservation archéologique de même que d'élaborer une stratégie d'intervention adaptée aux matériaux que l'archéologue s'apprête à mettre au jour. Nous avons tenté d'organiser son contenu en fonction des conditions de fouille, ainsi que des types de matériaux découverts en sol québécois. La diversité des situations professionnelles des archéologues du Québec, qui travaillent pour divers paliers gouvernementaux, dans le milieu universitaire ainsi que dans la pratique privée, entraîne de grandes différences quant aux mandats : depuis la surveillance, l'inventaire et la reconnaissance jusqu'à la fouille et les interventions d'urgence et de sauvetage. Cette diversité amène également une disproportion entre les objectifs à atteindre et les moyens que l'on peut y consacrer du point de vue des ressources, du temps et des budgets. L'impossibilité de décrire toutes les situations ne nous a pas empêchés de proposer des solutions, idéales peut-être, qui nécessiteront de chaque acteur une certaine adaptation.

Après un préambule portant sur le milieu d'abandon, ainsi qu'une présentation sur la démarche de conservation sur le terrain, suivent trois sections divisées par catégorie de matériaux : inorganiques, organiques et composites. Pour chaque matériau, nous fournissons une brève description de sa composition, à partir de laquelle nous évaluons son probable état de « santé » en fonction du milieu. Viennent ensuite les recommandations concernant les précautions à prendre et les soins à donner aux artefacts *in situ*. À la version électronique du *vade-mecum* s'ajoute une nouvelle section, qui propose quelques considérations pour la préservation des sites rupestres.

Une section du manuel est consacrée aux techniques appliquées à l'archéologie. Nous y présentons quelques problèmes particuliers liés à la fouille ainsi que des pistes de solution. Du nouveau contenu s'ajoute à cette section, puisqu'on y retrouve de l'information sur l'enregistrement numérique par balayage laser, qui a révolutionné l'enregistrement de l'information archéologique. Un nouveau chapitre concerne la protection des structures archéologiques *in situ*. Nous présentons également quelques notions sur le nettoyage, le remontage et la numérotation des objets.

Enfin, puisque les archéologues sont de plus en plus sollicités pour la mise en valeur de leurs découvertes et de leurs travaux, une section présente l'essentiel de la conservation préventive des collections après la fouille. Nous présentons également au lecteur la restauration et la conservation en tant que disciplines.

Trois annexes viennent compléter le manuel : l'annexe I indique les éléments constitutifs d'une trousse de base pour les interventions de terrain; l'annexe II porte sur le vocabulaire lié aux méthodes et aux matériaux employés pour la conservation; l'annexe III explique des notions importantes concernant la sécurité et la manipulation des produits chimiques.

L'écart qui sépare l'étude des sociétés humaines et la préservation de sa culture matérielle est minime. Pour le combler, des ponts doivent être construits entre archéologues et restaurateurs, pour bâtir une relation basée sur l'interdisciplinarité et la complémentarité. C'est dans ce contexte que ce vade-mecum prend toute son importance, en tant que contribution aux échanges et au partage de l'expertise.

Le présent manuel est le fruit de nombreuses années de travail effectué sur le terrain aux quatre coins du Québec. Éminemment perfectible, il aura cependant le mérite de constituer une tentative de rapprochement entre l'archéologie et la conservation, deux disciplines qui peuvent grandement bénéficier l'une de l'autre.

1 L'ÉVOLUTION DES OBJETS APRÈS L'ABANDON

Beaucoup d'activités humaines ne laissent aucune trace. De celles qui en laissent, quelques fragments seulement survivront à l'abandon. L'artéfact (objet, fragment ou structure) qui a survécu à cet abandon et que l'archéologue met au jour pendant une fouille est « désactivé », c'est-à-dire qu'il n'appartient plus au contexte qui l'a produit et utilisé, mais plutôt au monde d'où il est exhumé. À la suite de son abandon, il a subi des modifications qui ont altéré son aspect physique, et même sa nature chimique, jusqu'à ce qu'il atteigne un état d'équilibre avec le milieu d'enfouissement; puis, une fois son état stabilisé, il a fait corps avec le sol et il appartient désormais à un milieu différent de celui de la surface où il a été abandonné.

Lorsque l'archéologue prélève un artéfact, il modifie l'environnement immédiat de ce dernier.

À coup sûr, l'archéologue perturbe l'équilibre atteint par l'objet après l'enfouissement. Il déclenche une autre série de modifications et d'altérations dont le résultat ultime est un rééquilibrage avec les nouvelles conditions climatiques. De stable qu'il était, l'objet se retrouve, à la suite de son exhumation, dans un état plus ou moins précaire. Ainsi, l'archéologue peut s'attendre à voir sa nouvelle trouvaille se détériorer plus ou moins rapidement sous ses yeux. Tout ce processus est fort bien représenté par le diagramme de Hodges (figure 1) :

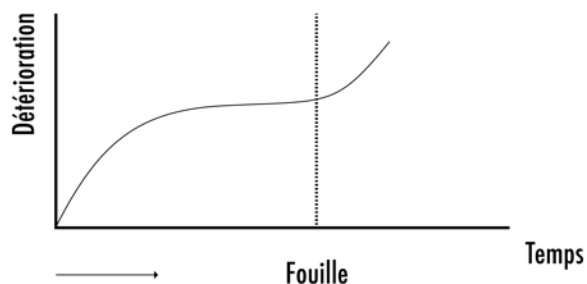


Figure 1 : Le diagramme de Hodges, illustrant la vie d'un artéfact après son enfouissement.
© Blandine Daux, CCQ (d'après Henry Hodges, communication personnelle, publié par Elisabeth Dowman, dans *Conservation in Field Archeology*, Methuen, 1970, p. 4.)

Le degré de détérioration subie par un objet après enfouissement, et ensuite après extraction, dépendra de sa composition et de celle du sol. Tous les matériaux peuvent être altérés physiquement. Les principales détériorations physiques sont l'abrasion, les déformations mécaniques, les fractures, les fissures, les gauchissements ou les éclatements, dont les causes peuvent être les mouvements du sol, son irrigation et les cycles de température et de gel. L'action chimique, plus complexe, implique la transformation à l'échelle moléculaire de la matière de l'objet en réaction avec les composantes du sol. L'hydrolyse et l'oxydoréduction constituent les deux principales voies de dégradation chimique. La présence d'organismes vivants dans le sol peut aussi engendrer des modifications physiques et chimiques des matériaux enfouis : corrosion et dégradation causées par des bactéries, effritements provoqués par des radicules ou des insectes, appauvrissement de leur teneur en certaines substances, etc.

C'est donc l'action concertée des agents chimiques, physiques et biologiques qui mène l'artéfact soit à une disparition totale, soit à un équilibre avec son environnement. Une connaissance préalable du sol permettra à l'archéologue sinon de prédire, du moins d'expliquer l'état de « santé » des objets qu'il peut y découvrir. Plus encore, elle lui permettra de réagir de façon appropriée et d'appliquer les mesures de conservation qui s'imposent.

1.1 Le sol

Le sol est la zone meuble en perpétuelle évolution, située entre la roche-mère et la surface. C'est le domaine de l'archéologue. C'est le cimetière naturel des structures, des écofacts, des artéfacts et autres témoins du vécu à travers les âges.

Le sol se définit comme une entité naturelle, formée par l'altération progressive de la roche-mère ou du sédiment. Il se constitue sur des plages stables, c'est-à-dire sans dépôt ni érosion, en couches ou horizons superposés et parallèles à la surface. Son développement s'effectue très lentement, la période minimale de formation s'élevant à une centaine d'années, alors que la période normale s'évalue autour de plusieurs centaines d'années, parfois des milliers. Cette entité constitue un système dynamique complexe dans lequel les constituants sont en mouvement.

Les pédologues retiennent plusieurs facteurs pouvant influencer sur la formation des sols : le climat, les organismes vivants tels que la flore et la faune, le relief topographique, la roche-mère, le temps, etc. Certains d'entre eux servent d'indicateurs à l'archéologue : indicateurs d'âge, de climat et de changements climatiques antérieurs, d'environnement local, ou indicateur stratigraphique. Plus encore, le sol peut fournir des indices permettant de prédire les chances de survie de certains matériaux dans un contexte donné.

Généralement, la surface d'un sol enfoui, parce qu'elle a été formée sur une plage de paysage stable, constitue une zone riche en matériel archéologique. Les artéfacts, les écofacts et les structures s'y trouvent ensevelis sous une couche de sédiment, un dépôt marin, alluvial, éolien ou autre. L'emplacement des objets dans un profil en coupe, la texture du sédiment le recouvrant et celle des horizons sous-jacents, ainsi que la chimie locale, ont des effets importants sur les matériaux constitutifs de ces objets.

1.1.1 Le profil en coupe

En règle générale, plus l'enfouissement est profond, plus la concentration d'oxygène diminue, réduisant par le fait même les réactions destructrices d'oxydation des matériaux. Ainsi, dans la toundra arctique et sur les sommets montagneux, les sols ne se forment pas en profondeur; pourtant, il arrive que les archéologues y mettent au jour des objets très peu altérés. Dans ces contextes, l'état de dessiccation des sols ou les faibles températures contrecarrent l'effet de l'oxygène. La profondeur n'est donc pas le seul facteur à considérer. La géomorphologie du lieu de même que son emplacement géographique représentent d'autres aspects déterminants.

1.1.2 La texture

L'étude du milieu d'enfouissement ne saurait faire abstraction de la texture du dépôt recouvrant les objets et de celle des horizons sous-jacents. Par « texture », nous entendons la dimension des particules composant le sol. Fondamentalement, il existe quatre calibres de particules : le sable (le plus gros), le terreau (loam), le limon et l'argile (le plus fin). Les dépôts et les horizons se présentent le plus souvent comme un mélange de particules avec une prédominance plus ou moins nette d'un type de particules.

La texture des horizons contrôle le drainage de l'eau et la filtration des gaz atmosphériques, des substances organiques et des minéraux à travers le profil. Ainsi, un dépôt sablonneux est perméable et l'eau qui s'y trouve sera rapidement drainée. Par opposition, les particules d'argile étant très fines, elles absorbent et retiennent beaucoup d'eau. Elles sont généralement peu perméables aux gaz atmosphériques. Dans le climat humide québécois, les objets enfouis sous les dépôts sablonneux de surface seront le siège d'une intense activité chimique. Ils y périront par oxydation et hydrolyse acide, par lessivage et déshydratation successifs. Dans les sols argileux, ils se gorgeront d'eau et de minéraux. Se trouvant en atmosphère anaérobie, ils seront soustraits à l'influence néfaste de la plupart des agents biologiques. D'une manière générale, les objets

auront de meilleures chances de survie dans ce contexte. Les chances seront aussi excellentes dans le cas d'objets enfouis dans un horizon sablonneux recouvert d'un dépôt argileux, car l'horizon fouillé sera protégé de l'eau et de l'oxygène par l'argile qui agira alors comme une couche imperméable.

1.1.3 La chimie du sol

La chimie du sol peut être caractérisée par son pH. L'échelle de pH (voir la figure 2) mesure la concentration des ions H^+ dans le milieu.

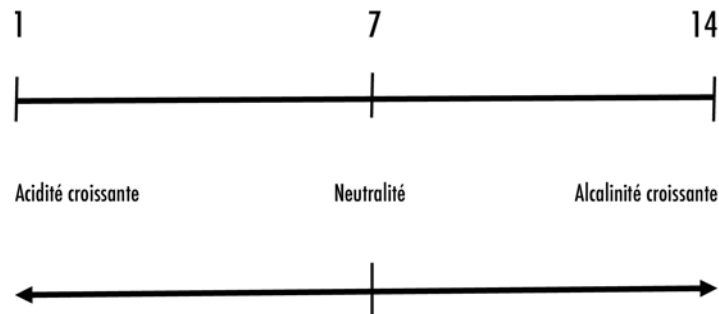


Figure 2 : Échelle de pH.

Le pH des sols peut varier de 2 à 11 dans les cas extrêmes, mais le plus souvent, il se situe entre 5 et 9. Lorsqu'il est évalué à 7, il est neutre; en dessous de cette valeur, il est acide; et au-dessus, il est qualifié de « basique » (alcalin).

Le sol constitue un milieu réactionnel, parce qu'il dispose d'un certain nombre d'ions échangeables en solution. Les ions les plus courants sont : Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ , H^+ , Cl^- , NO_3^{2+} , SO_4^{2-} , HCO_3^- , CO_3^{2-} et OH^- . Ces ions sont des particules réactives chargées électriquement, appelées « cations », lorsque leur charge est positive, et « anions », lorsque leur charge est négative. Ce sont les réactions entre les cations et des anions qui déterminent l'acidité ou la salinité du milieu.

L'acidité du sol est principalement liée à la solubilisation du gaz carbonique (CO_2) présent dans l'eau de pluie : l'ion H^+ de l'eau se combine avec le gaz pour former de l'acide carbonique. Les racines des plantes et les microorganismes engendrent du CO_2 aussi transformé en acide. Par contre, les alcalis, responsables de l'alcalinité d'un sol ou d'un horizon, proviennent surtout des éléments métalliques alcalins (Na^+ , K^+) et alcalino-terreux (Ca^{2+} , Mg^{2+}) fournis en grande partie par la roche-mère. Lorsque les molécules responsables de l'acidité entrent en contact avec celles qui produisent de l'alcalinité, une réorganisation s'opère : des sels se forment et le pH tend vers la neutralité. En solution, les sels sont ionisés, mais ils ne modifient pas le pH.

En général, l'horizon de surface est le siège d'une intense activité chimique. Dans cet horizon se produisent la transformation en humus et la minéralisation; la première transforme la matière organique en des complexes organiques différents, la seconde la décompose complètement en ses constituants fondamentaux, soit en gaz et en minéraux. Ces derniers sont ensuite transportés vers les horizons inférieurs. L'horizon B situé sous l'horizon de surface est, à l'encontre de celui-ci, une zone d'accumulation : enrichissement en fait de minéraux venus de la roche-mère ou de l'horizon de surface, enrichissement en ce qui concerne les éléments organiques et les particules fines. Pour sa part, l'horizon C désigne la roche-mère. Cette zone joue un rôle passif, c'est-à-dire qu'il ne s'y produit aucune transformation chimique des produits de la couche supérieure, sinon des réactions réversibles.

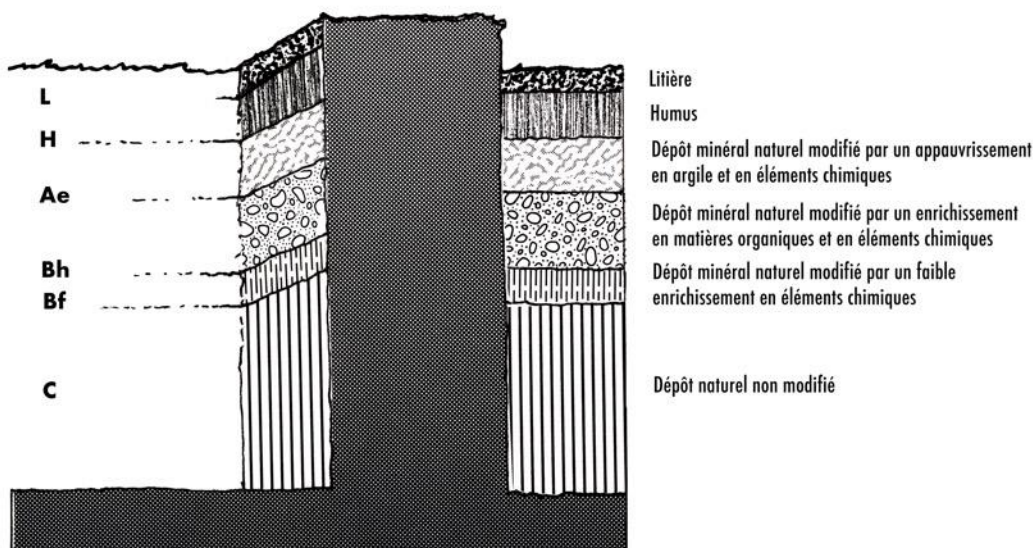


Figure 3 : Profil de sol en vue de coupe. © Daniel Chevrier, archéologue

La température, quant à elle, modifie la vitesse à laquelle se produisent les réactions. La règle approximative à cet égard est la suivante : pour chaque hausse de 10 °C, la réaction chimique double de vitesse. Ainsi, la vitesse de dégradation sera 2 fois plus rapide à 20 °C qu'à 10 °C.

Pour l'objet, la chimie du sol représente donc un vecteur majeur de modification et de désintégration. Certains objets pourront survivre dans des conditions de pH acide (cuir et fibres kératineuses : soie et laine) ou alcalin (fer, os, bois, fibres cellulosiques : coton), mais la plupart seront mieux préservés dans des milieux à pH neutre.

En règle générale, les objets se conservent bien dans un sol sec. L'eau, agissant comme solvant des réactifs, n'est pas favorable à la conservation. Toutefois, lorsqu'elle imbibe complètement le sol, réduisant l'accès des gaz atmosphériques et limitant aux seules bactéries anaérobies l'action destructrice des agents biologiques, la conservation peut y être meilleure que dans un sol humide. Par ailleurs, la présence de sels solubles dans l'eau cause la corrosion des métaux. Les sels s'infiltrant en profondeur dans les matériaux poreux les transforment en concrétions en surface et des assèchements cycliques causent leur effritement progressif.

Certains sels peu solubles, en minéralisant des spécimens fugaces, permettent la préservation par fossilisation de renseignements qui autrement seraient perdus. D'autres sels, à des concentrations données, empêchent l'activité biologique, favorisant de ce fait la préservation de certains spécimens. C'est le cas des sels de cuivre.

Enfin, il est clair que les températures basses joueront un rôle positif dans la préservation des objets archéologiques. Ainsi, les pergélisols constituent d'importantes mines d'information pour les archéologues.

1.2 Le milieu marin

1.2.1 Le rôle de l'eau

L'eau est l'acteur le plus important de ce système dynamique que représente le milieu marin, puisqu'elle possède la particularité d'être un solvant universel et un excellent transporteur d'ions, de molécules, de bactéries et autres. C'est sa nature bipolaire (un pôle positif et un pôle négatif)

Alors que l'ion carbonate est le principal responsable de l'alcalinité de l'eau de mer, l'ion hydrogène-carbonate en tamponne le pH, il en ralentit les fluctuations. Cet effet tampon explique la stabilité du pH en dépit des dilutions locales et de l'ajout de petites quantités d'acides ou de bases qui pourraient survenir. Cette stabilité est essentielle à la survie des multiples organismes vivants dont la mer est l'hôte permanent. La concentration d'oxygène y varie suivant la profondeur. Dans les zones où elle est élevée, en surface donc, les réactions d'oxydation dominent, alors qu'en profondeur, les réactions de réduction l'emportent. Ces réactions s'accompagnent de transferts d'électrons; et qui dit transfert d'électrons, dit courant et potentiel électrique. Ce potentiel appelé « redox » est mesurable : les scientifiques estiment qu'il varie de 0,00 à +0,25 dans la zone d'oxydation et de 0,00 à -0,30 dans la zone de réduction. Les mesures de concentration de l'oxygène dissous et du potentiel redox d'un site fournissent des pistes pour prédire le type de corrosion des métaux de même que le potentiel de survie de certains matériaux. Ainsi donc, les restaurateurs souhaiteront connaître le potentiel redox de l'eau du milieu de provenance de l'objet mis au jour.

1.2.4 La sédimentation

Le milieu marin étant le « terminus » des cours d'eau et le « déversoir » de l'atmosphère terrestre, des tonnes de matière s'y trouvent continuellement précipitées. Comme seulement le quart de ces matières minérales et organiques est soluble, tout le reste y demeure en suspension, dans l'attente d'une transformation qui les enverra par le fond où elles rejoindront le cimetière des microorganismes décédés. Ce phénomène de dépôt continu s'appelle la « sédimentation ». Et c'est sur, dans ou sous ce sédiment qu'aboutissent les artefacts immergés.

Par ailleurs, le sédiment est le centre d'un processus de transformation dynamique et important. Sa qualité varie suivant la taille des particules, son degré de compaction et sa teneur en eau. De plus, la concentration des ions dans le sédiment diffère de celle qui se trouve dans le liquide surnageant. Le sédiment est le siège d'échanges intensifs d'ions. L'argile et les zéolithes dont il est constitué en sont responsables. L'industrie se sert d'ailleurs des zéolithes, ces particules sédimentaires sous-marines, pour extraire des ions. Il faut donc s'attendre à ce que les objets sous le sédiment soient en moins bon état que ceux gisant en surface.

1.2.5 La faune

La mer, après avoir donné naissance à la vie sur Terre, est demeurée très « giboyeuse ». À l'heure actuelle, les effets des organismes marins sur les objets immergés n'ont pas encore été circonscrits. On a certes remarqué la présence de mollusques et de tarets qui, dans les zones aérobies, parasitent le bois et la pierre. Certains parasites xylophages tapissent de calcaire les tunnels qu'ils creusent dans le bois. Il y a également des champignons qui tapissent le bois et les fibres textiles. Rappelons que tous ont besoin d'oxygène pour leur survie.

Les microorganismes abondent également dans la mer. Les bactéries, ou diatomées, jouent un rôle important dans la transformation du sédiment; c'est d'ailleurs à l'interface eau-sédiment qu'elles se trouvent en plus grande concentration. Il en existe deux types : les bactéries aérobies et les bactéries anaérobies.

L'oxydation des matières organiques par les bactéries aérobies entraîne une baisse de l'oxygène local. Cette dernière favorise les bactéries anaérobies qui utilisent l'oxygène des ions sulfates (SO_4^{2-}) pour présider à la digestion des matières organiques. S'ensuit une réduction du soufre qui se manifeste par la formation d'hydrogène sulfureux (H_2S); on qualifie ces bactéries de « sulforéductrices ». L'hydrogène sulfureux assiste, entre autres choses, à la réduction du fer et du manganèse qui, à l'état réduit, passent en solution. Outre l'accélération de la corrosion des métaux, l'hydrogène sulfureux est responsable de la formation de ces taches noires sur la glaçure des céramiques et il finit par opacifier le verre et le bois. Ces taches résultent en effet de la transformation des oxydes de fer, en suspension dans l'eau, en des sulfures ferreux qui précipitent. Les bactéries sulforéductrices présentes sous les concrétions poursuivent leur action pendant un

certain temps après l'extraction. Elles sont responsables de l'odeur caractéristique d'œuf à la coque qui se dégage des objets archéologiques de provenance sous-marine.

1.2.6 La connaissance du milieu

Dans les zones peu profondes et de circulation intense, l'eau de mer est légèrement oxydante; ailleurs, elle peut être réductrice. La connaissance du milieu (emplacement géographique, salinité, O₂ dissous, pH, potentiel redox, etc.) aidera à prévoir l'état des objets avant leur mise au jour et aussi à mettre au point des soins appropriés. Ainsi, le milieu d'enfouissement du *Titanic*, gisant par 4000 m de fond dans l'Atlantique Nord, est passablement différent de celui de l'épave de la flotte de William Phips, trouvée à quelques mètres de profondeur dans l'estuaire maritime du fleuve Saint-Laurent. C'est la raison pour laquelle il peut être important pour les conservateurs-restaurateurs de connaître ces paramètres physicochimiques, non seulement pour le site, mais également pour les objets qui s'y trouvent.

En raison de la complexité de ce milieu et de l'équilibre qui s'installe entre l'objet immergé et son environnement, il est primordial pour la survie de nombreux spécimens de les maintenir dans l'eau ou, à tout le moins, de les conserver mouillés et de s'assurer que les premières mesures de stabilisation pourront être prestement mises en œuvre par des restaurateurs.

Il faut savoir que le changement de salinité causé par l'immersion des objets dans de l'eau douce a pour effet d'éliminer plusieurs organismes vivants de l'action de ces objets. Ce simple changement de milieu en apparence banal s'accompagne d'un va-et-vient important d'ions et de molécules, qui a pour objectif de rétablir l'équilibre de concentration de ces substances entre le solide et le liquide.

Pour certains matériaux, comme le verre irisé et opacifié, cette activité soudaine pourrait causer des effritements de surface. Cet état commande donc un passage graduel d'un milieu à l'autre, c'est-à-dire par étapes, en remplaçant chaque fois une partie seulement de l'eau de mer par de l'eau douce, une opération qu'il conviendra d'effectuer en laboratoire.

Les fouilles sous-marines sont habituellement fécondes. Cependant, les objets qui en sortent se trouvent dans un état précaire. En règle générale, l'état des matériaux doit être documenté à la sortie de l'eau. Les objets devront dès lors être gardés en observation pour que tout changement dans leur état soit décelé, auquel cas un restaurateur sera mis au courant.

Bibliographie

BIRKELAND, Peter W. *Soils and Geomorphology*, New York, Oxford University Press, 1984, 372 p.

LANDRY, B., et M. MERCIER. *Notions de géologie*, Montréal, Modulo, 1983.

POUGH, Frederick H. *Rocks Minerals*, Peterson Field Guide series, Boston, Houghton Mifflin Cie, 1981.

RAYMOND, René. *Notions élémentaires de pédologie*, publication n° 294, ministère de l'Agriculture et de la Colonisation, Québec, 1969.

Pour en apprendre davantage :

[Conservation préventive : Des règles toutes simples](#)

[Conservation préventive : Une question d'équilibre](#)

2 LE TRAVAIL DE CONSERVATION SUR LE TERRAIN



© Commission de la capitale nationale du Québec

2.1 Avec ou sans restaurateur

La participation d'un restaurateur aux travaux quotidiens des équipes de fouille n'est pas toujours nécessaire. Avant toute chose, la nature du site et la fragilité des matériaux mis au jour par l'archéologue déterminent la marche à suivre. Au Québec, ce sont principalement les sites archéologiques de l'Arctique et les sites marins qui ont bénéficié de cette expertise, surtout en raison de l'état des objets mis au jour. Notons que l'éventail des mesures retenues pourra grandement varier selon le type de site. La fouille d'un site amérindien, où seulement du matériel lithique a été découvert, s'effectuera avec un minimum de mesures de conservation.

Dans le domaine subaquatique, par contre, une fouille effectuée sans conservation équivaut à du vandalisme¹.

L'archéologue joue toujours un rôle de premier plan dans la préservation des objets qu'il va mettre au jour. C'est à lui qu'incombe la responsabilité d'en assurer la bonne conservation, en adoptant

1 C. PEARSON, « On-site conservation requirements for marine archaeological excavations », *International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, vol. 6, 1977, p. 37-46.

des mesures appropriées sur le terrain. Il doit également assurer le suivi des mesures de conservation après la fouille.

La première étape de la mise en place d'une stratégie de conservation consiste, avant le début de la fouille, à comparer le site avec d'autres sites et à évaluer, si c'est possible avec un restaurateur, la nature des matériaux qui pourraient être découverts. Il est bien sûr difficile de prévoir avec exactitude le degré de précarité des objets que le fouilleur va découvrir, mais en se documentant sur les problèmes particuliers qu'il risque d'éprouver, en se renseignant par des lectures et grâce à des contacts sur les meilleures méthodes pour les contourner ou les atténuer, l'archéologue apporte une contribution précieuse à la bonne conservation des objets qu'il va mettre au jour.

Lorsqu'ils sont disponibles, les résultats des sondages et des observations effectuées lors d'une reconnaissance préliminaire seront particulièrement importants en raison des données précieuses recueillies sur la nature du milieu d'enfouissement. C'est également lors de cette étape qu'il convient de s'assurer que les connaissances nécessaires, ainsi que les infrastructures appropriées d'entreposage et de traitement seront disponibles. Il faut aussi vérifier si la participation d'un restaurateur sera indispensable lors de la mise au jour des objets.

Dans l'éventualité de la participation d'une équipe de conservation aux travaux, la détermination d'un *modus vivendi* entre l'équipe archéologique et celle de conservation **avant** le début des travaux est essentielle à la bonne marche des opérations sur le terrain, et ce, pour éviter toute confusion et tout égarement des objets lors de leurs déplacements. Il convient également de clarifier la procédure de suivi, ce qui inclut le prélèvement, la numérotation, l'enregistrement de l'information, le traitement et le transport des objets jusqu'au laboratoire de conservation.

Les archéologues, par exemple, pourront préférer un regroupement des objets par unités de fouille, alors que les restaurateurs favoriseront une localisation par matériau. Il est également nécessaire de prévoir tout le matériel d'entreposage temporaire, et même d'en apporter plus que moins dans le cas de fouilles éloignées des centres urbains, puisque l'envoi *a posteriori* de l'équipement et de matériaux sur le site sera certainement plus coûteux. Rappelons que l'objectif est avant tout de minimiser l'effet du changement des conditions environnementales sur les objets, en assurant une mise au jour où les spécialistes connaissent à l'avance le rôle qu'ils seront appelés à jouer sur le terrain.

2.2 Le début de la fouille

Lorsque la fouille débute, le prélèvement des objets doit être effectué de façon à tenir compte de la nature des matériaux, de leur volume et de leur fragilité. Souvent, le prélèvement de l'objet avec une partie de son milieu d'enfouissement contribuera grandement à améliorer sa condition ultérieure. Cela est particulièrement adapté aux objets provenant du pergélisol, qui nécessitent un transport rapide vers le laboratoire de conservation.

Pour les sites subaquatiques, les objets seront prélevés dans des contenants en vue de les conserver dans de l'eau, souvent en procurant à chacun un support adapté à sa forme. L'acheminement sans délai des objets au laboratoire de terrain va permettre d'assurer leur prise en charge par le restaurateur qui participe aux travaux. À cet égard, leur localisation dans un même lieu de travail facilitera grandement les échanges et la nécessaire collaboration entre l'équipe archéologique et l'équipe de conservation.

Dans un premier temps, au moment de la sortie du milieu d'enfouissement et après l'enregistrement par l'équipe archéologique, le restaurateur franchit une étape cruciale pour le suivi des objets, soit la rédaction du « constat d'état ». L'examen de chaque objet (ou fragment d'objet) permet de consigner des données indispensables pour le traitement ultérieur au laboratoire, en constituant un portrait de son état lors de sa mise au jour. La forme ainsi que le support que présente cette documentation peuvent varier, mais l'information qu'elle renferme va consister en une description générale de l'objet, du ou des matériaux, de sa forme, de ses dimensions, de sa couleur, de sa technologie de fabrication, de son décor, des traces d'utilisation, en bref, de tous

Des fiches préparées par un restaurateur permettront d'uniformiser les constats et d'en simplifier la consultation (voir la figure 4). La présence de mots clés associés à l'état facilite la rédaction, pour autant que l'archéologue maîtrise le vocabulaire de base de la conservation².

Figure 4 : Exemple de constat d'état. © Kateri Morin, CCQ

Le traitement des objets sur le site même devra être évité, si c'est possible, ou être limité aux cas d'urgence; il est important de se rappeler qu'un simple lavage modifie l'état de l'objet et qu'il peut diminuer les possibilités d'analyse ultérieures et enclencher un processus d'altération irréversible. Les soins à apporter aux objets pourront s'avérer relativement simples, comme ce sera souvent le cas de la céramique découverte dans un environnement sec ou du matériel lithique. Ici, c'est la protection physique des objets qu'il convient d'effectuer de façon prioritaire, en les protégeant des chocs.

À l'autre extrême, le traitement des objets pourra exiger des connaissances spécialisées et mettre en jeu un coût élevé récurrent, comme le cas d'un canon en fer sorti d'un milieu marin, dont la conservation pourrait demander des années de travail, des conditions environnementales contrôlées, ainsi qu'un lieu approprié pour sa préservation à long terme. En milieu marin par exemple, il est estimé qu'un mois de fouille intensive nécessite l'équivalent d'une année de traitements de conservation³. Cette estimation doit cependant être considérée comme un minimum qui, dans certains cas, pourra être doublé, voire triplé.

Il faut toujours envisager la fouille d'un site et la sortie des objets d'un milieu protecteur comme le début d'un long processus, et non comme une fin en soi.

Si le coût des infrastructures de traitement sur le terrain, de traitement en laboratoire et de conservation ultérieure à long terme s'avère trop élevé, il est préférable de différer la fouille. Dans le cas d'une découverte fortuite ou d'une situation d'urgence, la documentation, suivie d'un réenfouissement rapide, constitue une solution de rechange à la sortie permanente des objets et permet de gagner du temps pour trouver les ressources nécessaires et examiner différents scénarios de traitement.

Toute intervention particulière effectuée sur un objet lors de la fouille ou au moment du séjour au laboratoire de terrain sera consignée de façon à permettre un suivi de l'évolution de son état. La connaissance des matériaux utilisés pour la stabilisation de l'objet, sa consolidation ou l'élimination des microorganismes qui le contaminent est essentielle, surtout pour assurer la validité d'éventuelles analyses ou les traitements subséquents de restauration.

L'archéologue devant effectuer un traitement sur le site et qui ne peut bénéficier des services d'un restaurateur, doit s'assurer de l'enregistrement détaillé de l'état préalable de l'objet. Il doit aussi s'assurer de la stabilité des matériaux qu'il utilise ainsi que noter le procédé d'application du traitement, son effet sur la structure et les résultats de l'opération.

2.3 Au cours de la fouille

Le suivi des objets au laboratoire de terrain doit être confié à une personne chargée d'enregistrer le moment de l'entrée des objets, leur localisation dans une salle, sur une étagère ou dans un bassin, leur éventuel déplacement ou leur sortie (par exemple, leur transport vers le laboratoire de restauration), ainsi que toute autre information pertinente. Le type de stockage temporaire pourra varier d'un site à un autre, selon la localisation de ce dernier, les ressources disponibles, la nature de la fouille : des étagères seront fort pratiques pour un site terrestre, alors que pour un site marin, on utilisera de nombreux bassins de polyéthylène de dimension et de format variés. Il est important d'étiqueter à la fois l'objet et son contenant.

Si le laboratoire est doté de l'électricité, l'utilisation d'un réfrigérateur permettra d'abaisser la température des matériaux organiques et de ralentir la prolifération des microorganismes dans

3 C. PEARSON, « Conservation and maritime archaeology », *International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, vol. 9, 1980, p. 147-150.

l'attente de leur traitement. En milieu nordique, l'utilisation de contenants isolés, conservés à l'ombre et refroidis à l'aide de blocs caloporteurs ou de sachets réfrigérants, pourra constituer une option valable.

Selon la nature de la fouille, certains matériaux seront fort utiles sur le terrain :

- pour les sites terrestres secs, du papier journal non encré servira à emballer et à protéger les surfaces des objets fragiles qui pourront alors être rangés individuellement dans des sacs en papier kraft;
- des sacs de polyéthylène à fermeture à glissière seront pratiques pour l'emballage de petits objets secs; percés de petits trous, les sacs pourront être placés dans de plus grands contenants et déposés dans des bassins, classés par matériaux;
- du polyéthylène en feuille pourra conserver l'humidité, servir d'emballage temporaire ou permettre de bourrer des formes creuses;
- de la mousse Ethafoam en bloc ou en feuille pourra être utile pour bourrer ou confectionner des supports adaptés à chaque objet;
- du plastique à bulles pourra être utilisé pour effectuer l'emballage ou la protection de surfaces fragiles ou d'objets en saillie;
- des pépites de polystyrène, avec ou sans ensachage, pourront également constituer un matériau utile pour caler en place des objets ou des boîtes contenant des objets fragiles; il faut faire attention aux billes d'amidon, qui seront solubilisées par la présence de l'eau;
- des éponges synthétiques ou de la mousse de rembourrage pourront fournir un matériau de matelassage temporaire, bon marché, facile à se procurer, à découper et à adapter à la forme des objets;
- du ruban adhésif résistant à l'eau, renforcé de fibres au besoin, sera indispensable pour attacher et fermer les emballages;
- des contenants de polyéthylène de toutes les tailles constitueront une bonne façon de protéger des objets fragiles. Dans le cas des sites subaquatiques, des contenants plus volumineux pourront être utilisés pour le transport des objets vers le laboratoire, alors que d'autres (du type panier à linge) possédant des ouvertures latérales seront utiles pour l'entreposage temporaire dans des bassins remplis d'eau;
- en l'absence de contenants de polyéthylène, des baguettes de bois pourront servir à confectionner de petits abris pour le séchage contrôlé des objets en matériaux organiques. Les baguettes de bois pourront être assemblées rapidement à l'aide de broche en acier inoxydable ou d'attaches autobloquantes;
- des tuyaux en plastique ABS, coupés en deux dans le sens de la longueur, serviront à supporter les objets longs et fragiles provenant de sites terrestres ou marins.

Pour le transport des objets vers leur lieu de traitement, le recours à des boîtes numérotées, et dont les numéros renvoient à des listes de contenu, permettra à leur arrivée de les regrouper par catégories de matériaux et de repérer rapidement ceux qui doivent être réfrigérés ou recevoir un traitement particulier. Des codes de couleur pourront également être utilisés pour accélérer le repérage de certains matériaux.

Une inspection visuelle du contenu des boîtes ou des bassins permettra de découvrir un problème potentiel sur un ou quelques objets. C'est ici que le « constat d'état » et toute documentation préparée sur le terrain prendront leur importance : en permettant de comparer l'état de l'objet lors de sa découverte et à sa réception. Une attention particulière sera accordée aux matériaux organiques ou aux objets qui présenteront une modification de leur apparence : leur traitement devra débuter dans les meilleurs délais possibles.



Figure 5 : Exemple de caisse de transport d'objets gorgés d'eau vers un atelier de restauration. Au moment de leur prélèvement, les pièces de bois fragiles ont été déposées sur un plastique rigide, qui a été vissé dans le fond de la caisse. Elles ont ensuite été recouvertes d'un textile qui a été imbibé d'eau; une feuille de polyéthylène recouvre chaque pièce. De petites pièces de bois ont ensuite été placées entre chaque objet et vissées dans le fond de la caisse. Un couvercle a protégé les pièces lors de leur transport. Chaque caisse a été rapidement placée en réfrigération (température de 5 °C), ce qui a permis de gagner du temps, alors que les découvertes ont été nombreuses. © André Bergeron, CCQ

La mise en œuvre de mesures de conservation sur le terrain est plus qu'une simple affaire de bon sens : elle exige des connaissances, des moyens financiers ainsi que des infrastructures appropriées et un personnel formé. La présence ou l'absence de telles mesures relève de l'archéologue, qui doit s'engager dans une démarche de préservation, non seulement de la culture matérielle mise au jour, mais également des données de sa fouille. Elle implique également la responsabilité des promoteurs publics et privés qui financent et soutiennent la recherche archéologique : ils sont aussi responsables des objets et des vestiges exhumés et fragilisés par l'intervention archéologique.

Pour en apprendre davantage sur le vocabulaire lié aux constats d'état :

[Glossaire visuel des altérations sur les œuvres d'art et les objets de musées](#)

3 MATÉRIAUX INORGANIQUES

L'étude de la composition des matériaux dits « inorganiques » relève de la chimie minérale. Cette dernière s'occupe de ce qui ne provient pas du monde du vivant, par opposition à la chimie organique qui se consacre aux composés à base de carbone constituant l'essentiel des organismes vivants. Les solides de la chimie minérale sont en général faits de cristaux, c'est-à-dire de particules de formes régulières et limitées par des surfaces planes. Ces cristaux, de configuration géométrique simple, s'alignent en des séquences répétitives pour former des réseaux cristallins.

Il est intéressant de noter que peu d'organismes vivants sont à même d'extraire directement des minéraux solides les substances utiles à leur survie. De ce fait, les matériaux inorganiques sont moins intensément soumis aux phénomènes de décomposition biologique et, par conséquent, ils présentent de meilleures chances de survie à l'enfouissement. C'est pourquoi les matériaux inorganiques, dans leur état natif ou transformés par l'action humaine, fournissent à l'archéologie une base de recherche riche en spécimens d'étude.

3.1 Les matériaux siliceux

Après l'oxygène, le silicium vient au deuxième rang parmi les éléments les plus abondants dans la croûte terrestre. Il n'existe pas à l'état libre dans la nature. Son dioxyde, la silice, représente le constituant de base du sable, du grès, du quartz, de l'agate, du silex, etc. De plus, le feldspath, à base de silicates, est le minéral le plus répandu sur la Terre.

En général, les matériaux siliceux, donc à base de silicium, sont chimiquement inertes; nous entendons par là qu'ils répondent peu aux réactions d'oxydoréduction, d'hydrolyse alcaline ou acide et d'électrolyse, et qu'ils sont peu modifiés par les agents chimiques et biologiques de dégradation. Cela ne signifie pas pour autant qu'ils en soient tout à fait exempts, mais plutôt que, relativement aux autres genres de matériaux, ils sont moins vulnérables. Aussi, du fait qu'ils constituent une catégorie de matériaux durs et peu poreux, l'action des agents physiques, tels que le gel, les chocs, la pression, l'abrasion, est aussi moins importante dans leur cas. Souvent, la découverte en surface d'un matériau siliceux que l'hostilité d'un climat a épargné permet de repérer un site jusqu'alors non répertorié. Cette invulnérabilité relative explique l'abondance de ces matériaux dans les collections.

3.1.1 Le verre



© Guy Couture, CCQ

3.1.1.1 DESCRIPTION

La production du verre remonte à l'Antiquité, mais elle n'arrive en Amérique qu'avec la venue des Européens au XVI^e siècle. Conséquemment, les archéologues québécois en mission sur des sites de la période historique pourront trouver en abondance des spécimens en verre, le plus souvent de fabrication récente.

Le verre, bien qu'il soit d'apparence cristalline, n'est pas à proprement parler un composé cristallin au sens chimique du mot. « Cristallin », dans le langage scientifique, s'applique à une organisation moléculaire en réseau tridimensionnel régulier, symétrique et répétitif. Ce genre d'organisation caractérise la plupart des composés inorganiques solides. Le verre emprunte plutôt l'organisation moléculaire dite « amorphe », propre aux liquides. Il se présente à température normale comme un liquide congelé.

Le squelette de la masse vitreuse est généralement constitué de **silice** sous forme de dioxyde de silicium dont le sable constitue la source la plus accessible. Les autres constituants, désignés sous le terme **éléments modificateurs**, se trouvent en suspension dans le réseau d'oxyde de silicium. Du fait qu'ils sont en suspension et qu'il n'existe pas de liens chimiques entre la silice du verre et ses autres constituants, ces derniers sont dits « en solution solide », c'est-à-dire qu'ils flottent dans le réseau « figé » de la silice et, de ce fait, sont plus mobiles.

Parmi les éléments modificateurs se trouvent les **fondants**, la soude (NaOH) ou la potasse (KOH), qui, comme leur nom l'indique, ont été introduits dans le but principal d'abaisser le point de fusion du verre. La silice a en effet un point de fusion élevé qui se situe à 1710 °C. L'ajout de fondants fait passer cette température élevée à une température de travail acceptable, soit à 1050 °C.

Selon le fondant utilisé, le verre sera dit **sodique** (majorité d'oxyde de sodium) ou **potassique** (majorité d'oxyde de potassium). Le sodium provient du natron, tandis que le potassium est issu des cendres de végétaux. Les verres sodiques sont généralement plus résistants que les verres potassiques.

Comme la présence des fondants influence la stabilité du verre en le rendant plus soluble, cet effet est contrecarré par l'addition de **stabilisants**, telles la chaux (CaO) ou la magnésie (MgO), qui augmentent la dureté et la résistance mécanique du matériau.

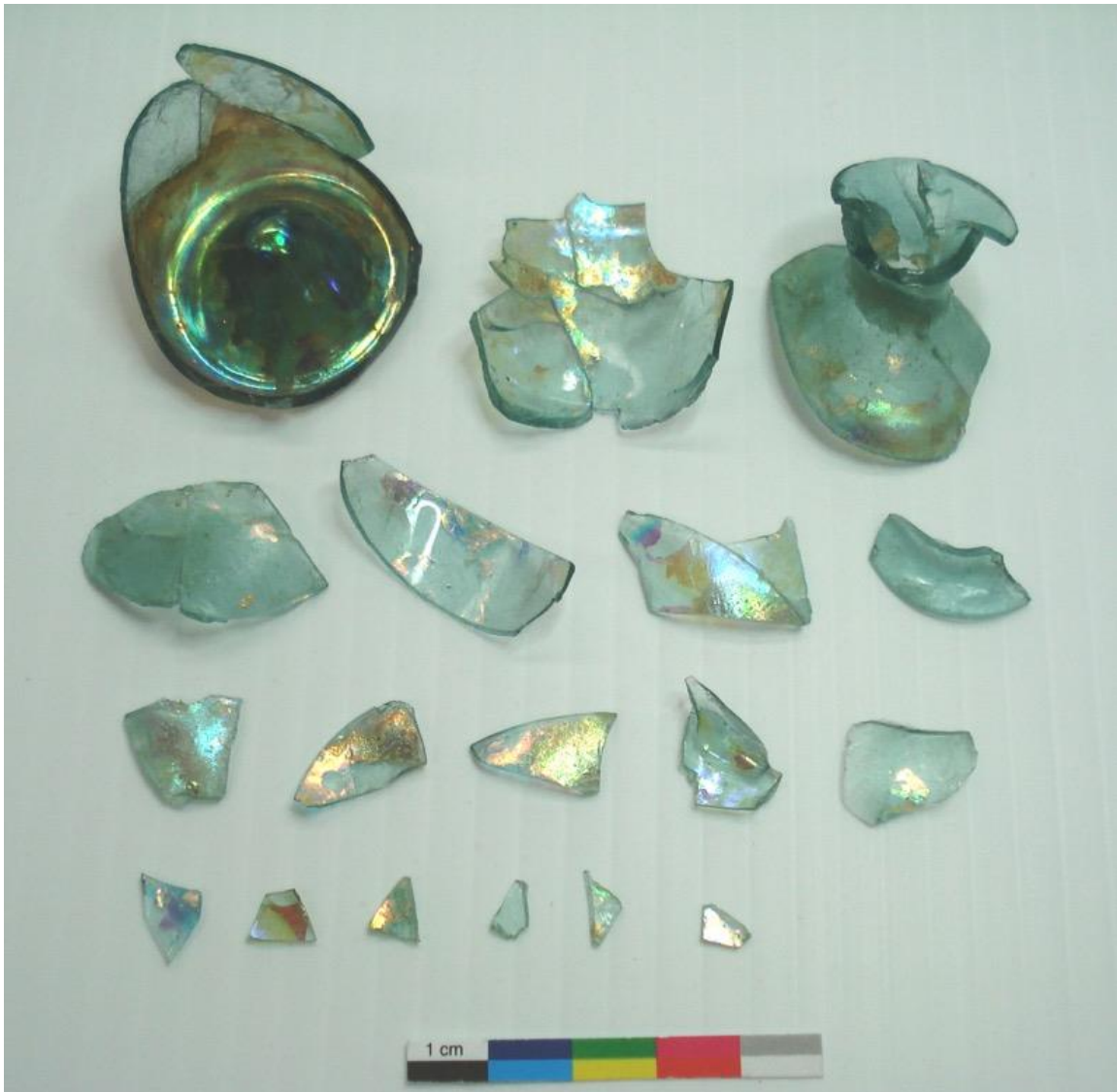


Figure 6 : Petite bouteille en verre sodique, numérotée DiDt-8-4M2-61, avant restauration.
© Blandine Daux, CCQ



Figure 7 : Bouteille complète DiDt-8-4N2-9, après restauration. © Jacques Beardsell, CCQ

Le verre se présente donc comme un réseau de silice investi de divers constituants, dont les stabilisants et les fondants.

L'introduction d'une faible quantité d'oxyde de fer, d'alumine ou de bore, dits **éléments amphotères**, permet d'éviter la cristallisation de la masse vitreuse au cours de son refroidissement tout en augmentant la résistance du verre.

S'ajoute la possibilité d'utiliser des **colorants** (ou des décolorants) – en général, ce sont les métaux comme le manganèse, le cobalt, le cuivre, l'étain, le nickel à l'état d'oxyde, de sulfures ou de sels métalliques – introduits en quantité très faible dans la masse vitreuse pour varier son rendu optique final. Parfois, c'est le colorant qui s'invite. Ainsi, la présence de fer n'est pas toujours souhaitée, mais elle est presque incontournable dans la production du verre jusqu'au XIX^e siècle. Le fer se retrouve sous forme d'impuretés aussi bien dans la substance formatrice, la silice, que dans le creuset ou l'outil qu'utilise le verrier. Les couleurs conférées au verre par les seuls oxydes de fer sont variées, allant du jaune pâle au noir. Le fer sous forme réduite de Fe^{2+} est vert, alors que dans sa forme plus réduite (Fe^{3+}), il donne au verre une couleur brune.

Le rapport quantitatif des éléments modificateurs présents est déterminant pour la stabilité d'un verre. Le ratio « idéal » est de 73 % de silice, 22 % d'alcalins et 5 % d'alcalino-terreux. Si ces proportions (+ ou - 3 % pour chacun) ne sont pas respectées à la fabrication, le verre n'est pas dans un équilibre chimique.

3.1.1.2 INFLUENCE DU MILIEU SUR L'ÉTAT DU VERRE

Comme cela a été indiqué dans la section précédente, les principaux composants du verre sont la silice, les fondants et les stabilisants. En plus de l'importance du type de verre (sodique ou potassique) et du ratio des éléments qui le composent, les facteurs environnementaux sont déterminants pour « la santé » du matériau.

Rares sont les milieux parfaitement secs, du moins au Québec. Le milieu archéologique terrestre confronte au moins de façon cyclique (saisons) un milieu humide ou, de façon continue, un milieu gorgé d'eau quand le site est subaquatique. L'eau joue un rôle crucial pour le verre, car elle lessive certains des éléments alcalins qui le composent. Il s'agit du phénomène de **lixiviation**. Les autres constituants se trouvent alors en excès. L'eau remplace alors les vides créés par la disparition de certains constituants.

Le degré de lixiviation dépend du type de verre (potassique ou sodique) et du ratio initial de ses composants, de la température, du pH du milieu, de la quantité d'eau en contact avec le verre. Un verre initialement instable subira « l'attaque » de l'eau plus péniblement qu'un verre équilibré.

L'eau est capable de se comporter à la fois comme une base et un acide (caractère amphotère) et agit autant sur les éléments acides (silice) qu'alcalins (éléments modificateurs) du verre. En milieu acide, l'eau lessive graduellement les éléments alcalins (cations K^+ , Na^+ et Ca^{2+}) solubles dans l'eau. Ces éléments lessivés forment des sels qui se retrouvent à la surface du verre, formant un gel hydraté, structuré en feuillets parallèles à la surface. Un tel verre est appauvri en éléments alcalins et trop riche en silice. D'une façon générale, on peut dire que, plus le ratio d'alcalins initiaux est important, plus les risques de lixiviation augmentent.

En contexte marin, le mécanisme de lixiviation opère de la même façon. La différence réside dans le fait qu'une fois les ions sodium et potassium éliminés de la surface, ceux des couches inférieures se trouvent à leur tour exposés à l'eau de mer et la lixiviation se poursuit. Le processus fait en sorte que la surface du verre s'opacifie et se délamine en feuillets. Alors que le verre est affaibli, les organismes marins s'immiscent entre les feuillets de verre et les détachent, participant à leur exfoliation (d'après Pearson, p. 101-102).

3.1.1.3 ÉTAT À L'EXTRACTION

À l'instar d'autres matériaux enfouis, le verre acquiert un état d'équilibre avec son milieu pendant qu'il est encore dans son site d'enfouissement, qu'il soit terrestre ou subaquatique. Au moment de son exhumation, cet équilibre fragile est alors rompu. Un verre déjà instable chimiquement, qui est sorti de son milieu d'enfouissement et asséché, peut alors se dégrader très rapidement.

Il existe différents aspects du verre qui doivent alerter l'archéologue.

Verre nuagé : le verre est légèrement terni ou semble dépoli, présente des zones mates et d'autres brillantes, ou alors opaques tandis que d'autres sont transparentes. Cette dégradation correspond au premier stade d'attaque par l'eau.

