

Table des matières

Remerciements.....	1
Résumé	5
Abstract	6
Zusammenfassung.....	7
Introduction générale.....	8
Partie 1 : Etude technologique et historique des parkas en membranes protéiques	10
1. Les parkas Inuits	10
1.1 Origine culturelle	10
1.2 Fonction pratique.....	12
1.3 Fonction symbolique et religieuse	13
2. La collection de parkas du Musée d'Histoire de Berne	14
2.1 Présentation du corpus	14
2.2 Présentation du contexte d'acquisition	16
3. Identification et caractérisation des matériaux utilisés.....	19
3.1 Les membranes protéiques	19
3.2 Les éléments décoratifs.....	20
3.3 Les fils de coutures	21
3.4 Caractérisation du matériau constitutif majeur : la membrane protéique	22
4. Etude du processus de fabrication	24
4.1 Préparation des membranes	24
4.2 Assemblage et couture.....	27
5. Contexte de conservation de la collection	28
5.1 Conditions de conservation passées, actuelles et futures.....	28
5.2 Valeurs culturelles associées.....	30
Partie 2 : Problématiques de conservation des parkas	31
1. Bilan sanitaire de la collection.....	31
1.1 Evaluation de l'état de conservation des parkas	31
1.2 Synthèse du bilan sanitaire.....	37
2. Etude de processus de dégradation communs : brunissement et raidissement.....	39
2.1 Impact du façonnage et de l'usage des objets	40
2.2 Impact des conditions de conservations passées et actuelles.....	46
2.3 Bilan des investigations : diagnostic/pronostic de la collection	51
Partie 3 : Développement d'une méthodologie de restauration pour la parka 4	54
1. Présentation et constat d'état de la parka 4.....	54
1.1 Description de l'objet et de ses spécificités	55

1.2	Synthèse du constat d'état, du diagnostic et du pronostic des altérations	56
2.	Objectifs et proposition de traitement	60
2.1	Enjeux de l'intervention.....	60
2.2	Interventions proposées.....	60
2.3	Impact des interventions sur les valeurs culturelles de l'objet	63
3.	Rapport d'intervention	63
3.1	Dépoussiérage et nettoyage de l'objet	63
3.2	Retrait des coutures de restauration ancienne	66
3.3	Humidification et remise en forme	67
3.4	Consolidations des coutures, des trous et des déchirures	71
3.5	Support de stockage et d'exposition.....	76
3.6	Conditionnement de transport et de stockage à long terme.....	82
4.	Recommandations de conservation	87
4.1	Conditions de stockage	87
4.2	Conditions d'exposition	87
4.3	Manipulation	88
	Bilan et discussion	89
	Conclusion générale.....	91
	Références bibliographiques.....	92
	Liste des figures	103
	Liste des tableaux.....	108
	Liste des graphiques	109
	Liste des abréviations et des sigles	110
	Lexique/glossaire.....	111
	Annexes.....	118
I.	A propos de la culture Inuit	118
II.	Informations complémentaires sur les matériaux constitutifs	120
III.	Histologie du système digestif.....	140
IV.	Formation du polymère de collagène.....	141
V.	Fiche d'identification et de constat d'état.....	144
VI.	Présentation des analyses instrumentales et des résultats obtenus	148
VII.	Etat de l'art, choix des traitements testés et présentation des résultats	176
VIII.	Indications pour l'installation du support et de l'objet.....	197
IX.	Liste des produits utilisés et fournisseurs.....	201

Sauf mention contraire, toutes les figures, illustrations et schémas portent la mention © HECR Arc, Gonnon, 2017.

Résumé

Le Musée d'Histoire de Berne conserve une collection de 5 parkas Inuits en membranes protéiques, provenant du Groenland, d'Alaska et du Détroit du Béring, qui ont été collectées entre 1778 et 1968.

Connue pour ses vêtements de fourrures, la culture matérielle Inuit s'incarne aussi plus spécifiquement à travers les productions de vêtements et objets en membranes protéiques. Les membranes intestinale et œsophagienne, pourtant perçues de façon triviale par le regard occidental, sont ainsi devenues l'un des outils fondamentaux pour la survie de ces peuples.

Comme toute matière organique, ces membranes ne sont pas vouées à perdurer dans le temps. Les processus de dégradations majeurs observés sur cette collection sont les altérations structurelles (raidissement, déformations, déchirures) et les altérations des propriétés optiques (jaunissement et brunissement). Ces processus, typiques des objets en membranes protéiques, sont évolutifs et menacent la conservation à long terme de la collection.

Ce mémoire présente dans un premier temps les résultats d'une investigation scientifique, reposant sur des recherches historiques, technologiques et la réalisation d'analyses instrumentales, menées dans le but de comprendre les causes et les conséquences du raidissement et du brunissement de la collection. Cette étude a permis d'identifier et caractériser les matériaux constitutifs des parkas. Nous avons aussi réalisé un examen diagnostic approfondi faisant le bilan de leur état de conservation actuel et mettant en évidence l'impact du façonnage et de l'histoire de ces objets sur leur état actuel et futur. Aucune parka ne peut être actuellement exposée sans risque d'induire des dégradations et 2 parkas sur 5 sont considérées dans un mauvais état de conservation. Le raidissement des parkas est induit par la réticulation de leurs fibres de collagène constitutives, tandis que leur brunissement est la conséquence visible d'un processus double d'hydrolyse acide et d'une oxydation du collagène.