Verre irisé : à l'occasion, l'archéologue pourra mettre au jour des verres qui présentent des irisations. Ces couleurs résultent du début du lessivage des stabilisants et des fondants dans les couches superficielles du verre. La composition du matériau variant dans son épaisseur, le rayon de lumière qui le traverse est réfracté dans différentes directions, ce qui donne ces couleurs chatoyantes. Parfois, une irisation est bien attrayante, mais elle est révélatrice du déséquilibre des

constituants. Il s'agit d'une dégradation faible du verre. Ces irisations sont fragiles et tendent à se délaminer.

Délamination : en surface du verre, de fines lames de silices amorphes et transparentes sont visibles. La délamination est le stade qui suit l'irisation.

Iridescence : cet aspect est typique des verres trouvés en contexte subaquatique anaérobie. Par exemple, à l'intérieur d'une concrétion où le pH est généralement acide, les couches de silice hydratées (qui se sont formées à la suite d'une lixiviation) forment des films iridescents.

Croute d'altération : en présence d'eau, les gaz présents dans le sol peuvent jouer un rôle dans la dégradation des verres. Ils réagiront avec les éléments alcalins lixiviés pour donner des sels (sulfates ou carbonates) plus ou moins solubles, créant un film opaque souvent blanchâtre à la surface du verre (Berducou, p. 139).

Transpiration : lorsqu'ils sont mis au jour, les verres lixiviés présentent souvent une forme d'atteinte appelée « transpiration du verre ». L'apparence du verre est moite et embuée. Des gouttelettes se forment sur le verre en raison du pouvoir très hygroscopique (tendance à attirer l'humidité ambiante) des fondants (soude et potasse). Cette altération résulte de la lixiviation des éléments alcalins en présence d'une humidité relative supérieure à 50 %.

Crizzling : attention, danger pour le verre!

Deux conditions permettent que cette altération s'installe :

- Le départ des éléments alcalins (lixiviation) produit des vides qui seront comblés par des protons (ions H^+ fournis par l'eau acide). Ces ions sont plus petits que ceux qu'ils remplacent et les vides laissés engendrent des stress mécaniques au sein de la structure vitreuse qui se traduisent notamment par des fissures microscopiques. Les verres potassiques sont plus vulnérables à ce genre de lixiviation : l'ion potassium étant plus gros que l'ion sodium, la perte structurale s'en trouve plus grande.
- En contact prolongé avec une eau alcaline, le verre subit une destruction du squelette siliceux. Les molécules d'oxydes de silice se rompent pour former des anions silicatés solubles dans l'eau, pouvant amener la ruine totale de l'objet. C'est le premier stade du crizzling; il n'est pas forcément décelable à l'œil nu mais bien dangereux pour le verre.

Les verres transpirants ou victimes de *crizzling* placés ensuite en atmosphère sèche peuvent amener la ruine de l'objet. Le verre auparavant hydraté et dans une situation métastable se déshydrate. Le réseau de microfissurations se propage alors et l'apparition de fines craquelures opacifie totalement le verre (Berducou, p. 137-138).

Les cas de verre transpirant ou de *crizzling* surviennent généralement en contexte postfouille, ou même alors que le verre est entreposé dans des conditions d'humidité relative subitement inférieures à celles que le matériau avait connues.

En contexte de fouilles archéologiques, ces cas sont plus rares, mais ils apparaissent dans des conditions, par exemple, où le verre était enfoui dans un sol spongieux, chargé en humidité ou totalement submergé. Sorti de son contexte d'enfouissement, le verre, déjà affaibli par une lixiviation, est soumis à une humidité relative drastiquement différente, s'exfolie de façon fulgurante et tombe en ruine (Kunicki-Goldfinger, p. 51).



Figure 8 : Verre exfolié provenant de l'épave du Elizabeth and Mary. © Yves Bellemare, CCQ

3.1.1.4 SOINS PARTICULIERS

Que l'objet soit complet ou non, d'une pièce ou en morceaux, le matériau sera généralement en bon état. L'archéologue le manipulera en se souvenant qu'il peut toujours être cassant et que ses tessons peuvent être coupants. Les mêmes précautions s'appliquent au nettoyage, à l'emballage et au transport.

Lors de la mise au jour d'un contenant présentant un contenu d'origine liquide ou solide, l'archéologue apportera un soin particulier à conserver ce contenu. Il extraira le contenant de son milieu en supportant la forme extérieure de l'artéfact. Si le contenant est instable, il procédera au transfert du contenu sur place, soit au laboratoire de chantier. Autrement, il emballera le contenant avec son contenu avant de les renvoyer à un laboratoire de restauration.

Dans certains cas, lorsque le verre est prisonnier d'une concrétion, comme c'est parfois le cas en contexte sous-marin, l'archéologue aura recours à une levée en motte qu'il introduira par la suite dans un contenant rigide.

Certains verres peuvent être fragiles en raison du fait qu'ils sont très fins, à cause de leur composition d'origine ou encore parce que celle-ci a été modifiée par le contexte d'enfouissement : c'est le cas de verres qui proviennent de sites incendiés. Un soin particulier doit être apporté aux verres **nuagés**, **irisés**, **opacifiés**, **déaminés**, **transpirants**, **craquelés** ou « **crizzlés** », ou **présentant une croute d'altération**. Le réseau de craquelures associé à leur mauvais état peut ne pas être immédiatement apparent. Nous l'avons dit, ces spécimens sont extrêmement vulnérables aux fluctuations d'humidité; pour cette raison, il ne faut pas mouiller les verres trouvés secs ni assécher les verres trouvés mouillés.

Il conviendra de manipuler avec grand soin tous les spécimens présentant des altérations (verres nuagés, irisés, opacifiés, déaminés, transpirants, craquelés, « crizzlés » ou

présentant une croûte d'altération), afin de ne pas risquer de perdre la couche externe du matériau.

Les verres **trouvés secs** seront conservés dans cet état. Ils pourront être nettoyés à sec, mécaniquement au pinceau ou avec une brosse, en évitant les contacts avec les zones irisées qui risquent de s'exfolier. Si le spécimen est fragilisé, il faut l'enrouler dans un bandage avant de l'emballer dans un contenant rigide et matelassé. Idéalement, le verre opacifié ou irisé devrait être rangé dans un contenant hermétique en présence de gel de silice conditionné à 40 %. Si l'archéologue n'a pas à sa disposition de gel conditionné, ce qui est fort probable, il rangera le spécimen dans des contenants non hermétiques. Si l'objet est fragmenté, **chaque tesson devra être emballé séparément**, cela afin d'éviter l'abrasion des plans de fracture. Les tessons seront entreposés ensemble dans un contenant rigide, les plus lourds au fond.

Si des spécimens de verre sont **trouvés mouillés**, il est nécessaire de les conserver mouillés. L'archéologue les entreposera dans des bassins remplis d'eau douce ou à défaut, dans l'eau du site.

Les verres provenant de **milieu marin**, surtout s'ils sont corrodés, irisés ou opacifiés, seront conservés dans l'eau de mer, une eau qu'on remplacera au besoin. La mesure du pH constitue un repère pour guider les décisions de remplacement de l'eau d'immersion. Une variation de seulement un point de la valeur du pH est suffisante pour justifier un tel changement. Les bassins d'immersion doivent être couverts de pellicules de plastique de façon à limiter l'accès de la lumière et, par conséquent, à ralentir la prolifération bactérienne, ce pour quoi il est également nécessaire de conserver les objets dans l'obscurité et au frais.

Durant le transport, ils pourront être laissés dans leur bac de trempage, mais il faudra remplir les espaces vides autour des tessons afin de les empêcher de se déplacer et de s'entrechoquer. Une autre méthode consiste à emballer les tessons dans un matériau absorbant imbibé d'eau et à l'ensacher sous une double épaisseur de polythène.

Bibliographie

BERDUCOU, Marie (dir.). *La conservation en archéologie*, Masson, Paris, 1990, 469 p.

KUNICKI-GOLDFINGER, Jerzy J. « Unstable historic glass: symptoms, causes, mechanisms and conservation », *Studies in conservation*, n° 9, 2008, p. 47-59.

KOOB, Stephen P. *Conservation and care of glass objects*, London, Archetype Publications, 2006, 158 p.

MONTLUÇON, J., et N. LACOUDRE (dir.). *Les objets du Titanic : la mémoire des abîmes*, 1989.

PEARSON, C. *Conservation of marine archaeological objects*, 1987, 297 p.

3.1.2 La céramique

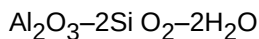


© Michel Élie, CCQ

3.1.2.1 DESCRIPTION

La céramique est obtenue par la cuisson de l'argile. Cette dernière se définit comme un agrégat terreux à granulation extrêmement fine (< 2 microns) résultant de la désagrégation des feldspaths. Cette terre avide d'eau fournit une substance modelable, propriété qu'elle perd au séchage. Après cuisson, il en résulte un matériau fort et dur : la céramique.

Du feldspath provient le kaolin, un silicate d'alumine hydraté. Ce dernier représente le constituant de base de l'argile. Sa formule de base simplifiée pourrait s'énoncer de la façon suivante :



Mis à part le kaolin, l'argile comporte généralement d'autres silicates, comme du talc et du mica, en plus de l'oxyde de fer et des matières organiques.

Le corps céramique n'est pas uniquement constitué d'argile, laquelle en séchant se rétrécit et casse. Pour éviter les fissures et les bris qu'occasionne la perte de l'eau de plasticité et qui représente de 3 % à 23 % du volume de la matière, des dégraissants sont généralement intégrés à l'argile. Le choix du matériau utilisé comme dégraissant par les fabricants est extrêmement varié. Parmi ceux-ci, il y a la paille, la bouse, les copeaux de bois, les cendres volcaniques, le sable, le mica, le quartz, les brisures de grès, de dolomite et de tessons, ainsi que la roche ignée pulvérisée. Le corps céramique est donc fabriqué de ce judicieux mélange de l'argile et de dégraissant. Certaines argiles très pures nécessiteront l'ajout de fondants dont le but est, comme pour le verre, d'abaisser le point de fusion. C'est le cas des porcelaines qui sont riches en kaolin. La cuisson jouera un rôle important dans la qualité et la résistance des céramiques en influant sur le degré de vitrification et la porosité du matériau.

Comme le verre, la céramique est un produit de fabrication humaine. Son origine est universelle et remonte au néolithique. Sa composition et ses procédés de mise en forme ont grandement évolué au fil de l'acquisition des connaissances technologiques. Le perfectionnement des fours,

l'amélioration des carburants et l'addition de fondants ont permis d'employer des argiles de plus en plus pures et d'élever les températures de cuisson. Plus l'argile est pure et traitée à haute température, moins la céramique est poreuse. La vitrification s'intensifiant avec le degré de cuisson, elle apporte cohésion et dureté au corps céramique.

À cause de leur quasi-omniprésence dans les sites archéologiques, les céramiques ont fait l'objet de nombreuses études scientifiques. Ces dernières, mises en corrélation croisée avec l'analyse d'une céramique nouvellement mise au jour, permettent de dater les objets et d'en documenter la provenance, même la technologie de fabrication, les voies commerciales empruntées, la datation, etc. La richesse de cette information peut toutefois être compromise à l'exhumation, au nettoyage ou à la consolidation.

3.1.2.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

Lorsque la céramique est dure et peu poreuse, c'est souvent qu'elle a été cuite à une température élevée (au-dessus de 850 °C) et qu'elle est vitrifiée. On peut s'attendre à ce qu'elle ait une excellente espérance de vie dans le sol et après son extraction. C'est le cas des grès, des terres cuites fines vitrifiées et des porcelaines qui sont inertes, dures, imperméables et quasi indestructibles. Il faudra des conditions extrêmes et prolongées de pH pour les altérer.

Cuits à basse température sur des feux ouverts, les contenants sylvicoles sont à l'origine plus friables et poreux, ce qui les rend très vulnérables en contexte d'enfouissement. Ils peuvent être à ce point friables qu'il sera impossible de les laver sans risque.

Certaines terres cuites grossières et d'autres terres cuites fines (rouges ou chamois) sont poreuses, bien qu'elles aient été cuites à haute température. Cet état est dû à la décomposition de dégraissants minéraux, comme les carbonates, provenant de la pierre et des coquillages broyés ou à l'oxydation complète de dégraissants organiques (paille, bouse, copeaux de bois). De ce fait, elles sont soumises à l'action destructrice du gel-dégel et aux cycles de cristallisation-solubilisation des sels minéraux présents dans le sol ou dans l'eau, surtout l'eau de mer. Ces deux sources de stress provoquent l'effritement des surfaces et des glaçures et conduisent éventuellement à la désagrégation complète de la céramique.

Dans un sol acide, certaines terres cuites, dont la formule initiale contenait une part importante de calcaire, verront leur porosité s'accroître en raison de la dissolution de ces calcaires. Elles deviendront, de ce fait, plus vulnérables au gel-dégel et aux cycles de cristallisation. Mis à part ces cas particuliers, l'état des céramiques à l'exhumation dépend beaucoup plus de la cohésion et de la porosité après cuisson du matériau originel que du milieu d'enfouissement ou d'immersion.

3.1.2.3 SOINS PARTICULIERS

Les céramiques sont cassantes. Souvent, leur abandon aura résulté d'un bris. C'est la plupart du temps à l'état fragmentaire qu'elles sont découvertes. En règle générale, la céramique provenant de sites historiques se présente en bon état de préservation; l'archéologue pourra tout au plus diagnostiquer une fragilisation des glaçures et des décors à cru. En milieu urbain, les céramiques sont parfois contaminées par les sels provenant de l'épandage de produits déglacant sur la chaussée. En milieu marin, les sels sont présents à coup sûr dans le corps des céramiques; elles devront être dégorgées de leurs sels avant de pouvoir être asséchées. Cette opération étant longue, les céramiques provenant de milieux marins devront demeurer dans l'eau jusqu'à leur prise en charge par un restaurateur.

Dans la plupart des cas, les céramiques pourront supporter une levée directe après dégagement complet. L'archéologue soulèvera les gros fragments en les supportant par dessous avec ses deux mains. S'il s'agit d'un contenant, il lui faudra préserver le sédiment à l'intérieur pendant le prélèvement.

La majorité des céramiques historiques à haute cuisson peuvent supporter un lavage. Cependant, ce dernier n'est souvent pas nécessaire, un brossage à sec étant amplement suffisant pour enlever la poussière et la terre. Avant de procéder à un lavage à l'eau, l'archéologue s'assurera que la pièce ne présente pas de décors à cru.

Si, en cours de séchage, soit après la mise au jour ou après le lavage, l'artéfact se couvre d'efflorescences blanches et solubles, il faudra alors l'emballer hermétiquement et l'envoyer à la restauration.

Les céramiques amérindiennes, des terres cuites à basse cuisson, sont parfois faibles et très poreuses. Elles présentent fréquemment, à leur mise au jour, une grande fragilité. C'est le cas des spécimens amérindiens de la période sylvicole. **Si elles sont trouvées mouillées ou humides**, ces céramiques devront être conservées dans cet état jusqu'à leur arrivée à un laboratoire de restauration. La plupart souffriraient d'un séchage incontrôlé. L'archéologue devra les manipuler avec soin, se contentant de dégager les parois extérieures en grugeant le sédiment adhérent. Il pourra, si des fissures sont apparentes, appliquer un bandage à froid pour la soutenir (voir la figure 28). S'il s'agit d'un amas de tessons plutôt que d'un objet entier, il pourra les soulever ensemble sur un support rigide, en une seule motte (voir la figure 25). Ce prélèvement sera transporté tel quel dans un contenant matelassé et calé pour prévenir la perturbation du sédiment et des fragments. Il est aussi possible de pratiquer une consolidation *in situ*. Toutefois, le recours à cette technique n'est jamais tout à fait réversible. Elle complique une éventuelle restauration et compromet les possibilités d'analyses scientifiques ultérieures.

À l'emballage, un soin particulier doit être apporté au calage des céramiques sans cohésion et à celles dont les revêtements sont friables.

Les tessons d'un même spécimen seront emballés séparément, mais groupés dans un même contenant, les tessons les plus lourds étant installés au fond. Les céramiques peuvent être entreposées et transportées dans des boîtes de carton solides à condition que les tessons à l'intérieur soient calés de façon à éviter tout déplacement pendant le transport. Les céramiques contaminées par des sels, celles provenant de milieux marins et celles qui auront formé des efflorescences au séchage seront transportées dans l'eau.

3.1.3 La pierre



© André Bergeron, CCQ

3.1.3.1 DESCRIPTION

La roche est la constituante minérale de base de la croûte terrestre. Il en existe une infinité de variétés, chacune différant par sa texture, sa structure, sa couleur, sa densité, sa dureté, sa composition, etc. Bien qu'elles soient souvent à base de silice, les roches peuvent être chimiquement constituées d'un ou de plusieurs minéraux amalgamés : ce sera le plus souvent des feldspaths, du quartz et des pyroxènes. Habituellement, leur classement se fait d'après leur mode de formation, soit la roche ignée, sédimentaire ou métamorphique. La roche ignée résulte de la solidification de la masse minérale fondue, du magma : le gabbro, le basalte et le granite en sont des exemples. De son côté, la roche sédimentaire, qui représente 5 % du volume de l'écorce terrestre et recouvre 65 % de la surface de la Terre, provient de la sédimentation et de la cimentation à froid des matériaux érodés dont elle est constituée; elle se forme en surface de la Terre dans des cuvettes naturelles ou des bassins de sédimentation. Le grès et la pierre à chaux sont des roches sédimentaires. Enfin, la roche métamorphique provient de la transformation de roches sédimentaires ou ignées par des processus géomorphologiques que sont la chaleur et la pression. Soumises à la chaleur et à des pressions intenses, les roches changent physiquement et chimiquement. L'ardoise, le chert, les schistes, le gneiss, le marbre et le quartzite résultent de ces processus.

Bien que la roche soit le matériau le plus répandu dans la nature, seules certaines variétés ont été façonnées par l'être humain de façon continue à travers les âges et sur tous les continents. À cause de leurs propriétés physiques différentes, certaines variétés présentent des constantes dans leur utilisation pour certaines fonctions. Ainsi, en territoire québécois, le quartzite, le chert, l'ardoise et la stéatite ont servi aux Premiers Peuples à la fabrication d'outils : pointes de projectiles, lames, propulseurs, burins, grattoirs, pipes, etc. Plus rarement, pour des ornements, ces peuples ont eu recours à des gemmes, comme le grenat, et pour créer des ornements vestimentaires, les agates telles que l'améthyste et le quartz hyalin.

La pierre à chaux, l'ardoise, le grès, le granite, le wacke et le basalte ont été utilisés par les Euro-Américains sédentaires comme matériaux de construction.

L'analyse chimique et granulométrique de même que l'étude des traces d'outils du lapidaire continuent d'enrichir notre connaissance du passé. Tandis que la thermoluminescence permet de dater les pierres de foyer, l'analyse des éléments à l'état de traces nous situe leur provenance et nous renseigne sur le réseau des échanges commerciaux.

3.1.3.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

Malgré l'infinie variété de textures, structures, couleurs, densités, duretés et compositions qui caractérisent la pierre, on remarque une grande inertie en ce qui a trait à sa chimie. Mis à part les pierres calcaires qui sont attaquées dans des conditions acides, le matériau résiste fort bien à l'ensemble des agents chimiques et biologiques de dégradation. Les agents physiques, tels que le gel, l'abrasion et la pression, n'ont d'emprise que sur les variétés extrêmement poreuses. Conséquemment, à cause de leur relative inertie, les artéfacts en pierre constituent les plus anciens témoins de l'activité humaine.

3.1.3.3 SOINS PARTICULIERS

D'abord, à l'extraction, l'archéologue examinera soigneusement les surfaces à la recherche d'enduits, de peinture, de vernis, de graisse, de sang ou d'autres résidus d'utilisation souvent présents sur les pièces façonnées ou sculptées, par exemple sur les pipes, les vases et autres récipients. Ces spécimens ne doivent pas être lavés, au risque de perdre les données présentes dans ces enduits. Les traces de contenu, parfois invisibles à l'œil nu, sont reconnaissables au microscope. Elles risquent de disparaître au nettoyage, même le plus léger. C'est la raison pour laquelle, sur les sites préhistoriques, l'archéologue évite de nettoyer les pierres, surtout si elles sont poreuses ou friables. Le nettoyage peut créer des scarifications qui peuvent être confondues avec des traces d'utilisation.

Il importe de garder au sec les pierres trouvées dans cet état. Les **pierres humides** peuvent être séchées lentement sur des palettes en bois ou des supports en plastique ou en mousse, jamais en plein soleil. Il faut garder **mouillées les pierres** trouvées dans cet état. Celles qui proviennent de sites marins pourront être mises à tremper dans de l'eau douce. À défaut, elles devront être conservées mouillées dans des tissus absorbants imbibés d'eau et emballées sous une double épaisseur de polythène.

L'archéologue pourra laver à l'eau claire les pierres dures, lisses et imperméables tels les silex de fusil. L'eau ne pénètre pas dans ces pierres, elle perle sur leur surface. Au besoin, les concrétions présentes pourront être retirées mécaniquement avec une spatule de bois. Ces pierres seront ensuite séchées lentement sur des supports grillagés ou alors elles devront être retournées régulièrement pour leur assurer un séchage uniforme. Une fois sèches, elles pourront être numérotées à l'encre, entre deux couches de vernis protecteur.

Il est également possible de laver à l'eau claire les pierres perméables (grès, pierre à chaux). Toutefois, si des efflorescences apparaissent en début de séchage, ces pierres devront être conservées mouillées avant d'être remises à un restaurateur qui procédera à l'extraction des sels. Si, après le lavage, la pierre semble très friable, il faut éviter de la sécher. L'idéal est de l'emballer de façon hermétique dans un tissu absorbant imbibé d'eau et de sceller le tout sous une double épaisseur de polythène. Un restaurateur verra à la consolidation et à l'extraction des sels.

3.2 Les propriétés des métaux



© Blandine Daux, CCQ

3.2.1 Le métal archéologique

On s'entend généralement pour dire que les métaux sont des matériaux durs et lourds. En archéologie, on les trouve couverts de corrosion avec un aspect de surface différent de celui qu'on leur connaît dans la vie de tous les jours : les artefacts ont un volume augmenté, ils n'ont plus d'éclat métallique et ne sont pas toujours très solides. Cette couche de corrosion qui recouvre l'artefact, voire cette masse de corrosion, de concrétion, n'a pas les mêmes propriétés que le métal lui-même. Pour certains métaux, la corrosion, si elle est homogène, adhérente et imperméable (moins d'accès à l'oxygène du milieu), peut envelopper l'artefact en protégeant le métal sous-jacent. Pour d'autres métaux, la couche de corrosion est perméable et peut donc contenir et acheminer les éléments qui favorisent le processus de corrosion, dans un isolement plus ou moins important par rapport au milieu d'enfouissement.

Voici les propriétés des métaux purs :

- Ce sont de bons conducteurs de chaleur;
- Ce sont généralement de bons conducteurs électriques;
- Ils sont malléables et façonnables;
- Ils sont surtout constitués par une liaison chimique particulière : la liaison métallique.

La liaison métallique est la clé

La liaison métallique permet l'assemblage d'atomes en structures organisées, très régulières et, à l'état solide, compactes. Ces assemblages sont rarement composés de métaux purs, mais plutôt d'alliages (mélanges de différents éléments métalliques et avec d'autres éléments tels que le

carbone). Cette liaison permet aussi aux éléments de « libérer » ou de délocaliser, à l'intérieur de la matière, des électrons, ce qui confère aux métaux leurs propriétés de conductivité électrique. Les électrons étant mobiles, ils peuvent se déplacer à travers le matériau et ainsi faire voyager le courant électrique. Pour que l'ensemble de la matière ait une charge neutre, il faut considérer que les éléments métalliques du métal (les cations) sont chargés positivement. Comme pour tous les métaux, on pourrait conceptualiser que le fer est en fait un ensemble bien empilé d'éléments de fer et d'électrons ($\text{Fe}^{2+} + 2e^-$).

C'est donc dire que les cations dans le métal sont disponibles pour réagir avec les éléments extérieurs, particulièrement ceux qui sont en surface de la matière. Par exemple, le cation fer, Fe^{2+} pourra réagir avec l'oxygène ou avec l'eau pour former des produits de corrosion. Or, ces produits sont toujours thermodynamiquement plus stables que le métal pur. C'est la raison pour laquelle les métaux ont tendance à se corroder naturellement, simplement par économie d'énergie.

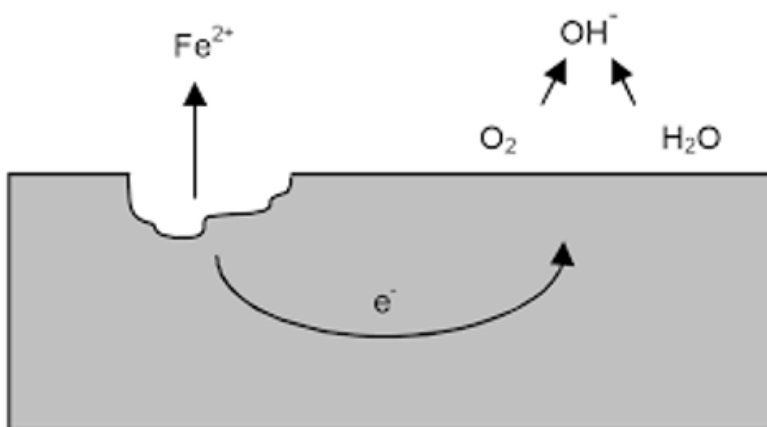


Figure 9 : Illustration schématique du processus de corrosion du métal. © Kateri Morin, CCQ

3.2.2 Comment arrêter le processus de corrosion

Que les métaux aient une tendance à naturellement redevenir minerais à l'échelle atomique est une vue de l'esprit acceptable. Par contre, ce processus tend à déconstruire la matière et par conséquent l'artéfact, qui est notre objet d'étude. Pour préserver l'artéfact, il nous faut arrêter ou ralentir autant que possible le processus de corrosion. Cette lutte peut se faire sur plusieurs fronts et, selon la nature du métal, avec plus ou moins de succès et d'efforts. Par contre, il n'y a pas de *statu quo* possible après la mise au jour d'un artéfact, celui-ci est voué à disparaître, que cela prenne des mois pour certains fers ou des décennies pour d'autres alliages. Il n'y a que l'argent et l'or qui échappent à cette vérité. En fonction des alliages desquels ils font partie, ils pourront se préserver dans le temps.

Pour que le processus d'oxydation des éléments, ici la corrosion du métal, puisse avoir lieu, il faut trois choses : de l'oxygène, une source de proton (les cations de métal, exemple : Fe^{2+} , Cu^{2+} ou Al^{3+}) et une source d'électron (l'électrolyte, ou de l'eau chargée d'anions, exemple : OH^-). L'élimination d'une de ces trois sources fait en sorte qu'il n'y a plus de processus de corrosion.

Sans métal, il n'y a pas de corrosion

D'entrée de jeu, on peut affirmer qu'il n'y a corrosion qu'en présence de métal. Notons, par le fait même, que la corrosion a toujours lieu à l'interface du métal sain, soit à la limite des produits de corrosion et du métal pur. Elle se produit à l'intérieur de la gangue de l'artéfact qui est mis au jour. Elle se produit dans les masses de sédiments marins (concrétion) sous la couche de cailloux, de sable et de sédiments, et plus au cœur de l'artéfact, entre le noyau qui est métallique et les produits de corrosion. C'est le métal qui se corrode et non pas les produits de corrosion. Cependant, ces

derniers et la concrétion peuvent contenir ou laisser filtrer du milieu extérieur des anions (les chlorures, entre autres) qui vont encourager le processus de corrosion.

C'est le cas de certaines concrétions marines où le fer est complètement corrodé, ne laissant qu'un fantôme d'artéfact dans une masse de concrétion. Il est possible de retrouver l'image 3D de ces artéfacts en les moulant. Il est cependant très rare qu'il n'existe plus de noyau métallique et, si le moulage d'un creux englobe une partie du métal sain humide (plus de 35 % d'humidité relative), celui-ci se corrodera, même caché dans une résine. La corrosion du fer fera éclater le moulage, comme elle fait éclater les artéfacts, surtout ceux en fer qui ne sont pas stabilisés chimiquement avant d'être placés en réserve.

Après des années d'enfouissement, la couche de corrosion a pris du volume et les produits de corrosion font maintenant partie de la forme de l'artéfact, tel qu'il pouvait être vu lors de son abandon. Pour conserver cette forme, il faudra conserver certains de ces produits de corrosion. La grande difficulté des restaurateurs est de stabiliser le processus de corrosion du noyau métallique et la couche de corrosion qui définit l'artéfact que l'on doit conserver.

Il faut extraire les chlorures des produits de corrosion poreux et assécher au maximum la matière afin d'empêcher la corrosion de se produire. Mais si les artéfacts en fer sont conservés dans un milieu où l'humidité relative est supérieure à 35 %, le processus de corrosion se poursuivra entre le noyau métallique, ferreux en particulier, et les produits de corrosion.

S'il n'y a plus de cations disponibles, il n'y a plus de corrosion. Autrement dit, s'il n'y a plus de métal, il n'y a plus de corrosion.

Sans oxygène ni eau, il n'y a pas de corrosion

Dans la plupart des cas, en asséchant les artéfacts en métal et en les gardant dans des endroits où l'humidité relative est sous les 35 %, le processus de corrosion s'arrête ou, du moins, ralentit grandement. Les artéfacts en fer qui ne sont pas constitués en partie de matériaux organiques (bois, os, textile, etc.) devraient être asséchés rapidement et complètement. Il est nécessaire de s'assurer qu'ils restent dans un environnement sec.

Cependant, si un traitement de restauration est envisagé, seuls les artéfacts en fer doivent être asséchés (ce qui exclut les objets composites fer-matériaux organiques et les concrétions sous-marines). On garde les autres métaux humides, s'ils étaient dans un milieu humide, et immergés, s'ils étaient gorgés d'eau, parce que ces conditionnements permettront aux restaurateurs d'agir sur d'autres processus de dégradation.

Nous l'avons précisé : l'interface d'un métal est chargée de cations métalliques prêts à réagir avec l'environnement. Ces réactions sont grandement facilitées quand elles peuvent se produire dans un électrolyte. Celui-ci est une solution (un liquide), chargée d'ions qui conduisent l'électricité ou qui transporte des ions à réagir. L'eau, en soi, est un mauvais conducteur, mais elle peut le devenir en fonction de la nature des ions qu'elle contient en solution. Or, en interface des métaux, si l'eau se condense un tant soit peu, elle permet aux cations métalliques de réagir (exemple : Fe^{2+}) avec des ions en solution (Cl^- , OH^-). En asséchant complètement les métaux, on évite ces réactions.

Pour certains métaux ou alliages, ce processus de corrosion en interface pourra, selon les éléments présents, produire une fine couche de produits très homogène. Il y a alors formation d'une patine qui protège le métal de l'interaction future avec l'oxygène. On peut rencontrer ces produits de corrosion sur le cuivre ou l'aluminium de milieux terrestres. Les cuivres forment une couche verte plus ou moins foncée que l'on veut garder. Cette corrosion est précieuse pour la préservation de l'artéfact et il faut la conserver. Un environnement sec (sous les 35 % d'humidité relative) limite grandement la vitesse de corrosion de tous les métaux, y compris le ternissement de l'argent.

3.2.3 La corrosion galvanique

Lorsque différents métaux sont associés entre eux et qu'il y a un contact de métal à métal, il y a formation d'une pile électrique. Les électrons sont alors mobiles et ont tendance à voyager vers le métal le plus noble, laissant toujours davantage de cations métalliques exister sur le métal le moins noble et être disponibles à la corrosion. Autrement dit, pour un artéfact formé d'un assemblage de fer et de cuivre, c'est le fer qui se corrodera de façon préférentielle. Pour un artéfact en fer et en zinc, c'est la partie zinc qui se corrodera en protégeant le fer.

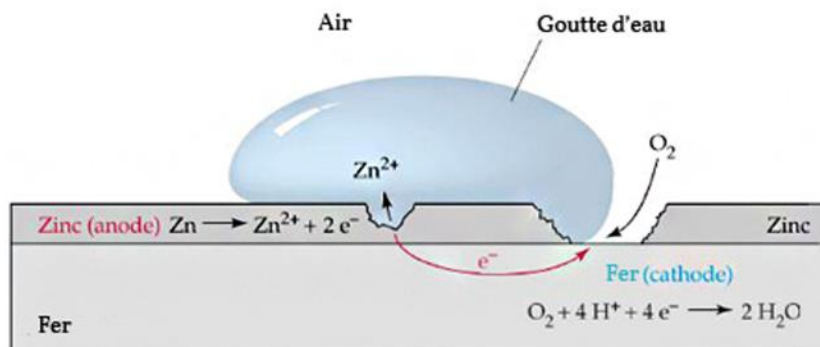


Figure 10 : Illustration schématique du processus de corrosion lorsque deux métaux sont associés; corrosion préférentielle du métal le moins noble. © Kateri Morin, CCQ

Il est à noter que ce type de corrosion se produit en présence d'oxygène et d'un électrolyte. En asséchant les métaux, la pile perd en efficacité. Ces assemblages métalliques peuvent être très intimes en ce qui a trait à l'alliage. C'est la raison pour laquelle on pourra trouver une pièce de monnaie en argent recouverte des produits de corrosions verts du cuivre. Dans l'argent, il y a presque toujours du cuivre, ce qui améliore la dureté de l'alliage. Comme le cuivre est moins noble que l'argent, il se corrode de façon préférentielle et ce sont ces produits de corrosion que l'on peut voir.

On trouvera aussi des assemblages mécaniques délibérés, comme les parties en fer, en alliages cuivreux et en plomb de certains mécanismes de fusils. Plus récemment, on a découvert des avions échoués dans les fonds marins qui comportent des parties en aluminium, en nickel, en chrome et même en acier inoxydable. Tous ces assemblages vont voir les métaux les moins nobles se dégrader davantage que les autres, considérant que le contact doit être de métal à métal.

Ce phénomène de pile électrique par contact métallique permet aussi de protéger un métal particulier lorsqu'on lui adjoint un autre métal moins noble que le premier. C'est ce qui est utilisé, par exemple, pour protéger la coque des navires en acier : en leur associant une anode sacrificielle en zinc. Il est à noter que cette protection fonctionne bien dans l'eau, mais peu dans l'air. Encore une fois, l'électrolyte est nécessaire. Suivant la même logique, des archéologues sous-marins ont attaché des liasses d'aluminium et d'autres métaux recyclés et compressés à des épaves de navires en fer, là où la concrétion était brisée et le fer sain, dénudé (dans l'eau salée, l'aluminium perd de sa noblesse et se corrode plus facilement que le fer). En théorie, la corrosion sur le fer devrait arrêter ou ralentir.

De nos jours, on peut galvaniser le fer, c'est-à-dire que l'on dépose une fine couche de zinc sur le fer pour protéger ce dernier. On trouve aussi du chrome sur le fer, qui donne un aspect brillant, mais la protection ne sera effective que si le chrome n'est pas égratigné, s'il n'y a pas d'éraflures. De la même façon, une fourchette en fer plaquée en argent sera protégée tant que l'argent est intimement lié de façon uniforme sur le fer. Malheureusement en contexte archéologique, avec l'usure des artéfacts lors leur durée de vie ou leur bris qui provoque l'abandon, ce que l'on trouve est une fourchette corrodée avec, à l'intérieur, des produits de corrosion, une très fine pellicule d'argent qui « flotte » dans une masse de corrosion.

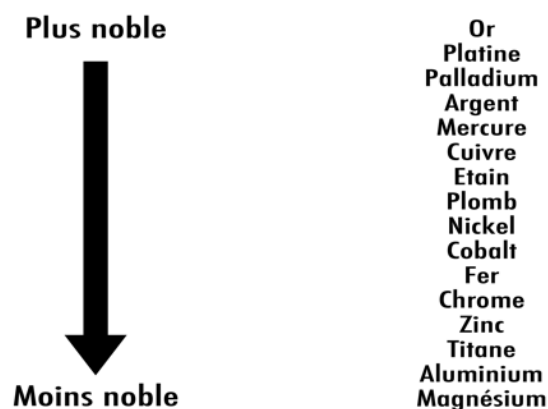


Figure 11 : [Échelle galvanique, du plus noble au moins noble.](#)

En définitive, pour ralentir ou arrêter la corrosion des artefacts en métal, il faut limiter l'apport d'oxygène et d'électrolytes. Pour le fer, en particulier, il est possible d'atteindre cet objectif sous les 35 % d'humidité relative.

Lors de la fouille	Garder sec ce qui est sec.	Garder humide ce qui est humide.	Immerger ce qui est gorgé d'eau.
Postfouille	Si aucune conservation n'est planifiée : élaguer.	Si un laboratoire de chantier est disponible : se référer aux pages suivantes.	
Laboratoire	Conservation désirée sans restauration	Restauration planifiée	
	1. Assécher les métaux humides et gorgés d'eau (voir les pages suivantes). 2. Isoler les corrosions actives, faire stabiliser par un restaurateur (voir les pages suivantes). 3. Trouver un espace adéquat de conservation sous 40 % d'humidité relative stable.	1. Acheminer rapidement à un restaurateur (le sec, sec; l'humide, humide; le gorgé d'eau, mouillé). 2. Trouver un espace adéquat de conservation sous 40 % d'humidité relative stable. 3. Établir les raisons de la restauration : étude, documentation, radiographie, exposition, besoins médiatiques, etc.	

Figure 12 : Les étapes d'intervention sur les métaux archéologiques autres que le fer.
 © Kateri Morin, CCQ

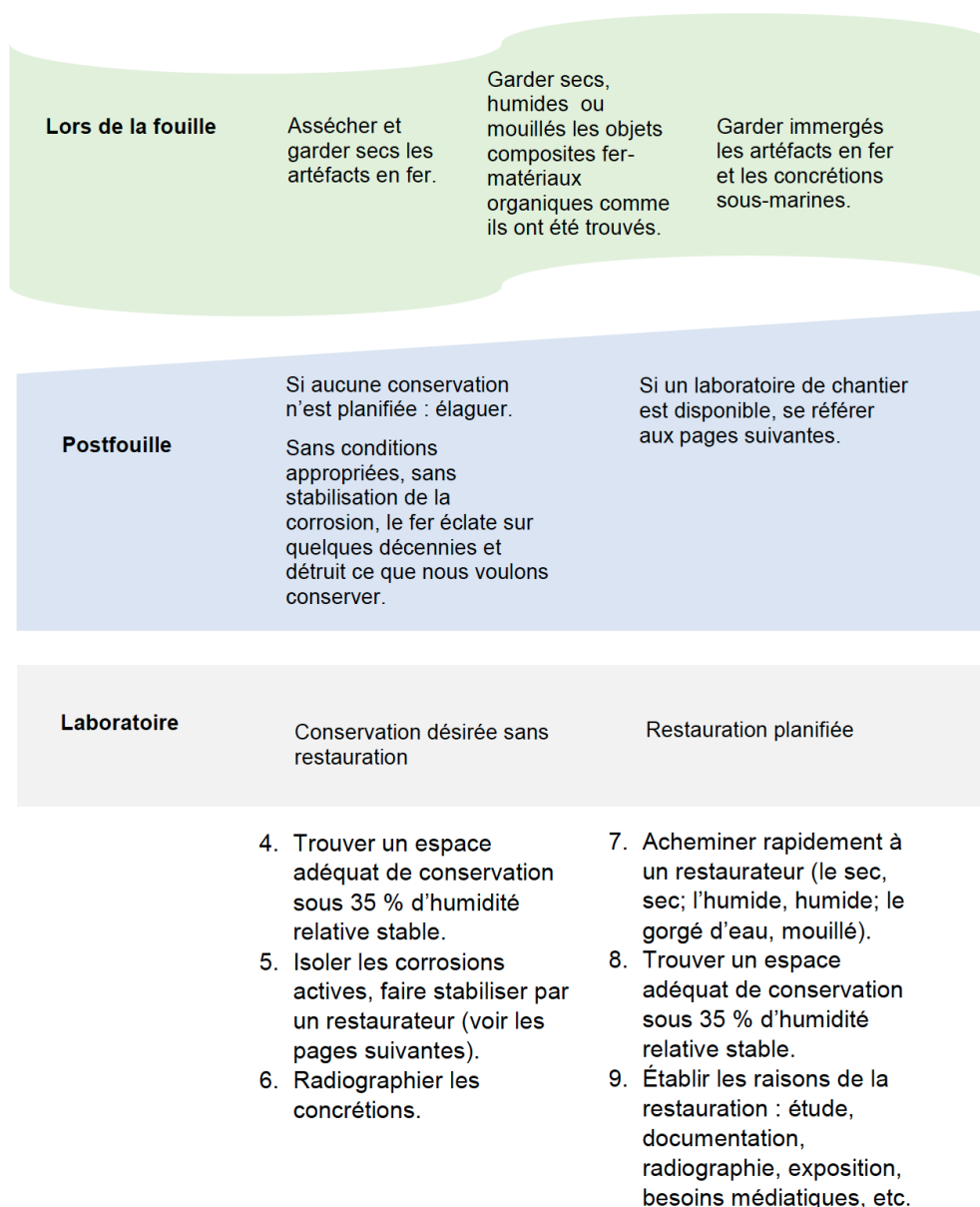


Figure 13 : Les étapes d'intervention sur les objets archéologiques en fer.
 © Kateri Morin, CCQ

Pour en apprendre davantage :

[Conservation préventive : Des métaux fragiles](#)

3.3 Les métaux, dans le détail

Tous les métaux, à l'exception de l'or, sont vulnérables à la corrosion, un processus d'oxydation par lequel le matériau perd ses propriétés physiques et chimiques et qui entraîne un changement d'aspect. Les métaux résultent le plus souvent du travail de l'être humain qui, à force d'énergie, les a obtenus à partir de minerais. La corrosion tend à rétablir, en quelque sorte, les droits de la nature sur la matière, retransformant le métal en minerai. Cette tendance est plus ou moins importante suivant le métal et varie aussi en fonction des conditions et de la durée d'enfouissement.

Notre recommandation générale à propos des métaux trouvés sur les sites concerne la couche de corrosion. Il est tentant pour l'archéologue de « déshabiller » le fragment couvert de gangue qu'il vient de mettre au jour en vue de tirer l'information qui se trouve sous la couche de corrosion informe. Cependant, cette dernière constitue une protection pour l'objet qu'elle recouvre : elle le protège physiquement des chocs et chimiquement des agents oxydants de l'environnement en s'interposant de façon plus ou moins efficace entre le métal et ceux-ci. De plus, la couche de corrosion recèle parfois des renseignements utiles aux spécialistes de l'interprétation et de l'analyse. Ainsi, la surface d'origine des objets métalliques de même que leur décor s'inscrivent parfois dans la couche de corrosion. Dans la même couche peuvent se trouver incrustés et minéralisés des matériaux fugaces : bois, cuirs, textiles, tous nécessaires à l'interprétation du contexte.



Figures 14-A : Concrétion marine provenant de l'épave du Elizabeth and Mary. © André Bergeron, CCQ



Figure 14-B : Radiographie de cette concrétion révélant la présence d'une platine de fusil. © Michel Élie, CCQ

Il est préférable de résister à la tentation de cureter les objets métalliques et de s'en remettre plutôt à une radiographie prise⁴ après l'opération de fouille et avant le traitement en laboratoire. En effet, c'est surtout avec les métaux que cet instrument d'analyse prend tout son sens. L'interprétation d'un cliché obtenu grâce aux rayons X peut notamment révéler la forme originelle de l'objet, l'importance du noyau métallique résiduel, les détails de fabrication (rivets, soudures, pliages, etc.), la présence de décor incisé ou incrusté, de même qu'un placage. C'est en fait une somme de données importantes qu'une intervention mécanique hâtive risquerait de faire disparaître, tout en déclenchant un nouveau cycle de corrosion qui se solderait par un stade plus avancé de dégradation.

Il est donc préférable de laisser à un expert le soin de dégager les métaux.

⁴ Le Centre de conservation du Québec peut offrir ce service.

La remise en forme d'un objet en métal déformé au moyen de pressions peut aussi tenter l'archéologue. Ici encore, ce genre d'opération ne peut être que néfaste à l'artéfact métallique. Le matériau, ductile et malléable à l'origine, a subi, après son abandon, des modifications qui ont altéré ses propriétés mécaniques de départ, de sorte que les stress appliqués provoquent à coup sûr des ruptures.

Après ces recommandations d'usage, examinons maintenant le comportement particulier des métaux les plus fréquemment trouvés sur les sites.

3.3.1 Le fer



© Guy Couture, CCQ

3.3.1.1 DESCRIPTION

Le fer est un métal gris présentant un aspect lustré, caractéristique de ce genre de matériau. Il est à la fois dur, malléable et ductile. Il possède en plus une propriété particulière : le magnétisme. L'aimant fera donc partie de la trousse de base de l'archéologue qui s'en servira pour identifier le fer, mais aussi pour sonder l'importance du noyau métallique présent sous la gangue; la plupart des produits de corrosion n'ayant aucune propriété magnétique, un fer sera complètement minéralisé s'il ne répond plus à l'aimant.

Les météorites sont les uniques sources de fer natif sur la planète. Donc, en pratique, le fer résulte d'une production humaine. Il est extrait de minerais ferrugineux. Bien que ces minerais soient les plus répandus sur le globe, l'apparition du fer dans la culture matérielle est relativement récente, et sa présence en Amérique ne débute qu'à la période de contact. Cet état de choses s'explique par la difficulté de transformer le minerai. Sa transformation nécessite en effet des températures de fusion élevées et un savoir-faire technique complexe. Sur les sites historiques, les objets de fer abondent.

La mise en forme du fer se fait par forgeage à chaud ou par coulée. Le fer forgé, ou acier, est très pur : il ne contient que 0,2 % de carbone. Il renferme en outre des impuretés, ou scories, qui sont en fait des inclusions de silicates. Au moment de la mise en forme par battage à chaud, les scories sont écrasées entre les couches de fer battu. La fonte de fer, pour sa part, est constituée de 2 à 6 % de carbone.

3.3.1.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

L'apparence, la couleur et la préservation du fer dépendent du lieu d'enfouissement.

Dans les sites non submergés, le fer se présentera le plus souvent sous l'aspect d'une grosse masse informe de couleur rouille.

La corrosion du fer est non uniforme : elle prolifère comme des verrues sur la surface de l'objet. Étant donné qu'au cours de sa corrosion, le fer peut augmenter jusqu'à 10 fois de volume, des concrétions terreuses pourront être englouties dans la corrosion, dans la masse de gangue entourant l'objet.

Si le sol est crayeux, les carbonates se déposeront sur la surface, conférant à l'objet une croûte blanchâtre. Le fer se conserve très mal en milieu acide, sauf en présence de tannins, comme nous le verrons, mais il peut survivre en milieu alcalin : il est en effet « passivé » lorsque le pH se situe entre 9,5 et 12,0. Dans ces conditions, les produits de corrosion formés sont stables et protègent le métal sous-jacent.

Dans les sites submergés et anaérobies, comme les sols glaiseux, le fer se présente avec un enduit d'un noir de suie et des zones d'un noir bleuté. Il dégage une forte odeur de soufre. Cet aspect et cette odeur résultent de l'action de bactéries sulforéductrices actives en milieu alcalin et anaérobie.

En milieu acide, l'aspect noir découle de l'action des tannins, c'est-à-dire des substances organiques complexes (polyphénoliques) présentes dans certaines essences ligneuses comme le chêne et aussi dans certains cuirs traités. Les tannins forment des tannates qui protègent le métal. En présence de fer, en milieu acide, les phosphates solubles, naturellement produits par l'activité bactérienne ou ajoutés comme fertilisants, forment aussi sur le fer une couche de protection.

En milieu acide et aérobie, comme dans les podzols, le fer est rapidement minéralisé. Cependant, de tous les contextes de fouille, l'environnement salin aérobie constitue le contexte le plus inhospitalier pour le fer. Les chlorures enclenchent avec le fer une réaction en chaîne qui mène rapidement à la perte de l'artéfact. De l'activité des chlorures sur le fer résulte la formation d'acide chlorhydrique. Cet acide peut à son tour attaquer le métal, accélérant de ce fait le processus de dégradation.

L'apparence du fer est aussi fonction du procédé de mise en forme utilisé : forgeage ou coulée. En milieu d'enfouissement, la corrosion du fer emprunte le chemin des scories écrasées entre les couches. Cela confère à l'acier corrodé son aspect feuilleté caractéristique. Lorsque cette fonte se corrode, les volumineux oxydes de fer migrent vers l'environnement, mais le réseau poreux du carbone est laissé intact; on appelle « graphitisation » ce processus de dégradation de la fonte en milieu d'enfouissement. Dans la couche poreuse et friable du graphite (ou carbone) se trouvent les contours d'origine de la pièce. Cette couche est beaucoup moins dure que la couche de concrétions qui la recouvre. Aussi, toute tentative d'extraire les concrétions risque de désolidariser la couche graphitique et d'entraîner la surface originelle de l'objet.

En milieu humide ou subaquatique, les produits de corrosion solubles du fer migrent vers l'environnement et se transforment en produits insolubles en emprisonnant les substances et les objets qui se trouvent dans leur périmètre. En milieu marin, le processus de formation des concrétions est soutenu par la présence d'organismes vivants. Ceux-ci construisent autour d'eux des excroissances, principalement constituées de carbonate de calcium et infiltrées de produits de corrosion du fer. Ces concrétions peuvent alors être très volumineuses et englober du sable, des coquillages, des cailloux et parfois même des artéfacts et des écofacts qui sont une riche source d'information pour les spécialistes. Leur présence ne sera révélée qu'à la radiographie.

Souvent, le fer est associé à d'autres matériaux : crosse de fusil en bois, manche de couteau en ivoire ou de fourchette en os, fourreau d'épée en bois et en cuir, etc. Ces matériaux seront intimement liés par la corrosion du fer.

3.3.1.3 SOINS PARTICULIERS

Étant donné l'état de préservation variable des fers enfouis, il est recommandé, au dégagement, de ne jamais forcer l'objet ni d'appliquer de levier pour l'extraire, même s'il est en apparence solide. La corrosion du fer s'accompagne souvent de microfissures en profondeur, invisibles à l'œil nu. L'objet dans cet état cédera à la moindre pression. L'archéologue dégagera donc les surplus de terre au pinceau ou à la spatule de bois (abaisse-langue, outil pour modeler), mais il prendra soin de laisser en place les produits de corrosion.

Les spécimens fragiles et ceux qui seront levés en bloc devront être soutenus et encapsulés de façon appropriée. Pour les premiers, il faut se servir d'attelles; tandis que, pour les seconds, l'archéologue s'assurera que le bloc est solidement supporté par un plancher et des parois de contenants adaptés au poids de l'ensemble.

Si le spécimen provient d'un site sec, il convient de le garder dans cet état et de l'emballer dans un contenant rigide et hermétique, en présence de gel de silice déshydraté. Si toutefois l'archéologue ne dispose pas de gel, il utilisera des contenants non hermétiques, et ce, afin d'éviter les accumulations d'humidité résultant des chutes brusques de température, fréquentes en situation de fouille.

Si le spécimen provient d'un site mouillé ou submergé, il est alors possible de le rincer pour dégager les sédiments. L'archéologue utilisera, pour ce faire, un pinceau, une éponge, ses doigts ou, à la rigueur, une spatule de bois du genre abaisse-langue ou des outils pour le modelage, mais il se gardera de frotter les surfaces pour extraire la couche de corrosion. Si l'artéfact comporte un élément en matériau organique (bois, os, cuir, etc.), il faudra le garder mouillé. De même, les concrétions marines et les artéfacts provenant de milieux hautement salins devront être gardés immergés jusqu'à ce qu'une radiographie soit faite. Tous les autres artéfacts en fer doivent être asséchés.