Dans un second temps, ce mémoire présente le traitement de conservation-restauration de la parka 4 (1900.402.0001). La méthodologie d'intervention développée a pu être proposée à l'issue du diagnostic et du pronostic de cette collection, en s'appuyant sur des cas similaires et selon les résultats de tests menés en amont de chaque intervention. Etant donné que cette parka présente des altérations que l'on retrouve sur l'ensemble de la collection, ce protocole d'intervention pourra être adapté, selon les besoins spécifiques et les propriétés physico-chimiques des autres parkas, en vue de leur traitement.

Abstract

The Bernisches Historisches Museum preserves a collection of 5 Inuit parkas made of proteinaceous membranes. Their places of origin lie in Greenland, Alaska and the Bering Strait, and they were collected between 1778 and 1968.

Known for their fur clothing, the Inuit material culture also comprise clothing and implements made of proteinaceous membranes. The intestinal and esophageal membranes, regarded as trivial by the western mind, became one of the fundamental materials used for the survival of these peoples.

As any organic material, these membranes were not intended to last long time. The main degradation processes observed on this collection are the structural alterations (stiffening, deformations, tears) and the yellowing and browning. These processes, typical for the objects made of proteinaceous membranes, are evolutionary and threaten the long-term preservation of this collection.

This master thesis in a first step presents the results of a scientific investigation, basing on historic sources and technological researches and the implementation of instrumental analysis, led with the aim of understanding the causes and consequences of the stiffening and the browning of the collection. This allowed to identify and to characterize the constituent materials of the parkas and to make an in-depth diagnostic examination, assessing their current state of preservation and highlighting the impact of the manufacturing and the objects history on their current and future state. None of the parkas could currently be put on display without the risk of damaging it and 2 parkas out of the 5 are considered in a bad state of conservation. The stiffening is caused by the shrinking of their constituent collagen fibers, whereas the browning is the visible result of a double process of acid hydrolysis and oxidation of the collagen.

In a second step this thesis presents the conservation-restoration treatment of parka 4 (1900.402.0001). The intervention methodology proposed was based on the diagnosis and the prognosis of this collection, relying on similar cases and according to the results of tests done before every step of intervention. Given that this parka presents alteration that we find on the whole collection, this intervention protocol can be adapted, according to the specific needs and the physicochemical properties of the other parkas, with the aim of their treatment.

Zusammenfassung

Das Bernische Historische Museum konserviert eine Kollektion von 5 Inuit-Anoraks aus Proteinmembranen, die aus Grönland, Alaska und von der Beringstrasse stammen. Sie wurden zwischen dem Ende des 18. Jahrhunderts und 1968 gesammelt.

Das materielle Kulturgut der Inuit ist bekannt für seine Fellbekleidung, aber auch für die Herstellung von Kleidern und Gegenständen aus Proteinmembranen. Diese Membranen aus Därmen und Speiseröhren, welche aus dem westlichen Blickwinkel alltäglich scheinen, wurden für diese Völker zu grundlegenden Hilfsmitteln des Überlebens.

Wie auch andere organische Materialien, sind sie aber nicht geeignet, lange Zeit aufbewahrt zu werden. Die stärksten Schäden, die bei dieser Sammlung vorliegen, sind strukturelle Veränderungen (Versteifung, Verformung, Risse) und Verfärbungen (Vergilbung und Verdunklung). Diese Veränderungen, die für Proteinmembranen typisch sind, haben fortschreitenden Charakter und stellen die längerfristige Konservierung der Kollektion in Frage.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich zunächst mit einer wissenschaftlichen Erhebung von Ergebnissen, die auf geschichtlichen und technologischen Untersuchungen beruhen sowie mit der Durchführung von Materialanalysen, welche die Ursachen und Folgen der Versteifungen und Verfärbung der Kollektion zu verstehen sucht. Diese Erhebung erlaubt einerseits die Materialien, aus denen die Kollektion besteht, genau festzulegen und andererseits ihren aktuellen Konservierungsstand genau zu analysieren. Sie trägt die Herstellungsmethoden und die Geschichte der Objekte in ihrem aktuellen und zukünftigen Zustand zu Tage. Keines der Objekte kann im jetzigen Zustand ausgestellt werden, ohne schwere Schäden zu erleiden, ferner wird der Erhaltungszustand von zwei der fünf Anoraks als schlecht eingeschätzt. Die Versteifung der Anoraks beruht auf der zunehmenden Vernetzung ihrer Kollagenfasern, die Verfärbung hingegen ist offensichtlich die Folge von zwei Vorgängen: der Säurehydrolyse und der Oxidierung des Kollagens.

Der zweite Schritt dieser Arbeit besteht in der Konservierung-Restauration des Anoraks Nr. 4 (1900.402.0001). Das Behandlungsvorgehen wurde aufgrund der Zustandserfassung der Sammlung, im Vergleich mit ähnlichen Fällen und anhand der Ergebnisse, der vor jedem Arbeitsschritt durchgeführten Tests, bestimmt. Da die an diesem Anorak vorgefundenen Schäden auch bei den anderen Stücken der Sammlung vorliegen, kann dieses Behandlungsprotokoll unter Berücksichtigung der spezifischen physikalischen und chemischen Eigenschaften der Objekte auch für die anderen Anoraks angepasst werden.

Introduction générale

Lorsque l'on pense au costume traditionnel Inuit, notre imaginaire se dirige d'abord vers les remarquables vêtements de fourrures qui ont façonné la vision de la vie dans l'Arctique. Pourtant les conditions de vie dans ces régions étaient telles, que ces peuples doivent aussi leur survie à leur exceptionnelle capacité à exploiter toutes leurs ressources naturelles, des matières les plus nobles aux plus communes. Parmi celles-ci, les parkas en membranes protéiques sont une spécificité de la culture matérielle Inuit.

A la fois source de fascination et d'aversion dans le regard occidental contemporain, la membrane protéique n'en demeure pas moins l'illustre ancêtre du Gore-Tex®. Les Inuits l'élevèrent ainsi à son plus haut degré de technicité et en firent l'un des accessoires fondamentaux de la vie quotidienne et spirituelle des communautés. Collectés précocement au moment des premiers contacts entre les explorateurs européens et les peuples des régions arctiques, ces vêtements sont aujourd'hui les témoins d'une ingéniosité et d'un savoir-faire qui disparaît progressivement au profit de matériaux synthétiques, plus abordables et facile d'accès.

Le Musée d'Histoire de Berne (MHB) conserve une collection de 5 parkas Inuits en membranes protéiques, provenant du Groenland, d'Alaska et du Détroit du Bering, qui ont été collectées entre 1778 et 1968. Cette collection se distingue à la fois par son ancienneté et par son histoire, puisqu'elle incarne presque 200 ans d'histoire de l'institution bernoise et est associée à des personnalités historiques majeures, parmi lesquelles John Webber, peintre du 3^{ème} Voyage de James Cook, Adam Johann von Krusenstern, premier russe à avoir fait le tour du monde ou encore Hans-Georg Bandi, historien et ethnologue suisse.

Malgré cela, l'accroissement constant des collections du musée, les nombreuses réfections que celui-ci a connu et le désintérêt pour ces objets prosaïques ont conduit progressivement cette collection à l'oubli. Celle-ci présente aujourd'hui des altérations physico-chimiques importantes, mais couramment observées sur ce type d'objets. L'absence de support, l'exposition à des rayonnements lumineux et à des conditions thermo-hygrométriques inadaptées, combinés à des facteurs de dégradations inhérents à la nature même des matériaux, leur façonnage et leur usage sont autant d'éléments qui ont eu une influence sur leur état de conservation actuel. Les processus de dégradation que nous observons principalement sont le raidissement, ayant induit des déformations, et le brunissement.

Dans le cadre du réaménagement des réserves du musée, la redécouverte de la collection a abouti à un projet de mise en valeur, présenté à travers ce mémoire.

Le premier objectif de ce travail vise à comprendre les causes et les conséquences des altérations qui menacent la conservation à long terme de ces parkas. Nous étudierons d'abord les spécificités culturelles puis matérielles de ces vêtements en identifiant et en caractérisant leurs matériaux constitutifs et en présentant le contexte d'acquisition et de conservation de la collection. Nous présenterons ensuite un

examen diagnostic approfondi faisant le bilan de leur état de conservation et mettant en évidence l'impact du façonnage et de l'histoire de ces objets sur leur état actuel et futur.

Le second objectif de ce travail est de développer une méthodologie de traitement adaptée à cette typologie d'objet et de l'appliquer sur l'une des parkas. Celle-ci a été choisie en accord avec les responsables de la collection parce qu'elle présentait des altérations représentatives du corpus, tout en se trouvant dans un état de conservation permettant d'envisager un traitement réalisable dans le temps imparti au cours de ce travail de diplôme de master. Le mandat qui nous a été confié comprend la stabilisation des processus de dégradation physiques qui menacent la conservation à long terme de l'objet ainsi que l'amélioration de sa perception esthétique en vue de son exposition. Nous présenterons le traitement de conservation-restauration de la parka 1900.402.0001, dont le protocole d'intervention a été élaboré en s'appuyant sur des cas similaires et à la suite de tests menés en amont de chaque traitement.

Rapport-Gratuit.com

Partie 1 : Etude technologique et historique des parkas en membranes protéiques

Cette partie vise à comprendre le contexte d'origine, d'acquisition et de conservation ainsi que leurs spécificités matérielles de la collection de parkas.

1. Les parkas Inuits

1.1 Origine culturelle



Fig.1 Carte du territoire circumpolaire Inuit © *underthepole.com*

Le terme *Inuit* (« humain ») désigne, en linguistique, en archéologie et en anthropologie, les individus parlant une langue de la famille esquimau-aléoute. Il concerne actuellement 155 000 individus répartis dans les 4 pays qui encerclent le pôle Nord – le Groenland (rattaché politiquement au Danemark), le Canada, l'Alaska (U.S.A.) et la Russie¹. Ces peuples ont colonisé ces régions à partir du VIII^e millénaire av. n.e². Ils sont aujourd'hui représentés par le Conseil circumpolaire Inuit, fondé en 1977 en réponse au tracé de ces frontières géopolitiques récentes³ (Fig. 1).