À ce stade de l'avancement de la fouille, l'archéologue doit s'interroger sur les raisons de la conservation de ces artéfacts et sur les moyens dont il dispose pour qu'effectivement ceux-ci soient conservés dans le temps (étude rapide, étude à long terme, spécimen représentatif, objets significatifs, etc.). Les artéfacts en fer ne peuvent être préservés que s'ils ont subi un traitement de stabilisation de la corrosion. Trois regroupements d'artéfacts devraient être envisagés : ceux qui seront restaurés (ce qui comprend la stabilisation), ceux qui n'auront qu'un traitement de stabilisation de la corrosion et ceux qui n'auront aucun traitement. L'archéologue doit savoir que les artéfacts en fer qui n'auront pas subi de traitement de stabilisation de la corrosion ne peuvent pas se préserver dans le temps et qu'ils perdront une partie de l'information qu'ils contiennent au fil des années. De plus, pour ces trois regroupements, il faut prévoir un espace d'entreposage sous les 35 % d'humidité relative. Il est illusoire de croire autrement en leur préservation.

Pour les artéfacts qui doivent être conservés mouillés (restauration complète ou stabilisation de la corrosion), l'archéologue pourra donc grouper les plus petits dans des sachets de moustiquaire en polyéthylène et les mettre ainsi à tremper. Afin de limiter la présence d'oxygène, il scellera la surface du bain au moyen d'une pellicule de plastique. Une pellicule opaque limite l'accès de la lumière et réduit ainsi la prolifération des algues. Les sacs à ordures verts ou noirs peuvent très bien remplir cette fonction. Les objets plus gros seront attachés à des supports suffisamment costauds pour les soutenir sans se déformer. Des tuyaux de plomberie en plastique ABS ou PVC sciés en deux dans le sens de la longueur ont déjà été utilisés avec succès pour supporter des épées et des fûts de fusils.

L'archéologue s'occupera de renouveler régulièrement l'eau de trempage. L'odeur désagréable qui se dégagera au bout d'un certain temps pourra suffire à indiquer que le moment est venu de changer l'eau du bain.

Une boîte en contreplaqué, renforcée dans les coins et tapissée d'une épaisse feuille de polyéthylène, pourra servir de bassin de trempage aux objets de grande dimension. Une autre solution sera de fabriquer un bassin de fortune en creusant à même le sol un trou tapissé ensuite

d'une toile imperméable. Il conviendra très bien à l'entreposage temporaire d'objets de grande dimension. Il est préférable d'aménager le bassin de trempage avant d'extraire l'objet. À défaut de bassins pour les recevoir, les objets peuvent être vaporisés d'eau et enveloppés dans des tissus absorbants mouillés jusqu'à ce qu'un bassin leur ait été aménagé.

Au moment du transport, l'archéologue enroulera les gros objets dans quelques épaisseurs de tissus mouillés et il complétera le tout par deux épaisseurs de polyéthylène en feuilles scellées de façon étanche. Les petits objets voyageront dans l'eau. Ils seront regroupés et calés pour ne pas bouger dans leur bassin de trempage. Tous les vides seront comblés avec des matériaux de calage.

3.3.1.4 LE FER EN MILIEU MARIN

Si un laboratoire de chantier est disponible sur le terrain, il est possible de pousser plus loin le conditionnement du fer et même d'entamer le processus de stabilisation de la corrosion des artefacts. La corrosion par les chlorures est particulièrement dévastatrice. La fonte de fer provenant de sites marins ou salins ne peut pas être séchée, ne serait-ce que partiellement, au risque de voir la forme originelle de l'objet, inscrite dans la couche de graphitique, être désolidarisée au profit de la couche d'oxydes, plus dure et plus volumineuse. Si elle est trouvée mouillée, la pièce de fonte sera conservée dans cet état. Si l'eau douce fait défaut sur le site, elle pourra être maintenue dans de l'eau de mer pendant quelques heures. Cependant, l'eau douce est préférable. L'archéologue ajoutera de la soude (2 %) ou du carbonate de sodium (5 %) à l'eau de trempage (voir l'annexe III).

Les pièces de fonte pourront être maintenues dans cette eau durant une période de six mois. Pendant ce temps, il convient de réduire l'accès de l'oxygène en appliquant des pellicules de plastique à fleur d'eau. L'emploi de pellicules opaques, qui limitent également la présence de la lumière et donc la croissance des algues, est préférable. Si la pièce de fonte est de petit format, il sera possible de la sécher rapidement en la mettant dans un contenant étanche en présence de gel de silice déshydraté avec indicateur (voir la section 8.11).

L'acier ou le fer forgé se corrode en profondeur le long des couches des scories. Une reprise de corrosion rapide risque de causer l'éclatement des couches. Si elles sont trouvées mouillées, les pièces de fer forgé provenant des sites marins ou salins seront immédiatement passivées par trempage dans des solutions de soude (2 %) ou de carbonate de calcium (5 %).

Des traitements de stabilisation utilisant le sulfite alcalin existent, mais leur mise en œuvre est complexe et devrait relever du travail du restaurateur.

Par ailleurs, les objets qui se trouvent dans les concrétions jouissent d'une immunité relative. C'est pourquoi il est préférable de laisser à un restaurateur le soin d'exécuter en laboratoire la fouille fine des concrétions. Lorsqu'elles sont trouvées mouillées, les concrétions ferrugineuses provenant de sites marins doivent aussi être conservées dans cet état. L'archéologue ne pourra toutefois pas les mettre dans des bassins de passivation (soude ou carbonate) à cause de la présence possible d'autres matériaux dans la concrétion. Les concrétions peuvent être mises à tremper dans des bassins contenant de l'eau. Si les bassins et l'eau manquent sur le chantier de la fouille, les concrétions seront roulées dans des tissus absorbants imbibés d'eau, ensachées sous une double épaisseur de polyéthylène et envoyées à un laboratoire de restauration.

Pour en apprendre davantage :

[Comment retrouver un artefact dans une concrétion métallique](#)

3.3.2 Le cuivre et ses alliages



© Yves Bellemarre, CCQ

3.3.2.1 DESCRIPTION

Le cuivre, ce métal orangé et lustré lorsqu'il est poli, est bien connu. Il est malléable, ductile et excellent conducteur de l'électricité et de la chaleur. Relativement mou à l'état pur, le cuivre se voit souvent adjoindre d'autres métaux, c'est-à-dire qu'il est utilisé en alliage, le plus souvent avec de l'étain. S'il y a effectivement présence d'étain, la proportion pouvant varier de 1 % à 10 %, l'alliage s'appelle du « bronze ». Si le cuivre est allié à du zinc, les proportions peuvent s'élever à 40 % et, dans ce cas, le « laiton » est obtenu. Certains alliages présentent aussi de l'arsenic, du plomb et de l'antimoine. Les propriétés de ces alliages varient suivant leur composition.

Les sources de cuivre natif et les techniques d'extraction à partir du minerai sont exploitées depuis fort longtemps. Les gisements de cuivre natif de la région des Grands Lacs sont connus des Amérindiens depuis des millénaires. Ils en ont fait le troc sur tout le continent. Ainsi, les possibilités de découvrir des artefacts très anciens à base de cuivre sont nombreuses.

3.3.2.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

De façon générale, le cuivre résiste mieux à la corrosion et supporte mieux l'enfouissement que le fer. Au moment de la fouille, l'objet sera le plus souvent couvert d'une corrosion verte, laquelle constitue l'indice le plus sûr de la présence de ce métal. Le cuivre en alliage avec l'or et l'argent, comme c'est souvent le cas des pièces de monnaie, apparaîtra également vert à l'exhumation. Étant plus électro-négatif que l'or ou l'argent, il sera corrodé préférentiellement et ses produits de corrosion masqueront la présence des autres métaux plus « nobles ». Lorsqu'il est plaqué d'étain, l'objet de cuivre se présentera également avec une couche de corrosion verte, et ce, parce que l'étain aura été dissous. De même, plaqué de métaux précieux, l'objet de cuivre verra son placage recouvert d'une couche de corrosion verte. À l'encontre de ce qui se produit pour le fer, il est plus rare de trouver un objet en cuivre complètement minéralisé. Généralement, un noyau métallique aura survécu à l'abandon. Les produits de corrosion du cuivre tendent à former une couche plus dense et cohésive autour de l'objet, offrant ainsi moins d'accès à l'oxygène et à l'eau, grands responsables de l'oxydation.

Les objets en cuivre se présentant la plupart du temps sous forme d'alliages, ils sont corrodés par minéralisation du zinc et de l'étain contenus dans l'alliage. Ces métaux se dissolvent dans l'environnement en laissant derrière eux un objet aux contours intacts, mais dont la surface est poreuse, friable, de même que perméable à l'eau, à l'oxygène et aux chlorures. Cette surface représente la surface d'origine de l'objet, une surface qu'il faut conserver.

À l'encontre du fer, **en milieu marin**, le cuivre n'a pas tendance à s'entourer de concrétions. Les produits de corrosion du cuivre sont moins volumineux et, de plus, ils sont toxiques quant aux microorganismes qui participent habituellement à la formation des concrétions. On peut cependant en trouver à l'intérieur des concrétions marines lorsque les artefacts ont été englobés dans les sédiments.

Tout comme le fer, le cuivre aura de meilleures chances de survie dans un environnement neutre ou alcalin que dans un environnement acide. En milieu anaérobie, la conversion du métal en sulfures par des bactéries sulforéductrices entraîne la formation, autour de l'objet, d'une couche de corrosion étanche et cohésive qui fera éventuellement obstacle à la corrosion même. Dans ce cas, le cuivre recueilli présente une surface noire et lisse ou un aspect métallique plaqué de zones noires.

Dans un sol détrempé et si le milieu est acide, seuls des objets maintenus en absence totale ou presque d'oxygène pourront survivre. Un podzol, aéré et riche en humus acide, constitue un environnement néfaste, tant pour le fer que pour le cuivre.

Tout comme le fer, le cuivre supportera mal la présence de chlorures dans son environnement. Ceux-ci ont en effet tendance à envahir la couche verte des carbonates et la couche inférieure rouge d'oxyde cuivreux pour s'infiltrer entre cette dernière et le métal. En présence d'eau et d'oxygène, les chlorures cuivreux produisent une seconde couche d'oxyde cuivreux, rouge, mais aussi de l'acide chlorhydrique, qui est lui-même capable d'attaquer le métal. Une réaction en chaîne s'enclenche, qui se poursuivra ainsi jusqu'à la minéralisation complète, aussi longtemps que l'eau et l'oxygène seront présents.

L'objet provenant de fouilles sous-marines présentera à sa sortie une couche de corrosion verte, en apparence stable et cohésive. Cependant, la présence des chlorures sous-jacents se manifesterait rapidement. L'irruption en surface de produits de corrosion poudreux et d'un vert lumineux, parfois appelé « vert piscine », constitue un signe de corrosion active, un symptôme de la « maladie du bronze ».

3.3.2.3 SOINS PARTICULIERS

À l'extraction, il faut éviter d'appliquer des forces en levier pour dégager les objets en cuivre. Ce métal est très malléable; de plus, la corrosion tend à créer des fissures en profondeur, ce qui augmente les risques de bris et de déformation. Il est aussi inutile de tenter de reformer les objets pliés, cette opération se soldant le plus souvent par une déchirure le long de la pliure. Un support physique approprié sera fourni à tous les objets fragiles. L'archéologue laissera à un restaurateur le soin de dégager la corrosion et de séparer les artefacts que les conditions d'enfouissement ont soudés ensemble, comme les amas de pièces de monnaie, les épingles et les boutons.

Très souvent, la présence de sels de cuivre aura permis à des composantes organiques en contact avec le cuivre de bien se préserver, et ce, à cause du pouvoir biostatique de ces sels. Si ces matériaux associés sont trouvés humides, ils devront être conservés dans cet état. S'ils sont trouvés mouillés, ils devront être très tôt soumis à l'attention d'un restaurateur, sauf s'ils sont complètement minéralisés.

Les objets mouillés et prélevés avec le sédiment, ou ceux dont les grandes dimensions ne permettent pas l'entreposage en bassin, seront couverts de tissu éponge éventuellement imbibé de la solution de benzotriazole et mis dans des emballages étanches (par exemple : une double épaisseur de polyéthylène en feuilles scellées à la chaleur). Cette dernière opération ne peut être envisagée que si l'archéologue bénéficie d'un laboratoire de chantier.

Les objets trouvés secs seront conservés secs. L'archéologue utilisera pour ce faire des sachets de gel de silice déshydraté dans des quantités proportionnelles au volume du contenant. Il vérifiera le comportement des artefacts durant l'entreposage. L'apparition de corrosion poudreuse d'un vert lumineux étant l'indice de corrosion active, les artefacts atteints devront être confiés à un restaurateur dans les délais les plus courts.

Si, après le séchage, des symptômes de la maladie du bronze apparaissent sur les objets secs, il sera préférable de les isoler dans un endroit où l'humidité est faible (humidité relative inférieure à 45 %) et constante. Si de telles conditions ne peuvent pas être remplies, on mettra ces pièces à tremper, comme des objets provenant de sites marins, dans une solution de benzotriazole à 1 %. Cet entreposage n'est valide que pour quelques mois. Si le retour des pièces vers un laboratoire de restauration devait dépasser quelques semaines, il faudra les sécher par immersion dans l'alcool ou l'acétone avant de les mettre dans des contenants hermétiques, en présence de gel de silice déshydraté, qui sera renouvelé au besoin. L'état du gel peut être suivi par la modification de sa couleur s'il contient un indicateur ou encore par une échelle indicatrice (voir la section 8.11.3 sur la préparation du gel de silice). Avant d'être entreposés de la sorte, les cuivres seront débarrassés de leurs concrétions.

Les objets mouillés de petite dimension pourront être mis à tremper dans des bacs en polyéthylène couverts, du genre de ceux utilisés pour la conservation des aliments. Une solution contenant du benzotriazole, un inhibiteur de corrosion pour le cuivre, pourra servir à l'entreposage. Il est peu soluble dans l'eau et la concentration de la solution de trempage ne pourra donc excéder 1 % p/v. Puisque ce produit comporte des risques pour la santé, il faut marquer clairement tous les contenants où il est présent. De plus, il convient de manipuler avec des gants les objets en trempage et d'utiliser un masque et des verres de sécurité pour la préparation des bains. Une autre solution consiste à sécher les cuivres mouillés par trempage dans l'alcool ou l'acétone. Les artefacts sont ensuite rangés au sec, idéalement en présence de gel de silice déshydraté.

Tous les cuivres présentant des symptômes de la maladie du bronze devront être conservés dans l'eau claire, une eau à remplacer régulièrement en se basant sur des mesures de chlorures effectuées sur les eaux de trempage.

Ils devront être confiés le plus rapidement possible à un restaurateur. Si un traitement de restauration n'est pas envisageable dans l'immédiat, ils devront être séchés par trempage dans l'alcool ou l'acétone, avant d'être entreposés au sec dans les contenants hermétiques garnis de gel de silice déshydraté, un gel qui sera remplacé au besoin par du gel régénéré.

Les objets mouillés, surtout s'ils proviennent d'un **site marin**, devront être mis à tremper dans des bacs en polyéthylène couverts, du genre de ceux utilisés pour la conservation des aliments. Il faut ajouter du carbonate de sodium à l'eau de trempage jusqu'à l'obtention d'un pH de 12,5. Cette solution pourra servir à l'entreposage. Tous les contenants devront indiquer la présence du carbonate. De plus, la manipulation des objets en trempage avec des gants, l'utilisation d'un masque et de verres de sécurité s'imposent pour la préparation des bains. Une autre solution consiste à sécher les cuivres mouillés par trempage dans l'alcool ou l'acétone et à ranger ensuite les artefacts au sec, idéalement en présence de gel de silice déshydraté.

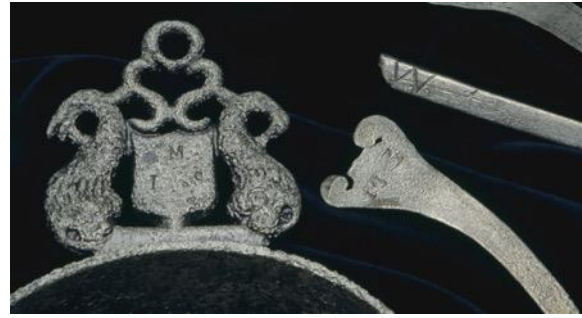
Les objets mouillés et prélevés avec le sédiment, ou ceux dont les grandes dimensions ne permettent pas l'entreposage en bassin, seront couverts de tissu éponge imbibé d'eau et mis dans des emballages étanches à l'eau (par exemple : une double épaisseur de polyéthylène en feuilles scellées à la chaleur).

Les cuivres et les alliages de cuivre provenant de sites submergés devront être conservés mouillés. Après un rinçage à l'eau claire et un dégagement au pinceau des sédiments de surface, certains objets révéleront peut-être la présence de placage. Les surfaces de ces objets sont fragiles et il faudra les emballer de façon à éviter l'abrasion.

3.3.3 Le plomb et ses alliages



© André Bergeron, CCQ



© Michel Élie, CCQ

3.3.3.1 DESCRIPTION

Le plomb est un métal blanc et lustré lorsqu'il est poli. Très ductile, il se révèle fort malléable et surtout extrêmement lourd. Son poids constitue d'ailleurs un excellent indice pour son identification. Une autre caractéristique : il laisse un trait noir lorsqu'il est frotté sur du papier blanc. Comme il est grandement malléable, il est habituellement utilisé en alliage, surtout avec l'étain avec lequel il forme le *pewter*, qu'en français on appelle à tort l'« étain ». De plus, ayant un très bas point de fusion, encore abaissé par la présence de l'étain, il est souvent coulé.

La galène, un minerai de sulfure de plomb, constitue sa principale source. Toute l'Amérique en est très bien pourvue, mais les premiers artefacts en plomb seront apportés sur le continent par les Européens. L'étain se présente habituellement sous forme de placage ou en alliage. De son côté, le plomb peut être utilisé à l'état pur : balles de fusil, parements ou conduites d'alimentation en eau. Le plus souvent, il est en alliage avec l'étain : écuelle, assiette, chandelier, etc.

3.3.3.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

Le plomb et l'étain, tout comme le zinc, étant des métaux amphotères, ils seront, par conséquent, soumis autant à la dégradation acide qu'à la dégradation alcaline. Au moment de l'extraction, le plomb, l'étain et leur alliage présenteront des aspects similaires : une surface d'un gris pâle apparaît sous une couche mixte constituée de terre et de produits de corrosion blanchâtres. Il pourra arriver que la surface gris pâle et friable présente des verrues d'un gris plus dense. La surface originale se trouve à même cette couche de corrosion poudreuse et très toxique.

Le plomb, l'étain et leur alliage sont très malléables et facilement déformables; ils peuvent aussi avoir été grandement affaiblis par leur séjour dans le sol, perdant ainsi beaucoup de leur ductilité. Tout dégagement mécanique est contre-indiqué à cause de la fragilité du métal. Le plus souvent, la levée en motte (avec le sédiment sous-jacent) s'imposera pour ces objets. Si une consolidation du sol doit précéder la levée, l'archéologue évitera d'avoir recours à l'acétate de polyvinyle (PVA) comme consolidant. Ce polymère émet des vapeurs acides auxquelles l'étain et surtout le plomb réagissent très fortement. L'emploi d'une résine acrylique diluée dans un solvant constitue l'alternative souhaitée.

3.3.3.3 SOINS PARTICULIERS

Il est recommandé de **garder mouillés les spécimens trouvés mouillés**. Ils pourront faire l'objet de rinçage, mais, pour cette opération, l'utilisation de l'eau fraîche est préférable à celle de l'eau distillée dont le pH légèrement acide risque de corroder les plombs. Une fois lavés à l'eau douce, ils pourront être séchés à l'air.

Les métaux trouvés secs devront être conservés dans cet état. Parce que les produits de corrosion du plomb sont très toxiques, il faut éviter tout dégagement à sec risquant de soulever des poussières de plomb. Toutefois, chaque objet devra être doté d'un support approprié. La mousse de polyéthylène (Ethafoam, Microfoam) pourra être utilisée à cet effet. Les objets supportés de façon appropriée seront rangés dans des sacs de polythène ou, au besoin, pourront être calés dans des contenants rigides pour prévenir toute déformation. L'archéologue évitera de les ranger en présence de papiers acides, tels les sacs en papier kraft. Les boîtes de bois et de carton ordinaire sont également trop acides pour le plomb. Le gel de silice déshydraté n'est pas absolument nécessaire. Il est de rigueur d'éviter tout contact et toute émanation acide; c'est pourquoi le bois (particulièrement le chêne), le papier et le carton ordinaire ne pourront pas être utilisés pour l'entreposage du plomb et de ses alliages.



© André Bergeron, CCQ



© Jacques Beardsell, CCQ

3.3.4 L'or et l'argent

3.3.4.1 DESCRIPTION

L'or est jaune, alors que l'argent est blanc. Tous les deux sont lustrés et lourds, à la fois très malléables, fort ductiles et bons conducteurs de chaleur et d'électricité. L'or ne se corrode pas, alors que l'argent ternit en formant une très fine couche dense et violacée; son fini lustré se conserve sous cette ternissure. L'argent est aussi fortement attaqué par le soufre et plusieurs composés sulfureux.

Les sources d'argent natif sont plutôt rares. Bien que la coupellation, un procédé de « désargentage » du plomb par chauffage, soit une pratique en usage depuis 2 000 ans, au Québec, l'argent est absent jusqu'à la période historique. Après quoi, il se présentera habituellement sous forme d'alliages, le plus souvent avec du cuivre, notamment dans les pièces de monnaie. L'or, un peu plus répandu dans sa forme native, est parcimonieusement distribué dans le sol et en surface. Premier métal à être utilisé par l'être humain, il se présente sous forme de dépôts alluvionnaires ou encore avec des inclusions de silice dont il peut être extrait par chauffage. Comme il est mou, il s'utilise en alliage, souvent avec de l'argent ou du cuivre, ou les deux. D'ailleurs, c'est généralement sous cette forme que l'or se trouve dans la nature et sur les sites.

3.3.4.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

Sur les sites du Québec, ces deux métaux se trouvent fréquemment en alliage avec le cuivre et plus rarement comme placage. Ils passeront le plus souvent inaperçus, dissimulés sous la couche de corrosion verte du cuivre. L'or ne peut être corrodé. L'argent, dans certaines conditions, peut devenir friable et se délaminer.

En milieu marin, les placages ont très peu de chances de survie à cause de la minéralisation intense du métal de support. Les alliages seront également minéralisés au profit du métal le plus noble : l'or ou l'argent. La minéralisation aura pour effet de couvrir l'objet de corrosion, dissimulant ainsi le métal précieux et préservant le contour d'origine maintenant friable.

3.3.4.3 SOINS PARTICULIERS

Ces deux métaux étant extrêmement mous, ils seront d'autant plus fragiles que la partie du cuivre constituant l'alliage aura été corrodée préférentiellement. Il faut les manipuler avec soin. Seuls les nettoyages au pinceau sont praticables sur les objets plaqués.

Ces objets étant généralement de petite dimension, il convient de les sécher par trempage dans de l'acétone ou de l'alcool et par la suite, de les conserver au sec, idéalement dans des boîtes contenant du gel de silice déshydraté.

L'or et l'argent provenant du milieu marin seront lavés à l'eau douce et séchés à l'air. Si après le séchage, des signes de corrosion active du cuivre se manifestent (dépôts de poudre d'un vert lumineux sur la surface), il faut les immerger alors dans une solution de benzotriazole 1 % ou encore les sécher en les trempant quelques heures dans de l'alcool ou de l'acétone.

3.3.5 L'aluminium



© Kateri Morin, CCQ

3.3.5.1 DESCRIPTION

L'aluminium est un métal argenté, brillant et très réfléchissant. C'est un bon conducteur d'électricité et de chaleur, et sa particularité est sa grande légèreté. Pur, il n'a toutefois pas de caractéristiques mécaniques de solidité; c'est pourquoi il est utilisé en alliages, généralement avec du cuivre.

L'aluminium n'existe pas dans la nature à l'état pur. Son isolement chimique et, donc, sa transformation en solide métallique ont été réalisés pour la première fois en 1825 par Hans Christian Oersted. Il en obtient alors quelques globules. Les coûts liés à ces manipulations, ainsi que la recherche de techniques plus efficaces de transformation, font en sorte que le métal reste un matériau étrange et peu utilisé encore durant de nombreuses années. En 1884, une petite pyramide d'aluminium d'environ 3 kg est exposée chez Tiffany's à New York. Cet objet de curiosité est destiné à couronner la pointe du monument de Washington. Le coût du métal est encore dispendieux : on dit qu'en 1895, il valait 5 fois le prix du cuivre. Toutefois, puisqu'il est si léger, il devient rentable de miser sur son appropriation qui facilite le développement de l'avion.

Les frères Wright utilisent l'aluminium pour leur avion expérimental et le comte Ferdinand Von Zeppelin investit dans ce matériau pour la structure de ses dirigeables. En Allemagne, en France

et aux États-Unis, on recherche le meilleur alliage afin de donner plus de résistance à ce métal et une résistance accrue à la corrosion. Cela prendra quelques années avant que le duralumin soit standardisé, mais déjà le mélange se définit. Il est composé d'aluminium, de 3 à 6 % de cuivre, de 0,5 % de magnésium et de traces de silicium. En 1924, 90 % de la production de l'aluminium est liée à des fins militaires. C'est aussi la période de standardisation des différents alliages.

3.3.5.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

Puisqu'il s'agit d'un métal récent dans l'histoire de l'humanité, on risque davantage de trouver l'aluminium dans les œuvres artistiques, les monuments de grands formats ou le patrimoine militaire et industriel. En archéologie, c'est sur les sites d'épaves du XXe siècle qu'on le trouvera et habituellement en association avec d'autres métaux et matériaux.

À l'air libre, l'aluminium se corrompt rapidement et forme une fine couche de corrosion uniforme, l'alumine, qui lui confère une protection contre la corrosion. Cependant, l'humidité ou l'accumulation d'eau dans les assemblages ou les aspérités peuvent favoriser une augmentation locale des produits de corrosion qui se traduira par des taches blanches. Les acides et les alcalins vont dissoudre l'alumine plus rapidement que le processus de passivation naturel. En association avec un matériau alcalin comme le béton, l'aluminium risque de se dégrader davantage. En enfouissement dans le sol ou l'eau douce, l'aluminium se corrompt lentement, en fonction de la quantité d'oxygène dissous disponible.



Figure 15 : Porte de boîtier d'équipement provenant du *Catalina* (épave américaine de 1942, localisée dans le fleuve Saint-Laurent à hauteur de la ville de Mingan). La couleur orangée est due à la corrosion d'artéfacts en fer provenant de la même épave. La matière beige est composée essentiellement de sédiments marins. Sous ses sédiments, on a trouvé la peinture kaki intacte et l'aluminium en bon état, sauf aux endroits des creux turquoise.
© Kateri Morin, CCQ

L'aluminium se présente différemment dans le milieu marin. Plusieurs alliages montrent une corrosion par piqûres, particulièrement ceux comprenant du cuivre. L'association mécanique à d'autres métaux (rivets, vis en alliages cuivreux) va aussi favoriser cette corrosion galvanique. Les chlorures présents en concentration importante dans l'eau salée accélèrent le processus. Cependant, d'après les analyses faites à ce jour, les chlorures ne pénètrent que dans les cratères des piqûres de corrosion. L'aluminium reste protégé par sa couche d'alumine. La corrosion est localisée.

Les artéfacts en aluminium sont souvent peints. Il peut s'agir d'une polychromie uniforme comme celle de type militaire vert kaki, mais il pourra aussi s'agir de lettrages, de marques de commerce ou même de décors artistiques. La fragilité de cette information repose sur la solidité ou la porosité du métal sous-jacent. Dès lors, l'archéologue prendra grand soin de ne pas abraser la surface qui porte l'information et de la protéger lors de l'entreposage ou du transport de l'artéfact.

3.3.5.3 SOINS PARTICULIERS

Les artefacts en aluminium datant du début du XXe siècle ne sont pas tous formulés selon les mêmes alliages. Ils se comporteront différemment selon les contraintes mécaniques, et ce, même s'ils ont une bonne résistance à la corrosion. De plus, la couche de polychromie qui les recouvre est souvent porteuse d'information. L'archéologue se méfiera de la corrosion par piqûre qui peut être sous la peinture et il protégera mécaniquement la portée et les surfaces des artefacts.

3.3.6 Le nickel et le chrome



© Ariane Lalande, CCQ

3.3.6.1 DESCRIPTION

Le nickel et le chrome sont des métaux argentés et durs. Ils sont rarement utilisés à l'état pur, bien qu'il existe certains objets fabriqués de cette façon depuis l'antiquité et en Asie. Ce sont des métaux résistants à la corrosion, lourds et couteux, comparés à l'acier ou à la fonte de fer.

Le nickel a été transformé pour la première fois par Axel Cronstedt en 1751; c'est depuis cette date qu'il a été utilisé volontairement dans plusieurs alliages. Le plus important de ceux-ci est l'acier inoxydable, dont 8 % à 10 % entrent en composition avec le fer. On dit qu'aujourd'hui, environ 70 % du nickel est utilisé pour la fabrication de l'acier inoxydable. Il a aussi été grandement utilisé dans la fabrication de monnaie du dernier siècle. En 1922, on a frappé la première pièce de 5 cents entièrement en nickel. Depuis, ces monnaies sont faites de différents alliages.

Le nickel sert depuis les années 1870 de revêtement électrolytique ou chimique pour d'autres métaux afin de leur donner une meilleure résistance à la corrosion. Il n'adhère pas parfaitement au fer : on doit placer une couche de cuivre sur les objets avant de faire l'électrodéposition du nickel. Généralement, le nickel résiste à la corrosion de l'eau de mer. Il peut donc protéger des artefacts en fer ou en alliages cuivreux si ce revêtement n'est pas brisé ni usé. Par contre, si le fer est mis à nu, celui-ci se corrodera de façon préférentielle au nickel, puisque le nickel est plus noble que le fer.

Le nickel de surface a tendance à lentement réagir aux polluants du milieu pour former un aspect de surface mat. Lorsqu'il ternit, il perd des qualités pour lesquelles on l'utilise, en aviation par exemple. À partir des années 1920, on tend à remplacer le nickel par le chrome pour les mêmes utilisations de protection de surface.

Notons qu'une bonne partie de la population est allergique au nickel : en contact prolongé, il occasionne des dermatites.

Le chrome a été identifié par des archéologues sur des lames et des pointes de flèches provenant du mémorial de l'empereur Qin, premier empereur de Chine (2000 av. J.-C.), mais sa découverte récente date de 1797 et a été faite par Nicolas Louis Vauquelin.

Le mot chrome vient du grec ancien et fait référence à ses couleurs. Le chrome métallique est « blanc » argenté et légèrement bleuté. Toutefois, l'ion trivalent du chrome donne la couleur verte à l'émeraude et l'oxyde de chrome donne sa couleur au rubis. Les produits de corrosions en milieu marin ont aussi une intensité de couleur bleu profond.

Le chrome entre aussi dans la composition des alliages d'acier inoxydable. On l'a utilisé durant les 30 glorieuses pour donner de l'éclat à nos automobiles. En plus de l'aspect décoratif du chromage, on améliorait la résistance à la corrosion du métal recouvert de façon électrochimique. De nos jours, les utilisations du chrome permettent, en plus des avantages de résistance à la corrosion, d'avoir des surfaces de pièces machinées très lisses.

Lorsque ces pièces sont bien huilées dans un assemblage mobile, tel un moteur, la résistance mécanique est grandement diminuée. Il y a moins d'usures, une longévité accrue est notée. C'est donc un matériau couramment utilisé dans l'industrie.

3.3.6.2 ÉTAT À L'EXTRACTION

Il est difficile de différencier visuellement les produits de corrosion du nickel et ceux du chrome. Provenant de milieux sous-marins, ils ont tous deux des aspects bleu intense et généralisés, si on les compare aux produits de corrosion de l'aluminium où les piqûres sont localisées.

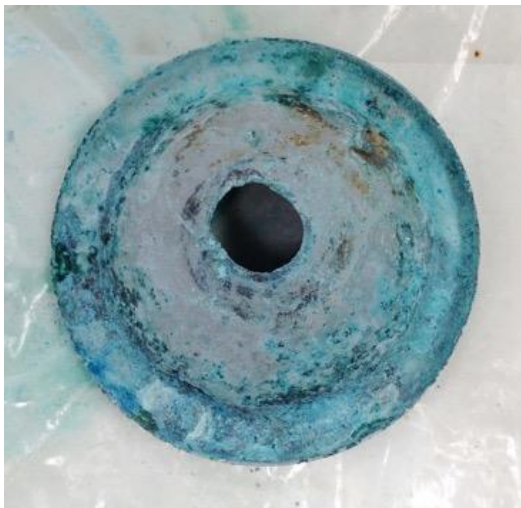


Figure 16-A : Artéfact en laiton plaqué nickel-chrome avant la restauration.
© Ariane Lalande, CCQ



Figure-16-B : Après la restauration.
© Jacques Beardsell, CCQ

Les analyses faites sur ces artefacts ne permettent pas de définir la stratigraphie des différentes couches de placage ni d'identifier la nature exacte des produits de corrosion. Qu'il s'agisse de produits de corrosion du chrome ou du nickel, il y a fort à parier que le métal sous-jacent sera lui aussi altéré. Pourtant, l'électrodéposition rend toutes les couches métalliques beaucoup plus cohérentes entre elles que ne pouvait l'être le placage d'argent sur l'argenterie. Après la restauration, il est possible de retrouver l'éclat de certaines parties d'artefacts.



Figure 17-A : Cet artefact (avant restauration) est composé d'un alliage de nickel, de cuivre et de zinc présentant des traces de fer, de manganèse et de plomb, ce qui correspond à la composition du « maillechort ». © Ariane Lalande, CCQ



Figure 17-B : Après la restauration.
© Jacques Beardsell, CCQ

4 MATÉRIAUX ORGANIQUES

Tous les composés appartenant à la catégorie des matériaux organiques contiennent du carbone. Cet élément possède une propriété qui lui est quasiment exclusive : celle de s'unir à d'autres atomes de carbone pour former de longs enchaînements linéaires ou des composés cycliques. Ces longues molécules constituent le squelette de base de la matière vivante. Elles possèdent généralement des structures complexes, beaucoup plus même que celles qui sont observées en chimie minérale.

Dans le langage courant, on entend par « matériaux organiques » l'ensemble des produits provenant directement des règnes animal et végétal : bois, os, cuir, laine, coton, etc.⁵.

Lorsque les objets faits de matériaux organiques sont ramenés à l'air libre, deux fléaux les guettent. Ce sont le retrait et l'apparition d'efflorescences salines. Il faut éviter tout assèchement, ne serait-il que superficiel, des matériaux organiques trouvés dans l'eau.

Il faut savoir que les tissus vivants à la base des matériaux organiques sont remplis d'eau. Or, les différents processus de mise en forme de ces matériaux, par l'être humain, passent le plus souvent par un assèchement. Ainsi, sur l'arbre, le bois contient en moyenne 30 % d'eau. Une fois débité, le bois ayant une humidité normale affiche une teneur en eau autour de 9 %. L'abandon d'artéfacts poreux dans l'environnement se solde le plus souvent par une réabsorption d'eau. Cette dernière s'accompagne de gonflements et entraîne une perte de cohésion des fibres et des fibrilles, une dissolution de constituants et une rupture des parois cellulaires.

C'est à cause de ces effets du milieu, et en vue de leur éviter un effondrement structural sous l'effet du retrait de l'eau absorbée, que les spécimens organiques, au moment de leur mise au jour et de leur séchage, doivent faire l'objet d'une attention soutenue. Cet effondrement n'est pas sans conséquence, puisqu'il s'accompagne de lésions apparentes prenant la forme de rétractions hétérogènes au sein de la matière, des rétractions auxquelles sont attribuées les déformations, les craquelures, les fentes et les délaminations, des dommages irréversibles dans tous les cas.

Les matériaux de nature organique sont pour la plupart poreux. Après leur abandon en milieu marin ou même dans un sol détrempé, ils sont infiltrés par l'eau, cette dernière souvent remplie de matières en solution ou en suspension. Parmi ces matières, les plus redoutables sont sans doute les sels solubles. Si ceux-ci ne sont pas retirés après la mise au jour, ils migrent en surface et cristallisent. Leur présence prend la forme d'efflorescences, des dépôts blanchâtres, cristallins et constitués de sels minéraux.

Les dommages causés par efflorescence empruntent différents parcours. Ainsi, certains sels étant hygroscopiques, c'est-à-dire ayant le pouvoir de retenir l'humidité, ils soutiennent par leur présence la prolifération de moisissures. D'autres sont transformés au moment de la cristallisation : ils s'oxydent et s'hydratent, formant des sels acides capables d'attaquer les matériaux sur lesquels ils se déposent.

Après leur abandon, les matériaux organiques sont parasités par des microorganismes et des insectes qui s'en nourrissent ou s'en servent comme habitat.

Une rapide biodégradation, après l'abandon, caractérise donc l'ensemble des substances d'origine animale ou végétale. Parce qu'elles sont promptement compostées après leur abandon, elles se trouvent davantage sur des sites d'occupation récente. Des conditions d'abandon tout à fait particulières permettent leur survie au-delà d'un millénaire.

⁵ Appartient aussi à cette catégorie l'ensemble des produits de synthèse résultant de la chimie des pétroles ou de la transformation des matières végétales que sont les plastiques.

Néanmoins, qu'ils soient récents ou anciens, ces matériaux exigeront de l'archéologue des soins appropriés, appliqués en priorité, de façon diligente et soutenue, pour que soit évitée la destruction lors de la mise au jour. C'est de ces différents aspects de la dégradation et de la préservation des matériaux organiques qu'il sera question dans les pages qui suivent.

Note pour le contrôle des moisissures

En raison de la possible interférence des produits contenant des fongicides avec des analyses ultérieures et de leur effet environnemental, leur utilisation n'est plus recommandée en conservation.

Si de la moisissure se développe sur un objet, il est possible de vaporiser sur sa surface une solution éthanol-eau, dans une proportion 7:3.

Attention aux risques pour les objets : l'éthanol pourrait solubiliser des revêtements peints, altérer ou éliminer des produits résiduels provenant de l'utilisation de l'artéfact, des teintures ou des finis de surface et affaiblir des collages. En cas de doute, un test dans une zone peu apparente est recommandé.

Attention aux risques pour la santé : une solution éthanol-eau à cette concentration est inflammable. Le port d'équipement de protection individuelle (gants, lunettes et masques pour les vapeurs organiques) est nécessaire. La vaporisation de cette solution devrait s'effectuer dans une salle munie d'une extraction à l'épreuve des explosions.

Vous pouvez également consulter un restaurateur spécialisé en conservation archéologique pour vérifier les impacts possibles sur vos collections.

La règle d'or consiste à conserver dans l'eau tous les matériaux organiques qui en sont extraits.

4.1 Coquillages



© André Bergeron, CCQ

4.1.1 Description

Les coquilles constituent l'enveloppe calcaire des mollusques : lamellibranches, gastéropodes et foraminifères. Au Québec, les spécimens les plus répandus proviennent probablement des lamellibranches à coquille bivalve (huîtres et moules) et des gastéropodes (escargots et bigorneaux).

Comme l'ivoire et l'os, la coquille est constituée de deux fractions imbriquées, l'une minérale, l'autre organique, à la différence que, dans la coquille, la première est nettement plus importante que la seconde. Cela fait de la coquille **le plus inorganique des matériaux organiques**. De par sa composition chimique, la coquille est constituée de minéraux formés par organogénèse. Cette enveloppe comporte généralement trois couches distinctes : la couche externe ou *péριοstracum*, très mince, agit comme vernis protecteur; la couche interne ou *hypostracum*, fine aussi, est de consistance porcelainée, parfois nacrée; et la couche médiane, plus imposante, l'*ostracum*, qui est d'aspect cristallin.

Plus souvent trouvées à l'état d'écofacts, comme sédiments marins ou débris culinaires, les coquilles peuvent à l'occasion présenter des traces d'usure résultant d'une fonction utilitaire (contenant ou outil) ou décorative (élément de collier, par exemple). Parfois, la mise au jour de bancs de coquillages sur des sites terrestres témoignera d'une invasion marine ancienne. En plus de renseignements culturels et géomorphologiques, les coquilles fournissent aux archéologues des éléments de datation par analyse chimique (C¹⁴, racémisation des acides aminés, etc.).

4.1.2 État à l'extraction

Les coquilles étant constituées presque exclusivement de biocristaux d'aragonite, une forme de carbonate de calcium, elles survivront bien à l'enfouissement, sauf dans certains sédiments très acides. Dans ce genre d'environnement, elles se présenteront sous forme de plaquettes blanches, d'aspect crayeux, tendre et friable, parfois nacré sur les deux faces et doté d'une structure feuilletée. Les feuillets résultent de la délamination des *stracum*, par la perte du liant organique et la dissolution partielle des carbonates minéraux. Lorsqu'ils sont trouvés dans cet état, les spécimens présentent des surfaces particulièrement friables.

4.1.3 Soins particuliers

Lorsqu'ils sont trouvés secs et en bon état, les coquillages pourront être levés directement de terre, lavés à l'eau et au pinceau pour en dégager les dépôts vaseux. Ils seront ensuite mis à sécher avant d'être ensachés et calés individuellement dans des contenants rigides pour le transport.

Le papier de soie et les contenants devraient être **sans acide**. Si ceux-ci ne sont pas disponibles sur le site, il faut les remplacer avant la mise en réserve : les coquillages n'apprécient pas les vapeurs d'acides organiques qui se dégagent des papiers et des boîtes ordinaires.

Lorsqu'ils sont trouvés secs et crayeux, les coquillages ne seront nettoyés que si leur surface présente suffisamment de cohésion; une opération qui devrait d'ailleurs s'effectuer à sec, en utilisant au besoin un peu d'alcool pour humecter les dépôts tenaces. Les artéfacts présentant des enduits, des résidus culinaires ou autres seront emballés directement sans nettoyage. Cette opération pourra ultérieurement être confiée à un restaurateur.

Lorsqu'ils sont trouvés humides, les spécimens seront mis à sécher dans un endroit abrité de la chaleur et du vent. Il faut éviter de les nettoyer s'ils sont d'apparence feuilletée. Une fois que les spécimens seront secs, l'archéologue les ensachera comme des spécimens trouvés secs.

Lorsqu'ils sont trouvés mouillés, les spécimens seront conservés dans cet état. Ils pourront être lavés à l'eau et au pinceau pour en dégager les concrétions friables. Ils seront déposés dans des bocaux individuels, adaptés à leur taille (bouteilles à échantillon, par exemple) et remplis d'eau douce, ou ensachés individuellement dans des sacs de polyéthylène perforés et mis à tremper en groupes, dans des bacs d'eau. Seuls les spécimens robustes pourront être mis à sécher.

Pour l'emballage des spécimens fragiles et secs, le papier aluminium, les bouteilles à pilules et les coffrets en acrylique transparent peuvent convenir. Le coton hydrophile (l'ouate) constitue un bon matériau matelassé pour ces objets légers et secs. Toutefois, il est préférable d'isoler les artefacts du contact des fibres pour éviter que ces dernières ne s'accrochent aux surfaces rugueuses et fragiles des coquilles. Un interfoliage, du textile ou du papier, préférablement sans acide, sera utilisé avant de déposer le coquillage dans un sac de polyéthylène.

4.2 L'os, l'ivoire et l'andouiller



© André Bergeron, CCQ



© Michel Élie, CCQ



© André Bergeron, CCQ

4.2.1 Description

L'os, l'ivoire et l'andouiller, des matériaux d'origine animale, sont similaires par la nature de leurs constituants de base : tous les trois sont composés de deux fractions distinctes, l'une organique, l'autre minérale. Cette dernière est en majeure partie constituée d'hydroxyapatite, un phosphate de calcium. Cette fraction représente jusqu'aux deux tiers de la masse du matériau. Le collagène, pour sa part, est la principale composante organique de l'os, de l'ivoire et de l'andouiller. Cette fraction protéique, sous l'effet de l'eau bouillante, se transforme en colle, d'où son nom, de « collagène ». De plus, elle est vulnérable à la biodégradation, alors que sa contrepartie minérale résiste si bien que, de tous les matériaux organiques, l'os, l'ivoire et l'andouiller présentent les meilleures chances de survie après l'abandon. Toutefois, là s'arrête la similitude.

L'os, matériau quasi omniprésent sur les sites, contient une mine de données précieuses pour l'archéologue. Les ossements humains permettent de déterminer l'âge, le sexe, la taille, l'ethnie et les causes de décès de l'animal ou de l'humain. Ils peuvent renseigner le chercheur sur les pratiques médicales, rituelles ou sociales. Les ossements animaux donnent de l'information sur le mode de vie des humains : nomades, chasseurs, pêcheurs, éleveurs. Ils renseignent sur la pratique d'activités sacrificielles, le genre d'alimentation, etc. Lorsqu'il s'agit de pièces travaillées, l'étude des traces d'outils et des marques d'utilisation fournit des renseignements sur le degré d'évolution technique des usagers. La valeur des os dépend toujours de l'information recherchée pour l'étude. D'une manière générale, les os les plus riches en fait d'information sont : les os du crâne, y compris le panache et les mâchoires, ceux du pelvis et ceux des métatarses (pattes ou pieds).

Le développement de l'os varie suivant sa fonction structurale dans l'animal. Les os longs, par exemple, sont en général constitués d'une partie creuse, dense et dure, soit l'os lamellaire. Une fine matrice de texture spongieuse occupe l'intérieur et les extrémités articulaires : c'est l'os médullaire. Chez le jeune mammifère, l'extrémité de l'os articulé est chapeauté par un cartilage. Avec l'âge, le cartilage s'ossifie et se soude à l'os. Le canal osseux loge la moelle. Lorsqu'un objet

est façonné dans de l'os lamellaire, il peut être difficile de le distinguer de l'ivoire auquel il s'apparente. La présence de canalicules, ou petits pores, permettant l'irrigation sanguine de la moelle et visibles dans l'os lamellaire, fournit parfois un indice fiable pour l'identification de spécimens osseux. Nous verrons plus loin d'autres indices permettant de repérer ces matériaux. L'os dans l'être vivant ne contient que 25 % d'eau, 45 % de minéraux, surtout des phosphates (PO_4)²⁻ et des carbonates (CO_3)²⁻ de calcium; le reste, soit 30 %, est organique.

Généralement, les spécimens en os demeurent répandus sur les sites archéologiques québécois. Les écofacts auront parfois subi une forme de cuisson, les artéfacts auront été travaillés pour en faire des objets d'usage domestique.

L'andouiller, ou panache caduc des cervidés, résulte d'une excroissance de leur crâne. Pendant son développement rapide, le matériau adopte une texture poreuse et grossière aux allures spongieuses apparentées à l'os médullaire. L'extérieur, très rugueux, est couvert d'une mince couche de tissu osseux compact. L'intérieur, qui ne contient pas de canal de moelle, est dense et dur; pour cette raison, il a souvent été façonné par l'être humain qui s'en confectionnait des outils ou des manches d'outils. Lorsque l'andouiller est façonné de la sorte, il est souvent difficile de le distinguer de l'os. Bien qu'il soit peu commun sur les sites méridionaux québécois, il est fréquemment mis au jour au Nunavik et se présente la plupart du temps façonné sous forme d'outil ou de pièce d'outil.

L'ivoire, au sens strict, est un terme qui s'applique aux défenses d'éléphant et provient de l'Afrique méridionale ou de l'Inde. Toutefois, dans son sens élargi, il désigne aussi bien les dents de castor, d'ours ou de requin que les défenses de morse et de narval du Grand Nord canadien. Au Québec, l'ivoire nous est fourni par les mammifères tant marins que terrestres. Il s'agit de dents comportant une cavité pulpaire plus ou moins importante selon le genre d'animal. Ces structures sont constituées principalement de dentine et sont recouvertes d'émail sur la couronne et de ciment sur la racine. Le matériel dentaire est fortement minéralisé : ainsi, pour l'ivoire éléphantin, la teneur minérale est évaluée à 65 % contre 35 % pour la teneur organique. L'ivoire, un matériau dense, dur et homogène possédant une texture fine, se prête facilement à la sculpture, et c'est souvent avec des marques d'usage qu'on le trouve sur les sites.

Mis à part les écofacts de dents d'ours et de castor, la présence de l'ivoire sur les sites archéologiques du Québec demeure peu commune, sauf en territoires nordiques où les défenses de morse servent toujours à la fabrication d'outils et d'ornements. Par ailleurs, à quelques rares occasions, il sera possible de trouver de l'ivoire sur les sites archéologiques de la période historique. Il s'agit alors d'objets d'importation européenne, pouvant aller du simple bouton à la pièce complexe, teintée, dorée ou incisée en passant par le manche d'ustensile de table. L'ivoire d'éléphant, lorsqu'il est poli, présente en coupe un motif en arcs de cercle croisés tout à fait caractéristique, qui permet de le repérer facilement. De plus, sa croissance dans l'animal s'effectuant de l'intérieur vers l'extérieur en une série de cônes emboîtés, les fentes qui apparaissent en cours de vieillissement se forment en arcs de cercle concentriques en suivant les couches de croissance des cônes de dentine : c'est là une autre caractéristique permettant de distinguer l'ivoire de l'os.



Figure 18 : Manche en ivoire : un examen rapide de ce manche d'ustensile pourrait suggérer qu'il a été fabriqué en os (DiDt-8, Elizabeth and Mary). © Jean Blanchet, CCQ



Figure 19 : Vue de l'extrémité du manche : sa surface polie révèle la présence du réseau de Schreger, caractéristique de l'ivoire. © Jean Blanchet, CCQ

L'ivoire de morse, pour sa part, est constitué de deux couches d'apparence distincte : une couche extérieure homogène et une couche interne, marbrée, très caractéristique, qui permet d'en déduire la provenance.

Si, pendant la période préhistorique, la présence d'écofacts en ivoire n'est pas exceptionnelle, les artefacts de ce matériau, en territoire québécois, sont plutôt rares, sauf dans les sites septentrionaux. L'ivoire appartient plus fréquemment à la période historique, mais il demeure peu commun. Étant donné la rareté des artefacts et des écofacts en ivoire sur les sites, l'archéologue devra accorder une attention toute particulière à leur préservation, en donnant d'abord la priorité aux artefacts.

4.2.2 État à l'extraction

De tous les matériaux organiques de provenance archéologique, l'os, l'ivoire et l'andouiller sont ceux qui résistent le mieux à l'enfouissement. D'abord, d'une texture fine, dense et dure, ils possèdent une bonne résistance aux agents de détérioration physique, tels que la pression et le gel. Bien que leur fraction organique puisse être colonisée par les moisissures et les bactéries, leur fraction minérale n'est touchée que par l'acidité du sol. En conséquence, leur robustesse dépendra soit du pH du sol, soit de son degré d'activité biologique actuel ou antérieur. Mis à part le pergélisol, dans lequel la plupart des matériaux se préservent admirablement, les matériaux osseux et dentaires se conserveront mieux dans un milieu alcalin et anaérobie. Un environnement propice à la préservation des matériaux osseux et dentaires serait un sol compact, limoneux ou argileux, au-dessus d'une roche-mère calcaire, dans une région semi-aride. La concentration d'ossements ou de coquillages en un même lieu élevant localement le pH du sol, le matériel enfoui à cet endroit s'en trouvera protégé.

Enfin, certaines activités humaines peuvent créer des conditions d'alcalinité propices à la préservation du matériel osseux. Ainsi, toute activité de combustion du bois contribuera à élever le pH du sol et à préserver les ossements situés dans leur périmètre. D'autre part, ils se conservent bien en milieu subaquatique.

Dans un sol humide, aéré et légèrement alcalin, l'activité biologique est intense et la fraction organique de l'os et de l'ivoire sera rapidement biodégradée, ne laissant en place qu'une substance friable, poreuse et crayeuse : la fraction minérale. Si, de surcroît, des sels solubles sont présents dans cet environnement, comme c'est le cas dans la mer, la fragilité du matériau sera exacerbée et l'état à la cueillette sera précaire.