Cette culture se définit par un mode de vie de chasseurs nomades, dépendant particulièrement des ressources maritimes (Fig. 2). Outre la langue *inuit-inupiaq*, une caractéristique commune est le développement de moyens d'adaptation permettant de survivre dans les milieux les plus hostiles de l'Arctique – tels que le permafrost* et des conditions météorologiques extrêmement rigoureuses (allant de +15°C à -50°C durant la saison hivernale, qui peut durer 6 à 9 mois)⁴. Selon les régions, le soleil disparaît pendant 6 mois, faisant place à la nuit polaire* qui a un impact direct sur le façonnage des parkas.



Fig.2 Groupe de chasseurs de morse © *Inuit Heritage Trust, 2009*

La fabrication du costume Inuit, malgré les 6 000 kilomètres du territoire circumpolaire, présente une remarquable uniformité. Ainsi, hormis pour quelques populations canadiennes du centre, les parkas en

¹ Robert-Lamblin, 2017 [En ligne]

² Pour plus de détails, veuillez consulter le chapitre I. A propos de la culture Inuit, en annexes p.118-119.

³ Issenman et Rankin, 2007 [En ligne]

⁴ Damas, 1984, p.28-31

membranes protéiques sont utilisées par tous. Elles sont issues d'une évolution des tuniques en fourrures de petits mammifères. La forme générale du vêtement, le recours à des bandes utilisées comme unité, la légèreté, la finesse et les couleurs sont similaires d'une région à l'autre⁵ (Fig. 3).

Les parkas sont toujours fabriquées en Sibérie et en Alaska (Fig. 4). Actuellement, le nombre réduit de mammifères marins, l'évolution vestimentaire et l'accès facilité à des matériaux modernes et bons marchés favorisent l'emploi des vêtements commerciaux⁶.



Fig.3 Inuits portant des parkas, Alaska (v. 1900) © Eric A Hegg Photograph



Fig.4 Kayakiste portant une parka traditionnelle, Alaska © ECHO Space, 2008

La culture Inuit se définit aussi par la foi en des croyances animistes et chamanistes. Dominée par la figure de Sedna, déesse de la mer sans doigts, la vie quotidienne et religieuse est dictée par des règles à respecter pour assurer une chasse et une pêche fructueuse, nécessaires à la survie de la communauté. Tout objet et être vivant ont une âme et chaque phénomène de la vie est causé par les esprits. Ces croyances se retrouvent jusque dans la confection du costume, symbolisant le lien entre les hommes, les animaux et les esprits. Ainsi, la peau des pattes sert à faire des manches, celle de la tête devient la capuche, etc.⁷ (Fig.5-6). De même, un vêtement fait à partir d'un animal vivant dans les terres ne peut être fabriqué que dans les terres, là où il a été chassé⁸.



Fig.5 Rituel dansant chamanique, Alaska © Smithsonian Institution

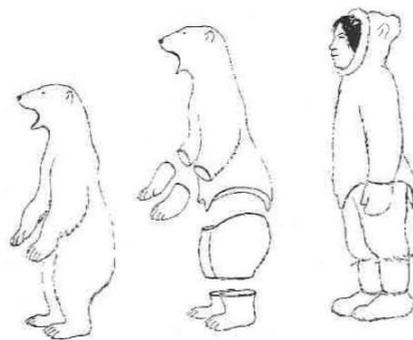


Fig.6 Transformation de la fourrure d'ours en costume Inuit © Rohame, 2001

⁵ Hickman, 1988, p.6

⁶ Alembik, 2010, p.76

⁷ Ibid., p.85

⁸ King et al., 2005, p.12

1.2 Fonction pratique

Les parkas sont désignées par de nombreux noms vernaculaires : *kamleika* (russe) ; *immarenin* (Yupik*) ; *kapisaa* (Kalaallisut*)⁹. Nous avons gardé l'appellation générique parka, évitant ainsi toute confusion. Ce mot russe samoyède signifie « peau d'animal qui sert à se protéger » et est lui-même emprunté à *Inupiaq*¹⁰.

La parka est utilisée par les hommes comme les femmes et peut présenter des variantes stylistiques qui permettent de les sexospécifier. Elle se porte par-dessus les autres vêtements qui sont faits de fourrure. Elle est réalisée à partir de membranes protéiques, le plus souvent des intestins de mammifères marins ou terrestres¹¹. Les propriétés principales de ce matériau sont :

- sa respirabilité*,
- sa flexibilité– notamment lorsqu'il est humide,
- sa légèreté (une parka sèche pèse entre 85g et 200 g env.¹²),
- sa translucidité (dans le cas des membranes d'été).

Sa fonction est de protéger celui qui la porte des conditions climatiques extérieures. Elle protège de l'eau liquide tout en favorisant l'évacuation de la sudation, sous forme d'eau vapeur. Cette propriété de respirabilité trouve son équivalent contemporain dans les tissus « respirant », tels que le Gore-Tex^{®13}. Ceci est particulièrement important lorsque les Inuits sont en contact avec l'eau, lors de la chasse en kayak* (Fig.7).



Fig.7 Chasseur Aléoutes faisant une démonstration de chasse, 1909 © Alaska.si.edu



⁹ Voir Tableau 12 Noms donnés aux parkas selon leur provenance géographique et culturelle, dans le Chapitre I en annexes p.119

¹⁰ CNRTL, 2017 [En ligne]

¹¹ Hickman, 1988, p.9-10

¹² Ibid., p.8

¹³ Sáiz Gómez et al., 2014, p.75

Fig. 8 Inuit arrimant sur un kayak ©
Musée national du Danemark

La partie inférieure de la parka est attachée autour de l'hiloire* du kayak, dans le but de créer un joint étanche entre le chasseur et son embarcation, lui permettant de rester sec en toutes circonstances (Fig.8).

Lorsqu'il est mouillé, ce vêtement devient élastique et peut s'adapter aux formes du corps, résistant de même à la pression exercée par l'eau¹⁴. En cas d'esquimautage*, le chasseur peut revenir à sa posture initiale sans craindre d'être mouillé ni gelé par la température glaciale de l'eau. Etant utilisées quotidiennement et dans des conditions peu favorables, ces parkas s'usent rapidement (environ une tous les 5 mois)¹⁵.

Ces membranes sont aussi un matériau de prédilection pour la fabrication de voiles, de bottes, de sacs de coutures emmenés en mer par les chasseurs¹⁶ ou de fenêtres dans les maisons semi-enterrées¹⁷ (Fig.9-10).



Fig.9 Sac de couture Aléoute en membrane intestinale, 1882 © National Museum of Natural History, Washington



Fig.10 Représentation miniature d'une parka en membrane protéique, conservée au MHB

1.3 Fonction symbolique et religieuse

Dans le cadre de leurs croyances animistes, les Inuits considèrent que ces objets sont investis par la force vitale de l'animal prélevé et qu'ils permettent de communiquer avec le monde des esprits¹⁸.

La *kamleika*, utilisée par les chamanes, est une parka sacrée reconnaissable à son col relevé et à ses éléments décoratifs nombreux (Fig.11, p.14). Sa résilience assure une barrière imperméable contre les mauvais esprits, et donc une protection spirituelle. Cette fonction protectrice se retrouve aussi dans

¹⁴ Hickman, 1988, p.23

¹⁵ King et al., 2005, p.48

¹⁶ Alembik, 2010, p.74

¹⁷ Hickman, 1988, p.24

¹⁸ King et al., 2005, p.12

l'usage des parkas ordinaires, pour les enfants et les chasseurs¹⁹, et d'objets spirituels, tels que les masques funéraires²⁰.

Les parkas sacrées sont des marqueurs sociaux de haut rang. Elles ont d'abord été données en cadeaux lors des premiers contacts avec les Européens – notamment aux commandants de la marine russe au XVIIIe siècle qui échangèrent avec les populations Aléoutiennes. Suite au goût que ces derniers ont développé pour ce vêtement, leur forme évolua à mesure qu'elles devinrent des articles de commerce de plus en plus prestigieux pour finalement imiter les capes à col montant des officiers russes²¹ (Fig.12).



Fig.11 Kamleika et parka d'enfant, Aleuts, Peabody Museum © Université de Harvard



Fig.12 Cape Aléoute confectionnée au goût occidental, 1858 © National Museum of Natural History, Washington

2. La collection de parkas du Musée d'Histoire de Berne

2.1 Présentation du corpus

Le MHB conserve 5 parkas constituées de membrane protéique et d'aponévrose* de mammifères marins (Fig.13 à 17, ci-dessous et p.15).



Fig.13 Parka 1, vue de la face avant



Fig.14 Parka 2, vue de la face avant

¹⁹ Hickman, 1988, p.9

²⁰ Alembik, 2010, p.71

²¹ Alembik, 2010, p.71



Fig.15 Parka 3, vue de la face avant



Fig.16 Parka 5, vue de la face avant

La parka 2, la plus ancienne, date d'avant 1778, tandis que la plus récente a été acquise en 1968 (parka 5). Quatre d'entre elles sont des parkas d'adulte caractérisées par la longueur de leur torse. La parka 1, reconnaissable à son col haut, la qualité de ses matériaux et de sa manufacture, est un vêtement sacré. La parka 4, plus courte, est destinée à être portée par un enfant. Elles ont toutes été fabriquées selon un processus spécifique aux régions de l'Arctique (Tableau 1).

Nom durant l'étude	Numéro d'inventaire	Date d'acquisition	Provenance supposée	Matériau constitutif principal	Mensurations maximales H : hauteur L : largeur
Parka 1	1791.401.001	1838	Détroit du Béring	Membrane intestinale	H : 133 cm L bande inf. : 85 cm L bras dépliés : 150 cm
Parka 2	1838.401.002 8	1791	Alaska	Membrane intestinale	H : 129 cm L bande inf. : 81 cm L bras dépliés : 79 cm
Parka 3	1859.401.001 9	1859	Alaska	Membrane oesophagienne	H : 124 cm L bande inf. : 100 cm L bras dépliés : 166 cm
Parka 4	1900.402.001	1900	Groenland	Membrane intestinale	H : 91 cm L bande inf. : 48 cm L bras dépliés : 144 cm
Parka 5	1968.401.006	1968	Ile de St Laurent - Alaska	Membrane intestinale	H : 125 cm L bande inf. : 81 cm L bras dépliés : 124 cm

Tableau 1 Synthèse des informations générales relatives à chaque parka

Ce sont des vêtements de forme fermée, s'enfilant par la tête et constitués de bandes horizontales (parkas 1, 2 et 5) ou verticales (parkas 3 et 4). La partie supérieure, le buste, présente une capuche et des épaules droites suivies de manches longues – hormis la parka 1 qui possède un col haut. Le corps est composé d'une partie centrale entourée de flancs puis se termine par une bande inférieure. Nous désignerons par dextre²², le côté droit d'une parka, et par senestre, son côté gauche (Fig.17, p.16). Une

²² Le point de vue se place comme si nous étions dans l'objet.

description détaillée de chaque parka est disponible dans les fiches d'identification et de constat d'état, en annexes p.144-147 et dans le fichier numérique d'annexes complémentaires.