De même, si le pH du sol aéré est légèrement acide (c'est le cas des podzols), l'archéologue n'aura que très peu de chances d'y trouver un os ou de l'ivoire. Le pH étant inférieur à 7,0, la fraction minérale se dissout, tandis que la fraction organique est colonisée par des microorganismes dévastateurs. Toutefois, si le pH du sol est inférieur à 5,0, ce qui peut parfois se produire dans des régions dont le sous-sol est essentiellement siliceux, un sous-sol granitique par exemple, l'activité biologique sera grandement ralentie, préservant de ce fait la fraction organique aux dépens de la fraction minérale. De même, lorsqu'un sol acide est très étanche à l'air, dans les sites lacustres, limoneux ou argileux, la fraction organique sera protégée, laissant en place un os (ou une dent) mou et fragile, mais dont la forme est préservée. Enfin, l'état à la mise au jour pourra varier selon la forme et la fonction de l'os, l'âge, le sexe et l'état de santé de l'animal dont il provient. Son état sera aussi fonction du traitement subi avant l'abandon. Si, par exemple, l'os a servi d'aliment, le mode de cuisson peut influencer sur sa composition : la préservation de l'os bouilli diffère de celle de l'os rôti.

4.2.3 Soins particuliers

Dans le cas des **os d'animaux trouvés en bon état**, l'archéologue pourra procéder à une levée directe après le soclage. Il dégagera *in situ* le dessus et les côtés avec des brosses ou des spatules de bois, en évitant de scarifier les surfaces. Puis, il les laissera sécher lentement avant de les soulever. Ce séchage aura pour effet de redonner un peu de force au matériau. Si d'aventure un os se rompt pendant cette opération, il faudrait s'assurer que les fragments, mis dans des sachets individuels, portent chacun un renvoi à l'autre. Aux fins d'interprétation, l'archéologue devra garder ensemble les ossements trouvés en amas dans un dépôt. Une attention particulière sera accordée lors de la levée d'os en apparence articulés. Ceux-ci devront d'abord être documentés par croquis ou sur pellicule photo avant d'être dégagés. L'archéologue s'assurera de prélever également les cartilages : ces derniers n'étant pas soudés chez les jeunes mammifères, ils risquent fort de passer inaperçus.

Pour la levée d'un **crâne**, l'archéologue procédera au soclage en laissant en place le sédiment logé à l'intérieur de celui-ci. Il couvrira la structure dégagée d'une feuille d'aluminium entourée de bandage orthopédique élastique. Le moment venu, il soulèvera le tout pour le transférer immédiatement dans un contenant rigide, matelassé à l'avance avec du papier chiffonné, du plastique à bulles ou de la mousse molle d'éther de polyuréthane. En laissant en place la feuille d'aluminium, il protège l'objet des aspérités des feuilles de papier ou de plastique chiffonnées.

La levée d'un **squelette complet** constitue une opération complexe. Aussi serait-il souhaitable de s'adjoindre les services d'un expert avant de procéder. Qu'il s'agisse d'un squelette ou d'un amas d'ossements, la levée en bloc nécessite une documentation exhaustive et une planification rigoureuse. Comme les risques de perturber le sol environnant sont toujours présents, l'archéologue prendra tous les relevés graphiques et les photos nécessaires avant de commencer et en cours de dégagement. De plus, ces opérations étant souvent longues, il protégera les surfaces à découvert lorsque leur exposition à l'air n'est pas nécessaire. Pour ce faire, il pourra couvrir le spécimen d'un matériau en feuilles (pellicule moulante pour les aliments ou feuille d'aluminium) maintenu en place par de la terre ou du sable.

Dans la mesure du possible, il faut éviter d'utiliser les consolidants en contact direct avec le matériau osseux. **Il est préférable de consolider le sédiment porteur plutôt que les os eux-mêmes.** L'archéologue pourra, dans certains cas, procéder à des levées en motte ou à des levées encastrées (voir la section 7.2). La procédure de prélèvement avec le sol environnant d'un artéfact ou d'un ensemble d'artéfacts offre de meilleures chances de survie aux spécimens fragiles ou complexes. Ainsi protégés, ils peuvent être transportés avec leur motte, jusqu'au laboratoire, où la fouille fine pourra être effectuée avec l'équipement d'observation approprié. Ce genre de levée n'est toutefois réalisable que lorsque le sol ou le sédiment est meuble et homogène, et il ne sera pas réalisable dans un milieu très rocailleux.

Pour les os très fragiles, un cartonnage peut s'avérer nécessaire. Voici comment il faut procéder : après avoir dégagé au pinceau la surface et les côtés de l'objet, l'archéologue pose une membrane

intercalaire moulante et imperméable (pellicule plastique mince, du type utilisé en alimentation) avant de déposer des bandes de gaze plus longues que l'objet et imprégnées de résine (résine en solution ou en émulsion, pleine concentration ou diluée en parts égales dans l'eau Acrysol WS-24 ou Rhoplex AC-33 ou vinylique de type colle blanche). La gaze est tamponnée en place avec le pinceau jusqu'à ce que toute la surface soit couverte. Ce premier pansement appliqué, il faut le laisser sécher, puis un second est superposé, en plaçant cette fois les bandes de gaze perpendiculairement aux précédentes. Et ainsi de suite, jusqu'à l'obtention d'un coffrage suffisamment rigide. L'archéologue pourra ensuite creuser en sous-œuvre pour dégager l'artéfact et glisser sous celui-ci une plaque de support.

En dernier recours, l'archéologue pourra imprégner l'os avec un consolidant avant de le lever. Toutefois, la présence du consolidant rend impossible la datation à l'aide du carbone 14 de même que nombre d'autres analyses chimiques. Souvent, les examens au microscope seront compliqués par l'omniprésence du consolidant dans le réseau structural du matériau. **Il est donc nécessaire de prélever un échantillon si ces analyses sont requises.** Le but de l'imprégnation est de fournir à l'objet une résistance mécanique homogène à travers la masse consolidée. Il faut alors procéder par injections, en partant des couches profondes vers les couches supérieures, jusqu'à saturation, et attendre ensuite le séchage complet du consolidant avant de passer à l'étape suivante. Le plus souvent, cette technique s'utilise conjointement avec la levée en motte, avec ou sans encastrement (voir la section 7.2).

Au laboratoire de chantier, l'archéologue pourra procéder au nettoyage superficiel des ossements. Le traitement postexcavation variera selon les caractéristiques du site et l'état général de l'objet. Les spécimens levés en motte sont généralement trop fragiles pour être nettoyés *in situ*. Ils devront être rangés avec leur sédiment dans des contenants hermétiques et conservés au frais, idéalement au réfrigérateur. Il faut accorder une attention particulière aux sédiments glaiseux, qui se contractent en séchant, ce qui risque d'imposer un stress inutile à l'objet. Afin d'éviter l'assèchement, des textiles absorbants (tissu éponge, papier essuie-tout non coloré, etc.) imbibés d'eau sont appliqués sur la glaise; l'artéfact et son sédiment sont ensuite ensachés de façon à les conserver humides.

Si le spécimen trouvé est sec, il est conservé dans cet état. Il est nettoyé à sec à l'aide d'un pinceau. Les dépôts vaseux pourront être ramollis à l'alcool avant d'être dégagés avec une spatule de bois ou un coton-tige, ce traitement s'appliquant uniquement aux objets robustes et non peints. Les autres pourront être mis en éclisses ou encapsulés. L'encapsulation pourra se faire avec du papier de soie non acide, couvert de mousse de polyuréthane. Si le spécimen est léger, il pourra être déposé sur un nuage de ouate (de coton ou de polyester) après avoir été couvert de papier de soie non acide.

Le choix du matériau matelassé dépend de sa compressibilité. Celle-ci devrait correspondre au poids de l'objet à supporter. Si le spécimen est **trouvé humide**, il faut éviter de l'immerger dans l'eau pour le laver. Pour nettoyer ses surfaces, des brosses et pinceaux mouillés peuvent être utilisés, mais elles doivent être asséchées immédiatement avec des cotons-tiges et des papiers absorbants.

Les spécimens pourront ensuite être ensachés. L'humidité sera conservée à l'intérieur des sachets, s'ils sont doublés de polyéthylène et entreposés à l'ombre et au frais, mais au-dessus de 0 °C.

Toutefois, ce genre d'entreposage ne peut être que temporaire et exige une surveillance étroite, car les risques de contamination par les moisissures demeurent. Une solution de rechange à l'entreposage humide de courte durée est le séchage contrôlé. Dans ce cas, les os, une fois nettoyés, sont mis à sécher lentement, sous couvert et au frais. Par la suite, ils seront rangés dans des sacs de papier pour éviter toute accumulation d'humidité résiduelle dans les contenants.

Hormis les spécimens très fragiles et les objets qui sont peints, teints ou dorés, les os trouvés mouillés et ceux provenant de sites marins doivent être lavés à l'eau claire, avec des pinceaux. Au besoin, des spatules de bois pourront être utilisées pour dégager les amas de sédiments. L'archéologue prendra soin de se munir de gants, de protecteurs d'avant-bras et d'un tablier

pendant ces opérations, à cause des risques d'infection par les microorganismes. Ces risques sont d'autant plus importants en présence d'ossements humains. Avec des éclisses, il faut mettre en attente tous les spécimens fragiles et fissurés. Différents matériaux pourront servir à cette fonction : abaisse-langue, bandes de gaze, plastique cannelé, etc.

Après le lavage, chaque spécimen devra être ensaché individuellement dans du polyéthylène perforé et mis en trempage dans des bacs d'eau. Il faut couvrir les bassins de pellicules de plastique opaques de façon à limiter l'accès de l'oxygène et de la lumière et les conserver au frais et dans l'obscurité, idéalement dans un réfrigérateur. Si le trempage doit se prolonger au-delà d'une ou deux semaines, il faut assurer un certain contrôle sur la qualité de l'eau. Si elle devient poisseuse, il est opportun de la remplacer par de l'eau fraîche.

Les ossements pourront voyager dans leur bassin de trempage après avoir été calés de façon à prévenir tout déplacement à l'intérieur du bassin pendant le transport. Sinon, ils seront ensachés sous une triple épaisseur de polythène et calés dans des contenants rigides.

Lorsque la fouille met au jour des quantités importantes d'ossements mouillés en bon état, il est possible d'opter pour un séchage après le lavage. Dans ce cas, les différents éléments sont mis à sécher sur des tablettes grillagées, dans un endroit frais, sombre et ventilé. Après le séchage, il suffira d'ensacher individuellement ces spécimens. Les ossements seront ensuite rangés dans des contenants rigides et matelassés qui serviront au transport et au stockage.

L'andouiller, comparativement à l'ivoire, présente un comportement beaucoup plus isotrope et de ce fait, il laisse moins souvent voir des fentes, des fissures et des gauchissements. De même, les écofacts de ce matériau seront généralement plus robustes. Cependant, l'archéologue devra mettre beaucoup de soin à les dégager du sol dans leur état le plus intégral possible. Il procédera généralement par un soclage ou une levée directe.

Il faut **garder au sec les pièces trouvées dans cet état**, se contentant de les nettoyer sommairement avec un pinceau. Les dépôts vaseux pourraient être dégagés avec une spatule de bois, en les humectant au besoin avec un peu d'alcool.

Si l'objet est humide, il est préférable de le laisser sécher lentement en place, en le gardant à l'abri du soleil et de la chaleur. Le séchage redonnera au matériau un peu de sa résistance initiale. Chaque pièce prélevée sera ensuite mise en sachet et identifiée.

Les pièces mouillées et humides pourront être lavées à l'eau claire, avec un pinceau. L'archéologue les laissera sécher ensuite sur un support grillagé. Une fois sèches, les pièces seront ensachées dans du polyéthylène troué et rangées dans des contenants hermétiques, du genre bac à congélation en polyéthylène. L'archéologue aura pris soin au préalable d'éclisser les spécimens fracturés et fragiles. L'assujettissement peut se faire avec des attelles de bois retenues par des bandes de gaze ou autre.

En ce qui concerne les ivoires, toutes les mesures doivent être prises pour maintenir des conditions apparentées à celles de leur milieu d'extraction. Lorsqu'il est soumis à des fluctuations climatiques, l'ivoire, à cause de sa morphologie en couches superposées, présente un comportement anisotropie très marqué, c'est-à-dire un comportement non uniforme à travers sa masse. À cause de cette caractéristique, **en séchant à l'air libre, l'ivoire présente des retraits hétérogènes, sources de stress et responsables de torsions, de fentes et de fissures**. C'est pourquoi, en vue d'éviter une détérioration rapide consécutive à sa mise au jour, il faut que toutes les mesures soient prises pour tamponner les variations de climat.

L'archéologue décidera de la technique de levage la plus appropriée à l'état et à la dimension de l'objet. Si l'ivoire est humide, de dimension restreinte et relativement robuste, il pourra procéder à la levée directe sans support, en prenant soin de n'appliquer aucun levier et de distribuer la pression uniformément.

Si l'objet est de grande dimension, une défense de narval par exemple, il pourra le dégager progressivement en remplaçant la terre enlevée par du papier chiffonné, jusqu'à ce que l'objet flotte sur deux piliers de terre et que la levée directe soit possible.

Il conservera **au sec les ivoires trouvés dans cet état**. Un nettoyage effectué au pinceau ou avec des cotons-tiges tout juste humides, roulés sur la surface, peut être effectué avant l'entreposage dans des contenants rigides et matelassés.

Les objets trouvés humides devraient aussi être conservés dans cet état. Pour ce faire, le moyen le plus simple est d'inclure dans l'emballage un peu du milieu d'enfouissement. Dans ce cas, il faut vaporiser le contenant avec une solution eau-alcool avant d'y entreposer l'objet. Ce dernier n'a pas besoin d'être en contact direct avec le sédiment : il est possible de l'isoler au moyen d'une pellicule de plastique. L'objet sera conservé au frais, en observation, dans un contenant non hermétique où il s'asséchera lentement.

Les ivoires trouvés mouillés et ceux qui proviennent de sites marins pourront être lavés à l'eau. Ils devront être conservés dans l'eau douce, changée régulièrement, soit toutes les semaines au moins. Si l'eau douce est rare sur le site, les objets peuvent être conservés dans l'eau de mer et rangés au frais, dans des bassins couverts d'une pellicule de plastique opaque de façon à limiter l'accès à l'oxygène et à la lumière. En dernier recours, ils peuvent être emballés dans un textile absorbant, du genre tissu éponge, avant d'être scellés sous une triple épaisseur de polythène. Ainsi protégés, ils seront rangés au frais et dans l'obscurité, idéalement dans un réfrigérateur. Ils devront être expédiés le plus rapidement à un laboratoire de restauration.

4.3 Peau et cuir



© Jacques Beardsell, CCQ © André Bergeron, CCQ

4.3.1 Description

Le cuir résulte de la transformation des peaux animales. Une série d'opérations successives préside à la transformation de la peau en cuir : salage, reverdissage, épilation, écharnage et tannage. À la fin de ce processus, la peau a acquis de la souplesse, une imperméabilité et une résistance à la pourriture. De toutes ces opérations, le tannage constitue l'étape cruciale. Par définition, il consiste à traiter les peaux avec des tannins. Ces derniers sont en fait des polyphénols, de chimie complexe, pouvant être extraits de l'écorce et du fruit de nombreux végétaux : l'écorce de chêne, par exemple, constitue une source importante de tannins. Par extension, on appelle aussi « matières tannantes » de nombreuses autres substances utilisées comme substituts des tannins végétaux : les huiles, les graisses, le formol, l'alun, le chlorure de sodium, le chrome, etc.

Chacune de ces substances confère au cuir fini des propriétés particulières, mais, n'étant pas toutes chimiquement liées à la peau, certaines seront éliminées par l'eau pendant l'enfouissement ou l'immersion qui suivra l'abandon.

La peau animale est essentiellement constituée de plusieurs couches d'un matériau fibreux dont celui de base est le collagène. Ce dernier, sous l'action de l'eau bouillante, se transforme en colle, d'où son nom de « collagène ». Il s'agit en fait d'une molécule protéique, c'est-à-dire d'un enchaînement d'acides aminés. Ces chaînes s'enroulent autour d'elles-mêmes pour former la fibrille. Les fibrilles font de même pour constituer les fibres. La transformation de la peau en cuir par le tannage s'effectue au niveau de la fibrille et provoque certaines réticulations (liaisons pontales interchaînes) d'une molécule de collagène à l'autre. Les tannins végétaux, chimiquement liés à la peau, rendent le traitement irréversible et permanent. Les cuirs traités de cette façon sont moins putrescibles.

4.3.2 État à l'extraction

La peau non traitée n'a que peu de chances de survie. Laissée à l'air libre, elle s'asséchera, se cassera ou sera infestée par les moisissures et les insectes ou mangée par les rongeurs. Rapidement, dans la plupart des conditions d'abandon, elle se transformera en gel, puis disparaîtra.

Le cuir, pour sa part, deviendra vite putrescible s'il a été traité avec des matières non chimiquement liées. Promptement biodégradable, il ne survivra à l'enfouissement qu'au prix de conditions bien particulières. Le froid aura l'effet d'une substance bactériostatique et il permettra aux peaux et aux cuirs de se conserver. L'activité biologique est aussi grandement ralentie lorsque le pH environnant est inférieur à 5,0.

Ces conditions d'acidité ne sont possibles qu'au-dessus de sous-sols essentiellement siliceux, granitiques par exemple. L'absence d'oxygène constitue un autre agent inhibiteur de l'activité biologique, puisque seules les bactéries anaérobies peuvent survivre dans de telles conditions.

Ainsi, dans les sites submergés et les terrains limoneux ou glaiseux, l'archéologue a des chances de mettre au jour des peaux ou des cuirs. Si la survie de ces matériaux est pratiquement impossible dans un sol aéré et neutre ou légèrement alcalin, elle est envisageable dans les couches profondes d'un podzol (sol lessivé et acide); l'**horizon B illuvial**, par exemple, pourra contenir des cuirs anciens, puisqu'à ce niveau, la présence d'oxygène est limitée.

Par ailleurs, certains sels métalliques sont dotés de propriétés bactéricides. Les matériaux organiques situés à proximité bénéficieront de cette immunité. Dans ce genre d'environnement toutefois, les cuirs, agissant comme des filtres, seront complètement minéralisés par les sels. Au moment de leur mise au jour, ils apparaîtront piqués de rouille ou couverts d'une épaisse gangue minérale. La présence de ces sels exacerbera la fragilité inhérente des cuirs enfouis. Enfin, l'aridité du climat contribue à diminuer l'activité biologique et, par conséquent, peut aider à préserver les cuirs et les peaux. Toutefois, cette caractéristique climatique n'est pas propre au climat québécois.

C'est donc dans le pergélisol, les sites subaquatiques ou certains sols particulièrement profonds, compacts et acides, que l'archéologue découvrira des cuirs anciens. Le plus souvent, il les trouvera imbibés d'eau. Celle-ci aura pénétré dans l'enchevêtrement des fibres et aura gonflé le matériau. Elle pourra aussi s'être fixée sur les fibrilles au moyen de ponts hydrogènes, conférant au cuir une certaine cohésion. Au cours de leur immersion en milieu marin, les chaînes de collagène subissent des ruptures causées par l'hydrolyse et les sels se fixent sur ces molécules. L'état des cuirs provenant de tels environnements s'en trouve grandement perturbé. L'objet ainsi mis au jour, en apparence peu altéré, risque toutefois de s'effondrer à la première manipulation. Pour les spécimens mouillés, tout assèchement sera néfaste, et ce, même dans des conditions de séchage contrôlé. Les pertes de poids d'un cuir gorgé d'eau peuvent atteindre 90 % du poids initial et 50 % du volume, ce qui, bien sûr, engendre torsions, délaminations, fentes et rétrécissements.

Très souvent, les cuirs gorgés d'eau, lors de leur mise au jour, apparaîtront très mous, fendus, délamés en deux ou plusieurs couches minces et friables, affichant des couleurs variant du brun intense au noir et une texture veloutée. Cependant, ils auront conservé leur forme initiale.

Les cuirs trouvés secs seront forcément jeunes ou bien auront passé quelque temps sous l'eau; ils apparaîtront très pâles, souvent délamés, cassants, fibreux et sans cohésion, généralement tordus.

4.3.3 Soins particuliers

Le cuir et la peau représentant une catégorie de matériau plus ou moins fugace, leur conservation après l'abandon exige des conditions bien particulières : une limite de pH, une basse température et l'absence d'oxygène. Nous l'avons dit, leur préservation à l'état sec n'est possible que dans un climat aride qui n'est pas typique du territoire québécois. Pour cette raison, l'archéologue a peu de chance de trouver du cuir très ancien à l'état sec. Si toutefois un spécimen de la période historique récente est mis au jour dans cet état, il faut lui appliquer les soins suivants. Le matériau risquant fort d'être cassant et friable, il est conseillé de le manipuler avec soin et le moins possible. Il ne faudra jamais tenter de rectifier la forme d'un cuir plié. Après la mise au jour, le spécimen transporté au laboratoire de chantier sera dégagé à sec avec un pinceau, en s'aidant au besoin d'une spatule de bois et d'un peu d'alcool pour éliminer les dépôts vaseux. L'objet marqué au moyen d'une étiquette attachée à l'objet sera ensuite rangé dans un contenant rigide et matelassé.

Le plus souvent, le cuir sera recueilli **imbibé d'eau**. Toutes les mesures devront alors être prises pour éviter son assèchement, ne serait-ce que partiel, pendant l'extraction, la documentation et la numérotation. Pendant toutes ces opérations, il faut vaporiser la surface de l'objet en vue de contrer l'inévitable perte d'eau qu'occasionne une exposition à l'air ambiant. L'archéologue pourra au besoin recouvrir l'objet d'un tissu imbibé d'eau et d'une feuille d'aluminium. Il le manipulera avec soin et le moins possible.

Après un dégagement partiel, l'archéologue évaluera la méthode de levée appropriée à l'état de l'objet. L'artéfact bidimensionnel, s'il est petit et suffisamment robuste, pourra être levé directement et mis dans un sachet perforé qui sera entreposé dans un bac rempli d'eau douce. L'objet tridimensionnel pourra aussi être levé directement, si sa condition le permet.

L'archéologue conservera cependant la terre se trouvant dans cet objet afin qu'elle en supporte le volume et l'aide à maintenir une humidité élevée. Des bandes de gaze pourront fournir un support supplémentaire à la forme de l'objet. Celui-ci sera rangé dans un contenant hermétique, matelassé, en présence d'éponges synthétiques ou de mousse molle de polyuréthane humidifiée. Les spécimens fragiles ou de grande dimension pourront être levés en motte, c'est-à-dire qu'ils seront soulevés avec le sol sous-jacent. L'archéologue glissera donc un support rigide sous la motte imbibée d'eau qui sera rangée avec le spécimen dans un contenant rigide et hermétique.

L'encapsulation constitue une autre technique applicable aux objets fragiles ou de grande dimension. L'encapsulation, ou levée encastrée, tout comme la levée en motte, n'est praticable que lorsque le sédiment sous-jacent est meuble et vierge. Cette technique complète la levée en motte par l'adjonction d'un cadre rigide autour de la motte, dans lequel est versé un agent de remplissage, le plus souvent du polyuréthane en mousse gonflable. Bien sûr, avant de verser l'agent, l'archéologue aura pris soin d'isoler l'objet, le couvrant d'abord d'une pellicule moulante de plastique et ensuite d'une feuille d'aluminium. Il dégagera ensuite l'objet par-dessous en introduisant progressivement un support rigide de bois, de plastique ou de métal. L'objet ainsi supporté peut être transporté au laboratoire de restauration où la fouille fine précédera l'intervention du restaurateur. En attendant, l'objet sera conservé à l'ombre et au frais. Par précaution supplémentaire et pour éviter tout assèchement, une mousse d'éther de polyuréthane humide pourra être appliquée sous la pellicule de plastique.

Une fois arrivés au laboratoire de chantier, les **objets en cuir mouillés**, levés directement, pourront être lavés à l'eau claire et au pinceau à condition, bien sûr, qu'ils soient suffisamment

robustes. Il est préférable de porter, pour cette opération, des gants, des protecteurs d'avant-bras et un tablier. Toute tentative pour déplier ou reformer un cuir risque d'entraîner des déchirures. Il faut donc se contenter de supporter de façon appropriée les parties en creux ou en saillie, d'emballer le cuir en évitant de le laisser sécher et de l'entreposer dans l'eau, au réfrigérateur. Toutes les semaines, l'eau des bassins de trempage sera renouvelée.

S'il n'y a pas d'accès à un réfrigérateur sur le site, les objets en cuir seront ensachés individuellement et mis à tremper dans l'obscurité, dans des bassins d'eau douce, sous une pellicule de plastique opaque, de façon à bloquer l'accès de l'oxygène et de la lumière. Ils seront expédiés à un laboratoire de restauration à l'intérieur de la même semaine. Il est possible de procéder à l'ensachage des cuirs en les mettant en sandwich entre deux feuilles de moustiquaire en polypropylène agrafées, suivant le pourtour de l'objet. Des agrafes en monel, un alliage qui ne se corrode pas, sont offertes sur le marché pour cet usage.

Au moment du transport vers le laboratoire de restauration, l'archéologue pourra laisser les cuirs en trempage et se contenter de les caler pour les empêcher de se déplacer pendant le voyage. Sinon, il devra retirer les objets des bassins pour les mettre dans des contenants hermétiques, rigides et matelassés avec un matériau humide.

Les objets levés en motte et encapsulés seront transportés avec leur support dans des emballages scellés hermétiquement : des boîtes en polyéthylène, du genre de celles qui servent à la conservation des aliments, peuvent servir à ranger les mottes. Les encapsulations pourront être enveloppées dans des feuilles de polyéthylène épaisses, doubles ou triples, et scellées à chaud ou au ruban. L'archéologue aura retiré du contact de l'objet les tissus éponges mouillés. À l'arrivée, si aucune entente de restauration n'a été prise, il entreposera le tout dans un réfrigérateur pour quelques semaines; au-delà de cette période, il faudra songer à congeler le matériel.

La congélation constitue le seul moyen de conserver sans surveillance les cuirs gorgés d'eau.

4.4 La vannerie et les cordages



© André Bergeron, CCQ



© André Bergeron, CCQ

4.4.1 Description

La vannerie résulte du tressage, du tissage ou de l'enroulement d'une ou de plusieurs tiges végétales. Elle est destinée à la confection des contenants surtout, mais aussi des nattes et des claies. L'osier, le roseau, la racine d'épinette, les éclisses de bois et la paille peuvent servir à cet usage. Les tiges et les brindilles fraîchement cueillies demeurent alors dans leur état d'origine, tout au plus sont-elles écorcées. Les cordages sont le plus souvent constitués de fibres de chanvre ou de jute enroulées.

4.4.2 État à l'extraction

À cause de son origine végétale, de sa porosité et de sa faible épaisseur, ce genre de matériau résiste très mal à l'ensemble des conditions d'abandon. Aussi est-il rapidement transformé en humus ou en sédiment marin. Seul un enfouissement rapide dans un sol profond, très compact et anaérobie permettra sa préservation. En milieu marin, les vanneries et les cordages survivent sous le sédiment anoxique ou dans les concrétions ferrugineuses habituellement très volumineuses. Leur état de préservation est toujours précaire. À moins d'une fouille fine et très soignée, les vanneries et les cordages passeront inaperçus. À l'extraction, les tissages et les enroulements seront fragiles, affaiblis et fragmentés. Les fibres, le plus souvent gorgées d'eau, seront noircies et extrêmement friables.

4.4.3 Soins particuliers

Tous les spécimens de vannerie et de cordage étant fragiles, il convient de les manipuler le moins possible et avec grand soin. Aucune tentative de déplier ou de nettoyer le spécimen ne sera entreprise. Les objets de très petite dimension pourront être levés directement en motte à l'aide d'une spatule. Les autres devront faire l'objet d'une levée encadrée ou d'un cartonnage (voir la section 7.2).

Les vanneries et les cordages trouvés secs seront conservés dans cet état. Après un dégagement soigné des surfaces au pinceau, ils subiront soit une levée encadrée, soit un cartonnage. Ce dernier s'effectue au moyen de bandelettes (étamine ou bandes de gaze) imprégnées d'un consolidant cellulosique (hydroxypropyle de cellulose, carboxyméthylcellulose, méthyle d'hydroxycellulose et même amidon) et, cette fois, appliquées directement sur l'objet.

Un support rigide est ensuite progressivement glissé sous l'objet. Celui-ci est emballé sur son socle, déposé dans un contenant rigide et matelassé, prêt pour l'expédition vers le laboratoire de restauration. Il sera conservé durant l'intervalle dans l'obscurité et au frais, dans un réfrigérateur, si c'est possible. L'emballage permettra d'immobiliser l'objet sans le comprimer.

Les vanneries et les cordages trouvés humides seront dégagés sur un socle et mis à sécher lentement à l'ombre, sous un tissu humide ou recouvert d'un peu de sédiments. Ce séchage achevé, ils seront traités comme des spécimens secs.

Lorsque trouvées mouillées, les fibres doivent à tout prix rester dans cet état. Un assèchement, aussi minime soit-il, peut causer des dommages irréversibles. Elles devront être rapidement encapsulées entre deux épaisseurs de moustiquaire en plastique, retenues sur le périmètre de l'objet par des agrafes en monel. Ainsi soutenues, elles seront mises à tremper dans l'eau douce.

En milieu terrestre, les vanneries et les cordages mouillés se présentant à plat peuvent être soumis à la congélation in situ. Le spécimen est d'abord vaporisé d'eau, couvert d'une pellicule isolante (pellicule moulante pour la conservation des aliments, polyéthylène ou feuille d'aluminium), puis des blocs de glace sèche sont appliqués. Un recouvrement de mousse polystyrène est ajouté pour ralentir la sublimation. Lorsque le spécimen est gelé (30 minutes après, environ), l'archéologue creusera pour dégager l'objet sur son socle.

L'objet sera emballé sur son support rigide dans un contenant rempli d'un matériel servant à le bloquer en place sans le comprimer. Il faut le conserver ainsi dans l'obscurité et au frais en le gardant humide. L'archéologue devra tenter de l'expédier le plus rapidement possible à un laboratoire de restauration.

Comme la glace sèche n'est pas toujours disponible, l'archéologue pourra utiliser une technique de cartonnage avec des bandelettes imprégnées d'une émulsion acrylique (Acrysol WS-24, Rhoplex AC-33 ou tout autre médium acrylique en émulsion, ou encore une résine polyvinyle [PVA]). Les bandelettes imprégnées sont isolées de l'objet par une pellicule (feuille d'aluminium ou pellicule moulante, de type utilisé pour la conservation des aliments) et elles recouvrent aussi son

socle. Une fois muni de ce cartonnage, le sédiment peut être progressivement creusé pour y glisser un support rigide (voir la section 7.2).

En milieu terrestre, les vanneries mouillées en trois dimensions feront l'objet d'une levée encastrée. Si le sédiment n'adhère pas trop fortement à l'objet, elles pourront être évidées en remplaçant la terre par du matériel de support (feuilles de polyéthylène en mousse ou froissées, pépites de mousse polystyrène ou autre) avant de procéder au soclage. L'évidement se fera avec beaucoup de précaution, les fibres étant facilement perturbées. Toutefois, le plus souvent, il sera impossible d'évider sans risque. Le sédiment sera laissé à l'intérieur et le socle devra être assez solide pour supporter l'objet rempli de sédiments. Pour encastrer, il existe de nombreux matériaux de remplissage : cire fondue, plâtre, mousse de polyuréthane, etc. (voir la section 7.2). Une feuille d'isolant aura d'abord été posée sur la vannerie avant la coulée.

En milieu marin, il est rare de trouver des pièces de vannerie. Si une telle éventualité se présente, les techniques du milieu terrestre ne s'appliquent pas. Tout au plus, l'archéologue pourra soulever l'objet à deux mains, le glisser dans un bac en plastique peu profond pour le ramener à la surface, où il pourra être ensaché dans un sac de polythène perforé, avant de le mettre à tremper dans un bac contenant de l'eau douce ou de l'eau du site de fouille. Ainsi ensaché, il sera mis de façon appropriée en boîte dans un contenant matelassé pour prévenir tout déplacement et tout affaissement. Il sera rangé au réfrigérateur avant d'être prestement acheminé vers un laboratoire de restauration.

En milieu marin, il n'est pas rare de trouver des cordages. Ils sont habituellement transférés délicatement sur un support rigide, un demi-tuyau en ABS ou en PVC, s'ils sont droits, ou un contenant de plastique peu profond, rempli de sable. Il faut éviter de dérouler les cordages ou de les dégager des concrétions auxquelles ils pourraient être attachés. Arrivés à la surface, ils seront déposés dans des bassins d'eau douce, si celle-ci est disponible sur le site, ou mis à tremper dans l'eau de mer. Ils seront conservés au frais et dans l'obscurité, idéalement au réfrigérateur. Les bassins de trempage seront recouverts d'une pellicule de plastique opaque de façon à limiter l'accès à l'oxygène et à la lumière. L'ensachage entre deux épaisseurs de moustiquaire de plastique, assemblées sur leur pourtour avec des agrafes en monel, leur fournit un support supplémentaire.

Pour le transport, les vanneries et les cordages peuvent être calés dans leur bassin de trempage avec des rouleaux de mousse ou de plastique à bulles de façon à prévenir tout déplacement. Il est possible de les sceller sous une triple épaisseur de polythène et de les caler dans des contenants rigides bien matelassés.

4.5 Textiles



© Jean Blanchet, CCQ

4.5.1 Description

La catégorie « textiles » comprend un ensemble d'artéfacts, d'utilité vestimentaire principalement, fabriqués de fibres torsadées, filées, tissées, tricotées ou feutrées. Les fibres textiles provenant du règne végétal, comme le chanvre, le lin et le coton sont de nature cellulosique. D'autres fibres viennent du règne animal, comme la laine et la soie : elles possèdent, dans ce cas, une composition protéique constituée de kératine ou de fibroïne.

Une fibre protéique est reconnaissable à l'odeur âcre de cheveux brûlés qu'elle dégage à la combustion. Les poils du mouton et aussi de la chèvre et de l'alpaga fournissent la laine. Ces poils, une fois lavés et filés, peuvent être tricotés, tressés ou tissés. Ils peuvent aussi, grâce à leur microtexture en écailles, être feutrés. Après un battage à la vapeur, les écailles des poils s'imbriquent solidement les unes dans les autres pour donner un textile opaque et plus ou moins rigide : le feutre. Par ailleurs, la soie provient d'un ver, le *bombyx mori*, originaire de Chine. C'est le cocon de ce ver qui fournit le long fil à deux fibres utilisé dans la fabrication de tissus.

La fibre de nature cellulosique produit à la combustion une odeur de papier brûlé. Le coton provient des monofilaments soyeux attachés aux graines du cotonnier. L'examen au microscope montre une fibre plate dotée de torsions naturelles. Après le filage, le coton peut être tissé, tressé ou tricoté. En Europe, ce n'est qu'au XVIII^e siècle qu'il réussit à supplanter le lin. Ce dernier provient de la tige d'une plante herbacée du même nom. Après fermentation des brins, il est possible d'en retirer des fibres que l'on pourra filer et tisser.

Les textiles en lin et en laine sont de loin les plus répandus en Europe à la période euro-québécoise.

4.5.2 État à l'extraction

Comme tous les matériaux organiques, les textiles résistent difficilement à la plupart des conditions d'abandon. Ils sont rapidement attaqués par les agents chimiques et biologiques de dégradation. Ils ne survivront que s'ils se trouvent dans un environnement très stable, soit gorgés d'eau, très secs ou surgelés. Ils ne pourront être exhumés que par des techniques de fouille fines et méticuleuses.

En général, les fibres d'origine animale (laine et soie) sont un peu plus résistantes que celles d'origine cellulosique (coton et lin). Dans un sol faiblement acide, les fibres protéiques seront moins atteintes que les fibres cellulosiques. Ces dernières seront plus avantageées dans un sol faiblement basique (alcalin). Aucune ne résistera aux extrêmes de pH.

À l'extraction, les tissus apparaîtront friables, fragmentaires, décolorés et concrétionnés. Il y aura parfois des fragments de textile associés à des objets de fer ou de cuivre. Les produits de corrosion du cuivre et de ses alliages empêchent la prolifération des microorganismes et protègent du coup les fibres avoisinantes. Les textiles trouvés à proximité d'artéfacts métalliques seront complètement ou partiellement minéralisés. À défaut du textile lui-même, l'archéologue pourra parfois trouver son empreinte préservée par les produits de corrosion.

4.5.3 Soins particuliers

Peu importe leur état à l'extraction, les textiles ne doivent jamais être lavés ni dépliés. Il faut les manipuler le moins possible et avec grand soin.

S'ils sont trouvés secs, les textiles seront maintenus dans cet état. Après un dégagement de surface au pinceau, l'archéologue ameublira le sol sous-jacent afin de permettre une extraction directe ou une levée en motte (avec le sédiment). La pièce sera transférée sur un support rigide. Si elle se présente en trois dimensions, ses volumes seront bourrés avec un matériau de support qui pourra être du papier blanc, préférablement sans acide, du tissu dont les teintures sont stables, du polyéthylène en feuilles, du plastique à bulles ou encore de la mousse de sphaigne, abondante en région arctique. L'artéfact sera ensuite calé dans un contenant rigide, conservé dans l'obscurité, à une température stable et fraîche. L'encapsulation constitue une autre solution. Elle aura lieu après avoir interfolié l'artéfact avec du papier non acide ou un tissu doux sans charpie.

Les textiles trouvés humides seront mis à sécher lentement sous couvert, avant d'être lavés et traités comme des textiles trouvés secs.

En dernier recours, la consolidation *in situ* sera envisagée. Toutefois, comme elle interfère avec le potentiel d'analyse des teintures par les techniques de chromatographie, l'archéologue devra mettre de côté un échantillon du textile non consolidé aux fins d'analyse. En effet, les colorants d'origine, en apparence complètement lessivés, demeurent décelables par analyse en laboratoire. Si une consolidation est jugée essentielle, il faudra avoir recours à des consolidants cellulosiques tels que le carboxyméthylcellulose, l'hydroxypropyle de cellulose ou même l'amidon (voir la section 7.1).

S'ils sont trouvés mouillés, les textiles doivent absolument être maintenus dans cet état jusqu'à ce qu'ils puissent être traités en laboratoire. Pour ce faire, l'archéologue pourra les vaporiser d'eau, les couvrir d'un tissu mouillé ou même de sol humide du site ainsi que d'une pellicule (pellicule moulante pour les aliments ou feuille d'aluminium). Il les dégagera partiellement du sol environnant avant de creuser graduellement le sédiment sous-jacent. L'extraction se fera sans appliquer de levier. Les spécimens seront immédiatement transférés, avec le sédiment résiduel sur un support rigide résistant à l'eau (un plastique cannelé, par exemple), couverts d'un tissu mouillé, scellés sous une triple épaisseur de polyéthylène. Ils seront dès lors conservés dans l'obscurité et au frais. Ils peuvent être congelés avant d'être expédiés à un laboratoire de restauration.



Figure 20 : Textile archéologique provenant d'un site marin, recouvert de concrétions. L'intervention d'un restaurateur sera indispensable pour révéler et préserver des informations sur la nature et la technologie de fabrication de ce spécimen fragile. © Jacques Beardsell, CCQ

4.6 Bois



© André Bergeron, CCQ

4.6.1 Description

Le bois, partie dure et fibreuse logée sous l'écorce de l'arbre, constitue l'essentiel du volume de toute espèce ligneuse. Il existe essentiellement deux textures de bois : celle de l'aubier, jeune et tendre, logé sur le périmètre du tronc, et celle du duramen, plus dur, plus dense et plus âgé, logé entre le cœur et l'aubier. Toute cette matière est composée d'un ensemble de cellules allongées, interreliées par un réseau de canaux. L'enveloppe de chaque cellule est constituée d'une triple paroi dont la cellulose et la lignine forment la base chimique. Comme tout matériau organique, le bois est aussi constitué d'eau. Celle-ci s'y présente de deux façons différentes : libre et liée. Elle est libre à l'intérieur des cellules ligneuses (eau libre) et elle est chimiquement liée aux parois cellulaires (eau de liaison).

Les parois cellulaires du bois vert sont saturées d'eau et la teneur moyenne à saturation compte pour environ 30 % du poids du bois sec. Ce bois vert ne réagit pas aux changements de température et d'humidité relative. Cependant, à mesure qu'il s'assèche, sa teneur en eau s'éloigne de la saturation par l'élimination progressive de son eau de liaison. Cette perte s'accompagne de changements dans les propriétés physicochimiques du bois. Le bois sec devient alors très sensible aux fluctuations de température et d'humidité relative. Cette sensibilité s'exprime par des changements de volume, c'est-à-dire elongation, gonflement et contraction. Ce comportement laisse croire aux non-initiés que le bois respire. En fait, le bois ne peut pas respirer puisqu'il n'a pas de poumon; il absorbe et désorbe, non pas de l'air, mais de l'eau. Plus il est vieux et dégradé, plus ces mouvements risquent de se solder par des fentes et des déformations. Le bois de provenance archéologique résistera très mal à des conditions climatiques fluctuantes.

Par sa nature même, le bois exige pour sa survie des conditions d'immersion ou d'enfouissement bien particulières. Puisqu'il est d'origine végétale, en contact avec le sol ou en milieu marin, le bois entame un rapide et irréversible processus de biodégradation.

4.6.2 État à l'extraction

L'état du bois à l'extraction sera bien sûr fonction de la nature du site d'abandon, mais aussi de l'essence du bois et de son état à l'abandon. Il pourra varier à l'intérieur d'un même spécimen, l'aubier (entre l'écorce et le duramen) étant plus vulnérable que le duramen (entre le noyau et l'aubier).

Comme tous les matériaux organiques, le bois est rapidement biodégradé après son abandon. Ses chances de survie sont donc intimement liées à l'intensité de l'activité biologique du site d'enfouissement. Le bois survivra plus longtemps dans les gleys (sol à engorgement prolongé et anaérobie) qui se forment dans les régions arctiques. À cet endroit, le sol est gelé pendant une grande partie de l'année et s'imbibe d'eau durant l'été.

Il y a aussi du bois dans les plaines inondables situées à proximité d'un cours d'eau ou sous le niveau de la nappe phréatique. Les environnements marécageux et subaquatiques peuvent également fournir au bois un asile prolongé.

Enfin, dans tous les sites d'occupation d'où sont absents les insectes, les champignons, les moisissures et l'oxygène, l'archéologue peut mettre au jour des pièces de bois façonnées. Encore faudra-t-il que le pH du milieu ne soit pas trop acide. Les climats arides constituent des environnements propices à la conservation des artefacts ligneux, mais ces climats ne sont pas propres aux différentes régions du Québec. Ainsi, le bois sec mis au jour en territoire québécois sera fort probablement jeune et très dégradé, puisqu'il aura souffert de cycles répétés de mouillage et d'assèchement. Son assèchement pourra n'être que superficiel : il apparaîtra alors pâle et lourd avec une surface craquelée, exfoliée et friable. Le bois sera en outre fendu, tordu et rétréci.

Avant le XX^e siècle, le bois constitue le matériau principal de toutes les fouilles d'épaves. Au Québec, les fonds marins étant généralement froids, le bois y est relativement bien préservé.

C'est donc, le plus souvent, des spécimens de bois préhistoriques ou datant de quelques centaines d'années, à l'état mouillé ou imbibés d'eau, qui seront mis au jour. La différence entre un bois mouillé et un bois imbibé d'eau peut être difficile à établir sur-le-champ : généralement, si le bois ne flotte plus, il est gorgé d'eau. Seules de très rares essences non vernaculaires font exception à cette règle et calent naturellement, parce qu'elles sont plus denses que l'eau (*lignum vitae* et palissandre). Comme la dégradation chimique et biologique touche surtout la cellulose du bois, laissant en place les structures cellulaires de lignine, l'eau envahira progressivement les vides naturels et ceux qui sont laissés par la disparition de la cellulose.

Avec le remplissage systématique des cellules ligneuses et des interstices, le bois mouillé conserve sa forme; tout au plus subira-t-il un léger gonflement. À l'extraction, il apparaîtra intact dans son volume, mais beaucoup plus foncé que nature. Très lourd parce qu'il est plein d'eau, il sera peut-être incapable de supporter son propre poids. La texture molle, fibreuse et spongieuse de surface pourra avoir gagné les couches profondes selon l'essence et l'âge du bois, ainsi que la nature du site d'enfouissement. Il est possible d'évaluer la profondeur des dommages au moyen d'un pic métallique enfoncé dans les spécimens examinés. Selon la stabilité des conditions du milieu fouillé et selon l'histoire du spécimen avant son abandon, le bois pourra aussi présenter certaines formes de dégradation observables sur les spécimens secs : exfoliations, torsions, rétrécissements, gauchissements, fentes et fractures.

4.6.3 Soins particuliers

Si le spécimen est trouvé sec, il faut le conserver dans cet état. Comme il risque fort d'être friable et cassant, l'archéologue devra le manipuler avec soin. Il utilisera des pinceaux ou des spatules de bois ou de plastique pour le dégager du sol afin d'éviter d'érafler ses surfaces fibreuses. Une fois qu'il aura dégagé le dessus et les côtés de la pièce, l'archéologue devra creuser graduellement la terre sous-jacente. Au moment du dégagement, il la soulèvera sans appliquer de levier, en la supportant uniformément par en dessous.

Au laboratoire de chantier, les surfaces seront nettoyées à sec avec un pinceau et une spatule, ainsi que d'un peu d'alcool pour les dépôts vaseux. Les pièces fragiles ou fendues seront supportées avec des bandes de gaze ainsi que des éclisses, au besoin. Les pièces ne pouvant être placées dans des contenants rigides seront annexées à de solides supports et emballées dans cet état. Les petits objets seront rangés dans des contenants rigides, matelassés, non hermétiques, dans un endroit sec et frais et dans l'obscurité.

Il peut arriver qu'en cours de dégagement, l'objet soit jugé trop fragile pour être soulevé directement. L'archéologue devra alors évaluer si le sol et l'emplacement des artefacts sous-jacents permettent une levée en motte, c'est-à-dire avec la terre d'enfouissement comme support, ou encore une levée encastrée, où l'objet se trouve encapsulé avec sa motte de terre et un matériau de remplissage. En dernier recours, l'archéologue pratiquera la levée directe après

consolidation *in situ*. Celle-ci est plus ou moins définitive. Elle interfère avec les possibilités d'analyses chimiques ou microscopiques ultérieures. C'est pourquoi elle ne doit être entreprise sur le chantier que lorsque toutes les autres techniques ont été jugées impraticables.

Avant de procéder, l'archéologue dégagera soigneusement l'objet de tous ses dépôts de surface. Comme consolidant, il pourra utiliser une résine en émulsion (voir la section 7.1).

La plupart du temps, l'archéologue mettra au jour du **bois mouillé ou imbibé d'eau**. Dans ce cas, il devra lui garder son taux d'humidité initial : toute perte d'eau serait dommageable. Un bois gorgé d'eau peut perdre jusqu'à 90 % de son poids initial et jusqu'à 80 % de son volume. Avec ces pertes sont associés des torsions, des fentes, des fractures, des rétrécissements, des exfoliations et des délaminations du matériau. Si un assèchement involontaire survient, il devient tout à fait inutile de tenter de remouiller le bois. L'assèchement s'étant produit, les dommages sont irréversibles et l'application d'eau sur une surface séchée ne fera qu'exacerber les dommages.

Sans un traitement approprié, le bois gorgé d'eau ne survivra pas à sa mise au jour. La durée et la complexité de l'opération sont fonction de la nature et de l'état du spécimen, et surtout de sa dimension. La restauration d'un objet en bois de grande dimension nécessite un minimum d'équipement⁶. Donc, avant de retirer un spécimen de plus de 2 m, il est important de prévenir un laboratoire de restauration. Dans certains cas, si les services de restauration ne sont pas disponibles, il pourra s'avérer préférable de réenfouir l'objet. Il existe des techniques de réenfouissement qui facilitent le dégagement ultérieur tout en offrant une meilleure protection à l'objet.

Si la préservation de l'objet est réalisable avec l'équipement à sa disposition, l'archéologue pourra alors procéder à l'extraction par un dégagement, de façon à pouvoir soulever la pièce par en dessous. Des outils souples, non pointus ou contondants, devraient être utilisés pour dégager du sol et nettoyer sommairement les pièces et afin d'éviter d'enrayer les surfaces. L'archéologue enlèvera la boue et les dépôts vaseux avec un jet d'eau à basse pression et un pinceau, en s'aidant au besoin de spatules de bois ou de caoutchouc.

S'il s'agit d'assemblages, la documentation *in situ* doit précéder la levée. Pendant tout le temps que dureront les dessins, prises de notes et photos, l'archéologue vaporisera de l'eau sur la surface du bois afin d'éviter qu'il s'assèche. Il conservera dans l'eau le bois imbibé : de l'eau douce, si elle est disponible, sinon de l'eau du milieu d'enfouissement.

Les bassins de conservation des pièces de bois devraient être installés au réfrigérateur, sinon au frais et à l'abri de la lumière et de l'oxygène. Des pellicules de plastique opaques, déposées à fleur d'eau, permettront de limiter l'accès de l'oxygène et de la lumière.

En milieu terrestre, si l'état du spécimen ne permet pas la levée directe, l'archéologue aura recours à la levée en motte (avec un peu du sol sous-jacent) ou à la levée encastrée (objet et motte encapsulés). Si la texture du sol ou la proximité d'artéfacts sous-jacents ne permettent pas de prélever l'objet avec le sédiment sous-jacent, il envisagera la levée directe après une consolidation. Dans le cas de spécimens gorgés d'eau, il utilisera un consolidant aqueux : comme l'acétate polyvinylique (PVA) en émulsion (colle blanche), ou encore une résine acrylique, telle que l'Acrysol WS-24 ou le Rhoplex AC-33, ou tout autre médium acrylique en émulsion. L'archéologue laissera sécher le spécimen lentement à l'air libre avant de lever l'objet. Dans certains cas, par exemple une pièce très longue et fragile, la consolidation devra être confortée par une encapsulation. Après avoir appliqué un séparateur, l'archéologue versera sur l'objet un produit de moulage : plâtre, cire, résine naturelle ou synthétique, silicone ou autre.

⁶ La longueur maximale des objets pouvant être traités dans le lyophilisateur du Centre de conservation du Québec est de 1,5 m. Un traitement par lyophilisation climatique permet toutefois d'accepter des objets de plus grandes dimensions.

En milieu marin, l'objet peut être levé directement. Cependant, la plupart du temps, il sera trop fragile pour qu'on effectue la remontée vers la surface. Avant tout autre déplacement, le spécimen devra être assujéti à un support rigide posé à proximité.

Après sa cueillette, le bois pourra être lavé avec un jet d'eau sans pression et un pinceau. Immédiatement, l'archéologue en prendra un relevé, à l'échelle 1\1, sur papier Mylar, avec un feutre à l'alcool, en notant soigneusement toutes les marques d'outils et les détails d'assemblage. Ensuite, il installera des éclisses sur toutes les pièces faibles ou fendues. On marquera clairement chaque pièce : la numérotation peut se faire avec une étiquette imperméable (papier de fibre polyéthylène Tyvek et crayon à encre indélébile, ou encore des rubans de plastique ou de métal à inscription embossée). Le numéro sera fixé à l'objet avec des agrafes en monel ou des clous en cuivre ou en inox. Comme le bois gorgé d'eau est souvent lourd et faible, il est préférable de le déposer sur un support rigide qui servira à le transporter. Il sera ensuite mis à tremper à l'ombre et au frais. Le bois doit aussi être gardé à l'abri de l'eau et de l'oxygène. Des pellicules de plastique opaque, étalées en affleurement de l'eau des bassins, peuvent remplir cette fonction. Les pièces de grande dimension pourront être entreposées dans des bassins d'eau creusés à même le sol et imperméabilisés grâce à un polyéthylène épais.

L'archéologue expédiera le spécimen à un laboratoire de restauration durant la semaine qui suit. Si l'expédition n'est pas possible à l'intérieur de ce délai, il utilisera les plus grands bassins à sa disposition qu'il remplira avec l'eau du site. Il mesurera le pH de départ et changera l'eau chaque fois qu'un écart de 1,0 point par rapport à la valeur initiale se produira. Les pièces de petite dimension pourront être transportées dans leur bassin de trempage après qu'elles auront été calées en place avec des rouleaux de mousse ou de plastique à bulles de façon à prévenir leur déplacement.

Le transport des pièces lourdes et de grande dimension pourra se faire sur des supports en bois imperméabilisé (contreplaqué Crezon), renforcés et bordés de baguettes de bois. À défaut de bois traité, l'archéologue utilisera une feuille de polyéthylène pour protéger le bois du support et prévenir son pourrissement au contact du matériau mouillé. Il supportera les pièces de bois courbées, comme les vaigrages et les bordages d'embarcation, afin que leur forme, souvent obtenue par étuvage, soit préservée. Les planches peuvent être fixées sur des blocs de mousse rigide (Ethafoam) taillés pour épouser leur courbure.

Il est alors nécessaire d'enrober les pièces de bois de tissus absorbants, imbibés d'eau, avant de les ensacher sous une triple épaisseur de polythène. Les tissus devront être retirés à l'arrivée au laboratoire et les objets prestement mis à tremper.

L'ensemble des bois gorgés d'eau devrait être acheminé, dans le mois suivant leur excavation, à un laboratoire de restauration.

4.7 Végétaux carbonisés



© André Bergeron, CCQ

4.7.1 Description

Le charbon provient du chauffage du bois à l'abri de l'air, ce qui, après une combustion, laisse derrière du carbone presque pur. Il peut résulter d'un incendie ou d'une opération de transformation charbonnière, en vue d'obtenir un combustible pour le chauffage, la cuisine ou l'éclairage. Les artefacts carbonisés constituent de précieuses sources d'information, plus spécifiquement pour les anthracologues, ces spécialistes qui étudient les restes carbonisés d'espèces ligneuses, mais également pour les paléontologues et les xylogues. Chimiquement inertes, les matériaux carbonisés ne sont pas soumis aux processus d'hydrolyse et d'oxydoréduction, et ils ne constituent pas non plus un très bon milieu de culture pour les microorganismes. De ce fait, ils possèdent de bonnes chances de survie dans les milieux d'enfouissement. Bien qu'ils soient fragilisés par la combustion et le lessivage d'une grande partie de leur substance, ils résistent au temps et conservent dans leur masse les caractéristiques de leur essence et les traces d'outils. Ils se prêtent aussi à la datation à l'aide du carbone 14. Deux matériaux apparentés au charbon peuvent être découverts en contexte archéologique, le lignite et le jais. Le premier est en fait une roche sédimentaire composée de reste fossile de plantes, contenant de 65 à 75 % de carbone. Le jais, pour sa part, est une variété de lignite fossile, dure, d'aspect vitreux, pouvant être taillée; c'est un matériau utilisé pour la fabrication de bijoux.

4.7.2 État à l'extraction

Les charbons, même nouvellement produits, sont fragiles et cassants. Cet état est amplifié lorsqu'ils se présentent à l'état humide.

4.7.3 Soins particuliers

L'exhumation des matériaux carbonisés exige des manipulations soignées et le dégagement fin ne peut s'exécuter qu'au pinceau. Ce matériau ne supporte aucun stress et se briserait si quiconque tentait d'appliquer un levier.

Comme les végétaux carbonisés possèdent une meilleure résistance mécanique à l'état sec, l'archéologue aura intérêt à dégager le plus possible le spécimen du sol humide et à le laisser sécher à l'air libre avant de le soulever. Une exception concerne les spécimens d'écorce qui devront être séchés à l'ombre et à couvert pour éviter leur délamination au séchage.

Lorsque le spécimen est déjà sec, il convient de le dégager du sol pour le mettre en papillotes dans des feuilles de papier aluminium. Une fois que le spécimen sera à l'abri, les feuilles seront ouvertes pour permettre le séchage. Après quoi, chaque papillote pourra être refermée et rangée dans un contenant individuel rigide pour le transport.

5 LES COMPOSITES



© Michel Élie, CCQ

5.1 Comportement des composites dans le sol

L'objet composite est celui dont la construction met en présence plus d'un matériau, et c'est le cas de beaucoup d'objets. Pour la période historique, l'association la plus commune est sans nul doute celle du bois avec le métal, le plus souvent du fer. En archéologie préhistorique, les couples pierre-bois et pierre-os sont courants. La préservation de ces artefacts est souvent compliquée par des conditions de conservation distinctes, opposées et propres à chaque matériau. Il peut même arriver que, les contraintes climatiques étant tellement divergentes, la survie d'un matériau impose le sacrifice d'un autre : ce pourrait être le cas d'une épée en acier dans un fourreau de bois recouvert de cuir et de bois par exemple. Heureusement, toutes les formes d'association n'imposent pas à l'archéologue cette obligation de choisir. Souvent, un des matériaux est beaucoup plus résistant que l'autre. Dans ce cas, la priorité sera d'assurer à l'objet les conditions climatiques propres au matériau le plus exigeant, le plus vulnérable. Ainsi, un objet impliquant pierre et os, par exemple, sera traité comme un spécimen en os.

Pour ces objets composites, il existe tellement de combinaisons de matériaux et de ratios différents qu'il nous est difficile de prescrire ici des règles de conduite dogmatiques, applicables à l'ensemble, chaque cas étant un cas d'espèce. La découverte d'un composite doit toujours être signalée au plus tôt au chef de chantier. Étant donné les faibles chances de survie d'un tel spécimen, surtout si sa condition est déjà précaire, un maximum de données à son sujet seront consignées in situ. Puis, suivant la décision de préservation prise, l'archéologue expédiera l'objet à un laboratoire de restauration dans les plus brefs délais. Il est préférable de ne jamais tenter de démonter sur le site un artefact composite dans le but d'en séparer les constituants par matériau. Cette opération risque fort de faire éclater le spécimen et ne fournit aucune garantie qu'après le traitement, les composantes puissent à nouveau s'assembler. **Il faut garder mouillés les spécimens trouvés**

dans cet état et éviter le lavage à tous ceux dont l'association comprend des matériaux fragiles comme des cuirs, des textiles, de la vannerie et certains métaux en feuilles.

Les composites comprenant du fer ne pourront être entreposés dans des solutions de soude ou de sulfite alcalin. De même, ceux qui se composent de cuivre ne pourront être entreposés dans une solution de benzotriazole. Ces spécimens seront conservés dans l'eau claire et l'on prendra soin de ne pas entreposer dans le même bassin des composites comprenant des métaux différents.

L'ensemble des composites mouillés pourra être mis à congeler, surtout s'ils ne comportent ni bois ni métal. L'archéologue les aura préalablement enveloppés sous une double ou triple épaisseur de polyéthylène scellé. À défaut d'être placés dans un congélateur, ils seront conservés au frais et à l'ombre.

6 LES SITES RUPESTRES



© Avataq

Malgré l'étendue de son territoire, il n'existe qu'un nombre limité de sites connus d'art rupestre au Québec, soit 17⁷. Ces sites sont caractérisés par des représentations (gravures ou dessins) sur des parois rocheuses, des abris sous roche, bien qu'à ce jour, aucun site rupestre n'ait été découvert dans une caverne⁸ au Québec. Les gravures, motifs incisés ou piquetés dans la roche, sont appelées pétroglyphes, alors que les dessins, résultant de l'application d'une matière colorante sur la surface de la roche, sont des pictogrammes. Un dénominateur commun existe pour tous ces sites, peu importe leur localisation : ils sont tous exposés aux rigueurs du climat et aux altérations naturelles du support rocheux.

7 Selon les données 2018 de l'Inventaire des sites archéologiques du Québec. De ce nombre, 14 sont des sites de peintures, dont 3 de gravures.

8 Il est digne de mention qu'en 2008, Daniel Arsenault a signé une étude de potentiel archéologique pour un site rupestre localisé dans une grotte : *Nouvel examen archéologique de la grotte ornée de Cacouna (CIEj-10) et tentative de datation radiométrique du dessin au charbon de bois*. Rapport inédit déposé au Conseil de bande malécite et au Service canadien de la faune, section Québec.

6.1 Les agents de dégradation

Plusieurs agents de dégradation sont à l'œuvre pour altérer la structure du substrat rocheux, qu'il soit par exemple sédimentaire ou métamorphique, ainsi que les représentations qu'il supporte. Notons, dans leurs grandes lignes, quatre facteurs de dégradation principaux qui agissent séparément ou de façon concomitante : mécanique, physicochimique, biologique et anthropique.

6.1.1 Facteurs de dégradation mécanique

Un facteur déterminant de dégradation mécanique est l'érosion. Celle-ci est provoquée autant par les vents que par la glace et ses cycles de gel-dégel, la pluie et les eaux de ruissellement. Tous ces facteurs jouent un rôle abrasif et entraînent inéluctablement une disparition de la matière.

La desquamation de la surface est une altération qui fournit autant de points d'entrée pour l'eau qui, en devenant glace, prend une expansion de 9 % en volume (Grattan et Clarke, 1987) et peut entraîner l'arrachement des parties altérées. Un autre facteur concerne l'instabilité intrinsèque (éventuellement) de la roche et les risques associés aux tremblements de terre. On connaît au moins un cas au Québec d'un flanc rocheux supportant des pétroglyphes et dont un pan est tombé au fond d'un lac.

La présence de failles ou de points de faiblesse structurels constitue un facteur de risques supplémentaires, tout comme la présence de veines de quartz ou de feldspaths qui traversent le gneiss ou le granit. Ces veines ont un coefficient de dilatation différent de la roche et vont réagir différemment aux variations de température et d'humidité, favorisant des fragilités à l'interface roche-veine.

Le substrat rocheux subit en son sein des tensions liées aux variations de température et d'humidité qui provoquent des craquelures et des aspérités endommageant les représentations faites à sa surface. Dans le même temps, ces défauts sont parfois utilisés intentionnellement par les « artistes » pour donner du relief et du mouvement à leurs représentations.

6.1.2 Facteurs de dégradation physicochimique

Les dégradations physicochimiques affectant les dessins et gravures rupestres sont nombreuses et les facteurs conduisant à leur formation ne sont pas toujours parfaitement connus. Au Québec, les produits d'altérations les plus couramment enregistrés sont la silice amorphe, appelée parfois silcrète ou gel de silice, la calcite (un type de carbonates de calcium), les oxalates de calcium, et les sulfates de calcium qui sont des sels.

Le silcrète se forme comme suit : avec les précipitations, des eaux de ruissellement transportent de la silice dissoute. Si les conditions thermodynamiques (composition chimique de l'eau, température, pression) sont réunies pour que la solution parvienne à sursaturation vis-à-vis de la silice, il peut alors y avoir une précipitation menant à la formation d'une couche appelée silcrète. Cette croute siliceuse forme à la surface de la roche une couche plus ou moins épaisse, dure, translucide (tirant sur le blanc et le gris) et évolutive. Elle joue un rôle protecteur pour les représentations rupestres, notamment celles tracées à l'ocre, mais elle dissimule progressivement leur éclat en même temps qu'elle en estompe les contours.

Avec l'effet de ruissellement, les sels peuvent s'accumuler dans les fractures ou sous les glyphes. En séchant, ils prennent de l'expansion et peuvent causer l'exfoliation de la surface. Il en va de même avec le silcrète : son assèchement peut entraîner des fractures et l'exfoliation des surfaces.

Notons le rôle physicochimique des pluies acides qui attaquent tous les substrats rocheux. Il faut cependant mentionner que, depuis quelques années, des programmes de réduction d'émissions d'oxydes de soufre (SO₂) et d'oxydes d'azote (NO_x) ont permis de réduire les émissions de SO₂ de

50 % à 70 %⁹. Le pH des eaux de pluie au Québec retourne donc à des niveaux moins acides avec le temps.

Enfin, signalons que les produits issus de la dégradation physicochimique ne se forment habituellement qu'en présence de certains facteurs de dégradation biologique, tels que les lichens, les bactéries et les algues (Chen, et autres, 2000).

6.1.3 Facteurs de dégradation biologique

(D'après : Wainwright, 1986; Brunet, Orial, 1988; Philippon, Jeannette, Lefevre, 1992.)

Les flancs rocheux favorisent l'ancrage des lichens, qui génèrent entre autres des produits acides. Le lichen est un végétal complexe formé de l'association d'un champignon et d'une algue. Du point de vue de la lichénométrie, les lichens se caractérisent généralement par un faible taux de croissance et une grande longévité.

Les lichens sont généralement classés en six grands groupes morphologiques : pulvérulents, gélatineux, filamenteux, fruticuleux, foliacés et crustacés. Les deux derniers groupes se retrouvent fréquemment sur les supports rocheux et ce sont eux qui retiendront notre attention.

En général, les lichens forment un tissu cellulaire appelé thalle. Le thalle des lichens des types crustacé et foliacé possède une structure stratifiée. Dans sa configuration la plus complexe, le thalle est formé :

- d'un cortex supérieur composé d'hyphes, des filaments analogues à ceux d'un mycélium de champignons supérieurs;
- puis vient la couche gonidiale formée par des algues qu'entourent les hyphes;
- en dessous se situe une couche d'hyphes entrecroisées ou parallèles, plus ou moins denses, constituant la médulle;
- la face inférieure varie selon que le lichen est de type foliacé ou de type crustacé.

Source : <https://www.universalis.fr/encyclopedie/lichens/1-structure-des-thalles/>

6.1.3.1 LES LICHENS FOLIACÉS

Les lichens, dont le thalle est foliacé, sont fixés au substrat par un faisceau de rhizines définissant de petits crampons ou par un crampon central, parfois par de simples replis du cortex inférieur pourvu ou non de rhizines.

Dans tous les cas, cet accrochage est superficiel et ne constitue pas une menace pour la roche. Le principal effet est qu'ils camouflent les dessins rupestres.

9 Source : Ministère de l'Environnement et de la Lutte contre les changements climatiques.

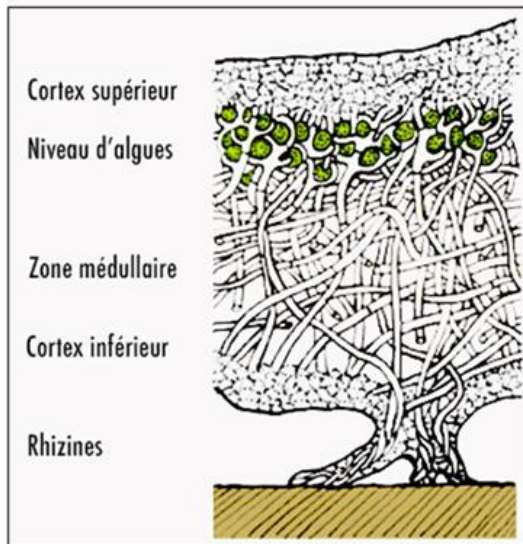


Figure 21 : Morphologie d'un lichen foliacé

Source : <http://www.arctic.uoguelph.ca/cpl/organisms/plants/terrestrial/lichens/basicmorph.htm>

6.1.3.2 LES LICHENS CRUSTACÉS

Les lichens crustacés sont plus invasifs que les lichens foliacés. Les hyphes s'insinuent entre les grains cimentés de la roche, les désagrègent mécaniquement sur 1 ou 2 mm, provoquant l'éclatement de la surface. L'effet n'est pas visible à l'œil nu, mais il est bien réel. Les lichens retirent les matières nutritives directement de la roche. Les minéraux détachés sont retenus et « digérés » dans le thalle. Étant donné leur métabolisme, les lichens sécrètent des acides organiques qui contribuent à leur tour à la dissolution et à l'effritement de la roche, ainsi qu'à la formation de couches d'altération le plus souvent composées d'oxalates de calcium et de silice amorphe (Brunet, Orial, 1988; Chen, et autres, 2000).

Il faut également tenir compte de la nature de la roche. Plus celle-ci est tendre, plus les rhizines peuvent s'enfoncer (Philippon, Jeannette, Lefevre, 1992).

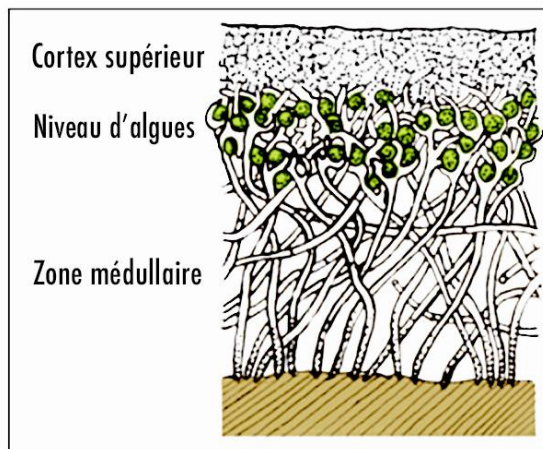


Figure 22 : Morphologie d'un lichen crustacé

Source : <http://www.arctic.uoguelph.ca/cpl/organisms/plants/terrestrial/lichens/basicmorph.htm>

Notons que les lichens abritent une microflore. Une symbiose complexe des lichens avec des algues, des champignons et des bactéries peut être observée dans la nature. Les bactéries du cycle de l'azote et du soufre concourent à la détérioration de la roche, notamment par le rejet d'acides organiques ou la modification de la flore bactérienne qui, à son tour, produit de l'acide (d'après Philippon, Jeannette, Lefevre, 1992, p. 98).

6.1.4 Facteurs de dégradation anthropique

Enfin, le facteur anthropique constitue une autre source de préoccupation. Qu'il s'agisse de vandalisme avéré ou de dégradations involontaires, les impacts de l'action humaine entraînent des modifications souvent irréversibles.

On pense aux représentations rehaussées à la craie ou avec un autre médium (figure 23); pire, avec un outil de métal (figure 24) pour augmenter leur lisibilité; ou à l'utilisation de vernis ou de cire pour améliorer le contraste de peintures dont le dessin est devenu ténu. Sans compter les graffitis intempestifs qui camouflent en même temps qu'ils altèrent les précieux dessins (figure 25).

De nombreux visiteurs des sites rupestres avaient par ailleurs pris l'habitude de jeter de l'eau sur les peintures rupestres pour les rendre plus visibles lors de la prise de photos. Cet acte apporte à la surface des sites des éléments exogènes (algues, bactéries, champignons et autres microorganismes) qui, combinés à l'eau elle-même, dégradent les peintures à long terme.

Au Québec, on relève également un prélèvement étendu effectué sur un site à pétroglyphes à l'aide de bâtons de dynamite (figure 26). Aucune documentation n'avait par ailleurs été produite avant cette intervention irréversible.



Figure 23 : Exemple de soulignement d'un site au moyen d'une craie ou de crayon blanc.
© Collection de Daniel Arsenault, CÉLAT-UQAM



Figure 24 : Exemple d'altération d'une surface rocheuse par un objet métallique.
 © Louis Gagnon, Avataq



Figure 25 : Exemple d'altération d'un site d'art rupestre par vaporisation de peinture rouge en aérosol. © Maxime Aubert, Université Griffith



Figure 26 : Prélèvement d'une section d'un site à pétroglyphes à l'aide de bâtons de dynamite. © Collection de Daniel Arsenault, CÉLAT-UQAM

Notons que certains aménagements touristiques mal conçus, dont l'intention était pourtant de protéger ainsi que de faciliter l'accès et la connaissance de ces sites rarissimes, génèrent finalement une accélération de la dégradation des surfaces peintes ou gravées. Dans d'autres cas, ce sont les matériaux de protection utilisés pour protéger les œuvres rupestres qui conduisent finalement à leur dégradation. Un tel cas existe au Québec. Un muret avait été érigé afin de dévier les eaux de ruissellement au sommet d'un flanc rocheux sur lequel des figures rupestres existaient. Finalement, la dissolution des sels contenus dans le ciment a affecté de façon irréversible ces représentations.

Signalons également que la valorisation des sites par un accès au grand public est une arme à double tranchant : la confidentialité entourant la localisation de certains sites vulnérables constitue parfois la meilleure garantie de leur préservation, et ce, surtout en région éloignée.

6.2 Les moyens de conservation

Tous les sites rupestres, à cause de leur exposition aux aléas climatiques, sont destinés à être un jour détruits, et leurs auteurs en étaient certainement conscients. Si leur destruction est inéluctable, des moyens peuvent être mis en œuvre pour les sauvegarder, les enregistrer et les protéger. Aucune action de conservation ne doit être faite sans l'autorisation préalable des personnes responsables des sites et des populations autochtones de la région.

Par ailleurs, il sera toujours préférable de privilégier les actions non invasives pour le site tout en gardant à l'esprit la nécessité d'enregistrer l'état du site avant toute opération de conservation.

6.2.1 La « conservation passive »

6.2.1.1 STRUCTURE DE PROTECTION

Il pourrait sembler intéressant de créer des structures de protection pour garantir une meilleure préservation des sites d'art rupestre. Il faut savoir qu'un équilibre s'installe entre chaque site et son environnement immédiat. La porosité de la protection de surface est primordiale. Modifier de façon rapide l'équilibre installé entre le site et son environnement va avoir des effets sur sa préservation.

Parmi ces effets possibles, mentionnons l'interruption de l'accumulation de silice (silcrète) sur les représentations, la formation éventuelle d'un microclimat sous la protection, qui peut entraîner le développement de microorganismes à la surface du substrat qui, eux-mêmes, vont générer la dégradation des représentations.

De plus, construire une structure de protection permanente dans des matériaux durables implique une modification radicale et irréversible du paysage et de la signification du site, qui se trouve déconnecté de l'environnement dans lequel il a été créé. D'un point de vue pratique, une structure de protection implique aussi des coûts de construction et d'entretien. Laisser le site dans son environnement naturel constitue une approche moins intrusive, et ce, à tous points de vue.

6.2.1.2 DOCUMENTATION

Rappelons que le premier facteur de dégradation des pictogrammes et des pétroglyphes est l'érosion. Inéluctablement, les motifs deviennent illisibles. Cette situation décrit à elle seule le besoin crucial de produire une documentation visuelle et écrite la plus conforme aux motifs, qu'ils soient dessinés ou gravés. Le cas échéant, c'est cette documentation qui suppléera à l'original.

Chaque site devrait faire l'objet d'un constat d'état, où l'on consignera non seulement toutes les informations utiles à l'étude et à la compréhension du site, mais également toutes les visites d'inspection ainsi que les interventions effectuées.

6.2.1.3 LE RELEVÉ

Le soulignement des motifs rupestres par n'importe quel médium n'est évidemment et déontologiquement pas acceptable. En revanche, l'utilisation d'une pellicule plastique transparente, apposée sur la zone à documenter, permet de relever l'information sans intervention irréversible sur les gravures ou les peintures. Cette approche convient lorsque le site est de faible superficie et/ou relativement plat. Elle devient toutefois peu facile à mettre en œuvre et moins fiable pour le tracé, lorsque le bloc rocheux présente des reliefs importants. Il faut également que la surface à documenter soit assez robuste pour supporter la légère pression exercée par le passage d'un crayon-feutre, par exemple. Enfin, cette méthode ne permet que le relevé des représentations, sans la prise en compte du relief du support rocheux, élément avec lequel jouaient parfois les « artistes » pour animer leurs dessins.



Figure 27 : Deux spécialistes de l'art rupestre effectuant l'examen et la documentation d'un site. © André Bergeron, CCQ

6.2.1.4 LE MOULAGE

Le moulage des pétroglyphes est une mesure de conservation qui restitue fidèlement l'empreinte originale. Une fois réalisés, les moulages peuvent donner lieu à la production de fac-similés qui pourront remplacer les originaux et être mis en valeur dans un endroit relocalisé. On peut citer les exemples des grottes de Lascaux en France ou d'Altamira en Espagne. En plus de produire une documentation fidèle, le moulage présente un intérêt pour les sites altérés par le taux de fréquentation ou le vandalisme. Les sites originaux pourraient ainsi être fermés au public et préservés à long terme.

Toutefois, l'usage de latex de moulage nécessite habituellement l'application d'un séparateur qui contamine la surface rocheuse, selon sa porosité. Après polymérisation, le décollement du latex de la surface de la roche constitue un facteur de risque pour la préservation de la surface, en raison de son arrachement possible. Tout compte fait, le moulage direct d'une surface rocheuse constitue une approche invasive, qui devrait être évitée en raison de l'existence de la numérisation 3D.

6.2.1.5 LA NUMÉRISATION 3D ET LA PHOTOGRAMMÉTRIE

Une approche qui évite tout contact avec la surface est de loin préférable. La numérisation laser et la photogrammétrie font partie de ces avenues. Elles produisent rapidement un relevé du site en trois dimensions, avec une grande précision.

Des questions ont toutefois été soulevées sur un possible effet négatif du faisceau laser sur les matières colorées et l'effet qu'il aurait sur des analyses ultérieures des pigments et du liant utilisés; cette question n'a pas encore trouvé de réponse certaine.

Ces dernières années, un traitement numérique des photos permettant de révéler des motifs invisibles à l'œil nu a été mis au point. Il s'agit de DStretch^{MD}, un plugiciel de ImageJ^{MD} développé par Jon Harman, qui, par un traitement numérique, permet de mettre en valeur les contours des dessins rupestres.

La technologie consiste à capturer des images à partir d'une caméra numérique de haute résolution et sans flash¹⁰. Un traitement ultérieur permet de révéler les représentations devenues invisibles à l'œil nu et de préciser les contours de ceux existants. Cette technologie impose infiniment moins de contraintes techniques que la numérisation 3D et peut être couplée à la photogrammétrie permettant la duplication 3D des parois rocheuses à des fins scientifiques ou didactiques.

6.2.1.6 LES TECHNIQUES D'ANALYSE PHYSICOCHIMIQUE *IN SITU* ET LES RISQUES ASSOCIÉS

Des appareils portatifs existent pour l'étude des œuvres rupestres, permettant par exemple de caractériser les matières colorantes et, dans certains cas, les liants utilisés. Les plus connus sont les spectromètres à fluorescence de rayons X, les spectromètres Raman ou encore les spectromètres infrarouges à transformée de Fourier (IRTF). Certains appareils ont atteint des puissances capables de créer des dommages permanents sur les zones étudiées. Comme pour toute opération de conservation, il est recommandé de tester le fonctionnement de l'appareil et les paramètres utilisés dans une zone à l'écart du site et de faire appel à une personne spécialisée dans l'étude des sites rupestres avec ce type de méthode.

Enfin, il faut noter que la documentation et l'analyse des sites d'art rupestre sont des domaines en évolution rapide.

¹⁰ Consulter le [manuel d'utilisation de DStretch^{MD}](#).

6.2.2 La « conservation active »

6.2.2.1 LE NETTOYAGE DE LA ROCHE ET LA QUESTION DES LICHENS

Le retrait des lichens est opéré dans le but de rendre lisibles les dessins rupestres, à la fois pour leur mise en valeur, mais aussi dans le but de les cartographier et de les étudier. L'éradication chimique des lichens est une option à considérer prudemment; avant de penser à cette option, il convient d'examiner les implications d'une telle démarche.

En effet, les lichens foliacés non ombiliqués représentent un danger mineur ou inexistant pour le substrat et les dessins ou gravures rupestres qu'il supporte étant donné que leur insertion dans la roche est superficielle. Les lichens foliacés ombiliqués présentent une insertion dans la roche plus importante que celle des lichens foliacés non ombiliqués, mais beaucoup moins intrusive que celles des lichens de type crustacés. Dans la littérature sur l'éradication des lichens, la question est soulevée à savoir s'il est vraiment pertinent de retirer les lichens, sachant que, si un traitement devait être répété sur une nouvelle colonisation (susceptible de remplacer celle qui a été éradiquée), celui-ci pourrait fragiliser le substrat rocheux. L'auteur évoque même l'hypothèse selon laquelle les lichens foliacés agissent comme une protection contre l'effet de diverses dégradations reliées aux facteurs environnementaux, incluant les polluants (Richard Lallemand dans Philippon, Jeannette, Lefevre, 1992, p. 99).

L'élimination des lichens est envisageable avec des moyens chimiques, mais il convient de distinguer les lichens foliacés des lichens plus invasifs tels que les lichens crustacés. En effet, le retrait des lichens de type crustacés par un moyen chimique peut provoquer de véritables catastrophes, puisqu'il va entraîner simultanément l'arrachage (millimétrique, mais bien réel) des grains de pierre et des dessins rupestres de surface.

Toutefois, le maintien en place de cette activité biologique, quoique lente, peut continuer à créer des désordres par microfissuration (Orial, Brunet, p. 127).

Mentionnons qu'il n'existe pas sur le marché de produits spécifiquement lichénicide. Les produits recommandés pour l'élimination des lichens font partie de la gamme biocide ou spécifiquement algicide. Les algicides utilisés couramment sont des ammoniums quaternaires (tensioactif avec ajout d'un antimicrobien de type bactéricide ou fongicide), qui présentent un certain danger pour l'environnement.

Ces dernières années, des produits alternatifs phytosanitaires ont été employés à l'essai sur de la statuaire au Vatican et ont donné des résultats très encourageants¹¹. Parmi eux, on retient notamment un biocide à base d'huile d'origan.

Il faut indiquer que l'identification des lichens requiert l'œil d'un spécialiste autant qu'elle requiert de l'équipement spécialisé, faute de quoi il est extrêmement facile de confondre les lichens entre eux. Cette situation fait en sorte que l'identification des lichens, si elle doit avoir lieu, doit être planifiée en amont d'une intervention de nettoyage.

Le retrait des lichens crustacés entraînant des désordres dans la roche, il est recommandé de suivre le nettoyage d'un traitement de consolidation. Néanmoins, l'utilisation de produits chimiques ou de consolidants n'est pas anodine et compromettra des analyses ultérieures des pigments et des liants des peintures rupestres. En effet, les consolidants sont des produits qui empêchent des analyses par spectroscopie Raman et IRTF et donc, il est très difficile ensuite d'identifier le pigment utilisé. Dans le cas du liant, les produits chimiques et les consolidants en masquent la signature chimique, et il devient alors impossible de l'identifier.

¹¹ Source : [The restoration of the works of the Vatican Gardens. The use of essential oils – Research and experiences compared.](#)

Toutes les interventions devraient être réalisées ou supervisées par un restaurateur.

Si des produits doivent être utilisés, il sera important de consigner leurs noms et leurs modes d'application dans la documentation du site.

Enfin, il est nécessaire de mentionner que les lichens peuvent permettre une datation du site par la méthode, bien que controversée, de la lichénométrie (Bednarik, 1981; Bednarik, 2002; Bednarik, 1996; Rajnovich, 1994). Un nettoyage de la paroi d'un site rupestre pourrait alors détruire des informations pour son étude.

6.2.2.2 UNE APPROCHE DE REMPLACEMENT

Une approche intéressante, et qui n'implique pas l'utilisation d'un produit chimique, est l'élimination des lichens par privation de lumière. Elle consiste à recouvrir le substrat d'une toile polythène noire et opaque. Son installation, selon le flanc rocheux, peut être difficile, hasardeuse, voire dangereuse.

En revanche, une fois installée convenablement, la toile agit efficacement. Privés de lumière, les lichens ne tardent pas à mourir en place et peuvent être éliminés avec une brosse douce (Dobson, 2002). Toutefois, il n'est pas possible d'assurer que les lichens ne reviendront pas coloniser la roche une fois que la toile aura été enlevée, et un suivi est donc à prévoir.

Les éradications chimiques ou par privation de lumière devraient être envisagées seulement quand la présence de lichens compromet la conservation du site, puisque des méthodes, telles que le DStretch^{MD}, la photogrammétrie ou le relevé 3D par laser, peuvent être envisagées lorsque la lecture des représentations à l'œil nu est devenue impossible. Sinon, il est suggéré de ne rien tenter, afin d'éviter de provoquer des dégâts irréversibles.

6.2.2.3 LE RETRAIT DES GRAFFITIS

Les sites rupestres sont habituellement localisés dans des secteurs difficiles d'accès. Lorsqu'ils sont situés à proximité des zones urbaines ou accessibles depuis un cours d'eau, le risque d'altération anthropique augmente sensiblement. Les graffitis, souvent produits à l'aide de bombes en aérosols, peuvent dénaturer complètement le site. Il est habituellement conseillé d'éliminer ces graffitis rapidement, car leur présence incite l'ajout d'autres graffitis.

Des tests ont déjà été effectués lors de deux campagnes de fouilles sur un site particulièrement couvert de graffitis. Dans un premier cas, des solvants organiques ont été utilisés, avec un résultat partiellement concluant. Le relief naturel de la pierre ainsi que la grande superficie à dégager rendaient difficile la mise en œuvre de cette approche.

Un test a également été effectué à l'aide d'un appareil de nettoyage utilisant de la vapeur, mais ici encore, les résultats ont été partiellement concluants. Il faut souligner également les difficultés logistiques, notamment l'utilisation d'une génératrice pour le fonctionnement de l'appareil de nettoyage à la vapeur.

Il est conseillé de toujours effectuer un test à l'extérieur de la zone sur laquelle se trouvent les représentations pour évaluer le comportement de la pierre, des peintures et des gravures à un tel traitement.



Figure 28 : Test de dégagement de graffitis à l'aide de vapeur chaude. Plusieurs risques sont liés à l'utilisation d'appareils projetant de la vapeur à forte pression, pouvant occasionner des projections rocheuses. La protection de l'opérateur est essentielle.
 © Louis Gagnon, projet Pétrarq

6.2.2.4 LA STABILISATION DE LA ROCHE

En ce qui concerne la consolidation des parois rocheuses et tout le problème de la perte d'information par desquamation, l'éventail des matériaux pouvant être utilisés en milieu extérieur est, somme toute, limité. Il est difficile, par exemple, d'utiliser un matériau possédant le même coefficient de dilatation que le substrat rocheux. Empêcher la dilatation d'une surface pourrait entraîner le développement de stress, qui pourraient fragiliser le substrat concerné. Cependant, notons qu'un consolidant à base d'ester d'éthyle de l'acide silicique, le Wacker^{MD} BS OH 100, donne des résultats corrects. Comme l'imprégnation de la pierre avec ce produit est irréversible, il est fortement recommandé d'utiliser cette approche en dernier recours et de faire appel à un restaurateur lors de son utilisation (d'après A. Liégey, 1986).

En théorie, il pourrait être possible de procurer une meilleure assise à un bloc rocheux menaçant de se détacher d'une surface en utilisant, par exemple, des tiges métalliques ou des renforts permettant de sécuriser une section en place. Une telle opération doit toutefois être réservée à des situations particulières, après considération de toutes les options disponibles.

Quant au déplacement d'un élément d'un site pour en assurer la préservation à long terme, ici encore, la prudence est de mise, car une telle action contrevient à l'intégrité du site. De plus, sans le consentement des groupes autochtones du territoire concerné, un tel acte pourrait être mal interprété et perçu comme du vandalisme.

Chaque intervention doit être envisagée dans une perspective minimaliste : intervenir le moins possible et préserver le plus possible.

6.2.2.5 DES LIGNES DIRECTRICES POUR BALISER LA PRATIQUE

Dans le but d'établir des lignes directrices sur les meilleures pratiques en art rupestre¹², un groupe de travail constitué de chercheurs, de scientifiques et de restaurateurs s'est réuni entre 2010 et 2012. Les lignes directrices proposées par ce groupe de travail, publiées ici pour la première fois, sont en continuité avec les grandes chartes internationales. Voici le résultat d'une partie de leurs travaux.

Guide des meilleures pratiques en conservation de l'art rupestre

Selon la Charte de Burra de l'ICOMOS (1999), la conservation comprend tous les processus et procédures utilisés pour préserver la signification d'une ressource culturelle, ce qui inclut l'entretien, la restauration, la reconstruction et la préservation; l'objectif étant de maintenir une ressource dans son état actuel et d'en retarder la détérioration.

Les principes de base

- La préservation devrait toujours constituer l'objectif principal de tous les travaux de conservation en art rupestre.
- Sauf dans le cas de circonstances exceptionnelles ou urgentes, la conservation de l'art rupestre devrait s'insérer dans le cadre d'un plan de gestion d'un site.
- L'objectif de la conservation en art rupestre devrait se concentrer sur la préservation de la signification de la ressource, à l'aide d'une approche prudente et minimaliste, produisant le moins d'effets adverses.
- Tout traitement de conservation de l'art rupestre devrait débiter par un constat d'état qui permet de produire des données de référence évaluant l'état actuel de la ressource, en indiquant les problèmes ou les menaces qui pourraient endommager le site, tout en notant les informations requises pour orienter la préservation à long terme et les programmes de gestion.
- La conservation de l'art rupestre devrait être entreprise en tant que programme d'évaluation continue, d'entretien et (lorsque nécessaire) d'intervention de restauration, mais sans reconstruction d'images individuelles et des sites.
- Les interventions de restauration devraient être minimales, réversibles et documentées de façon exhaustive.
- Tous les travaux de restauration doivent être régulièrement réévalués et, lorsqu'elles sont justifiables, des modifications ou des altérations de l'état initial sont permises tant qu'elles favorisent la préservation à long terme de la ressource.
- Des interventions de restauration ne devraient être entreprises que par des professionnels dûment qualifiés.
- Des interventions de restauration ne devraient débiter qu'après la consultation des communautés directement impliquées, ce qui inclut des groupes autochtones (lorsque cela est possible) et les superviseurs du site.
- Lors de situations exceptionnelles, des interventions irréversibles pour conserver un site d'art rupestre pourraient être appropriées, mais seulement lorsque tous les autres moyens disponibles auraient échoué ou lorsqu'une perte d'information serait imminente. Ces interventions ne devraient être entreprises qu'après la consultation et avec l'accord des communautés concernées et des gestionnaires responsables selon la loi.

¹² Ces lignes directrices ont été préparées par un groupe de travail informellement appelé Groupe de travail international sur l'art rupestre, dirigé par le regretté Daniel Arsenault. Traduction libre d'*International Rock Art Task Group*.

Bibliographie

ARSENAULT, Daniel, et Louis Gagnon. « Le site Nisula, Haute-Côte-Nord du Québec : le défi de la conservation d'un site à pictogrammes », Actes de la conférence de l'ICHAM, Montréal, 1996, p. 167-178.

[AUBERT, Maxime. Caractérisation et datation au carbone-14 par spectrométrie de masse à accélérateur \(SMA 14 C\) des pellicules de silice amorphe associées aux sites rupestres : l'exemple du site Nisula, Québec, Canada, Mémoire, maîtrise en sciences de la terre, Québec, Université du Québec, Institut national de la recherche scientifique, 88 p.](#)

AUBERT, Maxime. « A review of rock art dating in the Kimberley, Western Australia », *Journal of Archaeological Science*, vol. 39, 2012, p. 573-577.

BEDNARIK, R.G. « The introduction of direct rock art dating in 1980 », *Australian Rock Art Research Association*, 1981, p. 4.

BEDNARIK, R.G. « Only time will tell: A review of the methodology of direct rock art dating », *Archaeometry*, vol. 38, February 1996, p. 1-13.

BEDNARIK, R.G. « The dating of rock art: A critique », *Journal of Archaeological Science*, vol. 29, p. 1213-1233.

[BERGERON, André, et Louis GAGNON. « Réminiscences du temps des bisons : la restauration des pétroglyphes de Bromptonville », *Journal of the Canadian Association for Conservation \(J. CAC\)*, vol. 30, 2005.](#)

BRINK, Jack. « Rock art conservation research at writing on Stone Provincial Park, Alberta », *Revista de Arqueologia Americana*, Number 25, 2007, Instituto Panamericano de Geografía et Historia, p. 55-99.

BRINK, Jack. « Disappearing dreams at the Zephyr Creek Rock Art Site, Alberta », *Canadian Journal of Archaeology/Journal canadien d'archéologie*, vol. 35, 2011, p. 193-231.

CHEN, J., H.-P. BLUME et L. BEYER. « Weathering of rocks induced by lichen colonization — A review », *CATENA*, vol. 39, 2000, p. 121-146.

GAGNON, Louis, et André BERGERON. « Qajartalik : face au passé », *Continuité*, numéro 109, été 2006, p. 111-113.

GAGNON, Louis, et autres. « Qajartalik : péril en la demeure, mythe ou réalité? – bilan des recherches 2004 sur le site à pétroglyphes et la carrière de Qajartalik (JvEh-1) », dans « Des Tuniit aux Inuits. Patrimoine archéologique et historique au Nunavik », *Cahiers d'archéologie du CELAT*, n° 21, 2007, p. 249-263.

GRATTAN, D.W., et R.W. CLARKE. *Conservation of Waterlogged Wood, Conservation of Marine Archaeological Objects*, Butterworth, 1987, p. 164-206.

ORIAL, G., et A. BRUNET. « Les lichens : impact sur les matériaux pierreux et recherche d'une thérapie » dans *Patrimoine culturel et altérations biologiques, Actes des journées d'études de la S.F.I.I.C.*, Poitiers, 17 et 18 novembre 1988, p. 119-134.

LALLEMANT, Richard, dans J. PHILIPPON, D. JEANNETTE et R.-A. LEFÈVRE. *La conservation de la pierre monumentale en France*, Paris, Presses du CNRS, 1992, p. 95-100.

RAJNOVICH, G. *Reading Rock Art: Interpreting the Indian Rock Paintings of the Canadian Shield*, Dundurn, Toronto.

Pour en apprendre davantage :

[Fongicide à base d'huile d'origan](#)

[Structure des thalles](#)

[Des images dans la pierre : Une exposition virtuelle sur l'art rupestre au Canada](#)

7 LES TECHNIQUES APPLIQUÉES À L'ARCHÉOLOGIE



© Blandine Daux, CCQ

7.1 La consolidation *in situ*

Nous avons vu dans les sections précédentes le comportement des matériaux pendant leur vie dans le sol et dans la mer, ainsi que l'importance de minimiser les effets du changement rapide des conditions environnementales lors de la fouille. Malgré toutes les précautions prises lors du dégagement, des objets seront parfois trop fragiles ou trop volumineux pour être prélevés directement. Il sera alors nécessaire de renforcer le sol qui les environne au moyen d'un consolidant, et peut-être même d'utiliser une structure de protection proportionnée à chacun des objets.

Un consolidant est un produit appliqué sur un objet dans le but de le renforcer.

Les résines utilisées pour la consolidation peuvent être soit dissoutes dans des solvants organiques, soit suspendues en émulsion dans l'eau. Généralement, les émulsions servent à consolider les matériaux humides en raison de leur meilleure pénétration. Les autres résines, en solution dans des solvants, sont utilisées pour les matériaux secs, leur avantage étant leur rapidité de séchage. Toutes peuvent être appliquées au moyen d'un pinceau, d'une brosse, par vaporisation ou, encore, à l'aide d'un compte-gouttes, après le nettoyage de la surface de l'objet. La profondeur de la pénétration peut varier grandement selon la méthode d'application, le produit utilisé ou la nature du matériau à consolider.

Les émulsions à base d'acrylique ou d'acétate de polyvinyle (PVA) sont fréquemment utilisées comme consolidant d'urgence en raison de plusieurs facteurs : elles sont faciles à trouver, économiques et ne sont que faiblement toxiques sous leur forme commerciale d'adhésifs pour le bois ou de vernis. Il est également possible de les diluer en parts égales avec de l'eau (1/1) pour obtenir un produit moins visqueux, donc possédant un meilleur pouvoir de pénétration. Elles présentent cependant quelques inconvénients : elles ont généralement tendance à devenir moins solubles avec le temps, leur séchage est lent, elles possèdent peu de force et elles ont quelquefois tendance à jaunir. De plus, les PVA sont souvent la source de produits volatils acides qui risquent, dans un milieu fermé comme une vitrine ou un tiroir, de nuire à plusieurs matériaux tels que le plomb ou les coquillages.

L'utilisation d'une émulsion acrylique est préférable, car elle favorise la réversibilité, ainsi qu'une meilleure stabilité dans le temps; de plus, elle ne dégage pas de vapeurs acides. La qualité des produits offerts sur le marché est très variable et il est conseillé de vérifier leurs propriétés avant de les utiliser.

Depuis quelques années, de nouveaux matériaux de consolidation ont fait leur apparition en conservation. Contrairement aux résines pénétrant à cœur dans le substrat des objets et potentiellement irréversibles, quelques possibilités existent qui semblent contourner ce problème. Le plus connu est sans doute le cyclododécane, mais plusieurs autres produits semblent prometteurs, particulièrement le menthol (Han, 2018). Le grand intérêt de ces nouveaux produits est que l'effet de consolidation des objets est **temporaire**, car le consolidant va sublimer de la surface pour disparaître sans effet permanent sur le matériau consolidé. Si cette approche convient aux consolidations *in situ* et permet d'atténuer le stress d'un prélèvement sur le terrain, il faut toutefois considérer que le besoin en consolidation permanente sera toujours présent, surtout si la structure de l'objet est très fragile.

MATÉRIAUX CONSEILLÉS POUR LA CONSOLIDATION

Utilisation	Produit	Diluant	Composante
Matériaux humides	Rhoplex AC-33	Eau	Acrylique
Matériaux humides	Médium acrylique Ex. : Liquitex	Eau	Acrylique
Matériaux humides	Colle blanche domestique	Eau	Acétate de polyvinyle
Matériaux secs fragiles Consolidation de surface	Cellulose de méthyle	Eau ou un mélange eau et alcool	Cellulosique
Matériaux secs inorganiques	Paraloid B-72	Alcool Acétone Toluène	Copolymère acrylique
Matériaux secs Cartonnage	Colle animale Cellulose de méthyle	Eau (chaude)	Collagène

Une résine acrylique telle que le Paraloid B-72 se dissout dans des solvants comme l'acétone, l'alcool ou le toluène. En outre, elle demeure soluble avec le temps et jaunit peu. Le Paraloid B-72 est fourni sous forme de petites billes solides que l'on solubilise à une concentration donnée pour obtenir la viscosité et la pénétration désirées. Cette résine existe aussi en vaporisateur.

Dans une proportion de 2,5 à 10 % par volume, le Paraloid B-72 est surtout utilisé comme consolidant, tandis qu'à des concentrations supérieures à 40 %, il est employé comme adhésif. Le principal désavantage des résines diluées au moyen de solvants organiques réside dans leur inflammabilité et la toxicité des solvants pour les utilisateurs.

Des mesures de sécurité appropriées doivent être mises en vigueur lors de l'utilisation de ces produits.

Il existe d'autres types de résines qui peuvent être utilisées comme matériaux de consolidation : il est préférable de se renseigner auprès d'un restaurateur pour vérifier si les matériaux proposés ici sont appropriés pour chaque cas particulier à traiter, ou avant de recourir à une autre résine.

Certains paramètres de conservation doivent être considérés.

Ainsi, il est préférable d'appliquer un consolidant dilué à faible concentration pour favoriser la pénétration. Des applications répétées de petites quantités d'un produit sont généralement plus efficaces qu'une application massive. Par ailleurs, l'archéologue n'utilisera de consolidant qu'en dernier recours. Il est recommandé d'éviter d'employer un consolidant s'il est jugé que la survie de l'objet n'est pas immédiatement menacée.

L'application d'un produit ou d'un matériau doit toujours être considérée dans une optique d'intervention minimale et être évitée, si possible.

Même dans les meilleures conditions, une intervention effectuée sur le terrain ne constitue peut-être pas la solution optimale pour la préservation d'un objet. C'est pourquoi la réversibilité du matériau de consolidation employé, c'est-à-dire la capacité de l'enlever ultérieurement, revêt ici une grande importance. Cependant, même si l'archéologue utilise des matériaux dits réversibles, il sera souvent impossible, en pratique, de procéder à l'extraction complète d'un consolidant infiltré dans un matériau.

L'application d'un consolidant, ou de n'importe quel autre produit, sur un objet peut fausser ou empêcher d'éventuelles analyses.

Si l'objet est unique ou que des analyses peuvent être effectuées, l'archéologue devra prélever un échantillon du matériau avant traitement.

Les solvants utilisés pour préparer les résines peuvent également dissoudre certaines constituantes structurales ou, encore, altérer les pigments ou des colorations appliquées sur la surface. En cas de doute, il faut tester discrètement le produit dans un endroit peu apparent.

En outre, toute application d'un produit sur la surface d'un objet devra être notée sur un constat d'état (voir la figure 4) décrivant sa structure au moment de l'application, les matériaux utilisés, la méthode de prélèvement et la date du traitement. Cette fiche permettra au restaurateur de connaître tous les paramètres en vue d'une reprise de l'intervention de terrain.

Enfin, il est préférable de tenter de sauver un objet avec un matériau ou un procédé irréversible, plutôt que de s'en abstenir et d'assister à sa désintégration sous prétexte que l'intervention n'est pas réversible.



Figure 29 : Exemple de consolidation d'un objet fragile. Le consolidant est appliqué au pinceau lorsque la structure de l'objet le permet. © Commission de la capitale nationale du Québec

7.2 La levée en bloc



© Commission de la capitale nationale du Québec

La levée de certains objets fragiles ou fugaces peut nécessiter l'adjonction d'un support auxiliaire. Parfois aussi, il faut soulever un spécimen composé de nombreux éléments peu ou non solidaires, fragiles, lourds, indissociables ou qu'il serait trop long de dissocier. C'est le cas, par exemple, d'une céramique en mille morceaux, d'un foyer préhistorique, d'une embarcation en bois gorgé d'eau, d'une sépulture. L'archéologue doit procéder, dans ces situations, à des levées en bloc, c'est-à-dire soulever l'ensemble en une seule et même opération, emportant souvent une partie du sédiment, lequel pourra être soumis, le temps venu, à une fouille fine en laboratoire. Différentes méthodes sont envisageables pour les levées en bloc : cartonnage, levée encastrée, levée en motte. Les lignes qui suivent concernent les procédés et les matériaux nécessaires à ces interventions.

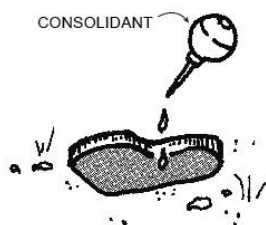
La terre d'enfouissement, lorsqu'elle possède suffisamment de cohésion, peut constituer un support convenable.

Un objet partiellement dégagé et soulevé avec son sédiment peut être levé en motte. Il est aussi possible, lorsque la terre paraît trop friable ou trop sablonneuse, de la consolider par des injections de résine. L'empreinte de l'objet à prélever est recouverte d'une feuille d'isolation, comme une feuille d'aluminium. Un séparateur, de la gelée de pétrole (vaseline), est ensuite appliqué sur la feuille d'aluminium (jamais sur l'objet) et le tout est recouvert d'un matériau (du plâtre ou de l'Hydra-Cal, par exemple) destiné à fournir un support rigide. L'archéologue découpe alors sous l'objet et, lorsque l'ensemble est détaché, il pose la main sur le support rigide en le retournant prestement. Il répète l'application de consolidant sur la surface ainsi exposée et le retourne lorsqu'il est sec.

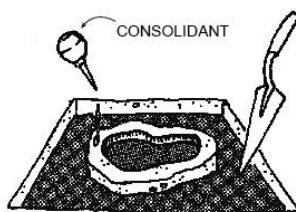
En laboratoire, il est possible de conserver l'objet dans son support de plâtre pour en préserver la forme. Comme la feuille d'aluminium se déchire facilement, il convient de la remplacer par du Mylar ou une feuille de polyéthylène mince. L'ensemble doit être conservé dans des conditions climatiques contrôlées, à l'abri de la lumière (voir la figure 30 : Levée en motte).