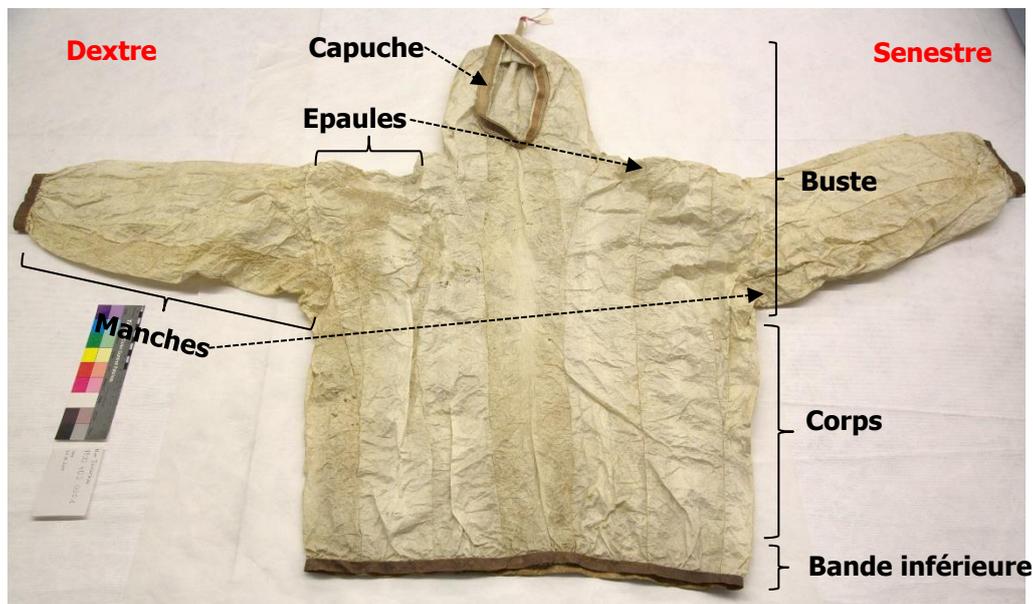


Fig.17 Parka 4, vue de la face avant indiquant les éléments descriptifs du vêtement



Fig.18 Détail du motif mésentérique sur la parka 5

Les bandes qui les constituent mesurent de 30 cm à plus 270 cm de long pour 7 à 11 cm de large et sont continues ou discontinues. Elles sont cousues bord à bord selon des points d'étanchéité, laissant la ligne mésentérique* visible au centre (Fig. 18). Seule la parka 3 ne présente pas ce motif.

Ces parkas présentent des ornements décoratifs plus ou moins élaborés selon leur provenance, leur fonction et leur usage. Le profil général de leur patron est en T s'évasant

vers la partie inférieure du vêtement.

Enfin, notons que la parka 3 est retournée, la face interne étant devenu sa face externe. Ainsi, en dehors de celle-ci, toutes présentent des coutures sur la face interne.

2.2 Présentation du contexte d'acquisition

L'étude du contexte d'acquisition a relevé une erreur dans l'inventorisation des parkas 1 et 2. La description de l'objet inventorié en 1791 indique un vêtement avec une capuche, or la parka 1 présente un col haut, et il n'est pas fait mention de ses nombreux ornements. La parka 2, qui a été inventoriée comme provenant de la collection Schoch, correspond plus à cette description. Son état de conservation actuel soutient aussi l'hypothèse qu'il s'agit de la plus ancienne parka de la collection. La collection Schoch a permis de rassembler des pièces prestigieuses et d'une grande rareté dont la parka 1, qui est

une parka sacrée, pourrait s’y rapporter. Une description faisant mention d’un vêtement pourrait être interprétée comme la parka 1²³.

2.2.1 La collection John Webber

John Webber (1751-1793), de son vrai nom Johann Wäber, est le fils du sculpteur bernois Abraham Wäber. Après avoir fait son apprentissage à Berne auprès du peintre Johann Ludwig Aberli, puis à l’Académie royale de Paris et la Royal Academy of Arts de Londres, il est engagé par James Cook à bord du *Resolution*, comme peintre de la 3^{ème} expédition.