Pour les objets de dimension moyenne, il est parfois nécessaire de soutenir la motte. Pour ce faire, l'artéfact doit être isolé sur un socle de terre supporté sur son périmètre soit par un cadre en bois (voir la figure 31), soit par des bandelettes imbibées de liant (bandelettes à plâtre orthopédique, par exemple) (voir la figure 32). La motte ainsi supportée peut alors être cueillie en creusant sous le socle pour y glisser un support rigide. Bien sûr, la levée en motte n'est applicable que si le sédiment est suffisamment meuble et homogène. Enfin, la densité des artéfacts sous-jacents peut constituer un obstacle majeur à cette façon de procéder.

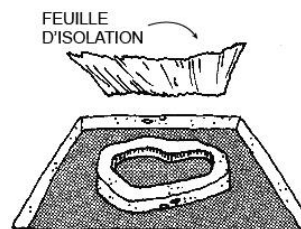
1. Consolidation



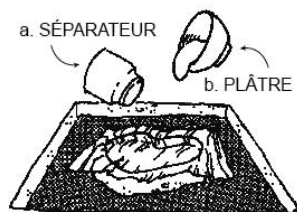
2. Dégagement



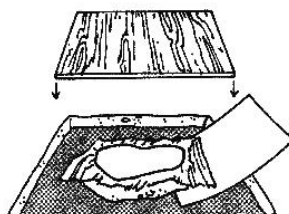
3. Isolation



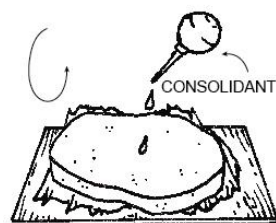
4. Remplissage



5. Inversion



6. Consolidation



7. Inversion et dégagement

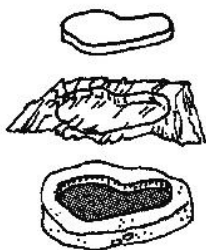
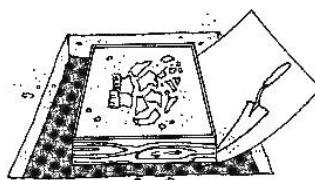
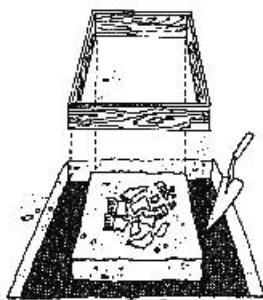


Figure 30 : Levée en motte. © CCQ



Figures 31 : Levée en motte encastrée dans un cadre en bois. © CCQ



Figures 32 : Levée en motte encadrée à l'aide de bandelettes de plâtre. L'objet est premièrement dégagé de façon à former un îlot; le sol doit être suffisamment cohérent pour le maintenir en place. (32-1) Les bandelettes de plâtre sont ensuite enroulées autour du sol en place et elles sont mouillées à l'aide d'un vaporisateur. (32-2) Après le durcissement, l'ensemble est progressivement dégagé à l'aide de truelles (32-3). Le bloc est ensuite soulevé et déposé dans un boîtier de transport. Du sol a été utilisé pour caler l'ensemble et le sécuriser dans le contenant (32-4). Un couvercle est ensuite rabattu sur l'ensemble pour éviter l'assèchement de l'objet; l'ensemble est placé rapidement en réfrigération. © Ville de Montréal

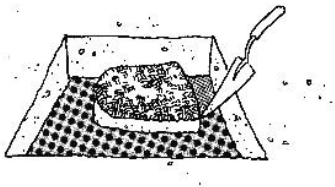
Un spécimen particulièrement friable pourra subir l'application d'un cartonnage de renfort avant sa levée.

Le renforcement de la surface d'un objet par cartonnage s'effectue par l'application de bandelettes d'un tissu imbibé d'un consolidant. Le choix du tissu revêt une certaine importance, puisque le tissu doit présenter une trame suffisamment ouverte pour permettre l'évaporation du solvant, qu'il ne doit pas se gonfler ni se rétracter au séchage et qu'il doit épouser fidèlement la surface de l'objet. Parmi les tissus fréquemment employés se retrouvent la bande de gaze, l'étamine, la fibre de verre tissée et le jute.

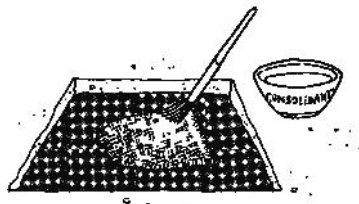
Le liant, pour sa part, est fonction de l'utilisation :

- sur un spécimen de vannerie ou de textile, il faut utiliser un liant faible et facilement réversible, comme la cellulose de méthyle, de l'amidon ou de la colle animale;
- sur une céramique, le liant doit être un peu plus fort : un acétate de polyvinyle dilué avec de l'eau ou un acrylique en émulsion;
- si le cartonnage est appliqué sur un objet qu'il a d'abord fallu consolider, il convient d'employer de préférence un liant dont le solvant n'altérera pas le consolidant. Ainsi, sur un objet consolidé avec une résine vinylique, comme du PVA, une colle animale ou encore de l'éthyle de cellulose (Ethulose) sera le produit à utiliser (voir la figure 33).

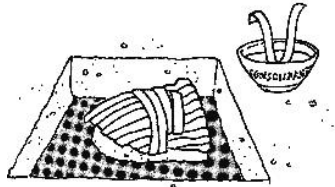
1. Consolidation



2. Soclage



3. Cartonnage



4. Levée

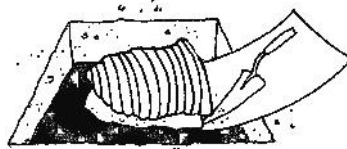


Figure 33 : Levée en motte après cartonnage. © CCQ

Prenons l'exemple d'un spécimen en cuir extrêmement fragile découvert dans un sol humide. Dès le moment de la mise au jour, l'archéologue a pris des mesures appropriées : il a conservé l'artéfact humide en le pulvérisant régulièrement d'eau. Comme l'objet est exposé au soleil et au vent, il l'a recouvert d'un morceau de tissu mouillé, de préférence sans colorant. Ensuite, il a déposé une feuille de polyéthylène pour le conserver humide.

Une fois qu'il a placé l'artéfact en sécurité, l'archéologue s'est procuré les matériaux nécessaires pour prélever cet objet délicat. À cette étape, deux solutions s'offrent à lui : il peut décider d'appliquer un bandage fin directement sur l'objet après l'avoir consolidé avec une résine différente de celle qui a été utilisée pour effectuer la première consolidation. Si, par exemple, du PVA en émulsion a servi en premier lieu, il est conseillé d'employer en second lieu du Paraloid B-72 en solution à 5 % dans de l'acétone ou un méthyle de cellulose, ou encore une colle animale.

Quant aux matériaux utilisés pour les bandelettes, les plus courants sont l'étamine et la toile de fibre de verre tressée.

Des bandes étroites épouseront davantage la surface et seront plus faciles à enlever qu'une toile unie.

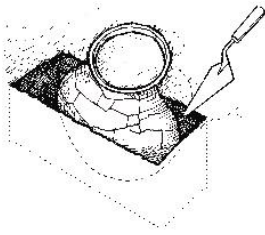
L'archéologue peut également fournir davantage de support en croisant perpendiculairement une autre série de bandes. Il est alors nécessaire de permettre à la première série de sécher complètement avant d'appliquer les renforcements ultérieurs. Le sol est ensuite dégagé autour de l'objet et une plaque de métal est délicatement introduite sous l'objet pour le détacher. L'archéologue renverse le tout, lorsque le bloc est bien supporté et, dans certains cas si cela est nécessaire, il peut également appliquer un peu de consolidant sur la partie exposée.

Dans le cas d'un objet métallique, il est préférable d'utiliser du Paraloid B-72 au lieu d'une émulsion à base de PVA. L'eau présente dans l'émulsion pourrait faire commencer ou accélérer un processus de corrosion, ce qui ne sera pas le cas pour une résine en suspension dans un solvant.

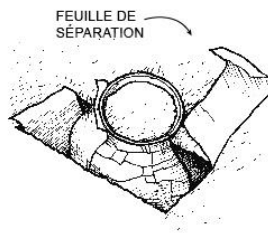
Une levée encastrée consiste à fournir à l'objet un support rigide et autonome, avant de le soulever.

La dernière technique de levée en bloc exposée ici s'appelle la « levée encastrée ». Elle utilise un support rigide en plâtre ou en polyuréthane expansé pour l'objet après la mise en place d'un séparateur, soit une feuille de polyéthylène ou d'aluminium (voir la figure 34).

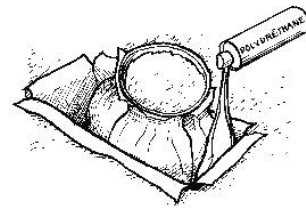
1. Dégagement



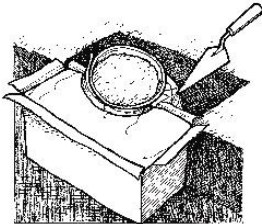
2. Isolation



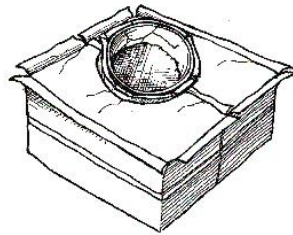
3. Remplissage



4. Dégagement



5. Levée



Figures 34 : Levée encastrée moulée. © CCQ

Avant de confectionner le support, l'archéologue peut appliquer une mince couche de gelée de pétrole sur la surface de la feuille d'aluminium qui n'est pas en contact avec l'objet. Une partie seulement de l'objet, généralement la moitié, est recouverte soit de plâtre, soit de polyuréthane expansé. Lorsque la première partie est durcie, il fait ensuite la seconde partie du support en répétant l'application de la gelée de pétrole sur la feuille d'aluminium protégeant l'objet, ainsi que sur les parois du support. Cela va faciliter le démoulage ultérieur.

Il est très important, à cette étape, d'éviter la formation de contre-dépouilles. Pour cette raison, il peut être nécessaire de prévoir plusieurs blocs qui s'emboîtent autour de la forme à supporter. Cette technique, dite du moule à pièce, est toutefois relativement complexe et doit être confiée à un restaurateur chevronné.

Dans le cas où le degré de cohésion du sol n'est pas suffisant, ou encore si l'archéologue préfère lever l'objet seul, il utilisera un renforcement de bandelettes trempées dans du plâtre ou des bandes de plâtre orthopédique (Gypsona). Les bandelettes sont enroulées autour de l'objet après l'avoir isolé avec une pellicule moulante pour la conservation des aliments ou une feuille d'aluminium.

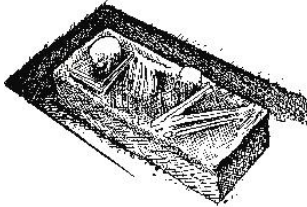
Le croisement des bandelettes va procurer un meilleur renforcement de l'ensemble. Une variante de cette technique consiste à utiliser seulement de la bandelette élastique orthopédique, qui est enroulée autour de l'objet progressivement en appliquant une **légère** pression sur la surface (voir la figure 35).



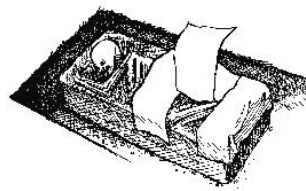
Figures 35 : Consolidation d'un objet fragile au moyen de bandelettes. © CCQ

L'archéologue peut également dégager l'objet sur un socle, construire un cadre en bois et utiliser un matériau de remplissage, après la mise en place d'un séparateur sur l'objet. Le plâtre peut servir au remplissage, mais l'utilisation du polyuréthane expansé, qui va produire un bloc plus léger, est préférable (voir la figure 36).

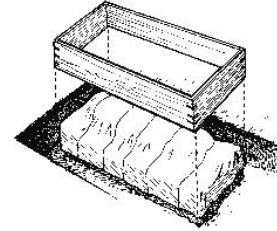
1. Soclage



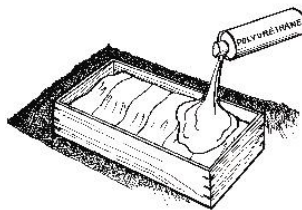
2. Isolation



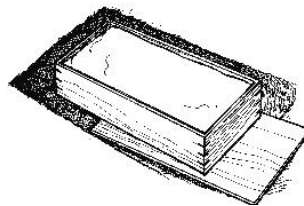
3. Support



4. Remplissage



5. Levée



Figures 36 : Levée encastrée d'un objet ou d'une structure de dimension moyenne. © CCQ

Dans le cas d'objets de très grande dimension, l'archéologue peut construire un ensemble de contreforts avant d'effectuer la levée par grue. Ils seront soutenus avec des traverses reliées entre elles avec des poutres. Cette méthode a été utilisée avec succès pour lever une structure en bois gorgé d'eau (voir les figures 37).



Figure 37-1 : Levée d'un objet de grande dimension. Les pièces de bois ont été recouvertes de ratine qui a été mouillée; elles ont ensuite été recouvertes d'une pellicule plastique pour les protéger. Des plaques métalliques ont été introduites sous les pièces de bois à intervalles réguliers; ces plaques ont été munies de tiges filetées.



Figure 37-2 : Puis, une structure métallique a réuni toutes les plaques de soutien.



Figure 37-3 : Les pièces ont été progressivement dégagées du sol argileux à l'aide de vérins et la structure a été soulevée à l'aide d'une grue. © André Bergeron, CCQ

Si l'objet semble présenter des problèmes particuliers en raison de sa fragilité ou de sa dimension, ou encore, si sa mise au jour nécessite l'élaboration d'une stratégie appropriée en raison de sa rareté ou du caractère unique de la découverte, il est conseillé de faire appel à un restaurateur.

Il ne faut pas hésiter à réenfouir l'objet si les matériaux sont très instables.

7.3 Les profils de parois



© Commission de la capitale nationale du Québec

Le prélèvement des profils de parois ne constitue pas, au sens strict, une activité de conservation-restauration. Cette opération consiste à recouvrir une paroi verticale d'un produit favorisant la cohésion du sol et permettant son découpage ultérieur. Le prélèvement d'un profil de paroi permet aux chercheurs d'examiner non seulement la disposition et l'importance des couches du sol, mais également d'en apprécier la couleur et la texture. Parfois, quelques artefacts ou écofacts représentatifs sont également recueillis. Présenté à l'occasion d'une exposition, le profil de paroi permet aux visiteurs de se rapprocher du site et facilite la compréhension de la fouille. Le principal inconvénient est l'inversion droite-gauche causée par la méthode de prélèvement.

Le latex à moulage est sans doute le plus utilisé des produits de prélèvement. Il s'agit d'une émulsion, souvent blanchâtre, qui devient transparente au séchage et qui ne peut pas s'utiliser sur une paroi humide. Il est possible de l'appliquer au pinceau, directement sur la paroi, si le sol est suffisamment cohérent. Cependant, souvent le sédiment est beaucoup trop friable; dans ce cas, la projection constitue la solution la plus simple (voir la figure 38).



Figure 38 : Projection de latex sur une paroi. © CCQ

Remarque importante

Le latex utilise de l'ammoniaque comme agent émulsifiant. Ce produit est nocif pour la santé. Les consignes suivantes doivent être respectées :

- toujours utiliser le latex dans un endroit aéré et éviter de respirer le produit;
- porter une protection oculaire, ainsi que des gants et un masque de protection contre les produits volatils conçu pour travailler avec de l'ammoniaque, si la ventilation est insuffisante;
- éviter les flammes nues et la cigarette à proximité de la zone de travail.

Pour projeter du latex sur une paroi, il suffit de tenir son pinceau imbibé d'une main et de l'autre, d'infléchir les poils qui, une fois relâchés, éclabousseront la paroi (voir la figure 38). Il est recommandé de porter des gants et des lunettes pour cette opération et, aussi, d'utiliser des pinceaux peu dispendieux, puisqu'à la fin du travail, ils seront irrécupérables.

Une fois que la première couche a été appliquée et séchée, le travail pourra se poursuivre par une application au pinceau (voir la figure 39). Les couches subséquentes serviront à raffermir le profil. Signalons enfin que de bons résultats sont obtenus en vaporisant une fine couche d'acrylique sur une texture fragile **avant** de lui appliquer du latex par projection. Le Krylon, vendu en bouteille sous pression, peut servir à cet effet. Toutefois, comme l'acrylique diminue la pénétration du latex dans le sol, la qualité du prélèvement risque d'être modifiée par cet enduit. Seules les parois trop fragiles pour la projection directe seront consolidées préalablement de cette manière.



Figure 39 : Application de latex sur le sol à l'aide d'un pinceau. © Commission de la capitale nationale du Québec

Après l'application de trois ou quatre couches de latex, qui auront séché entre chaque étape, il devient nécessaire de renforcer le latex en ajoutant un matériel tressé comme le jute, l'étamine ou la fibre de verre tressée. Peu importe le matériau utilisé, il est essentiel qu'il soit suffisamment ajouré pour permettre l'évaporation de l'eau du latex. Il est généralement plus aisé de découper le matériau de renforcement en bandes étroites d'environ 5 cm de largeur pour en faciliter l'application (voir la figure 40).

Lorsque l'ensemble de la paroi est recouvert, il faut la laisser sécher complètement, ce qui peut être légèrement plus long que pour une couche de latex simple. Ensuite, d'autres couches de latex seront appliquées pour la sceller.

Dans le cas où la paroi est de grande dimension ou si elle contient de grosses inclusions, il est possible d'appliquer un second renforcement. Si la première application de lanières a été effectuée verticalement, la seconde le sera horizontalement pour augmenter la rigidité de l'ensemble. Il est recommandé de prévoir de 10 à 15 cm de tissu de renforcement dans la partie supérieure du profil de paroi, et ce, pour faciliter son arrachement ultérieur.



Figure 40 : Début de l'installation de bandelettes de renforcement. © Commission de la capitale nationale du Québec

Tant que le latex demeure blanc ou collant au toucher, il est inutile de poursuivre les applications.

L'application d'autres couches de latex sur une surface encore humide ne ferait que sceller un produit auquel le sol n'a pas véritablement adhéré. Le fait que le latex ne sèche pas peut signifier plusieurs choses :

- Le sol n'est pas suffisamment sec pour permettre à l'eau de l'émulsion de s'évaporer. Il est possible de compenser cela en utilisant un séchoir à air chaud ou, mieux, une lampe infrarouge que l'on balaie sur la zone à assécher. Il est très important de conserver une certaine distance (environ 10 cm) en vue d'éviter tout contact avec la lampe et d'assurer un mouvement constant pour prévenir une surchauffe locale. Il faut aussi prêter attention aux brûlures et aux risques d'électrocution;
- Pour les sites dépourvus d'électricité, une solution consiste à utiliser du charbon de bois dans un contenant métallique approprié. Lorsque la flamme a disparu, on descend le contenant à la base du profil et la chaleur dégagée chassera l'humidité de la tranchée, permettant la prise du latex. Il faut cependant se méfier des risques de contamination causés par la présence du charbon de bois ainsi que par le latex;

Les échantillons pour datation à l'aide du carbone 14 devraient être prélevés avant toute opération de ce genre.

- Il y a un apport d'eau provenant soit d'un humus organique en surface, soit de la proximité de la nappe phréatique. Il est possible de contourner le problème en coupant l'alimentation en eau au moyen d'une petite tranchée d'environ 15 cm de largeur pratiquée à l'arrière. La profondeur de cette tranchée correspondra à celle de la végétation de surface, responsable de la rétention de l'eau. L'effondrement de la paroi constitue cependant un risque important et il convient de procéder au détachement dans les meilleurs délais, tout en protégeant le rebord au moyen d'une pellicule plastique en cas de pluie (voir la figure 41).

Dans le cas où l'eau proviendrait de la nappe phréatique, le problème est plus difficile à résoudre. Il est possible d'isoler la paroi en découpant l'arrière et les côtés pour faciliter le séchage, mais cela implique la création d'un bloc autonome potentiellement instable et augmente la surface de fouille, ce qui n'est pas toujours faisable ni désirable.



Figure 41 : Préparatifs pour le prélèvement d'un profil de paroi. © CCQ

La présence de deux personnes (ou plus) est nécessaire lors de la dépose. Elles se placeront de chaque côté du profil de paroi et, délicatement, découperont le sol avec une truelle. Auparavant, un contreplaqué rigide aura été taillé pour recevoir la paroi et aura été placé contre celle-ci (voir la figure 42). À un signal convenu, les deux personnes arrachent le latex en le retenant par les extrémités et en le basculant vers le bas.

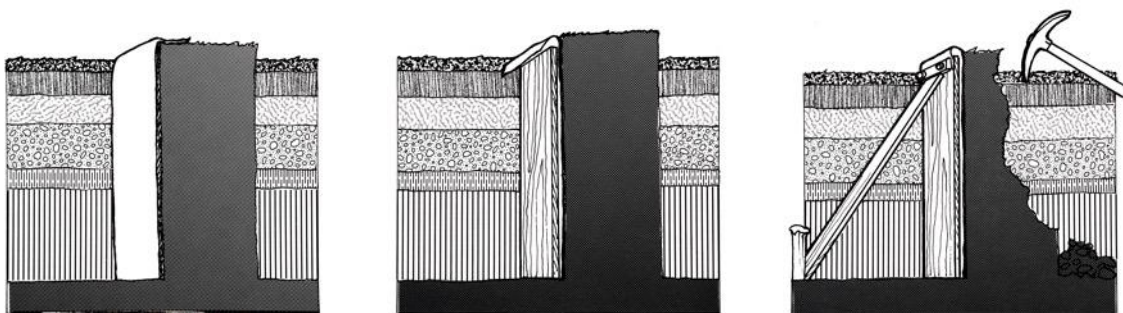
Notons que cette méthode est difficile à appliquer lorsque le sol contient des inclusions trop importantes ou qu'il existe un risque d'adhésion faible du sol au latex. Il est alors possible de dégager le profil de paroi par l'avant, en creusant graduellement le sol, jusqu'au moment où une résistance à l'arrachement se fait sentir.



Figure 42 : Mise en place du contreplaqué de prélèvement.
© Commission de la capitale nationale du Québec

Lorsque le profil de paroi est de très grande dimension, il deviendra nécessaire d'en effectuer le prélèvement en sections qui seront réunies au montage. Dans ce cas, le latex risque d'être très lourd et il serait souhaitable au moment des applications de prévoir une épaisseur de latex suffisante pour le retenir en place en vue d'empêcher son effondrement.

Une fois que les applications sont terminées, il faut procéder à l'arrachement progressif du profil de paroi. La partie supérieure du latex est alors rabattue sur un contreplaqué apposé directement contre la paroi et une baguette de bois est vissée sur le latex. L'opération suivante consiste à étançonner le contreplaqué pour effectuer le dégagement du profil par l'avant (voir la figure 43).



Figures 43 : Prélèvement d'un profil de paroi avec un dégagement par l'avant. © CCQ

Si, de toute évidence, de très grosses inclusions (grosses pierres, blocs de béton, etc.) ne peuvent pas être prélevées au moyen du latex, il serait souhaitable d'appliquer un séparateur sur la surface de l'inclusion pour faciliter la dépose. Un moulage de la protubérance pourra être effectué par la suite et intégré au latex au moment du montage.

Le contreplaqué peut être utilisé pour transporter le profil de paroi en lieu sûr. Si de la terre se dépose accidentellement sur la paroi, il est préférable de ne pas tenter de l'enlever immédiatement. Il est conseillé de placer le latex au sec pendant quelques jours avant d'en broser la surface, et ce, pour en favoriser le durcissement (voir la figure 44).



Figure 44 : Le profil de paroi après son prélèvement. © Michel Élie, CCQ

Après le broissage à l'aide d'un pinceau, il peut être nécessaire de consolider certaines zones fragiles ou l'ensemble de la surface si elle est trop friable. La vaporisation d'une mince couche de Krylon mat est recommandée dans ce cas. Certaines retouches peuvent également être effectuées au moyen de petits échantillons de sol qui auront été prélevés au moment du dégagement. Pour faciliter la présentation du profil de paroi, il convient de monter le latex sur un support rigide (contreplaqué, plexiglas ou, mieux, panneau rigide en nids d'abeilles). Un cadre peut-être construit autour de la stratigraphie, pour y installer un système d'éclairage et permettre l'installation d'un plexiglas de protection (voir la figure 45).



Figure 45 : Le profil de paroi, maintenant installée dans un cadre de protection.
© Musée de la civilisation, La Colonie retrouvée. Nicola-Frank Vachon, Perspective Photo

7.4 Le nettoyage



© Aurélie Desgens, Laboratoire et réserve d'archéologie du Québec

Que ce soit sur le terrain ou en laboratoire, les artefacts sont toujours soumis à divers processus de nettoyage en vue d'en reconnaître la forme ou d'en apprécier la texture ou les décorations. Il importe cependant de respecter la première grande règle de la conservation de terrain : conserver sec ce qui est sec et conserver humide ce qui est humide.

7.4.1 Les objets secs

Il est déconseillé de mouiller un objet sec pour procéder à son nettoyage. Pour déloger la terre d'un objet fragile, il est possible d'utiliser un bâtonnet de bois ou un pinceau à poils doux. Si l'archéologue a des doutes sur la résistance de la surface, il doit effectuer un test dans une région peu apparente.

Attention aux objets susceptibles d'être analysés. Les analyses d'ADN et l'identification de certains matériaux ou revêtements requièrent toujours le port de gants propres, pour éviter les possibles contaminations.

Attention également à la poussière fine dégagée par les sols secs. Il est conseillé de porter un masque pour éviter d'inhaler des particules et, si possible, d'utiliser un aspirateur Hepa pour capter la poussière à la source. Munir la buse de l'aspirateur d'un filtre ajouré pour récupérer des fragments détachés accidentellement de l'objet.

Une opération aussi simple et banale qu'un nettoyage peut endommager de façon irréversible un objet.

Il importe d'éviter de débarrasser les objets métalliques de leur gangue de produits de corrosion et de terre qui constitue un microenvironnement plus ou moins stable.

Il est préférable de conserver à l'artéfact cette « protection » acquise au cours de ses années sous terre. La croûte renferme souvent la forme d'origine de l'objet, qui disparaîtra peut-être avec l'enlèvement de la corrosion. La présence de produits de corrosion autres que ceux qui sont liés au métal pourrait indiquer une décoration disparue.

Certaines fibres ou des matériaux délicats peuvent être entièrement minéralisés à la surface d'un objet en fer et procurer des renseignements précieux sur des technologies ou des utilisations méconnues. Un examen attentif des produits de corrosion et de la structure de l'objet augmente les chances de ce genre de découverte, mais leur enlèvement inconsidéré les rend tout à fait improbables.

Un métal mis à nu sera corrodé beaucoup plus rapidement

7.4.2 Les objets humides

La surface d'un objet humide ou gorgé d'eau est souvent plus fragile que celle d'un objet sec. Si l'objet présente des pertes de matière importantes, il faudra reporter son nettoyage. Il faut conserver tous les fragments et consulter rapidement un restaurateur. L'ajout de savons à vaisselle domestique dans l'eau de lavage n'est pas conseillé, car ils contiennent de nombreux additifs (huile, parfum, colorant) qui pourraient nuire à d'éventuelles analyses.

Pour les objets organiques, surtout le bois, les textiles et le cuir, ainsi que les composites bois-métal, il est suggéré de nettoyer avec les doigts sous un filet d'eau. Un bâtonnet de bois pourra être utile pour déloger des sols adhérant plus fortement.

Des objets secs ou ayant été asséchés (volontairement ou non) ne devraient pas être exposés à l'eau.

Des objets provenant du pergélisol ou gorgés d'eau peuvent être nettoyés avec de l'eau, si leur surface est suffisamment stable. Par contre, un objet mouillé est plus sensible au passage d'un pinceau fin que dans son état sec; c'est pourquoi il est parfois préférable de reporter le nettoyage d'une surface fragile après le séchage et de laisser à un restaurateur le soin de nettoyer les objets les plus fragiles. Un restaurateur doit être rapidement consulté : la moisissure peut se développer sur les matériaux organiques en moins de 48 heures.

Une façon simple de conserver les matériaux mouillés dans l'attente de leur traitement consiste à les placer au réfrigérateur ou, pour les matériaux provenant du pergélisol, au congélateur, après les avoir emballés dans un sac de polyéthylène dont on aura retiré un maximum d'air.

Les matériaux organiques gorgés d'eau (bois et cuir) ne doivent pas être congelés, puisqu'il leur faut subir un prétraitement au polyéthylène glycol (PEG) destiné à empêcher l'expansion de la glace dans les cellules; rappelons que l'eau, qui passe de la phase liquide à la phase solide, augmente en volume d'environ 9 %. Les écofacts peuvent être placés en séchage contrôlé, dans des contenants rigides.

Pour les céramiques et le verre, l'usage d'un pinceau à poils doux est possible. Toutefois, il faut vérifier la présence de décors peints ou d'engobes sensibles à l'eau, qui pourraient être solubilisés par un frottement trop intensif et toujours vérifier la stabilité du décor glaçuré des céramiques.

Le nettoyage à l'eau du matériel lithique doit tenir compte des possibilités d'analyse des traces d'utilisation, des résidus sanguins et autres résidus biologiques. Dans un tel cas, il est préférable de reporter le nettoyage après l'analyse.

Pour les objets en métal, prêter attention aux objets en plomb, ainsi qu'aux étains et aux alliages cuivreux, particulièrement fragiles à l'abrasion. Il est préférable de ne pas remouiller des artéfacts en fer déjà asséchés.

Pour en apprendre davantage :

[Comment nettoyer les artéfacts](#)

7.5 Le remontage



© Blandine Daux, CCQ

La tentation est grande, lors de la découverte d'un vase ou de tessons pouvant s'assembler, d'en effectuer le remontage immédiatement sur le site ou en laboratoire. Souvent, ces interventions sont entreprises avec beaucoup de bonne volonté, mais cela est rarement suffisant. Le remontage des objets, et plus particulièrement des matériaux siliceux, constitue une opération complexe qui nécessite un minimum de connaissances. Voici comment il faut procéder.

La première méthode consiste à effectuer un remontage temporaire de tessons à l'aide de ruban autocollant ou de papier-cache adhésif, et ce, pour une durée limitée à quelques heures ou à quelques jours. Trop souvent, ces remontages deviennent permanents et laissent des traces indélébiles dans la pâte poreuse des terres cuites. Avec le temps, les rubans adhésifs laisseront des résidus qui seront très difficiles à enlever par la suite. L'enlèvement du papier-cache adhésif sur les faïences ou les terres cuites grossières aura tendance à en arracher les glaçures ou la surface fragilisée; sur les poteries préhistoriques, ce sont la pâte ainsi que les débris culinaires ou de combustion qui seront endommagés. Sur les objets de verre, la surface irisée risque d'être arrachée, provoquant un dommage irréversible (voir la figure 46).



Figure 46 : Exemple d'arrachement de la surface irisée d'un artefact en verre. © Jacques Beardsell, CCQ

Toujours enlever le papier-cache adhésif en tirant à l'horizontale plutôt qu'à la verticale.

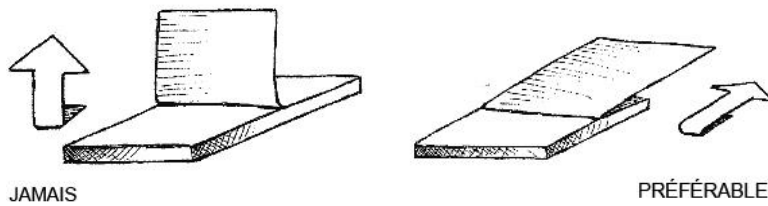


Figure 47 : Façon d'enlever un ruban autocollant. En tirant lentement et parallèlement à la surface de l'objet, il y a moins de risque de l'endommager. © CCQ

Si la structure de l'objet le permet, un remontage temporaire avec un ruban adhésif transparent utilisé avec discernement sera assez discret pour permettre une tenue suffisante de l'objet, le temps d'effectuer une photographie pour un rapport.

Un papier collant ou un vieux papier-cache peut parfois être enlevé avec de l'acétone. Après avoir soulevé délicatement un des coins, l'archéologue appliquera le solvant avec un coton-tige. Après quelques applications, le solvant se diffusera par capillarité sous la surface et ramollira l'adhésif. Cette opération doit être effectuée dans une hotte ou un endroit bien ventilé, loin de toute flamme nue ou étincelle.

Le remontage des tessons doit toujours être effectué avec un adhésif réversible de bonne qualité.

Parmi les adhésifs disponibles, une émulsion à base de PVA (colle blanche), qui se ramollit facilement dans l'eau chaude, constitue un bon choix. Les adhésifs à base de nitrate de cellulose (par exemple HMG) peuvent également être utilisés, mais ils sont moins fiables en raison de leur tendance à l'assèchement et de leur sensibilité aux variations climatiques. De plus, ils contiennent des solvants, nuisibles à la santé, qui sont inflammables. Le Paraloid B-72 dilué dans de l'acétone à 50 % de concentration constitue également un bon choix. C'est un produit qui doit toutefois être utilisé dans une hotte munie d'un moteur antidéflagrant.

Il ne faut jamais utiliser d'adhésif époxy ni d'adhésif de contact.

L'emploi des adhésifs époxy présente un désavantage important, puisque ceux-ci possèdent une résistance mécanique trop forte et peuvent arracher la pâte en cas de stress violent. Avec le temps, ils ont de plus tendance à devenir insolubles et à jaunir¹³.

De leur côté, les adhésifs du type colle contact sont insolubles. Par une exposition aux solvants, il est possible de les ramollir, mais leur élimination des tranches des tessons doit s'effectuer mécaniquement sous binoculaire et cela constitue un processus long et pénible. Une reprise de restauration exige deux ou trois fois plus de temps que la première intervention. De plus, à chaque joint défait, un peu de pâte disparaît sur les tranches, ce qui complique le remontage et altère l'objet.

¹³ Voir à ce sujet l'article de France RÉMILLARD, « Adhésif à base de résine époxy; étude de solubilisation », *Journal de l'Institut international pour la conservation, groupe canadien*, vol. 14, 1989, p. 12-18.



Figure 48-1 : Assiette en faïence avant le remontage. © Blandine Daux, CCQ



Figure 48-2 : Après la restauration. © Jacques Beardsell, CCQ

Le remontage d'un objet débute tout d'abord par l'étude de l'emboîtement des tessons qui le composent. De façon générale, l'archéologue assemble les tessons au ruban, en commençant par la base, tout en procédant méthodiquement vers le haut ou les extrémités. Cette première étape s'effectue sans adhésif.

L'alignement exact des fragments est crucial, car toute erreur engendre un processus cumulatif qui peut empêcher un remontage fidèle de la pièce. Cela implique également que les tranches de l'objet sont rigoureusement propres. L'adhésif doit aussi posséder une viscosité appropriée : être ni trop fluide ni trop épais, de façon à ne pas déborder le long du joint. Un coton-tige trempé dans un peu d'eau et **roulé** sur la surface enlèvera l'excès d'adhésif. Les assemblages en séchage peuvent être déposés dans un bac de sable et disposés de façon qu'ils soient en équilibre.

Une fois secs, les groupes de tessons doivent être examinés attentivement et nettoyés avec une brosse à poils doux pour éliminer le sable qui pourrait adhérer. À noter que la plus petite quantité de matériau contaminant peut provoquer des déformations importantes à la fin du remontage.

Parfois, la pâte de certaines poteries amérindiennes est sans cohésion, friable, et elle se désagrége au toucher. Celles-ci nécessitent donc une consolidation, préférablement sous vide, pour obtenir une meilleure pénétration du produit. Il s'agit toutefois d'une opération qui devra être confiée à un restaurateur.

En raison de leur état lacunaire, certaines céramiques ou des objets en verre nécessiteront la fabrication d'un comblement avec du plâtre ou une résine. Le but de cette opération est de garantir une plus grande stabilité de la base ou de certaines parties en porte-à-faux ou en saillie, pour favoriser une meilleure préservation de l'objet. Cependant, l'ajout d'un matériau étranger est toujours envisagé dans une perspective minimaliste en raison des risques qu'un travail supplémentaire fait subir à l'objet, ainsi que du coût d'exécution. Encore là, ce travail délicat sera confié à un restaurateur.

7.6 La numérotation



© André Bergeron, CCQ

La numérotation effectuée sur le terrain est généralement temporaire, alors que la numérotation permanente se déroule en laboratoire, dans de meilleures conditions.

La numérotation d'un objet doit toujours être réversible.

Sur le terrain, des étiquettes de plastique (imputrescibles) marquées à l'aide de feutres noirs indélébiles seront attachées aux gros objets avec de la ficelle. Les petits objets secs pourront être ensachés ou placés dans des fioles de plastique pour les protéger de l'écrasement. L'utilisation d'étiquettes en carton est acceptable si les objets sont parfaitement secs. Pour les objets placés dans des boîtes, l'archéologue prendra soin d'identifier la boîte ainsi que son contenu. Pour écarter tout risque de prolifération de moisissures, il faut éviter de déposer des objets encore humides dans des boîtes ou des sacs de plastique étanches.

Pour des objets conservés dans de l'eau, des étiquettes de plastique ou en métal (acier inoxydable ou aluminium) avec écriture par embossage constituent une solution intéressante; il est également possible d'utiliser des fiches de plastique et des feutres indélébiles. Précisons que les feutres de couleur ne sont pas un bon choix : même le noir aura tendance à s'effacer avec le temps, mais à un rythme plus lent si la lumière est absente.

Mise en garde

Toute numérotation effectuée avec un marqueur indélébile sera solubilisée si l'objet est déposé dans une solution de polyéthylène glycol (PEG). Il faut retirer l'étiquette portant la numérotation et la conserver à l'extérieur du bassin de prétraitement.

Pour les objets secs, les règles suivantes doivent être observées lors du marquage :

- choisir de préférence un endroit discret et peu apparent;
- lorsque cela est nécessaire, il faut dégraisser localement la surface avec un coton-tige imbibé d'acétone pour favoriser l'adhésion du vernis;

- appliquer une première couche de vernis (vernis à ongles incolore) de bonne qualité. Laisser sécher. Si la surface est poreuse, appliquer plusieurs couches pour bien la sceller;
- inscrire le numéro avec une plume et une encre de bonne qualité. Il est préférable d'utiliser une encre blanche pour les objets dont la couleur est très foncée au lieu de « créer » une surface blanche avec du liquide correcteur. Ce produit a parfois tendance à s'effriter avec le temps, ce qui risque de provoquer la disparition de l'information archéologique;
- appliquer une seconde couche de vernis pour fixer la numérotation;
- effectuer la numérotation dans un endroit bien ventilé, avec une extraction à l'épreuve des explosions (voir l'annexe III sur la sécurité).

Pour en apprendre davantage :

[Comment numérotter les artefacts](#)

7.7 Les moulages



© Robert Dionne, MCC

Le terme « moulage » désigne la reproduction en tout ou en partie d'un objet ou d'une structure au moyen d'un moule. Les progrès de l'informatique et de la numérisation rendent aujourd'hui obsolète l'utilisation de produits de moulage sur les surfaces des objets ou pour l'enregistrement d'une information archéologique. Si toutefois il est décidé à ne pas procéder par numérisation, voici quelques conseils.

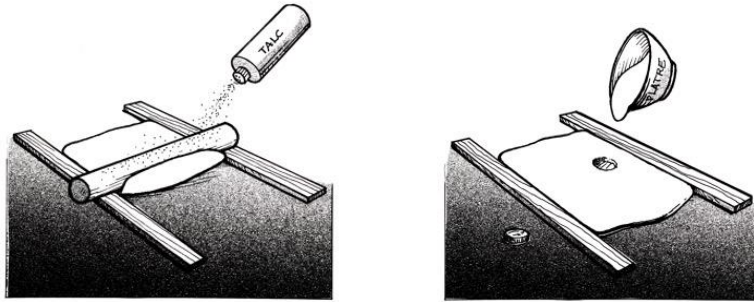
Il n'est pas exagéré de dire que le moulage constitue en soi une discipline complexe, nécessitant de nombreuses heures d'expérience pour parvenir à un degré de maîtrise satisfaisant. Les objets à reproduire peuvent être d'une diversité de configuration infinie et être fabriqués de matériaux variant de très fragiles à extrêmement robustes. Les produits employés sont également nombreux, surtout depuis l'avènement des polymères modernes.

La reproduction d'artéfacts peut être nécessaire pour diverses raisons, mais la plus courante est sans doute la protection d'un objet (parfois unique) qui sera appelé à voyager et qui sera soumis, par le fait même, à un stress considérable.

Le moulage nécessite l'application de produits qui risquent de modifier, souvent de façon irréversible, la surface des objets qu'il faut reproduire pour les protéger!

Le moulage d'un objet doit être décidé en toute connaissance de cause, après un examen attentif des surfaces et des volumes en vue de déterminer le risque que comporte l'opération. Rappelons que certains types d'analyses peuvent se révéler impossibles après moulage, en raison de la contamination des surfaces par des matériaux récents. En cas de doute, il est conseillé de consulter un restaurateur.

L'empreinte d'un objet de petite dimension, mais robuste, peut être réalisée rapidement au moyen de pâte à modeler (Plasticine). Il faut commencer tout d'abord par étendre la pâte à modeler avec un rouleau, après l'avoir placée entre deux baguettes de bois d'égale hauteur.



Figures 49 : Moulage d'un objet de petite dimension. © CCQ

L'utilisation d'un peu de poudre de talc sur le rouleau diminue les risques d'adhérence de la pâte et permet d'obtenir une surface lisse, exempte de défauts. Lorsque la surface est prête, il faut saupoudrer de la poudre de talc en enlevant l'excédent avec un pinceau; l'objet est alors déposé sur la surface et, avec un mouvement sûr et régulier, la technique consiste à appliquer la pression nécessaire pour imprimer la texture dans la pâte à modeler. Après le démoulage, du plâtre peut être utilisé pour reproduire en positif l'empreinte créée. En vue de produire un objet complet, il est nécessaire de répéter l'opération sur l'autre face, d'assembler les deux moitiés et de les colorer, si nécessaire, pour obtenir une copie fidèle de l'original.

Il est possible, pour éviter les difficultés d'ajustement des deux sections, de faire un moule à pièce en utilisant du plâtre ou du latex silicone. L'emploi du latex en émulsion, qui sera appliqué sur la surface après l'avoir recouverte d'un produit séparateur, comme de la gelée de pétrole, est aussi envisageable. Un moule mère est cependant nécessaire pour assurer une certaine rigidité à l'ensemble et en conserver ainsi la forme exacte. Ces interventions débordent toutefois le cadre du travail de terrain et elles ne seront pas présentées ici.

Il existe une application des techniques de moulage qu'il est possible d'utiliser pour un objet ou une structure ne pouvant être récupérée en raison de ses dimensions, de son profil, de sa fragilité ou d'une combinaison de ces facteurs. Dans ce cas, l'archéologue doit procéder à une prise d'empreinte afin d'enregistrer le vestige; lorsque le moule est enlevé, la fouille se poursuit normalement.

L'archéologue commence donc tout d'abord par appliquer un consolidant sur la surface à mouler au moyen d'un vaporisateur, d'un pinceau ou d'un compte-gouttes. Le PVA peut être utilisé sur un sol sec; dans le cas d'un terreau humide ou lorsque la température est froide, de l'époxy « 5 minutes » dilué avec de l'acétone (avant la polymérisation de l'époxy) permettra un durcissement rapide du sol. Toutefois, cette procédure est à surveiller, car le sol sera plus difficile à fouiller par la suite.

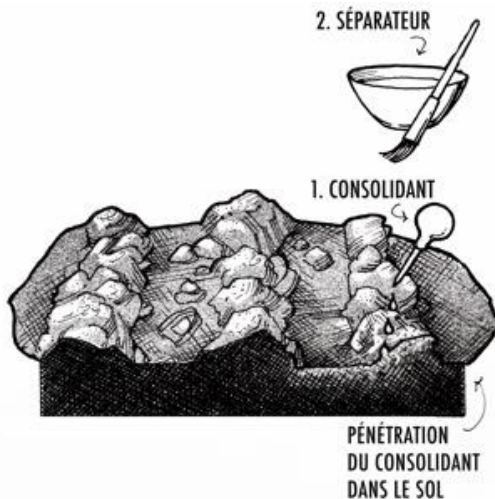


Figure 50 : Consolidation du sol à mouler. © CCQ

Lorsque la surface est sèche, l'archéologue applique une légère couche de gelée de pétrole comme séparateur.

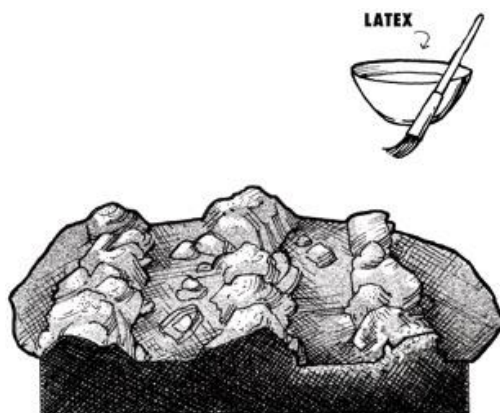


Figure 51 : Application du latex sur le sol. © CCQ

Parmi les matériaux les plus couramment employés pour produire l'empreinte se retrouvent le latex en émulsion, appliqué en plusieurs couches minces qui nécessitent la confection d'une matrice de support; le latex au silicone, lequel ne demande pas toujours une matrice en raison de l'épaisseur et de la rigidité du moule; et le latex au polysulfure, qui exigera l'utilisation d'une matrice lorsqu'il sera appliqué en couche mince.

Une matrice de soutien peut être fabriquée à l'aide de matériaux variés; il est cependant courant d'utiliser le plâtre ou des matériaux comparables, tel l'Hydracal, en raison de leur faible coût de revient. Les résines de polyester sont parfois employées pour produire une matrice plus légère, mais leur utilisation est plus dangereuse à cause de leur toxicité élevée et de leur inflammabilité.

Sauf dans le cas de petits objets, la plupart des matrices devront être conçues en plusieurs blocs, et ce, de façon à éviter la formation de contre-dépouilles (voir la figure 52). Lors de la production des blocs, il faut insérer un cordage ou une broche à la surface du matériau (l'Hydracal par exemple) pour faciliter le démoulage. Le rebord de chaque bloc sera également fini avec un angle de 45 degrés et de petites cavités circulaires seront créées dans la pâte en vue d'assurer un ancrage-repérage parfait, qui garantit la fidélité de la forme de l'empreinte lors du montage des sections en laboratoire, au moment de l'exécution de la copie. Avant de procéder au démontage des blocs de la matrice, il faut prendre soin de les numérotter et de les marquer avec un feutre noir, ce qui facilitera leur ajustement (voir la figure 53).

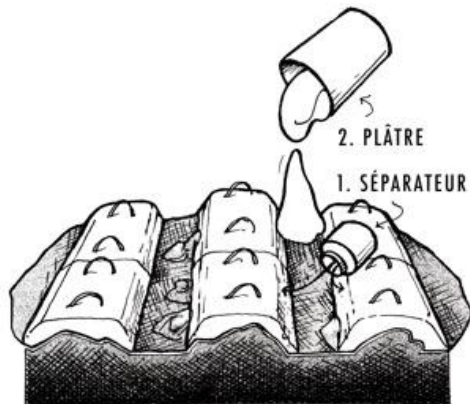


Figure 52 : Production de la matrice, première étape. © CCQ

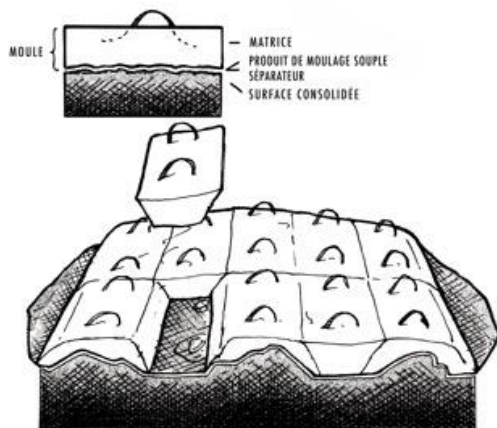


Figure 53 : Production de la matrice, seconde étape. © CCQ

Le produit de moulage privilégié dépendra de la nature du sol, des détails à enregistrer, de la configuration du terrain par rapport à celle de l'objet à mouler, de même que des conditions climatiques ambiantes.

Le latex en émulsion exige un minimum de chaleur pour durcir et l'absence de pluie, puisque sa prise est liée à l'évaporation de l'eau. Par contre, le latex au polysulfure peut être utilisé dans des conditions extrêmes d'humidité, même sous l'eau. Puisque sa prise est rattachée à la présence d'un catalyseur, une température froide ne pourra que ralentir la polymérisation, mais elle ne l'empêchera pas. La même situation se présente dans le cas des latex à la silicone; de plus, il est possible de faire varier le temps de prise en modifiant le type de catalyseur. L'état de fluidité relative des latex à la silicone nécessite la création de petits barrages en pâte à modeler ou en argile de façon à empêcher le produit, relativement dispendieux, de déborder de la zone de moulage.

7.8 La numérisation des structures *in situ*



© Richard Lapointe, Expertise laser 3D iSCAN

Si l'utilisation des techniques de moulage constituait une solution pour préserver l'information archéologique au XXe siècle, une nouvelle approche est maintenant utilisée qui simplifie grandement cette opération. Grâce à la numérisation laser et à la photogrammétrie, il n'est plus nécessaire d'utiliser des produits chimiques onéreux, qui possédaient une date de péremption et dont la polymérisation pouvait être inhibée selon la température ou les matériaux en présence.

La rapidité d'exécution de la numérisation est sans commune mesure avec le temps requis pour effectuer un moulage, notamment en raison des temps de séchage très long, indispensables pour produire le moule. Il fallait également beaucoup de temps pour produire et finir chaque copie, lorsque le moule était disponible. La numérisation permet également d'enregistrer la couleur de ce qui est numérisé, ce qui n'est pas possible avec un moulage.

Un autre avantage de la numérisation laser réside dans l'absence de contact avec les objets ou les structures archéologiques. Il n'est plus nécessaire, pour les protéger, d'appliquer sur les surfaces des produits séparateurs qui contaminaient (souvent de façon irréversible) les objets reproduits. De plus, comme il n'y a plus de contact avec les surfaces, il n'existe plus de risque d'arrachement ni d'altération résultant de l'enlèvement des produits de moulage. Certains numériseurs peuvent atteindre les microns (1/100e mm), assurant ainsi une très grande précision, alors que d'autres ont des portées de centaines de mètres afin de capter rapidement des environnements complexes.

Selon la taille de l'objet ou de la structure à numériser, des appareils de types différents peuvent être utilisés. Le fichier 3D qui résulte de l'enregistrement de l'information rend possible la restitution virtuelle d'un objet au moyen d'un ordinateur ou sa restitution physique, par le biais de l'impression 3D ou de l'usinage.

Pour la reproduction en 3D des objets ou des structures, deux procédés peuvent être utilisés. Un premier reproduit l'objet au moyen d'une imprimante qui fonctionne par l'addition progressive d'un matériau qui va reproduire la forme de l'objet.

Il est aussi possible d'utiliser une machine-outil, qui va enlever de la matière dans un matériau pour révéler la forme de l'objet. L'objet peut être reproduit en taille réelle ou à une échelle différente, et selon des matériaux multiples.

L'espace de stockage physique à long terme se trouve également réduit, mais une maintenance des archives numériques (exemple : copies de sauvegarde, formats de données, versions de logiciels et migration) doit être considérée.

Lors d'un projet de mise en valeur, l'information du relevé en 3D permet d'intégrer l'objet ou la structure dans une restitution virtuelle réaliste du site. Ces données sont aussi facilement échangeables ou diffusables sur le Web. C'est un domaine en évolution rapide, tant pour les capacités des numériseurs 3D que pour leur utilisation à grande échelle en archéologie et en conservation.