Fig.19 J. Webber, *A portrait of Poedua*, 1777, *National Maritime Museum (Londres)* © *Royal Museums Greenwich*

James Cook (1728-1779), célèbre navigateur britannique, a entrepris 3 Voyages dans le Pacifique entre 1768-1780. Ceux-ci ont considérablement élargi les connaissances en matière de navigation, d’astronomie, de sciences naturelles et de géographie. Ils visaient à explorer des mers et des pays encore inconnus, tels que Tahiti, Hawaï et l’île de Pâques²⁴. Le 3^{ème} voyage (1776–1780) devait plus particulièrement permettre de trouver le passage du Nord-Ouest, reliant le nord de l’océan Pacifique à l’océan Atlantique²⁵. Là-bas, il établit l’un des premiers contacts avec les populations d’Unalaska et de Sibérie et c’est probablement lors de ce voyage que la parka 2 fut ramenée.

C’est en 1790 que John Webber légua ses « choses des mers du Sud », c’est-à-dire 120 objets et 320 dessins et esquisses, à la ville de Berne en remerciement pour le soutien apporté à sa formation. Ces œuvres, qui ont profondément influencé la perception que les Européens se faisaient du Pacifique, constituent la base de la collection ethnographique du MHB²⁶.

2.2.2 La collection Schoch

Lorenz Alphons Schoch (1810-1866) était un riche marchand originaire de Burgdorf (Canton de Berne) qui s’est établi à St. Louis (Missouri) en 1833 et a fait fortune dans le négoce. Grâce à ses échanges avec les populations locales, il a collecté l’une des plus précoces collections d’objets amérindiens. Certains d’entre eux, d’une grande rareté, comptent parmi les plus prestigieux témoignages conservés en Suisse (Fig.20-21).

²³ Martin Schultz, collaborateur scientifique d’ethnographie (Afrique, Amérique), communications orales et écrites, de février à juillet 2017.

²⁴ Joannon, 2017 [En ligne]

²⁵ Musée d’Histoire de Berne, 2010 [En ligne]

²⁶ Oudot, 2010, p.3



Fig.20 Coiffe en plume Sioux, vers 1830, Musée d'Histoire de Berne (Berne) © MHB



Fig.21 Chemise d'homme, vers 1830, probablement réalisée par Blackfeet, Musée d'Histoire de Berne (Berne) © MHB

Cette collection est documentée grâce à une liste inventariant chaque objet et qui a été écrite par Schoch lui-même en 1838. Elle fut acquise par le MHB dès 1890 et constitue le premier fond des collections amérindiennes et du nord de l'Amérique du Nord du musée²⁷. La parka 1 pourrait provenir de cette collection.

2.2.3 Les dons et les missions d'exploration du MHB

La parka 3 est issu d'un don du professeur et évêque Johan Jacob (1785-1864). Sa collection comprenait plus de 30 objets provenant de plusieurs aires de l'océan Pacifique dont l'Arctique. Cette parka a pu être collectée durant l'expédition d'Adam Johann von Krusenstern (1770-1846), amiral de la marine impériale russe, qui avait pour mission d'explorer les côtes de l'Alaska et les régions septentrionales de l'Asie (1803-1806)²⁸. Il est le premier russe à avoir fait le tour du monde²⁹.

La parka 4 a été collectée durant la mission de Mme Von Fischer- von Plessen, centrée sur l'exploration du Groenland. C'est le premier objet acquis par le MHB à provenir de cette région du monde. Malheureusement, nous ne disposons d'aucune autre information sur cette personne ni cette mission.

²⁷ Thomson, 1977, p.147

²⁸ Martin Schultz, collaborateur scientifique d'ethnographie (Afrique, Amérique), communications orales et écrites, de février à juillet 2017.

²⁹ Bnf, 2017 [En ligne]



Fig.22 Parka 5, photographiée au moment de son acquisition (1968) © MHB, 1972

La parka 5 a été collectée durant l'expédition d'Hans-Georg Bandi (1920-2016), historien spécialisé dans l'archéologie de l'Arctique, en Alaska³⁰. Elle a été documentée et publiée par Charlotte von Graffenried dans le Rapport Annuel de 1972 (Fig.22). La confection de ce vêtement a été commandée pour l'occasion en 1967³¹. C'est la parka la plus récente de cette collection.

3. Identification et caractérisation des matériaux utilisés

Afin de mieux comprendre l'impact du façonnage et ses dégradations, nous avons cherché à identifier les matériaux constitutifs de cette collection. Les méthodes d'identification nous ayant permis de formuler nos hypothèses sont disponibles dans le chapitre II Informations complémentaires sur les matériaux constitutifs, en annexes, p.120-139.

3.1 Les membranes protéiques

Les méthodes d'identification des espèces animales utilisées dans la fabrication des parkas reposent sur l'observation et l'étude de la littérature ethno-biologico-historique³².

Le tableau 2, présente les résultats de nos recherches. Ces hypothèses ont été formulées d'après des observations visuelles macroscopique et microscopique (microscopique optique en lumière normale transmise et microscopie électronique à balayage).

Objets	Origine de la membrane	Espèce supposée
Parka 1	Intestinale	Lion de mer de Steller (<i>Eumetopias jubatus</i>) ou Phoque barbu (<i>Erignathus barbatus</i>)
Parka 2	Intestinale	Cétacé
Parka 3	Œsophagienne	Lion de mer de Steller (<i>Eumetopias jubatus</i>)
Parka 4	Intestinale	Cétacé
Parka 5	Intestinale	Phoque commun (<i>Phoca vitulina</i>)

Tableau 2 Résultats de l'identification des membranes et espèces utilisées

³⁰ Dictionnaire historique de la Suisse, 2017 [En ligne]

³¹ Musée d'Histoire de Berne, 1972

³² Hickman, 1988, p.24-27

L'observations des caractéristiques physiques de ces membranes corrélées avec les informations disponibles confirment l'emploi de membranes de mammifères marins, vraisemblablement de pinnipèdes*.