Deux exemples de numérisation de sites archéologiques :

[Village des tanneries, échangeur Turcot](#)

[Vestiges archéologiques, Québec](#)

7.9 La protection des structures archéologiques *in situ*



© André Bergeron, CCQ

Compte tenu des conditions climatiques du Québec, il n'existe que deux approches possibles pour la préservation à long terme *in situ* des vestiges archéologiques. La première approche consiste à tout réenfouir et à interpréter les vestiges depuis la surface. La seconde approche implique la construction d'une structure permanente, munie d'un contrôle climatique; cette solution est évidemment plus onéreuse en suivi et en coûts récurrents. Elle permet toutefois d'éviter un réenfouissement des vestiges et procure un accès direct du site archéologique aux visiteurs. Une solution intermédiaire consiste à installer des structures de protection temporaires, permettant de gagner du temps dans le cas d'une fouille qui doit s'échelonner sur quelques années.

Au site Cartier-Roberval¹⁴, de telles structures ont été installées pour protéger des intempéries les vestiges archéologiques fragiles, constitués notamment d'un appareil de pierres assemblées à sec, de trous de poteaux et de pièces de bois carbonisé. La solution retenue devait permettre un accès facile et rapide aux vestiges pour pouvoir effectuer leur étude et leur examen. Il fallait aussi que sa mise en œuvre soit simple pour l'équipe archéologique, qu'elle soit économique et complètement

¹⁴ Pour découvrir le site Cartier-Roberval, consultez le site de la [Commission de la capitale nationale](#).

réversible. Il a donc été décidé d'utiliser du bois de charpente, de la quincaillerie commune et du contreplaqué pour la fabrication des protections.

7.9.1 Une protection en niveaux

En enlevant le sol, qui jouait un rôle de consolidation, la fouille a fragilisé l'intégrité des appareils de pierre. Pour éviter leur effondrement, de nombreux petits sacs en toile géotextile, remplis de cailloutis et fermés à l'aide d'une attache autobloquante, ont été disposés pour jouer un rôle de soutien. Ces sacs étaient toutefois fabriqués de plastique.

Lors d'un réenfouissement permanent, l'utilisation de toiles en géotextile biodégradable, maintenant disponibles sur le marché, constitue une approche plus intéressante pour minimiser l'impact environnemental. En ce qui concerne les pièces de bois carbonisées, une consolidation à l'aide de résines époxy a été effectuée sur chaque découverte. Ces interventions de consolidation constituaient le premier niveau de protection.



Figure 54 : Vue des vestiges consolidés à l'aide de petits sacs en géotextile, remplis de cailloutis. © André Bergeron, CCQ

Les vestiges consolidés étaient ensuite protégés au moyen d'un caisson de contreplaqué fabriqué sur mesure autour du vestige. Chaque caisson était muni d'un couvercle retenu en place à l'aide de vis, pour pouvoir le retirer facilement et permettre un examen du vestige. Ces caissons constituaient le second niveau de protection.



Figure 55 : Vue de vestiges protégés au moyen d'un caisson de contreplaqué. Le couvercle est ici enlevé. © André Bergeron, CCQ

Un troisième niveau de protection contre les intempéries était assuré par une structure qui surplombait un ou plusieurs vestiges. Pour diminuer la pénétration de l'eau à l'intérieur des structures, une toile plastique les recouvrait. La durée de vie des structures de protection avait été évaluée à environ cinq ans.

7.9.2 Les inconvénients

Si l'utilisation des bâches de protection en plastique a diminué la pénétration de l'eau dans les vestiges, elles ont accéléré la dégradation des structures de bois en créant un milieu humide sans ventilation. Plusieurs types de moisissures et de champignons ont été remarqués sur les protections. Au moment de la construction des structures de protection, les parois des opérations excavées ont été soutenues à l'aide de contreplaqués qui étaient étayés de part et d'autre par des pièces de bois. Après la fin de vie utile des protections, la dégradation des contreplaqués a provoqué leur perforation. La plupart de ces renforcements ne jouaient donc plus le rôle de soutien des sols qu'ils devaient jouer, ce qui a entraîné la déformation significative de plusieurs parois.

7.9.3 Un agent de dégradation inattendu

Si la dégradation des structures de bois était un phénomène prévisible, les dommages les plus importants survenus aux vestiges ont été provoqués par des visiteurs inattendus. Plusieurs espèces de petits animaux fouisseurs ont séjourné dans les structures de protection. Les marmottes, les rats laveurs, les écureuils et les tamias les ont utilisées comme autant d'abris disponibles. Leurs déplacements à l'intérieur des structures de protection ont bouleversé le positionnement des sacs de soutien pour les appareils de pierres.

Ces petits animaux ont également creusé des tunnels dans les sols archéologiques en place, en plus de dégrader le niveau inférieur des couches de sol. Enfin, l'introduction de ces petits animaux a contaminé les sols en place par la production de déchets organiques et d'excréments.

L'installation des contreplaqués de soutien des parois semble avoir favorisé l'entrée des animaux fouisseurs dans le fond des puits, car la présence de sentiers en pente a été constatée à plusieurs endroits. En plus des perturbations qu'elles ont occasionnées, les marmottes ont utilisé le charbon

de bois mis à l'abri dans les caissons comme source de nourriture. Plusieurs caissons qui abritaient des vestiges en charbon de bois ne contenaient plus que des feuilles.

Si la construction de structures de protection temporaire a accordé une protection certaine aux vestiges contre les rigueurs de notre climat, l'expérience montre que l'activité des animaux fouisseurs constitue un facteur de dégradation tout aussi important. Cette solution doit donc être considérée pour ce qu'elle est, une solution temporaire, dont la durée de vie ne devrait pas dépasser une période de cinq années. Elle ne peut en aucun cas constituer une solution permanente, en raison des dommages potentiels aux vestiges qui doivent être protégés de façon permanente.

Bibliographie sur les techniques appliquées en archéologie

BERDUCOU, M.C. *La conservation en archéologie*, Paris, Masson, 1990, 469 p.

HAN, X., X. HUANG et B.J. ZHANG. « Laboratory research into the use of menthol as a temporary consolidants for conservation on archaeological excavations », *Archaeometry*, University of Oxford, 2018.

Yves CHRÉTIEN, André BERGERON et Robert LAROCQUE, « La sépulture historique ancienne du site Lambert (CeEu-12) à Saint-Nicolas », *Recherches amérindiennes au Québec*, Paléo-Québec, vol. 23, 1995, p. 203-225.

PEARSON, Colin. *Conservation of Marine Archaeological Objects*, Londres, Butterworths, 1987, 297 p.

ROWE, Sophie. « Second fiddle: A review of lesser-known volatile binding media in conservation », dans *Subliming Surfaces: Volatile Binding Media in Heritage Conservation*, 2018, p. 13-20.

8 LA CONSERVATION PRÉVENTIVE APRÈS LA FOUILLE



© André Bergeron, CCQ

8.1 La restauration et la conservation

8.1.1 La restauration

Restauration : « Toutes les mesures prises pour modifier la structure et les matériaux constitutifs d'un bien culturel dans le but de représenter un état antérieur connu. La restauration a comme objectif de révéler les caractéristiques essentielles d'un bien culturel; elle se fonde sur le respect des matériaux d'origine et s'appuie sur des renseignements précis au sujet de l'état antérieur¹⁵. »

Comme cette définition l'indique, la restauration implique une intervention sur la matière fondée sur certains principes que le restaurateur applique avec discrimination dans ses activités. La plus grande préoccupation de ce dernier concerne sans doute l'intégrité de l'objet, qu'il risque de transformer à chacune de ses interventions. L'intervention minimale constitue un autre principe du restaurateur.

Plus un objet est restauré, moins il est authentique.

Une restauration peut parfois contribuer à augmenter les connaissances sur un objet, mais elle risque également de modifier sa structure, d'atténuer ou de déformer les connaissances à en tirer. Une autre question fondamentale est celle de la réversibilité des interventions effectuées sur les spécimens de la culture matérielle. En théorie, tous les produits et matériaux utilisés doivent pouvoir être enlevés si jamais leur présence devient indésirable pour des considérations esthétiques, scientifiques ou liées à l'instabilité des matériaux.

¹⁵ Association canadienne pour la conservation, *Code de déontologie et guide du praticien*, 2000, p. 16.

L'intervention pratiquée sur un objet doit privilégier avant tout sa conservation et réduire les risques d'interprétation.

Même si, de tout temps, les êtres humains ont effectué des réparations aux objets qu'ils utilisaient, historiquement, la création de la profession de restaurateur se situe en parallèle avec le développement de l'histoire de l'art et de l'archéologie au XIX^e siècle et l'apparition du musée en tant qu'institution du savoir.

La pratique d'alors était essentiellement empirique. En 1888, la création du premier laboratoire scientifique dans un musée à Berlin va favoriser l'association des sciences exactes, et plus particulièrement de la chimie, au travail du restaurateur. De plus en plus, depuis la fin de la Seconde Guerre mondiale, les restaurateurs reçoivent une formation universitaire où la méthode scientifique joue un rôle important. Aujourd'hui, le restaurateur n'est pas un chimiste, non plus qu'un artiste ni un artisan. Il a cependant emprunté un peu à tous ces spécialistes pour compléter son cursus, par essence pluridisciplinaire.

Son intervention nécessite, premièrement, une connaissance des matériaux et de leurs processus de détérioration. La documentation de chaque objet constituera la base d'un « constat d'état », dans lequel seront suggérés un ou des correctifs sous la forme d'une proposition de traitement. C'est à cette étape que la collaboration avec l'archéologue, l'historien ou le spécialiste en culture matérielle revêt une importance toute particulière, car il s'agit de bien replacer l'objet dans son contexte. L'opinion du spécialiste responsable de l'objet est déterminante pour convenir de l'intensité du traitement (et non de la qualité).

D'un autre côté, l'examen approfondi de l'objet peut permettre la découverte en laboratoire de renseignements qui apportent un éclairage nouveau sur la technologie de fabrication, l'utilisation, l'aspect présumé, etc. L'approbation du traitement permet alors de commencer la restauration proprement dite, qui sera documentée quant aux matériaux utilisés, ajoutés ou retranchés, et qui comportera aussi les résultats de l'intervention. L'ensemble des données consignées dans le rapport de restauration permettra de conserver la mémoire de la transformation de l'objet dans le temps, si jamais d'autres interventions devenaient nécessaires.

8.1.2 La conservation

Conservation : « Toute action visant à sauvegarder un bien culturel dans une perspective à long terme. Le but de la conservation est d'étudier, de documenter, de préserver et de restaurer les caractéristiques culturelles essentielles présentes dans la structure physique et chimique d'un bien culturel, en limitant le plus possible l'intervention. La conservation comprend l'examen, la documentation, la conservation préventive, la préservation, la restauration et la reconstitution¹⁶. »

Comme on peut le constater, la conservation s'inscrit dans un cadre beaucoup plus large que l'intervention de restauration proprement dite. Elle a pour objet, avant toute chose, la préservation des biens culturels dans tous les aspects de leur vie, depuis leur découverte et leur prélèvement, jusqu'à leur mise en valeur et en réserve.

La conservation et la restauration ne sont pas deux actions séparées ni en opposition, mais les deux volets d'un même processus dont il est parfois difficile de dire où commence l'un et où finit l'autre. Le remontage d'une pièce peut être nécessaire pour en assurer la conservation, et la confection de supports et de structures spéciales de protection pour l'exposition et le transport sera souvent du ressort du restaurateur.

¹⁶ Association canadienne pour la conservation et la restauration, *Code de déontologie et guide du praticien*, 2000, p. 14.

Les préoccupations des restaurateurs sont de plus en plus orientées vers la conservation préventive.

Le but ultime de la conservation consiste à préserver une petite partie des archives matérielles de l'humanité, non pas par l'application mécanique de recettes, mais par un véritable changement d'attitude, de respect envers notre héritage culturel, constamment menacé par la négligence ou l'ignorance.

Pour en apprendre davantage :

[Association canadienne pour la conservation et la restauration des biens culturels](#)

[Code de déontologie et Guide du praticien de l'Association canadienne pour la conservation et la restauration des biens culturels et de l'Association canadienne des restaurateurs professionnels](#)

8.2 Une question de temps

Le passage dans le temps de la culture matérielle ressemble un peu à une suite de cercles qui s'emboîtent à la façon de poupées gigognes. Cette séquence de réductions successives signifie que l'information livrée à l'archéologue est à la fois ténue, par rapport à l'ensemble dont elle provient, et en même temps, qu'elle revêt une grande importance en raison de son caractère fragmentaire.

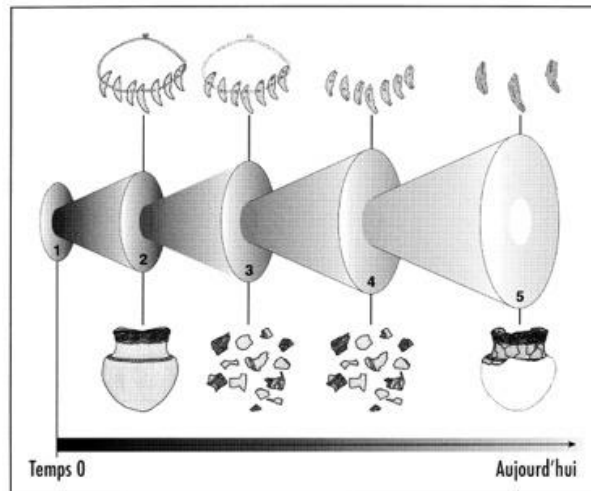


Figure 56 : Représentation graphique illustrant l'évolution dans le temps des biens culturels archéologiques¹⁷. © André Bergeron, CCQ

- 1- Ce cercle illustre l'ensemble de la production d'une culture à un temps donné. Le cône émergeant du centre représente la culture matérielle, le reste correspond à la production intangible : langue, croyances, systèmes de valeurs.
- 2- Une partie seulement des activités humaines laisse des traces matérielles.
- 3- Une partie seulement de ces traces traverse le temps, les autres disparaissent, et l'archéologue n'en connaît, au moment de la découverte, qu'une petite partie.

¹⁷ Cette séquence de réductions successives a été établie d'après le texte de M.C. Berducou, *La conservation en archéologie*, Paris, Masson, 1990, p. 16-18. Elle a d'abord été publiée dans les actes de la conférence de l'ICHAM, tenue à Montréal, en 1994.

- 4- Le début de la fouille : une partie seulement des traces retrouvées survit matériellement, les autres disparaissent du fait même de leur mise au jour.
- 5- Une partie seulement des traces qui survivent à la fouille se conserve spontanément, les autres disparaissent ou sont profondément altérées du fait de l'absence de mesures appropriées. Une partie encore plus infime recevra un traitement de restauration, parfois des années après la fouille.

8.3 La conservation préventive



© André Bergeron, CCQ

Conservation préventive : « Toutes les mesures permettant de prévenir et d'atténuer la détérioration et les dommages pouvant survenir à un bien culturel. La pratique de la conservation préventive consiste en la rédaction et la mise en œuvre de politiques ou de procédures appropriées, par exemple en ce qui concerne l'éclairage, les conditions ambiantes, la qualité de l'air, le contrôle des insectes, l'exposition, l'entretien, l'utilisation, la mise en réserve, l'emballage, le transport, la manipulation, la protection contre le feu, le vol et le vandalisme et les mesures d'urgence en cas de sinistre¹⁸. »

Comme cette définition l'indique, la conservation privilégie la prévention de la détérioration. L'objectif est de garantir l'intégrité de l'objet, tant aujourd'hui qu'à très long terme. L'atteinte de cet objectif est possible par le respect des normes environnementales, établies en fonction des matériaux à préserver, ainsi que par l'adoption d'une série de mesures concrètes liées à la vie des objets. Ces mesures concernent le transport, la mise en réserve, la manipulation, la mise en valeur, les microclimats, la protection contre le feu, l'eau, le vol, le vandalisme, les insectes, etc. Elles peuvent paraître onéreuses, mais elles devraient être comparées au coût du transport, du design d'exposition, de la publication d'un catalogue et de la publicité. Au regard d'une restauration devenue nécessaire à la suite d'un accident ou d'une détérioration accélérée, ces mesures semblent être une aubaine. De plus, aucune restauration ne pourra égaler la prévention de la détérioration¹⁹.

¹⁸ Association canadienne pour la conservation et la restauration, *Code de déontologie et guide du praticien*, 2000, p. 14.

¹⁹ Un dossier portant sur la conservation préventive est disponible sur [le site Web du Centre de conservation du Québec](#).

8.4 Les conditions environnementales



© Blandine Daux, CCQ

Tous les matériaux ne sont pas sensibles de manière uniforme aux agents de détérioration, de la même façon que toutes les personnes présentes dans une pièce ne réagiront pas de façon analogue à un même stimulus. L'exposition à certaines fibres va provoquer chez les unes une violente réaction allergique et laisser insensibles les autres. L'exposition à un produit chimique pourra n'avoir aucune incidence sur la préservation d'un objet, alors qu'elle sera catastrophique pour un autre. Il en va des objets un peu comme des humains : leur réaction va dépendre de leur sensibilité personnelle, de leur constitution, de leur histoire, de tout ce qui les individualise et les caractérise lors de leur passage dans le temps.

8.4.1 Un changement de vocabulaire

Toutes les personnes qui œuvrent en muséologie, depuis un certain temps, connaissent la nécessité de respecter certaines valeurs de température, d'humidité relative et de lumière, ce que l'on a longtemps désigné comme les normes de conservation. Le vocabulaire de la conservation a toutefois évolué depuis quelques années; désormais, le mot « norme » est remplacé par l'expression « lignes directrices ».

Les lignes directrices servent de balises, de points de référence; elles nous aident à déterminer ce qui est acceptable de ce qui ne l'est pas. Elles nous indiquent la marche à suivre, si nous désirons permettre à ce que nous considérons comme important, aujourd'hui, de survivre au simple passage du temps. Certains matériaux sont plus stables que d'autres, mais c'est souvent l'environnement qui va faire toute la différence.

Comparons, par exemple, deux briques : une en terre crue, séchée au soleil, et une en terre cuite, dont la structure a été profondément modifiée du fait de la cuisson. En milieu extérieur, avec l'action de la pluie, du gel et du dégel, l'érosion atmosphérique va rapidement provoquer la disparition de la brique en terre crue, alors que la brique en terre cuite va subir moins d'altérations.

Maintenant, si nous plaçons la brique en terre crue à l'abri, dans un endroit où le milieu est contrôlé, cette brique, qui résistait mal au passage du temps en milieu extérieur, va pouvoir se préserver

très longtemps. Même la brique en terre cuite, préservée à l'extérieur, va subir avec le temps une altération qui va la dégrader, lentement mais sûrement, de façon irréversible.

C'est pourquoi les responsables de collections doivent insister sur le contrôle des conditions climatiques. Dans un environnement inhospitalier, même les matériaux les plus stables vont se dégrader avec le temps. L'adoption et l'application de lignes directrices permettent d'atteindre des objectifs de préservation à long terme pour les collections patrimoniales et de favoriser la transmission de cet héritage, souvent irremplaçable, aux générations futures.

Les lignes directrices se fondent en partie sur des recherches appliquées ou expérimentales sur le vieillissement des matériaux et, en partie, sur des constatations empiriques. La plus importante de ces constatations réside dans le fait suivant : des fluctuations importantes de la température et de l'humidité relative vont causer des dommages à la structure des objets, en provoquant l'expansion et la contraction des matériaux, parfois en combinaison avec des contraintes (externes ou internes). De plus, une humidité relative élevée est presque toujours dangereuse pour les collections, en favorisant l'apparition de moisissures sur de nombreux matériaux organiques et en provoquant la corrosion des métaux.

8.4.2 Une évolution des pratiques

Il y a une cinquantaine d'années, ces constatations avaient permis de suggérer un idéal à atteindre, une valeur en humidité relative de 50 % $\pm$ 3 %, et une température de 21 °C $\pm$ 1 °C. Il n'existait cependant pas de données pour les fluctuations plus petites. Avec le temps, certains chercheurs ont compris que l'application de normes très serrées constituait une exagération des besoins en stabilité climatique pour plusieurs catégories d'objets, et qu'il convenait de concevoir une approche plus souple et mieux adaptée, qui tiendrait compte du bâtiment recevant les collections et de leur nature.

C'est ainsi que l'Institut canadien de conservation a travaillé en étroite collaboration avec la société américaine ASHRAE pour établir des lignes directrices pour les musées, les bibliothèques et les dépôts d'archives. Le produit final se présente sous la forme d'un chapitre publié dans un ouvrage de référence indispensable pour tous les architectes et ingénieurs nord-américains, *Heating, ventilating and Air-Conditioning applications* (1999). Cette publication sert de guide pour le contrôle environnemental, la construction et la rénovation des bâtiments. Le fait qu'un chapitre destiné à encadrer les paramètres optimaux de conservation se trouve dans cette publication est révélateur de l'importance désormais accordée au cadre bâti.

Il n'est plus possible de dissocier les valeurs idéales de conservation de l'endroit où elles sont appliquées.

Les scientifiques de la conservation ont basé leurs évaluations sur la forte probabilité d'un bris lors d'une fluctuation de 40 % de l'humidité relative, une observation fréquente sur plusieurs catégories d'objets. Ce sont les fluctuations dont les valeurs sont comprises entre 20 et 40 % qui vont produire les dommages les plus importants. En tenant compte des données d'études pour plusieurs matériaux, tels que le pin et le chêne, les estimations de fluctuations permises se situent aux alentours de 10 %, alors que pour d'autres matériaux, une valeur de 15 % est considérée comme sécuritaire.

Il faut également tenir compte du temps de réponse des matériaux : de nombreux objets vont prendre plusieurs jours pour réagir, mais une attention toute spéciale doit être accordée aux objets composites ainsi qu'aux matériaux dont le temps de réponse aux fluctuations est rapide (par exemple, les peaux). Il est toujours prudent de répartir les fluctuations de l'humidité relative sur la plus grande période possible, puisqu'un changement saisonnier de 20 %, réparti sur 4 mois, va provoquer moins de stress sur de nombreux objets qu'une fluctuation de 10 % répartie sur 1 semaine.

8.4.3 Une performance pour chaque type d'édifice

En tenant compte de tous les aspects énumérés plus haut, les fluctuations permises ont été réparties selon cinq catégories : AA, A, B, C et D. Chacune de ces catégories possède une relation avec le type de bâtiment susceptible d'abriter les collections à préserver, ainsi qu'une fourchette de valeurs qui lui est propre.

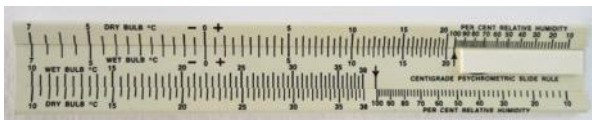
Un nouvel élément est ajouté aux fluctuations du système de contrôle climatique, soit le « gradient de fluctuation spatiale ». Nous savons que les valeurs de température et d'humidité relative à l'intérieur d'une salle vont varier selon l'emplacement : le centre d'une pièce, par exemple, ne possèdera pas les mêmes caractéristiques de diffusion et de brassage de l'air que le rebord d'une fenêtre. Le gradient de fluctuation spatiale tient compte de l'aspect hétérogène des valeurs que l'on retrouve à l'intérieur d'une salle ou d'un bâtiment, ainsi que du possible déplacement des objets à l'intérieur de l'institution.

De plus, pour diminuer les stress imposés aux bâtiments historiques, l'approche ASHRAE intègre les travaux de la charte de La Nouvelle-Orléans, qui propose une approche plus respectueuse des contraintes architecturales propres à ce type de bâtiment. Il est bon de se rappeler que, dans le cas où la structure de l'édifice ne permet que très difficilement la préservation d'une collection d'objets fragiles, il est toujours possible de recourir à une approche alternative, soit la création de microclimats, à un coût relativement plus modeste.

Cette nouvelle approche peut sembler plus déroutante que l'approche « traditionnelle », qui consistait souvent à utiliser les 2 chiffres magiques : 50 % et 50 lux. En fait, au lieu de partir d'une valeur et de tenter de l'appliquer coûte que coûte à un type de collection ou à un bâtiment, l'approche ASHRAE part de la prémisse inverse : il faut premièrement étudier le type de matériaux en présence, déterminer la nature de la collection ainsi que le type d'aménagement recherché avant de décider quoi que ce soit. Ici encore, les budgets disponibles possèdent une influence sur la décision à prendre, mais en modulant le contrôle requis selon le besoin, la décision finale fait preuve de plus de réalisme et démontre plus de compréhension des ressources mises à la disposition de la communauté muséologique.

Les temps changent, la façon d'évaluer l'environnement et les besoins en conservation aussi, mais une chose demeure toute aussi importante : le besoin de protéger nos collections de la dégradation, qu'elle soit intrinsèque ou occasionnée par des facteurs environnementaux.

8.4.4 L'humidité relative et la température



© André Bergeron, CCQ

© André Bergeron, CCQ

Tous les matériaux réagissent, à divers degrés, au contenu en eau de l'air. Plusieurs matériaux, surtout ceux de nature organique, se préservent bien à un taux d'humidité relative stable. Dans la pratique, et compte tenu des conditions climatiques du Québec, cet objectif est souvent impossible à atteindre. Le taux d'humidité relative au cours de la période hivernale est généralement faible, mais stable en raison du chauffage, tandis que la saison estivale est souvent humide, avec d'importantes fluctuations.

L'approche habituelle consiste à concevoir et à installer un système de contrôle climatique dans l'édifice où les collections sont exposées ou conservées. Idéalement, deux points de consigne sont établis : un pour l'été et le second pour l'hiver. Entre les deux points de consigne, la variation s'effectue progressivement sur une période de trois mois, ce qui convient à une grande variété de

matériaux. Par contre, il faut noter que tous les édifices, surtout ceux de nature historique, ne sont pas conçus pour maintenir une hygrométrie élevée à la période hivernale.

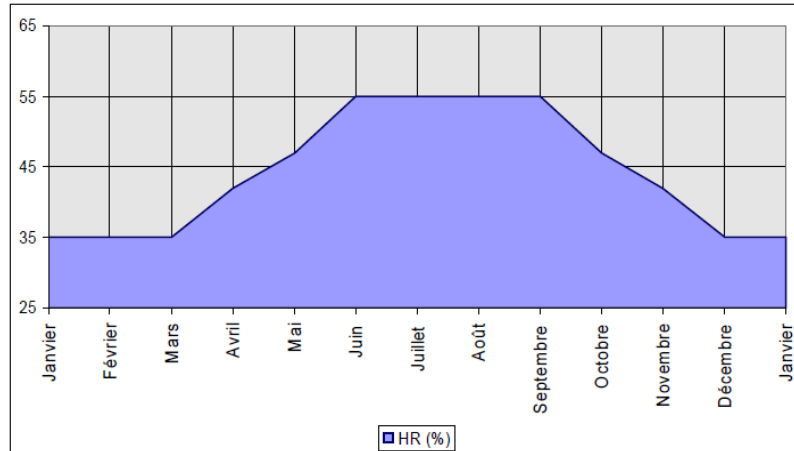


Figure 57 : Exemple de variation sur une base annuelle des points de consigne pour l'hygrométrie. © Danie Harvey, CCQ

Le contrôle de l'humidité relative constitue un élément majeur dans la préservation des collections.

À une température normale, lors de l'exposition prolongée à un taux d'humidité relative situé au-dessus de 70 %, et lorsque l'air est stagnant, il peut y avoir une apparition de moisissures et de champignons à la surface des matériaux organiques tels que le papier, le cuir, le bois et le textile. Les matériaux organiques absorberont de la vapeur d'eau, et ils subiront une expansion de leurs dimensions, une situation qui peut entraîner de nombreux dommages pour des objets composites. Une corrosion accélérée des métaux, la migration de sels à l'intérieur de la pierre et des céramiques, de même que la condensation sur les surfaces en cas d'atteinte du point de rosée, peuvent également se produire.

Sous un taux d'humidité de 35 %, il peut y avoir un assèchement des matériaux organiques ainsi que des adhésifs. La surface des matériaux contaminée par des sels hygroscopiques éclate alors, et ce, en raison de leur cristallisation. Ce sont cependant les variations constantes et rapides de l'humidité relative qui constituent la plus grande menace pour la conservation des objets, en provoquant l'expansion et la contraction des matériaux organiques, ce qui entraîne fendillements, gauchissements et pertes de matière.

La consultation d'un restaurateur est souhaitable avant de procéder à toute modification des conditions de conservation d'une collection.

Une température située entre 20 °C et 25 °C (lorsqu'un être humain est à l'aise) convient à la plupart des matériaux. Cependant, certaines remarques s'imposent :

- il est préférable de maintenir une température basse pour ralentir le rythme des réactions chimiques, donc la dégradation;
- la température permet d'agir sur l'humidité relative. Puisque la capacité de l'air à porter la vapeur d'eau augmente avec la température, un refroidissement provoquera une hausse de l'humidité relative, tandis qu'un réchauffement l'abaissera. Une diminution d'un degré Celsius de la température ambiante en hiver permet d'augmenter l'humidité relative d'environ 3 %;
- la température, plus particulièrement le froid, peut être utilisée pour le contrôle des insectes (voir la section 9.9).

Pour en apprendre davantage :

[L'humidité relative et la température](#)

8.4.5 Les taux d'humidité recommandés

Dans le cas des **matériaux organiques**, il est conseillé de considérer les paramètres suivants :

- pour le bois, le cuir, les fibres et les textiles : de 40 à 60 % d'humidité;
- pour l'os et l'ivoire : de 50 à 60 % d'humidité.

Une attention particulière doit être accordée aux variations rapides d'humidité. Il faut tenter de les diminuer par la création de microclimats. De même, une exposition prolongée à plus de 70 % d'humidité est à éviter.

En ce qui concerne les **matériaux inorganiques**, les taux d'humidité recommandés sont les suivants :

- pour les céramiques et la pierre : de 20 à 60 % (selon que les objets sont remontés avec des adhésifs ou qu'ils contiennent des sels);
- pour le verre : de 40 à 60 %. Le verre craquelé nécessite un contrôle plus serré, soit à 40 %;
- pour le métal : il faut prévoir le climat le plus sec possible;
- pour les objets composites, il est conseillé de consulter un restaurateur.

Il faut également considérer d'autres aspects pour la mise en œuvre du contrôle climatique :

- éviter les excès : sous un taux d'humidité de 35 %, il y a un assèchement, tandis qu'au-dessus de 70 % apparaissent le gonflement et les moisissures;
- éviter les fluctuations rapides de l'humidité qui provoquent l'expansion et la contraction des matériaux;
- maintenir des conditions stables, par un contrôle climatique dans les réserves, les salles d'exposition et durant le transport, en emballant de façon appropriée les objets avec des matériaux hygroscopiques conditionnés;
- échelonner les variations sur de longues périodes;
- éviter les sources de chaleur directe (bouches d'aération, radiateurs), d'eau (gicleurs et canalisations) et de froid (mur extérieur) qui risquent de provoquer des variations d'humidité ou des conditions défavorables.

8.5 La lumière



© Michel Élie, CCQ

La lumière, qu'elle provienne du soleil ou qu'elle soit d'origine artificielle, est habituellement constituée de trois éléments importants : la lumière visible, le rayonnement ultraviolet et le rayonnement infrarouge. Le rayonnement solaire dans la partie visible du spectre constitue une source d'altération importante des objets en matériaux organiques et de leur fini de surface. L'exposition à la lumière solaire directe doit donc être évitée en raison des décolorations et des pertes de propriété des matériaux causées par des processus photochimiques de dépolymérisation. Rappelons que toute lumière constitue une source de détérioration dont il faut contrôler, autant que possible, l'intensité et la durée.

Voici quelques exemples d'intensité recommandée pour la lumière :

- de 50 à 100 lux : pour les matériaux très sensibles à la lumière, soit les textiles, les papiers et les gravures, les plumes, les photographies en couleurs;
- de 100 à 200 lux : dans le cas des matériaux moins sensibles à la lumière, c'est-à-dire la peinture, le mobilier, le bois, l'os, les photographies noir et blanc;
- 200 lux et plus : pour les matériaux peu sensibles à la lumière, soit la pierre, la céramique, le verre, les métaux.

Notons que ces normes servent seulement de points de repère et, dans le cas où des matériaux mixtes sont en présence, il faut choisir la valeur convenant au matériau le plus fragile. L'intensité lumineuse peut être mesurée au moyen d'un luxmètre.

La bande ultraviolette, de 280 à 360 nm, contient un rayonnement dangereux pour la préservation des objets en matériaux organiques, sensibles à la lumière. Le rayonnement ultraviolet (UV) est présent dans la lumière solaire et dans les tubes fluorescents, de façon variable selon le type et la marque. Comme ce rayonnement n'influe pas sur la perception des couleurs, il est recommandé

de l'éliminer complètement. La seule façon de le bloquer consiste à utiliser des filtres pour ne pas excéder 75 μ watts par lumen.

Certains tubes fluorescents et ampoules halogènes émettent plus d'ultraviolets que d'autres; il faut n'utiliser que les sources lumineuses possédant une émission d'UV minimale.

Il est également possible d'appliquer une pellicule sur les fenêtres ou les vitrines pour bloquer ou diminuer la quantité de rayonnement UV. Ces pellicules sont toutefois sensibles aux altérations en milieu extérieur et se rayent facilement. Parfois, la pellicule est prise en sandwich entre deux épaisseurs de verre qui sont scellées sous vide. Cette solution est cependant onéreuse. Quoi qu'il en soit, il faut examiner périodiquement les filtres UV après leur installation pour vérifier leur efficacité. Dans certains cas, l'utilisation d'un plexiglas contenant un produit absorbant le rayonnement UV, appelé le plexiglas UF, permet d'éliminer ce rayonnement en proportions variables (selon le type), lorsque les autres solutions s'avèrent impossibles ou trop onéreuses.

Si l'œil humain est capable d'apprécier la différence entre une intensité lumineuse forte et une intensité lumineuse faible, il est incapable d'évaluer la quantité de rayonnement UV présent dans la plupart des sources lumineuses. Un radiomètre UV est donc nécessaire pour pouvoir la mesurer.

En ce qui concerne le rayonnement infrarouge, il constitue en fait un rayonnement thermique présent dans la lumière solaire, ainsi que dans les projecteurs incandescents classiques et du type halogène. Il est possible, pour éviter le réchauffement des surfaces, de le diminuer par l'installation d'un rhéostat ou, encore, par l'utilisation de projecteurs du type CoolBeam, dont une partie du rayonnement est réfléchi par l'arrière.

Depuis quelques années, les ampoules DEL (pour diode électroluminescente) sont fréquemment utilisées pour l'éclairage muséal. **La lumière produite par ces ampoules, même si elle ne produit pas de rayonnement infrarouge et ne dégage qu'un faible rayonnement UV, sera tout de même responsable de la décoloration de matériaux sensibles à la lumière.**

Il n'est pas conseillé d'installer, dans une vitrine, l'éclairage de mise en valeur des objets, car la chaleur dégagée par le culot des ampoules ou celle de la bande DEL va influencer directement son hygrométrie en l'abaissant. L'éclairage doit toujours s'installer à l'extérieur de la zone de préservation de la vitrine.

Pour en apprendre davantage :

[La lumière et l'éclairage](#)

8.6 La réserve



© Aurélie Desgens, Laboratoire et réserve d'archéologie du Québec, MCC

Un objet commence sa vie au moment de son acquisition par une institution préservant des collections, que ce soit sous forme de prêt, de don ou d'achat. Dès qu'il aura été mesuré, répertorié et photographié, il aboutira sur la tablette d'une réserve en attendant son utilisation. La figure 58 permet de constater la place primordiale qu'occupe la réserve dans la gestion de collections.

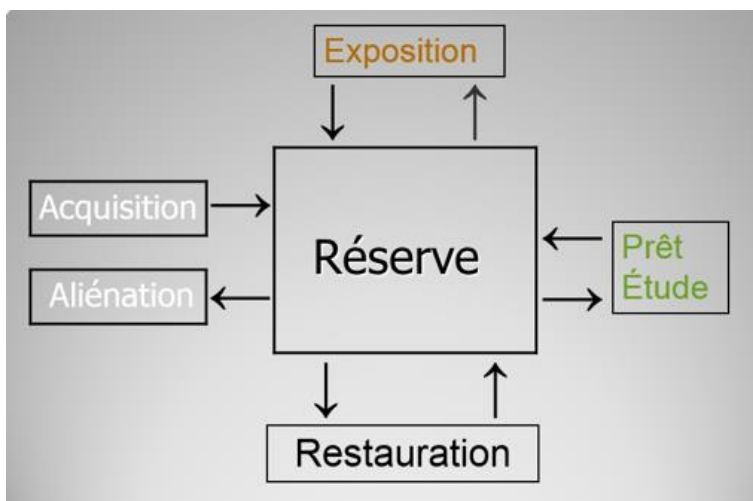


Figure 58 : Position de la réserve dans le processus muséologique. D'après Hodges, 1980, communication personnelle. © André Bergeron, CCQ

Trois raisons expliquent habituellement la sortie de l'objet de la réserve de l'établissement. Les responsables de la collection peuvent vouloir l'exposer dans un musée ou ailleurs. Il peut être nécessaire de l'étudier dans le cadre d'un projet de recherche lié ou non à sa mise en valeur. L'objet peut également nécessiter une intervention de restauration. Enfin, comme dernière éventualité, il est possible que l'objet soit élagué.

Peu importe la raison pour laquelle un objet sort de la réserve, il y retourne presque toujours.

Cela permet d'apprécier toute l'importance de la réserve. Elle constitue la plaque tournante, le centre du système de circulation. C'est pourquoi une réserve trop petite, sous-équipée ou mal gérée entrave le bon fonctionnement de tout établissement qui doit gérer des collections, et ce, au point de poser un obstacle aux autres fonctions. L'aménagement de la réserve doit être approprié au type de collection et sa gestion (contrôle, sécurité et entretien) doit être considérée comme une fonction importante de l'établissement, même si elle en constitue la partie la moins visible. La réserve doit également bénéficier des mêmes conditions environnementales que les salles d'exposition.



Figure 59 : Un boîtier de préservation destiné à la mise en réserve de petits objets en os. Un bloc de mousse a été découpé et installé dans une boîte de carton non acide. La forme de chaque objet a été découpée dans la mousse pour matelasser le point de contact entre les deux. De petits évidements ont été aménagés de part et d'autre pour faciliter la préhension de chaque objet. Lorsque le couvercle est en place, ce dernier protège les objets de la poussière, de la lumière et procure une certaine protection en cas de fluctuations rapides de l'hygrométrie. © Michel Élie, CCQ



Figure 60 : Un boîtier de préservation pour un lot de très petits objets : des épingles en alliage cuivreux serties dans du papier. Ici, des petites niches ont été confectionnées dans du carton non acide déposé sur un bloc de mousse, pour éviter le déplacement des fragments fragiles dans le boîtier de styrène. Ce dernier permet un accès visuel immédiat, tout en protégeant les objets de la poussière. © André Bergeron, CCQ

Pour en apprendre davantage :

[Comment réduire les risques dans une réserve](#)

8.7 La manipulation et le transport



© André Bergeron, CCQ

Une dimension importante de la préservation des objets a trait à la façon de les ranger, de les manipuler jour après jour et de les déplacer entre la réserve et une salle d'exposition ou lors de prêts entre institutions. L'observation de règles simples permet de diminuer les risques inhérents à chaque déplacement ou transport. Les situations suivantes ne constituent que quelques exemples à cet égard.

Problème	Solution
Manipulation abusive des objets produisant de l'abrasion et des égratignures	Matelassage des surfaces sur lesquelles les objets sont déposés
Dommages causés aux objets lors de l'enlèvement de la tablette ou du dépôt sur celle-ci	Espace suffisant entre chaque objet Espace suffisant entre les tablettes
Levée des objets par leur point faible avec une seule main	Levée des objets à un endroit approprié avec les deux mains
Entreposage des objets près d'une source de chaleur, d'une fenêtre, d'une arrivée d'air, d'une conduite d'eau, sur un mur extérieur froid	Entreposage approprié dans un milieu à l'environnement contrôlé
Exposition des objets à des chocs et à des vibrations lors du clouage des caisses	Utilisation de vis ou de systèmes de fermeture mécanique

Quelques règles de manipulation des objets :

- ne jamais déplacer un objet sans savoir où il doit être déposé;
- ne pas se précipiter;
- prévoir un chariot pour y installer l'objet ou les caisses à déplacer;
- ne jamais déplacer un objet trop gros pour soi, demander l'aide d'une autre personne;
- toujours inspecter un objet avant de le déplacer ou d'en retirer les pièces amovibles;
- recueillir et conserver les morceaux brisés;
- toujours saisir l'objet par un endroit assez résistant pour supporter son poids;
- ne jamais soulever un objet par un manche ou une poignée;
- ne jamais pousser ni tirer un objet lourd sur le sol;
- matelasser les objets pour les protéger de l'abrasion et les espacer suffisamment;
- éviter d'appliquer du papier collant sur les surfaces, même pour retenir le matériel de matelassage pendant le transport.

Les collections archéologiques sont, pour la plupart, constituées d'objets en trois dimensions qui nécessitent toujours une préparation appropriée pour leur transport. Chaque objet doit être examiné et les parties fragiles protégées de façon qu'un minimum de stress soit imposé lors du déplacement. L'objet peut être enveloppé dans du papier de soie, idéalement non acide, et ensuite protégé par une pellicule plastique stable. Cela évite ainsi les risques de condensation dans l'éventualité d'une variation soudaine de la température. Toutefois, procéder ainsi cache l'objet dans un matériau d'emballage, ce qui augmente le risque pour l'objet lors de l'ouverture de chaque caisse. À cette étape, il est préférable de garder le contact visuel avec l'objet transporté. Des instructions de démontage munies de photographies et résumant les étapes du déballage diminuent les risques d'erreur ou d'accident.

Il convient d'éviter l'empilage des objets pour écarter ainsi les risques d'écrasement ou de déformation.

Les sacs en polyéthylène ou les boîtiers rigides en styrène ou en polyéthylène permettent un accès visuel rapide à l'objet, mais ils peuvent favoriser l'apparition de moisissures et de la corrosion si l'objet emballé est encore humide. Ce risque peut être diminué grandement par quelques trous percés dans le sac, qui permettront à l'air qu'il contient de s'équilibrer avec le milieu ambiant. À noter que cette remarque n'est pas valable pour les matériaux gorgés d'eau.

L'entreposage des objets dans des boîtes permet de leur éviter d'être écrasés les uns par les autres. Il est facile d'aménager une boîte en prévision du transport. Des tablettes amovibles et des séparateurs empêcheront les objets de s'y déplacer. L'utilisation de matériaux de matelassage diminuera la transmission de vibrations et de chocs aux objets. Un avantage de l'utilisation du papier de soie réside dans sa perméabilité à l'air, ce qui diminue les risques de création d'un microclimat étanche, à l'origine de certains problèmes. Du papier journal non encre peut être utilisé comme emballage temporaire, au même titre qu'un papier essuie-tout blanc.

Il ne faut jamais utiliser de papier journal encré pour l'emballage.

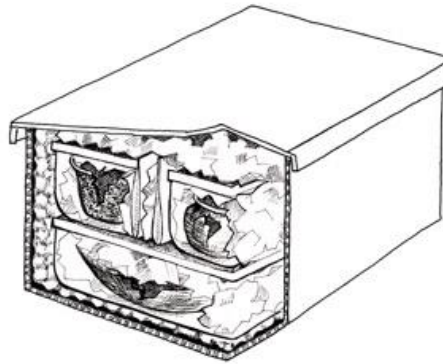
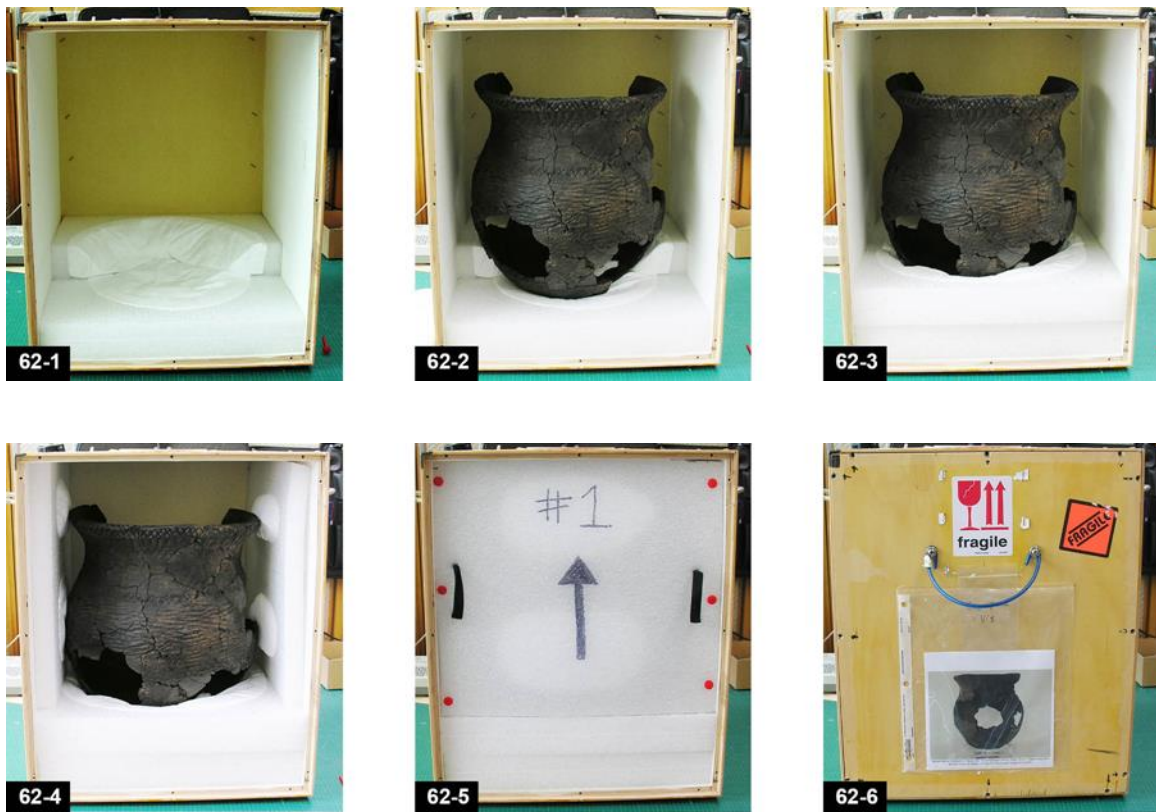


Figure 61 : Aménagement d'une caisse de transport : Les objets sont calés dans des boîtes individuelles, suffisamment robustes pour supporter le poids des objets superposés. Ces boîtes sont elles-mêmes calées dans la caisse de transport, de façon à limiter leur déplacement et à absorber les chocs et les vibrations. © CCQ

Exemple de mise en caisse pour le transport d'une poterie sylvicole.



Figures 62 : En premier, une caisse de contreplaqué a été construite pour accueillir l'objet et les matériaux de matelassage (62-1). Du gel de silice en feuille tapisse les parois du contenant. L'objet a ensuite été déposé sur la mousse, creusée et matelassée pour accueillir le fond de l'objet; un second bloc de mousse a préalablement été installé à l'arrière (62-2), suivi d'un second bloc depuis l'avant (62-3). Ensuite, deux blocs de mousse ont été installés de part et d'autre de l'objet pour le sécuriser en place (62-4). Une dernière pièce de mousse a été mise en place; elle est retenue à l'aide de petites attaches (en rouge). Cette dernière pièce de mousse est munie de deux poignées (en noir) pour faciliter son enlèvement (62-5). Finalement, la caisse a été refermée et le panneau de fermeture, muni d'une poignée, a été vissé sur le boîtier (62-6). Une pochette renferme une photographie de l'objet pour identifier rapidement son contenu, sa provenance et sa destination, ainsi que les instructions pour l'ouverture. © André Bergeron, CCQ

Exemple de mise en boîte pour le transport de petits objets métalliques.



Figures 63 : En premier, les objets ont été calés dans des formes de mousse, déposées dans de petites boîtes de styrène. Un bloc de mousse de plus grandes dimensions a été installé dans une boîte de polyéthylène rigide. Du gel de silice activé a été installé sous ce bloc de mousse, qui a ensuite été aménagé en creusant des cavités pour y insérer les boîtes de styrène. Un bloc de mousse de plus grandes dimensions a été installé dans une boîte de polyéthylène rigide. Du gel de silice activé a été installé sous ce bloc de mousse, qui a ensuite été aménagé en creusant des cavités pour y insérer les boîtes de styrène (63-1). Ensuite, une mince feuille de polyéthylène a été introduite à l'intérieur des boîtes de styrène pour sécuriser les objets en place (63-2). Finalement, le couvercle a été rabattu sur la partie inférieure, créant un ensemble étanche pour protéger les objets de métal d'une humidité excessive (63-3). © André Bergeron, CCQ

Pour en apprendre davantage :

[Manipulation et emballage](#)

[Comment manipuler les artefacts](#)

[Comment expédier les artefacts](#)

8.8 La poussière et la pollution



© Michel Élie, CCQ

Beaucoup d'objets archéologiques sur les tablettes des laboratoires sont très empoussiérés. L'enlèvement de cette poussière de surface est souhaitable, tout comme la propreté de la réserve est indispensable à la conservation des objets. Puisque la poussière est de nature hygroscopique, elle favorise la rétention d'humidité à la surface des objets, ce qui facilite l'implantation de moisissures et l'apparition d'insectes. La poussière constitue également un abrasif capable d'endommager les surfaces si elle est enlevée de façon inappropriée.

L'utilisation de l'aspirateur et d'un pinceau à poils doux convient pour beaucoup d'objets dont la surface est relativement robuste. Pour certains autres objets, l'utilisation d'un filet lors du nettoyage permet d'éviter l'aspiration d'éléments fragiles; le filet peut parfois être installé sur l'embout de l'aspirateur. Dans de nombreux cas, l'utilisation de gants de coton évite de tacher les surfaces poreuses et permet de protéger les surfaces fragiles de certains objets.

La pollution atmosphérique, accentuée en milieu urbain, constitue un problème insidieux qui peut se corriger partiellement grâce à l'utilisation d'une filtration appropriée pour les particules et les polluants atmosphériques. Le choix des matériaux utilisés pour la mise en réserve a également une grande importance. Il importe de choisir des matériaux inertes chimiquement, possédant un taux faible de composés organiques volatils (COV). Dans le cas d'objets particulièrement sensibles tels que l'argent, il est possible de les emballer dans un tissu anti-ternissure ou de munir les boîtiers étanches de préservation de charbon activé pour atténuer ce problème.

Pour en apprendre davantage :

[Les polluants](#)

[Préserv'Art](#)

8.9 Les moisissures



© André Bergeron, CCQ

Pour proliférer, les moisissures ont besoin :

- d'une source de nourriture;
- d'une humidité supérieure à 70 %;
- de chaleur;
- d'un air stagnant;
- de l'obscurité.

Si des moisissures sont détectées sur un objet, il faut :

- réfrigérer l'objet ou la collection, pour ralentir l'infestation;
- isoler rapidement l'objet contaminé des objets sains;
- ventiler l'endroit infesté afin que les spores ne puissent se fixer;
- diminuer l'humidité relative;
- nettoyer les salles contaminées; consulter un restaurateur avant d'entreprendre toute action sur les objets;
- élaborer un programme de prévention pour éviter la répétition du problème.

Pour en apprendre davantage :

[Les moisissures et les textiles – Notes de l'Institut canadien de conservation \(ICC\) 13/15](#)

[Nettoyage du cuir moisi – Notes de l'Institut canadien de conservation \(ICC\) 8/1](#)

8.10 Les insectes



© André Bergeron, CCQ

Comme tous les matériaux d'origine végétale ou animale constituent une source de nourriture idéale pour de nombreux insectes, plusieurs types de collections sont susceptibles d'être attaqués.

L'adoption des mesures de prévention suivantes permet d'atténuer les risques :

- l'examen périodique des collections à risque constitue la base de la prévention de toute contamination. Si des insectes vivants ou des résidus (squelettes, œufs, cocons, déjections) sont détectés, la mise en quarantaine immédiate devient nécessaire. Il faut alors rapidement ensacher et isoler les objets touchés;
- tous les produits chimiques utilisés pour la lutte contre les insectes sont, à divers degrés, nocifs pour les matériaux organiques et sont toxiques pour les humains;
- l'emploi de méthodes physiques est de plus en plus envisagé, notamment l'utilisation du froid (Florian, 1986);
- la propreté et l'entretien minutieux des réserves sont d'une importance primordiale pour éviter la prolifération des insectes;
- il faut minimiser les risques de contamination par les entrées possibles (bouches d'aération, portes, fenêtres, etc.) ainsi que vérifier soigneusement chaque objet lors des acquisitions. En cas de doute, il est préférable de consulter un restaurateur;
- en cas d'infestation, un dossier contenant tous les éléments pertinents (type d'insecte, de traitement, de contrôle, etc.) doit être constitué pour référence ultérieure. Une attention particulière doit être accordée au problème pour comprendre les causes de l'infestation et en éviter la répétition.

Pour en apprendre davantage :

[La lutte préventive contre les insectes et les petits animaux](#)

8.11 Les vitrines et les microclimats



© André Bergeron, CCQ

Les collections archéologiques, en raison de leur grande fragilité, doivent être conservées dans un environnement contrôlé en humidité et en température. Mais compte tenu de nos conditions climatiques, peu d'édifices au Québec peuvent contrôler adéquatement leur climat. Une solution à cette situation consiste à créer, dans des endroits précis, des conditions adaptées à un objet ou à un groupe d'objets, que ce soit pour l'entreposage ou la mise en valeur, ce que l'on désigne sous le nom de « microclimat ». Par exemple, un réfrigérateur non utilisé, raisonnablement étanche, muni de gel de silice activé, peut servir de microclimat pour y conserver des objets métalliques.

S'il est possible d'aménager une vitrine de façon à constituer un microclimat, cette dernière n'est toutefois pas capable de compenser un environnement complètement déficient. Il est donc important de vérifier la stabilité climatique de la salle pour bien concevoir la vitrine en ce qui a trait à son étanchéité. Mais, même dans une vitrine qui n'est pas parfaitement étanche, les fluctuations de l'humidité relative qui se produiront à l'intérieur de la vitrine seront habituellement plus faibles que celles de la salle.

On divise habituellement une vitrine en deux zones : 1- la partie destinée à la mise en valeur des objets, qui leur procure un microclimat et 2- la structure destinée à supporter la zone de mise en valeur; c'est habituellement à cet endroit que seront installés les matériaux tampons tels que le gel de silice. La vitrine doit permettre une bonne diffusion de l'air entre la zone de mise en valeur et le compartiment accueillant le gel de silice et les autres matériaux de conservation, tel le charbon activé.

Même les meilleures vitrines sont soumises à un renouvellement de l'air selon une certaine fréquence. Toute variation de l'humidité dans une salle va provoquer une modification de l'humidité à l'intérieur de la vitrine, mais à un rythme plus lent. Un objet en matériaux organiques, en bois par exemple, adaptera son contenu en eau à la valeur ambiante, ce que l'on désigne par l'expression « teneur en humidité à l'équilibre » (THE). En cas de sécheresse, il donnera de la vapeur d'eau, alors qu'en cas d'humidité excessive, il en absorbera. Des fluctuations rapides ou des extrêmes prolongés risquent d'endommager de façon irréversible les matériaux organiques.

8.11.1 Le choix des matériaux

Lors de la construction d'une vitrine, plusieurs critères doivent être considérés, notamment pour le choix des matériaux de construction, de l'installation des systèmes d'éclairage, de la sécurité des objets et de leur présentation. En tout premier, l'utilisation de matériaux stables est essentielle pour assurer une bonne préservation des objets. Par exemple, le métal, le verre et l'acrylique constituent de bons choix, par comparaison aux panneaux de MDF et à certaines essences de bois, qui vont dégager des produits volatils acides. Il faut également prévoir un temps suffisamment long entre la production de la vitrine et sa fermeture, idéalement quatre semaines, pour permettre l'évaporation des produits de fabrication (colles et produits de recouvrement).

De plus, il ne faut pas utiliser de gommes adhésives ni d'époxy, de silicone ni d'adhésifs thermofusibles (pistolet colleur) pour fixer les objets dans les vitrines. En plus d'une faible réversibilité, ces adhésifs dégagent des produits volatils nocifs pour la préservation des objets (de l'acide acétique, dans le cas du silicone). L'utilisation du sable comme matériau pour la présentation des objets est aussi déconseillée.

Même si l'effet recherché, soit replacer les objets dans un contexte archéologique « naturel », semble intéressant à première vue, ce type de présentation n'est pas sans inconvénient. La poussière de silice, en plus du fait d'être abrasive et hygroscopique, risque de ruiner une intervention de restauration qui consistait justement à nettoyer l'objet...

8.11.2 L'éclairage

Les systèmes d'éclairage des vitrines sont souvent installés dans la partie supérieure de la vitrine, à l'extérieur de la zone de présentation des objets. Cet emplacement, pour autant que la conception de la vitrine le permette, facilite l'évacuation de la chaleur vers le haut; cette chaleur est produite soit par l'ampoule, le culot ou le transformateur.

Toutefois, depuis l'apparition de l'éclairage DEL²⁰, qui existe en bandes étroites ou en ampoules, les systèmes sont souvent installés dans la partie de présentation des objets. Comme les vitrines construites de nos jours sont souvent très étanches, la chaleur va s'accumuler dans cette zone. Même si l'éclairage DEL ne projette pas de rayonnement infrarouge comme c'est le cas pour les éclairages de type incandescent classique ou encore halogène, le culot de l'ampoule ou la bande DEL dégage de la chaleur, ce qui va avoir un effet sur l'hygrométrie de la vitrine. **Chaque augmentation de 1 °C va produire une diminution d'environ 3 % de l'humidité relative.** Cette situation pourra s'avérer extrêmement néfaste pour les objets en matériaux organiques ou composites.

Les éclairages DEL doivent donc toujours être installés à l'extérieur de la zone de présentation des objets.

²⁰ Pour diode électroluminescente.

8.11.3 Le gel de silice

Pour éviter que ce soit l'objet qui s'adapte à la valeur ambiante de l'humidité relative, l'utilisation d'un matériau tampon favorisera une plus grande stabilité à l'intérieur d'une vitrine ou d'un boîtier de conservation-transport. Un matériau tampon entrera toujours en équilibre plus rapidement que l'objet à protéger.

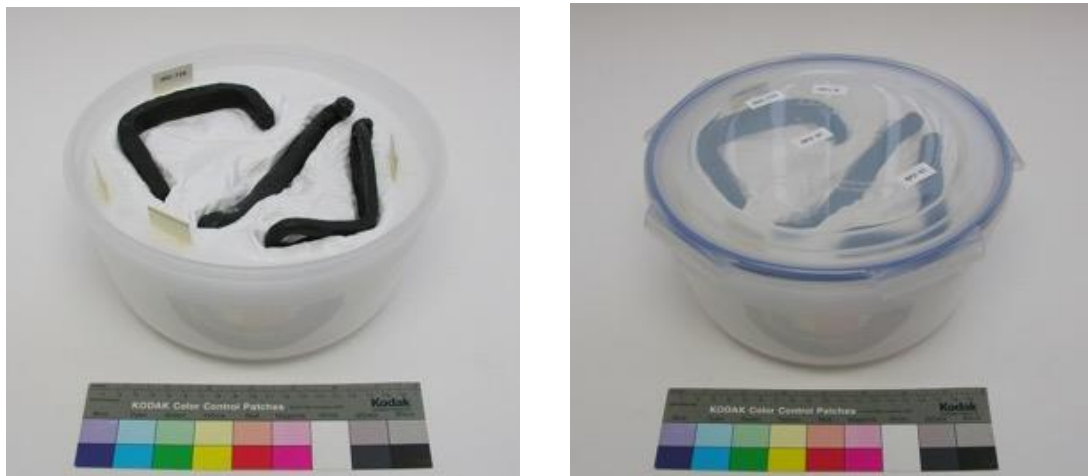
L'utilisation de matériaux sensibles à l'humidité relative, comme le papier, le coton ou les textiles, peut aider à diminuer la rapidité des fluctuations dans une vitrine. Mais, pour créer un microclimat adapté aux besoins spécifiques de chaque matériau, le gel de silice constitue un choix intéressant. Ce matériau possède en effet de nombreuses qualités pour jouer ce rôle, surtout la stabilité (il est chimiquement inerte) et l'efficacité.

Il est cependant nécessaire de le conditionner à une valeur précise d'humidité relative, valeur choisie en fonction des objets à présenter. D'abord, il convient de déterminer la quantité de gel nécessaire, normalement 20 kg par m³ de vitrine. Une fois que le calcul est effectué, le gel est ensuite séché dans un four à 100 °C pendant 12 heures et pesé pour en connaître la valeur à sec. On dit alors que le gel est « activé ».

La dernière étape consiste à exposer le gel de silice à une atmosphère possédant une valeur contrôlée d'humidité relative et à effectuer un suivi de l'augmentation en poids. Lorsque la valeur d'humidité relative désirée est atteinte, le gel est placé à l'intérieur de la vitrine.

Il est possible de supprimer cette dernière étape si le but est de préserver des objets exclusivement métalliques, donc dans un environnement sec. L'utilisation de gel de silice avec indicateur qui se colore en bleu lorsqu'il est sec, et qui devient rose en présence de vapeur d'eau, facilite le suivi dans ce genre de situation. Par contre, des préoccupations ont été soulevées en ce qui concerne la santé des utilisateurs du gel coloré en bleu, notamment en raison des sels de cobalt qu'ils contiennent. De plus, le gel de type Art-Sorb ne convient pas pour la préservation des objets métalliques, surtout en raison du chlorure de lithium qu'ils contiennent.

Il est donc suggéré de les remplacer par d'autres gels de silice produisant des colorations différentes, dont la composition est jugée moins nocive et plus sécuritaire pour les collections et les utilisateurs.



Figures 64 : Exemple de microclimat aménagé pour trois objets métalliques. Un contenant étanche a été muni d'un bloc de mousse, dans laquelle des niches matelassées ont été sculptées; du gel de silice activé a été installé sous la mousse. Un couvercle transparent permet une consultation rapide des objets, sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir le boîtier.
© André Bergeron, CCQ

Attention : il ne faut jamais utiliser du gel de silice activé ou non conditionné pour les objets non métalliques.

Plusieurs types de gel de silice sont maintenant disponibles sur le marché et ils possèdent de nombreux avantages par rapport au gel de silice régulier. Les quantités nécessaires sont souvent moins importantes et disponibles dans des formats variés : en billes, en cassettes ou en feuilles.

Toutefois, deux mises en garde s'imposent :

- il ne faut pas manipuler le gel de silice avec les mains nues, car cela risque d'en diminuer l'efficacité s'il se trouvait couvert de graisse et de saletés indésirables;
- il ne faut pas respirer la poussière blanchâtre fine qui se dégage lors du transvasement. Pour éviter les risques de silicose, le port d'un masque respiratoire approprié est conseillé.

Il est également possible d'utiliser des solutions de sels saturées pour contrôler l'humidité relative, ainsi que des appareils à microclimat. Dans le premier cas, l'utilisation de solutions de sels est complexe et présente certains risques pour la conservation à long terme, particulièrement pour les objets métalliques, tandis que l'emploi d'appareils à microclimat est une méthode relativement onéreuse.



Figure 65 : Exemple de microclimat aménagé pour des objets en cuir. Les portes vitrées permettent un accès visuel rapide; le gel de silice est disposé dans des contenants, dans la partie inférieure. © Aurélie Desgens, Laboratoire et réserve d'archéologie du Québec, MCC

Pour en apprendre davantage :

[Gel de silice : contrôle passif de l'humidité relative – Bulletin technique 33](#)

8.12 La mise en valeur



© Jacques Lessard, Musée de la civilisation

La mise en valeur constitue l'étape ultime où les connaissances acquises sur le site, après l'étude et l'analyse, seront transmises à un large public dans un musée ou un centre d'interprétation. La préparation d'une exposition comprend des étapes de collecte de l'information, de scénarisation et de réalisation où la conservation doit être normalement intégrée. Le choix d'un concept particulier ou de certains modes de présentation peut influencer grandement sur la conservation des objets.

L'utilisation d'un support inapproprié (ou l'absence de support) peut laisser des traces permanentes à la surface de l'objet ou provoquer des déformations irréversibles.

Un critère important dans la sélection des matériaux pouvant être utilisés pour le support permanent des objets est la stabilité chimique du produit utilisé. Il faut s'assurer que ce dernier n'altérera pas l'objet par des émanations nocives ni une déformation mécanique du support. Quant à la fabrication de supports spéciaux adaptés à certains objets, la consultation d'un restaurateur permettra de s'assurer de la qualité et de la justesse du choix des matériaux. Dans certains cas, la création de formes de soutien pour la conservation d'objets délicats relève du domaine du restaurateur (Barclay, Bergeron et Dignard, 2002).

La responsabilité de la présentation des objets dans le contexte d'une exposition résidera donc dans un équilibre entre celui qui élabore l'exposition, le conservateur de la collection ou le responsable de l'objet, le designer, qui fournit le cadre de la présentation et le restaurateur, dont le rôle consiste à protéger l'intégrité physique des objets par sa connaissance des matériaux.

Figures 66 : Exemple de boîtier de préservation pour un objet en ivoire.



Figure 66-1 : Le support permet une manipulation sécuritaire de cet objet très fragile. Sa transparence permet d'examiner l'objet sous tous les angles. © André Bergeron, CCQ



Figure 66-2 : Le boîtier est placé dans un contenant muni de gel de silice, pour favoriser sa préservation à long terme; les couvercles sont enlevés pour des raisons de clarté © André Bergeron, CCQ

Toute mise en valeur répond à trois fonctions (diffusion, design et préservation).

L'exposition idéale est celle qui permet la pleine expression du message du conservateur, qui tient compte des exigences esthétiques du designer et qui intègre les recommandations du restaurateur pour obtenir une préservation optimale des objets.

La mise en valeur du matériel de fouille devrait débiter par la détermination des risques inhérents à chaque objet ou catégorie de matériau.

Avant tout projet de mise en valeur, les conditions environnementales de l'établissement hôte doivent être étudiées en tenant compte de la nature de la collection. Dans tous les cas, il est conseillé de consulter un restaurateur lors de cette étape cruciale. Sortis du milieu stable où ils ont été préservés pendant des centaines, voire des milliers d'années, des objets pourraient être altérés en raison d'une mise en valeur inappropriée, ce qui n'est certes pas l'effet recherché!

Pour en apprendre davantage :

[Réaliser une exposition \(guide pratique\). Service de soutien aux institutions muséales, Direction de la muséologie, ministère de la Culture, des Communications et de la Condition féminine, 2007, 80 p.](#)



Figure 67 : Exemple d'un rappel en surface de la présence de vestiges enfouis. Dans le cas présent, la structure en acier inoxydable signale la présence d'une fondation. Cette structure est remplie de cailloutis pour la renforcer. © André Bergeron, CCQ

Figures 68 : Les vestiges du fort de Ville-Marie, protégés par une structure permanente construite pour une mise en valeur à long terme.



Figure 68-1 : Vue générale de la salle de préservation et de mise en valeur des vestiges.
© Raphaël Thibodeau, Pointe-à-Callière



Figure 68-2 : Détail des vestiges installés sous le plancher de verre. Un tel projet nécessite une planification rigoureuse et un travail d'équipe important de la part de professionnels de l'architecture, du génie, de la muséologie, de l'archéologie et de la conservation. © Raphaël Thibodeau, Pointe-à-Callière

8.13 Les mesures d'urgence pour les institutions préservant des collections



© Olivier Mabelly <https://www.flickr.com/photos/145497889@N06/47563907512/>

La préparation est l'étape cruciale de toute démarche de prévention des sinistres. Cette dernière se concrétise dans le **plan des mesures d'urgence**, où sera consignée toute l'information utile lors de tels événements. Ce plan va constituer la véritable pierre angulaire de toute la procédure de prévention et d'intervention en cas d'urgence.

La première étape de l'élaboration du plan des mesures d'urgence consiste à effectuer une analyse des risques pour l'institution. D'abord, une bonne description du bâtiment et de son milieu est essentielle, notamment en ce qui concerne les risques d'inondation et de tremblements de terre. On devra ensuite consigner tous les éléments pertinents concernant la structure, la charpente, la toiture, les systèmes de gouttières et de drainage.

Les différents systèmes du bâtiment (électricité, chauffage, plomberie) devront également être décrits, et l'on devra préciser la fréquence des inspections pour ces systèmes et le bâtiment. Une visite par les services de police et de sécurité des incendies sera utile, pour les sensibiliser à la nature particulière des collections. L'établissement du sommaire de tous les risques permettra de bien circonscrire les responsabilités, de préciser les forces et les faiblesses de l'institution, et d'apporter les correctifs appropriés. Une meilleure connaissance du bâtiment par ses occupants ne pourra que contribuer à une meilleure capacité de réaction. Il est donc important que tout le personnel soit informé de l'existence du plan des mesures d'urgence, qu'il l'ait lu et qu'il connaisse l'information qu'il contient.

La deuxième étape consiste à analyser la capacité de l'institution à réagir. On passera en revue les systèmes de sécurité de l'édifice (détection des intrusions, détection d'eau, de fumée et de chaleur, le système d'extinction des incendies), en précisant les personnes responsables de ces systèmes, ainsi que la fréquence de leur entretien. L'établissement de règles de santé et de sécurité lors d'un sinistre permettra d'assurer la sécurité du personnel lors de travaux de sauvetage et de rétablissement.

La constitution d'une réserve de matériaux de sauvetage et d'une trousse de premiers soins favorisera une intervention rapide, en évitant les temps d'attente occasionnés par les délais de livraison. Une vérification annuelle du plan avec une mise à jour fera en sorte d'éviter le piège de l'obsolescence des mesures d'urgence, que ce soit en raison des changements de personnel, des modifications à l'architecture de l'édifice ou à son fonctionnement.

En dernière étape, il serait judicieux de conclure des ententes d'assistance à l'échelle régionale, entre institutions conservant des collections. Dans l'éventualité où l'une d'elles serait frappée par un sinistre, sa réserve possiblement inutilisable et ses matériaux d'interventions détruits, les autres pourraient répondre « présentes » pour lui porter assistance. Un temps de réaction court favorisera généralement une reprise rapide des activités de l'institution et diminuera potentiellement les pertes financières qui en découlent. De plus, une intervention appropriée à la nature des collections de l'institution touchée par le sinistre diminuera le temps de restauration, ce qui diminuera également le coût de la remise en état.

Pour en apprendre davantage :

[Le plan de prévention et d'urgence en cas de sinistre](#)

[Plan d'intervention en cas d'urgence](#)

BIBLIOGRAPHIE LIÉE À LA CONSERVATION PRÉVENTIVE

APT/AIC. *New Orleans Charter for Joint Preservation of Historic Structures and Artifacts*.

BARCLAY, Robert, André BERGERON et Carole DIGNARD. *Supports pour objets de musée, de la conception à la fabrication*, Ottawa, Institut canadien de conservation et Centre de conservation du Québec, 2002, 74 p.

[BERGERON, André. « Mille millions de mille supports! Conservation préventive et collections archéologiques », Archéolab, En coulisse, Rubriques d'experts, 2020.](#)

CAPLE, Christopher. *Preventive Conservation in Museums*, Oxon England, Abingdon et New York, Routledge, 588 p.

[« Comment pratiquer une saine gestion des collections d'artéfacts? », Archéolab, En coulisse, Pratiques et astuces, 2020.](#)

[Cook, Cliff. Préparation du gel de silice pour la conservation en contenant d'objets métalliques, notes de l'Institut canadien de conservation, vol. 9, no 14, 2019.](#)

FLORIAN, Mary-Lou. « The freezing process effects on insects and artifacts materials », *Leather Conservation News*, vol. 3, n° 1, automne 1986, p. 1-9.

[GOFFARD, Carole. « Éviter l'erreur : le choix de matériaux stables pour le stockage et l'exposition des collections muséales », CeROArt, 2012.](#)

GOLDBERG, L., S. WEINTRAUB et F. STERNIOLO. « Cobalt indicating silica gel health and safety update », *Conserve O Gram*, vol. 2, n° 15, Washington, D.C., National Park Service, septembre 2005.

[Préserv'Art, Centre de conservation du Québec du ministère de la Culture et des Communications.](#)

STOLOW, Nathan. *Conservation and Exhibition: Packing, Transport, Storage and Environmental Conditions*, Londres, Butterworths, 1987, 266 p.

TÉTREAUULT, Jean. « Matériaux de construction, matériaux de destruction », *Actes du 3^e Colloque de l'ARAAFU*, Paris, 1992, p. 163-176.

[TÉTREAUULT, Jean. « Produits utilisés en conservation préventive », bulletin technique 32, Institut canadien de conservation, 2017.](#)

TÉTREAUULT, Jean, et Paul Bégin. « Gel de silice : contrôle passif de l'humidité relative », bulletin technique 33, Institut canadien de conservation, 2020.

THOMPSON, Garry. *The Museum Environment*, Londres, Butterworths, 1986, 293 p.

BIBLIOGRAPHIE GÉNÉRALE

BERGERON, André. « Chapman à jamais – Le traitement de conservation d'une inscription de 1759 », *Journal de l'Association canadienne pour la conservation et la restauration*, vol. 22, 1997, p. 3-10.

BERGERON, André. « Archéologie et conservation, convergence ou divergence? », *Actes de la conférence de l'ICHAM*, 2^e Colloque international, Montréal, 1994, p. 315-322.

BERGERON, André. « Le séchage à froid en milieu extérieur : évaluation de l'efficacité de l'hiver québécois », *Actes de la Conférence de Sydney*, 8^e Rencontre triennale, Comité de l'ICOM pour la conservation, 1987, p. 297-300.

BERGERON, André. « L'insoutenable légèreté des comblements », *Actes du 4^e Colloque de l'ARAAFU*, Paris, 1995, p. 85-92.

BERGERON, André, et Kateri MORIN. « Conservation archéologique et patrimoine maritime : même combat », *ArchéoLogiques – Mer et monde : questions d'archéologie maritime*, n° 1, 2003, p. 228-235. (coll. Hors-série).

CLYDESDALE, Amanda. *Chemicals in Conservation: A Guide to Possible Hazards and Safe Use*, Edimbourg, Conservation Bureau, Scottish Society for Conservation and Restoration, Scottish Development Agency, 1982.

CROSS, Suzan, Charles HETT et Margaret BERTULLI. *Manuel de conservation destiné aux archéologues du Nord*, Yellowknife, Centre du patrimoine septentrional Prince-de-Galles, 1989, 42 p.

DOWMAN, Elizabeth. *Conservation in Field Archaeology*, Londres, Methuen, 1979, 170 p.

FLEMING, Stuart. *Dating in Archaeology: A Guide to Scientific Techniques*, Londres, J.M. Dent & Sons Ltd., 1979, 272 p.

GOFFER, Zvi. *Archaeological Chemistry: A Sourcebook on the Application of Chemistry to Archaeology*, John Wiley, 1980, 376 p.

HODGES, Henry. *Artefacts: An Introduction to Early Materials and Technology*, Londres, John Baker, 1976, 251 p.

HOLLIDAY, V.T. *Geological Society of America, Centennial Special*, t. 4, eds., *Archeological Geology of North America*, 1990, chap. 30, p. 525-540.

ICCROM. *Mesures préventives en cours de fouille et protection du site*, Rome, 1986, 318 p.

INSTITUTO NACIONAL DE ANTHROPOLOGIO E HISTORIA et J.P. GETTY TRUST. *In Situ Archaeological Conservation*, 1987, 205 p.

LACOUDRE, Noël, Christian DEGRIGNY et Elisabeth DE LAVERGNE. *Électricité et archéologie*, Électricité de France, 1991, 80 p. (coll. Valectra).

MC CANN, Michael. *Artist Beware*, Watron-Gystill, 1979, 378 p.

MONTLUÇON, Jacques, et Noël LACOUDRE. *Les objets du Titanic : la mémoire des abîmes*, Électricité de France, 1989, 240 p.

O'NIEL ESPINOZA, Edgard, et Mary-Jacque MANN. « The history and significance of the Schreger pattern in proboscidean ivory characterization », *Journal of the American Institute for Conservation*, automne-hiver 1993, vol. 32, n° 3, p. 241-248.

ROBINSON, Wendy S. *First Aid for Marine Finds (Handbooks in Maritime Archaeology)*, National Maritime Museum, 1981, 40 p.

SEASE, Catherine. *A Conservation Manual for the Field Archaeologist: Archaeologist Research Tools*, vol. 4, Los Angeles, Institute of Archaeology, University of California, 1988, 167 p.

TITE, M.S. *Methods of Physical Examination in Archaeology*, Londres, Seminar Press, 1975, 389 p.

UNITÉ D'ARCHÉOLOGIE DE LA VILLE DE SAINT-DENIS. *Conservation-restauration du mobilier archéologique*, ouvrage publié dans le cadre des Journées archéologiques de Paris, Île-de-France, les 13 et 14 juin 1987, 119 p.

WATKINSON, David. *First Aid for Finds, Rescue*, The British Archaeological Trust, 1987, 114 p.

AUTRES RÉFÉRENCES EN LIGNE SUR LA CONSERVATION ARCHÉOLOGIQUE

[Conservation archéologique](#)

[Restauration et conservation archéologique : Quelle interaction avec l'archéologie?](#)

ANNEXE I

La trousse de base

Le travail de terrain implique nécessairement un choix judicieux des matériaux à emporter en raison du coût du transport. Le transport aérien de la plupart des matériaux utilisés dans le domaine de la conservation étant réglementé, une préparation appropriée s'impose. La composition d'une trousse de base peut donc varier grandement selon les conditions et les objectifs du terrain. Nous avons regroupé les matériaux à employer en fonction des différentes opérations, afin d'éviter les matériaux inutiles.

Usage	Produit	Fournisseur
Levée en bloc	Plâtre à moulage	Quincaillerie
	Hydracal	Quincaillerie
	Toile de coton	Pharmacie ou magasin de tissus
	Bande de gaze	Pharmacie
	Toile de fibre de verre tressée	Quincaillerie
	Gelée de pétrole	Quincaillerie ou pharmacie
	Gypsona (bandage plâtré)	Pharmacie
	Pièces de bois variées	Quincaillerie
Consolidation d'urgence	Médium acrylique	Magasin de matériaux d'artistes
	WS-24	Talas
	Colle blanche	Magasin de tissus ou quincaillerie
	Jade 403	Talas, Carr McLean
	Paraloid B-72	Talas, Carr McLean
	Éthulose	Talas
	Méthyle de cellulose	Talas
Remontage	Colle blanche	Quincaillerie
	PVA (Jade 403)	Talas, Carr McLean
	Papier-cache	Quincaillerie
Prélèvement de profil de paroi	Lampe infrarouge Séchoir Pinceaux Brosse, pulvérisateur	Quincaillerie
	Latex en émulsion	Magasin de matériaux d'artiste
	Polyuréthane expansé Gelée de pétrole	Pharmacie ou quincaillerie

Usage	Produit	Fournisseur
	Poudre de talc Pâte à modeler, époxy Papier d'aluminium	
	Lampe infrarouge Séchoir Pinceaux Brosse, pulvérisateur	Quincaillerie
Moulage	Plâtre à moulage ou Hydraulique	Quincaillerie
	Latex en émulsion	Magasin de matériaux d'artiste
	Latex au silicone	Magasin de matériaux d'artiste
	Latex au polysulfure	Boutique MMC
	Polyuréthane expansé Gelée de pétrole Pâte à modeler, époxy Papier d'aluminium Poudre de talc	Pharmacie ou quincaillerie
	Lampe infrarouge Séchoir Pinceaux Brosse, pulvérisateur	Quincaillerie
Travail général	Outils pour le modelage hydraulique en plastique et en bois	Magasin de matériaux d'artiste ou de produits dentaires
	Brosses Pinceaux	Magasin de matériaux d'artiste
	Coton-tige Coton hydrophile	Pharmacie
Emballage	Lichens	Flore locale en milieu nordique
	Plastique à bulles Ethafom	Fournisseur de matériaux de transport
	Mousse de rembourrage	Magasin de tissus
	Éponges synthétiques Sachets à fermeture Glissière en plusieurs formats	Quincaillerie
	Papier de soie ou papier journal non encré	Magasin de matériaux d'artiste
	Boîte de polyéthylène ou de polypropylène de tous formats avec couvercles	Quincaillerie

	Agrafes en Monel	Quincaillerie
	Coroplast	Magasin de matériaux d'artistes
	Tissus absorbants en coton, en tricot, en toile ou en ratine	Magasin de textiles
	Pince chauffante pour sceller les emballages	Quincaillerie
	Pellicule moulante pour la conservation des aliments	Quincaillerie
Sécurité	Gants Masques Lunettes Protection d'avant-bras Tablier de plastique	Magasin d'équipement de sécurité et quincaillerie
Conservation préventive	Gel de silice	Talas, Carr McLean
	Matériaux de conservation préventive	Talas, Carr McLean

ANNEXE II

Glossaire des termes employés en conservation

Acétate de cellulose

Résine synthétique utilisée pour la fabrication de vernis et d'adhésifs, insoluble dans l'eau et soluble dans l'acétone.

Acétate de polyvinyle

Résine synthétique à la base de la plupart des adhésifs en dispersion, dont les colles blanches. Abréviation : PVA.

Acétone

Corps le plus simple du groupe des cétones, liquide très volatil, incolore, inflammable, d'odeur caractéristique, utilisé comme solvant et comme dégraissant.  

Acide

Caractéristique d'une solution ou d'un environnement dont le pH est faible, en deçà du pH 7.

Acrylique

Nom générique d'une famille de résines synthétiques utilisées dans la fabrication de nombreux produits plastiques. La plus connue d'entre elles est le plexiglas. La famille des acryliques comprend des adhésifs et des vernis possédant un bon pouvoir d'adhésion à la plupart des surfaces et une grande stabilité à la lumière (voir l'entrée du glossaire Paraloid B-72).

Aérobie

Se dit d'un environnement où l'oxygène est présent. Cet environnement est habituellement le siège d'activités biologiques et de réactions d'oxydation. Se dit également de microorganismes qui ont besoin d'oxygène pour leur survie. Antonyme : anaérobie ou anoxique.

Alcalin

Caractéristique d'une solution ou d'un environnement dont le pH est élevé, au-delà du pH 7. Synonyme : basique.

Alcools

Solvants organiques volatils et inflammables obtenus par distillation. Le méthanol et l'éthanol sont les alcools les plus répandus.  

Amphotère

Caractéristique d'une substance qui, en milieu alcalin, réagit comme un acide et, en solution acide, réagit comme une base.

Anaérobie

Se dit d'un environnement où l'oxygène est absent. L'activité biologique y est limitée aux seules bactéries viables sans air. Synonyme : anoxique.

Anisotrope

Caractéristique d'une substance ou d'un corps dont les propriétés varient selon la direction considérée.

Artéfact

En archéologie, objet d'origine anthropique (par opposition à écofact).

B-72

Voir **Paraloid B-72**.

Bactéricide

Se dit d'une substance ou d'un environnement dont l'effet est mortel pour les bactéries.

Basique

Synonyme d'alcalin.

Benzotriazole

Substance utilisée pour la stabilisation du cuivre et de ses alliages.

Biocide

Catégorie de produits propres à détruire la vie. Les algicides, les bactéricides, les fongicides et les insecticides appartiennent à cette catégorie.

Biostatique

Se dit de certaines substances qui ont le pouvoir de limiter la prolifération des bactéries et autres microorganismes.

Carbonate de sodium

Sel de sodium de l'acide carbonique, utilisé en solution dans de l'eau pour la stabilisation des objets en fer. Attention à ne pas confondre le carbonate de sodium, Na_2CO_3 , avec la soude caustique, NaOH (hydroxyde de sodium), ou encore avec le bicarbonate de sodium, NaHCO_3 , autrefois appelé bicarbonate de soude.

**Cartonnage**

Dans le domaine de la conservation, opération préparatoire à la levée d'un spécimen et consistant à assujettir une surface fragile au moyen de bandes textiles et d'adhésifs.

Cellulose

Haut polymère naturel dont les glucides constituent l'unité de base. La cellulose est le constituant principal de la paroi des cellules végétales (bois, écorce, coton, etc.).

Cellulose de méthyle

Produit obtenu en modifiant la cellulose. Se présente comme une farine soluble dans l'eau et parfois dans certains solvants organiques. Le pH des préparations est neutre. Une fois solubilisée dans l'eau, elle ne se conserve pas très longtemps. Utile pour la consolidation de surface de fibres fragiles ou pour certains cartonnages.

Collagène

Polymère naturel à base d'acides aminés. Cette protéine de la substance intercellulaire du tissu conjonctif se transforme en gélatine par cuisson. Elle forme la base des colles animales.

Concrétion

En milieu marin, résultat de l'agglutination de matériaux variés (cailloutis, roches, coquillages, débris organiques) provoquée par l'activité biologique de la faune et de la flore sous-marines. Les concrétions peuvent être soudées ou non par des oxydes de fer provenant de la corrosion des objets environnants.

Consolidant

Tout produit utilisé dans le but de redonner une plus grande cohésion à un matériau. Dans le domaine de la conservation, il désigne une résine naturelle ou plus souvent synthétique, sélectionnée en fonction de certains critères de stabilité, de viscosité, de réversibilité, etc.

Consolidation

Dans le domaine de la conservation, action de renforcer un matériau soit par l'introduction de consolidant dans sa masse, soit par l'utilisation d'une forme de soutien ou encore par la combinaison des deux.

Constat d'état

Document dans lequel est consigné l'état de santé d'un objet et qui comporte également tous les détails permettant d'identifier cet objet : matériaux, dimensions, altérations, zones fragiles, etc. Ce document peut être accompagné de croquis ou de photographies.

Contre-dépouille

Dans le langage des mouleurs, la contre-dépouille représente une zone en creux qu'il faut remplir d'un matériau autonome pour faciliter le démoulage.

Coroplast (marque de commerce)

Nom commercial du panneau de polypropylène fluté, pouvant être découpé et assemblé pour réaliser des formes de soutien et des contenants.

Crezon (marque de commerce)

Contreplaqué de qualité supérieure. Revêtu d'un papier kraft imprégné de phénol formaldéhyde, il est très résistant à la pourriture.

Déliquescence

Propriété qu'ont certaines substances solides de se liquéfier lentement par absorption progressive de l'humidité atmosphérique.

Dépolymérisation

Rupture d'une macromolécule ou d'un polymère en unités de poids moléculaire, réduit en ses monomères constituant et entraînant des modifications des propriétés physicochimiques de la substance.

Déshydratation

Processus entraînant une perte complète ou partielle de la teneur en eau d'un corps.

Détergent

Substance utilisant des agents tensioactifs pour augmenter l'efficacité des fluides nettoyants.

Dispersion

Préparation semblable à une émulsion, à la différence que, dans la dispersion, les particules colloïdales sont plus fines, ce qui a pour effet de produire une résine moins collante au toucher.

Écofact

Objet d'origine naturelle non façonné, trouvé dans un contexte de fouille (par opposition à « artéfact »).

Efflorescence

Transformation de certains sels solubles qui perdent à l'air une partie de leur eau de cristallisation et qui deviennent superficiellement pulvérulents. Couche pulvérulente ainsi produite.

Électrolyse

Réaction d'oxydoréduction non spontanée produite par le passage d'un courant continu entre deux électrodes plongées dans une solution ou un sel en fusion.

Émulsion

Mélange hétérogène constitué par la dispersion à l'état de particules très fines d'un liquide dans un autre liquide autrement non miscible en phase continue.

Encapsulation

Action de placer entre deux feuilles d'un matériau stable un objet de faible épaisseur (un document, un cuir, un tissu, etc.) dans le but de le préserver.

Encapsulé

Se dit d'un objet ayant subi une encapsulation.

Époxy

Famille de résines dont la polymérisation s'effectue à l'aide d'un catalyseur. Les résines époxy possèdent des caractéristiques physicochimiques très variées (degré de réversibilité, de résistance au jaunissement, de force mécanique, etc.), selon la configuration de leurs constituants de base. Elles sont habituellement dures, peu réversibles et jaunissent beaucoup avec le temps.

Ethafoam (marque de commerce)

Mousse de polyéthylène, chimiquement inerte, existant en feuilles et en panneaux d'épaisseurs et de formats variables. Elle est utilisée pour confectionner des supports pour les objets. À noter que les rebords découpés au couteau sont abrasifs. Il faut les matelasser ou les arrondir à la chaleur.

Ethulose (marque de commerce)

Substance synthétique poudreuse obtenue par modification de la cellulose. Soluble dans l'eau et partiellement soluble dans l'alcool, elle est utilisée dans le domaine de la conservation comme consolidant de surface pour les fibres fragiles.

Fongicide

Caractéristique d'une substance propre à détruire les champignons parasites. Les fongicides sont toxiques à divers degrés pour l'être humain et certains ont des effets nocifs sur les objets.

Fumigation

Action d'utiliser la fumée ou la vapeur de substances chimiques pour la désinfection ou l'extermination d'espèces animales nuisibles (insectes, rongeurs). Les produits utilisés sont toujours très toxiques (oxyde d'éthylène, bromure de méthyle) et produisent des altérations sur une grande variété de matériaux.

Fumigène

Dans le domaine de la conservation, agent propre à produire des vapeurs, le plus souvent par sublimation (passage de l'état solide à l'état de vapeur). Ces vapeurs servent à des fins de désinfestation. Le naphthalène est un fumigène.

Gel de silice

Matériau hygroscopique pouvant servir à tamponner les fluctuations d'humidité et constitué à 99,7 % de silice pure. Il s'agit d'un produit chimiquement inerte, non toxique (sauf la poussière), de volume stable et compatible avec la grande majorité des matériaux. Il en existe plusieurs qualités quant à la pureté, à la granulométrie et aux caractéristiques d'absorption. Il peut être conditionné à une valeur d'humidité précise et agir comme tampon d'humidité.

Humus

Couche de sol riche en produits de décomposition des végétaux.

Hydracal (marque de commerce)

Plâtre hydraulique caractérisé par une faible solubilité à l'eau et une bonne résistance mécanique.

Hydrolyse

Décomposition d'une molécule par réaction d'ionisation avec l'eau.

Hygroscopique

Caractéristique d'une substance qui absorbe l'humidité de l'air.

Irisation

Production de couleurs chatoyantes par diffraction de la lumière. Ce phénomène associé au verre est symptomatique d'une altération en très fines couches de la surface.

Isotrope

Caractéristique d'un matériau ou d'un corps homogène dans sa composition et ses propriétés physicochimiques.

Krylon (marque de commerce)

Résine acrylique généralement vendue en bouteille sous pression et utilisée comme fixatif pour les pastels et les sanguines. Elle peut être utilisée sur des matériaux fragiles et secs, pour une consolidation superficielle.

Latex

Matériau d'origine naturelle ou synthétique utilisé pour diverses opérations de moulage ou de prélèvement. Il existe des latex en émulsion, qui sèchent par évaporation de l'eau, et des latex synthétiques, dont la polymérisation est induite par un catalyseur.

Levée directe

Prélèvement d'un objet effectué sans l'aide d'un support auxiliaire.

Levée en bloc

Prélèvement d'un objet fragmentaire ou déstructuré à l'aide d'un support auxiliaire.

Levée encastrée

Levée en bloc effectuée à l'aide d'un support rigide et autonome conçu pour soutenir le sédiment autour de l'objet.

Levée en motte

Levée en bloc effectuée en soutenant l'objet à prélever avec la terre qui le supporte.

Lignine

Haut polymère naturel issu de la condensation de nombreux composés aromatiques. Cette substance organique est présente dans les parois des cellules végétales, ce qui leur confère rigidité et imperméabilité.

Loam

Texture d'un sol constitué de particules grossières, d'une part importante de sable et d'un peu d'argile.

Lux

Unité équivalant à l'éclairement d'une surface qui reçoit normalement et d'une manière uniforme un flux lumineux de 1 lumen par mètre².

Luxmètre

Instrument servant à mesurer l'éclairement. Le lux est l'unité de mesure.

Matériau cellulosique

Matériau d'origine végétale dont la principale constituante est la cellulose.

Mousse de polyéthylène

Voir **Ethafoam**.

Monel (marque de commerce)

Alliage de cuivre et de nickel résistant à la corrosion. Les agrafes en Monel sont utiles pour le prélèvement des objets provenant de sites subaquatiques.

Mylar (marque de commerce)

Pellicule de polyester, transparente, inerte et stable, en feuilles de différents calibres. Elle existe en rouleaux.

Nitrate de cellulose

Résine présente dans la composition d'un adhésif utilisé en conservation et vendu sous le nom de la marque de commerce HMG. Elle est facilement réversible. Son utilisation a toutefois diminué au cours des dernières années à la suite de nombreux cas rapportés de rupture d'adhésion.

Orthophénylphénol

Fongicide utilisé pour éliminer une vaste gamme de microorganismes. Le Lysol en contient à faible concentration (0,01 %) dans de l'alcool.

Oxydation

Combinaison avec l'oxygène. L'oxydation du fer produit la rouille.

Oxydoréduction

Réaction chimique impliquant un transfert d'électrons d'une substance réduite vers une autre oxydée et pouvant se produire avec ou sans oxygène. Les réactions d'oxydoréduction à l'œuvre dans une pile galvanique sont source d'électricité.

Paraloid B-72 (marque de commerce)

Nom de marque d'une résine acrylique possédant une grande résistance au jaunissement. Diluée dans l'acétone, l'alcool ou le toluène, elle peut être utilisée comme consolidant, vernis ou adhésif. Sa stabilité dans le temps ainsi que sa réversibilité en font une des résines les plus utilisées dans le domaine de la conservation.

PEG

Voir **polyéthylène glycol**.

Pergélisol

Sol des régions septentrionales gelé en permanence.

pH

Voir l'entrée du glossaire : potentiel d'hydrogène.

Photodégradation

Processus d'altération de la matière déclenchée par la lumière, plus particulièrement par sa composante ultraviolette.

Placage

Revêtement d'une matière vulgaire par une matière plus précieuse. Fréquemment utilisé pour les bois et les métaux.

Podzol

Sol sablonneux pauvre et très délavé. Il est typique des climats froids et humides.

Polyéthylène glycol (PEG)

Substance utilisée en conservation pour le traitement des matériaux gorgés d'eau, plus particulièrement le bois et le cuir. Selon son degré de polymérisation, elle existe à l'état liquide ou solide ou encore sous forme de pâte. Elle est utilisée à différentes concentrations comme traitement préalable au séchage contrôlé et à la lyophilisation.

Polymère

Macromolécule formée par la répétition de motifs moléculaires identiques : les monomères. Certains polymères proviennent de la nature, tels la cellulose et le collagène, tandis que d'autres sont des produits synthétiques : l'acétate de polyvinyle, le polyéthylène glycol, etc.

(PVA)

Voir **acétate de polyvinyle**.



Potentiel d'hydrogène (pH)

Indice exprimant la concentration de l'ion hydrogène dans une solution, à l'aide d'une échelle logarithmique. Graduée de 1 à 14, elle sert à mesurer l'alcalinité, l'acidité et la neutralité d'une solution. Les valeurs de 1 à 6 sont dites acides, celles de 8 à 14 sont dites alcalines et le nombre 7 représente la neutralité.

Radiomètre

Appareil destiné à mesurer l'intensité d'un rayonnement.

Réactif

Substance employée en chimie pour reconnaître la nature des corps, par suite des réactions qu'elle produit.

Résine

Produit collant et visqueux, à cassure vitreuse, d'origine naturelle ou synthétique. Les résines sont normalement dissoutes dans des solvants organiques de nature variée, souvent inflammables et toxiques à divers degrés.

Réticulation

Réaction de pontage interchaîne provoquée ou spontanée (*crosslinking*) se produisant dans les polymères et ayant pour résultat d'en modifier les propriétés physicochimiques (couleur, solubilité, élasticité, etc.).

Réversible

Caractéristique d'une intervention qui permet une reprise de restauration lorsque celle-ci est jugée nécessaire.

Réversibilité

Qualité d'une intervention qui permet sa reprise ultérieure sans dommage pour l'objet.

Séparateur

Dans le domaine du moulage, produit utilisé pour faciliter le démoulage. Les huiles, les savons, les cires et la gelée de pétrole sont des agents fréquemment employés. Le choix est fonction de la nature du substrat, de sa porosité, de sa configuration, de sa fragilité, etc.

Soclage

Procédure préparatoire à la levée d'un spécimen qui consiste à l'isoler en dégagant le sol sur sa périphérie, plus bas que sa surface inférieure, de façon qu'il se présente en surplomb sur une île ou un socle de sédiment.

Solvant

Liquide propre à solubiliser ou à diluer un solide. Cette substance, le plus souvent liquide, a le pouvoir de dissoudre une autre substance. Les solvants organiques (acétone, alcool, toluène, etc.) sont des produits inflammables et toxiques ayant des effets nocifs sur l'organisme en cas d'inhalation ou de contact.

Soude

Hydroxyde de sodium, disponible en grains ou en pastilles. Dissous dans l'eau, en concentration de 2 %, il servira à entreposer les fers provenant de sites marins ou salins. La soude étant déliquescente, il est nécessaire de bien fermer son contenant.

**Tampon**

Utilisé comme nom, fait référence au pouvoir de certains ions de stabiliser le pH, en dépit de l'ajout d'acides ou de bases en quantité limitée. Se dit également de certains matériaux utilisés pour contrôler l'humidité.

Tamponner

Utilisé comme verbe, désigne la capacité de certains matériaux d'absorber ou de dégager de la vapeur d'eau, selon que l'humidité ambiante augmente ou diminue.

Tannate ferreux

Produit formé par la réaction des tannins d'origine végétale, très utilisé pour le tannage du cuir et servant à le rendre imputrescible. Utilisé à la surface du fer, il améliore sa résistance à la corrosion.

Tannin

Substance contenue dans plusieurs organes végétaux, qui rend les peaux imputrescibles, d'où son emploi dans la fabrication des cuirs.

Taphonomie

Description et analyse des gisements fossilifères. Étude des traces d'enfouissement subies par les spécimens paléontologiques et archéologiques.

Teneur en humidité à l'équilibre (THE)

Rapport entre la masse d'eau contenue dans une substance et sa masse sèche, exprimée en pourcentage (en anglais, *equilibrium moisture content* ou EMC).

Tensioactif

Caractéristique d'une substance possédant la propriété de modifier la tension superficielle entre deux systèmes non miscibles. Désigne les produits susceptibles d'augmenter les propriétés d'étalement et de mouillage d'un liquide appliqué sur un solide ou mélangé à un autre liquide. Abondamment utilisé dans l'industrie des détergents.

Tension superficielle

Phénomène observable à l'intérieur des liquides et dû aux forces de cohésion qui maintiennent ensemble les molécules d'une substance. Une tension superficielle élevée empêche le mouillage. L'utilisation de produits tensioactifs, en abaissant la tension, facilite l'étalement des liquides et améliore le contact d'un produit avec les surfaces à nettoyer.

Toluène

Hydrocarbure cyclique polyinsaturé, aromatique, liquide incolore, inflammable, à odeur forte, employé comme solvant. Il est suspecté d'être cancérigène.

**Tyvek (marque de commerce)**

Papier constitué de fibres de polyéthylène. Imputrescible, il peut servir à l'étiquetage des pièces conservées dans l'eau. Le marquage se fait avec un crayon indélébile.

Xylène

Hydrocarbure cyclique polyinsaturé, aromatique, liquide incolore, inflammable, à odeur forte, employé comme solvant. Il est suspecté d'être cancérigène.



ANNEXE III

SÉCURITÉ ET MANIPULATION DES PRODUITS CHIMIQUES

Il existe trois voies par lesquelles une substance toxique peut pénétrer dans l'organisme : par contact avec la peau, par inhalation et par ingestion. L'effet de chacune des substances dépendra du degré de toxicité du produit utilisé, de la durée de l'exposition, des effets synergétiques lorsqu'il s'agit de plusieurs produits et, finalement, de la santé et des réactions physiques de l'individu. Les effets sur l'organisme sont variés, mais ils touchent principalement les systèmes respiratoire, cardio-vasculaire, nerveux et reproducteur ainsi que la peau et les yeux.

Les intoxications, quant à elles, peuvent être chroniques ou aiguës et entraîner des symptômes aussi variés que la dermatite, des maux de tête, des irritations de la gorge ou des poumons, la fatigue. Elles peuvent même provoquer le cancer et causer la mort.

Pour toutes ces raisons, l'utilisation de produits chimiques exige le respect de certaines règles destinées à minimiser l'exposition :

- l'utilisation d'une extraction à la source ou d'une hotte constitue la meilleure façon de diminuer l'exposition aux vapeurs de solvants présents dans les consolidants, les adhésifs et les produits utilisés pour la numérotation. Par contre, l'emploi d'un ventilateur ne fait que déplacer le problème dans la pièce utilisée. Il faut toujours replacer le couvercle ou le bouchon du produit utilisé;
- le port d'un masque respiratoire au charbon activé peut diminuer l'exposition aux solvants organiques, mais son efficacité est limitée dans le temps et son usage n'est pas recommandé si la concentration des vapeurs toxiques dans l'air est élevée. Le masque de protection contre les particules et les poussières est nécessaire lors des opérations de nettoyage par brossage ou de dégagement mécanique. Le type de masque doit toujours être adapté à la dimension des particules libérées par le matériau utilisé et à la quantité de poussière présente dans l'atmosphère;
- l'utilisation de gants de nitrile et d'une protection oculaire diminue grandement les risques de pénétration par voie cutanée et les blessures aux yeux;
- pour éviter l'ingestion, il est fortement recommandé de ne pas manger ni boire dans les locaux où l'on conserve ou étudie des collections. De plus, les aliments favorisent l'apparition et la prolifération des insectes et risquent d'endommager de façon irréversible les objets;
- il ne faut pas fumer dans un local où sont employés des produits chimiques en raison des risques d'explosion et d'incendie associés aux solvants, de même que des effets synergétiques (multiplication des effets toxiques) possibles sur le corps humain. Il est recommandé d'éviter d'utiliser une flamme nue à proximité;
- en cas de doute sur la toxicité d'un produit ou d'une opération, il est possible de consulter un restaurateur, ainsi que la fiche de données de sécurité (FDS) qui accompagne normalement le produit.

La sécurité est une question non seulement de bon sens, mais également d'organisation. Pour cette raison, depuis 1988, il existe un système d'information qui uniformise les renseignements sur les dangers et l'usage sécuritaire des produits chimiques en milieu de travail.

Mis à jour en 2015 pour unifier les codes à l'échelle internationale, le système d'information sur les matières dangereuses utilisées au travail, couramment appelé SIMDUT, englobe les directives émises par la législation québécoise et canadienne.

Au Canada, les produits chimiques contrôlés sont classés en deux grands groupes, soit les dangers physiques et les dangers pour la santé. Un troisième groupe non retenu au Canada ni aux États-Unis est celui des dangers pour l'environnement.

Parmi ces deux groupes, il y a 31 classes de dangers dont chacune est subdivisée entre 2 et 8 catégories d'importance du danger. Par exemple, un liquide comburant de catégorie 1 est plus dangereux que celui de catégorie 3. Au Canada, 9 pictogrammes rassemblent ces informations. Le pictogramme sert à indiquer la combinaison de classe et de catégorie de danger pour un même produit.

La présence d'une étiquette d'une de ces catégories doit inciter à la prudence. Par contre, son absence ne signifie pas que le produit utilisé est sans danger. Il se peut que certains produits échappent à la juridiction du SIMDUT, notamment certains produits domestiques. En cas de doute, il est préférable de s'adresser à la Commission des normes, de l'équité, de la santé et de la sécurité du travail (CNEST), qui est responsable de l'application de la loi sur le SIMDUT.

Pour en apprendre davantage :

[Santé et sécurité](#)

[Guide d'utilisation d'une fiche de données de sécurité. Classification des produits dangereux et pictogrammes selon le SIMDUT 2015](#)