Concernant les parkas 2 et 4, nous n'avons pas pu déterminer plus précisément les espèces prélevées pour réaliser ces parkas. D'après la base de données du MHB, il pourrait s'agir de membranes de cétacés.

3.2 Les éléments décoratifs

Le tableau 3 ci-dessous présente les résultats de nos investigations pour chaque type d'ornement sur les parkas.

Décor	Parka 1	Parka 3	Parka 5
Rubans de peaux	Phoque barbu (<i>Erignathus barbatus</i>)	Lion de mer de Steller (<i>Eumetopias jubatus</i>)	Blanchon de phoque commun (<i>Phoca vitulina</i>)
Bandelettes	Œsophage		
Fibres animales	Cheveux		

Tableau 3 Résultats d'identification des matériaux constitutifs des ornements

Les bandelettes de la parka 1 sont probablement faite d'œsophage³³. Toutefois, la proximité entre les membranes intestinale et œsophagienne, une fois préparées par le processus inuit, ne permet pas de les distinguer (Fig.23-24).

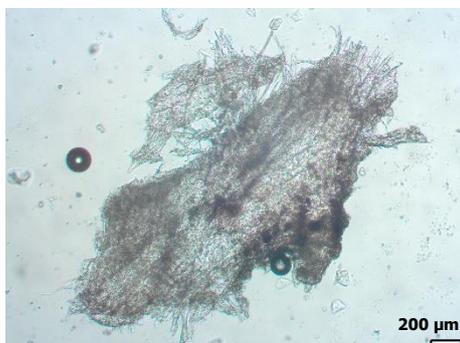


Fig.23 Observation au microscope en lumière transmise d'un prélèvement de membrane intestinale de la parka 1



Fig.24 Observation au microscope en lumière transmise d'un prélèvement de bandelette de la parka 1

Les parkas 4 et 5 présentent de fins rubans de cuir ornant la capuche, les manches et l'extrémité de la bande inférieure. Nous supposons du cuir de phoque, dont l'emploi sous forme de bandes dépilées était courant sur ce type de vêtement³⁴ (Fig.25-26, p.21).

³³ Florian, 2007, p. 31 ; Smith et al., 2009, p.45 ; Jackson et Hugues, 2009 [En ligne]

³⁴ Buijs, 2016 [En ligne]



Fig. 25 Détail des rubans de cuir ornant la capuche de la parka 4

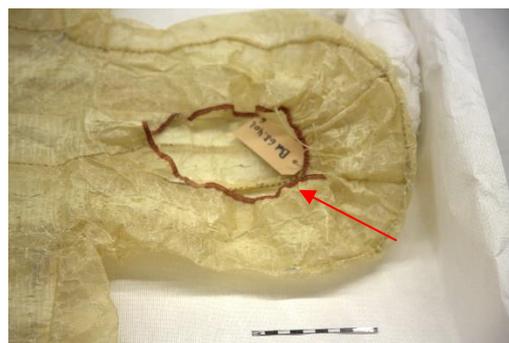


Fig. 26 Vue du ruban de cuir ornant la capuche de la parka 5

3.3 Les fils de coutures

Comme l'indique le tableau 4, nous avons distingué des fils de 3 natures (Fig. 27) :

Nature des fils	Parka 1	Parka 2	Parka 3	Parka 4	Parka 5
Animale	Aponévrose de muscle Laine	Aponévrose de muscle	Aponévrose de muscle	Aponévrose de muscle	
Végétale	Herbe ou paille	Herbe ou paille			Coton
Autre					Synthétique

Tableau 4 Résultats d'identification des matériaux constitutifs des fils de coutures

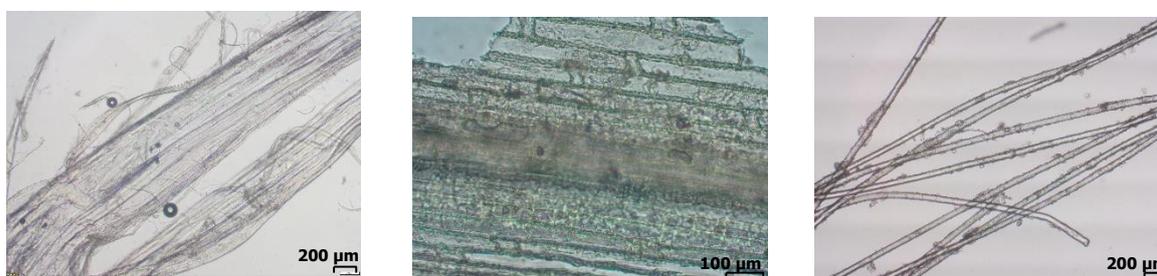


Fig. 27 De gauche à droite : prélèvement d'un fil d'aponévrose de muscle (parka 3), prélèvement d'un fil de fibres végétales (parka 2) et prélèvement d'un fil synthétique (parka 5)

Les fils d'aponévrose de muscle sont aussi appelés *ivalu*. Ils sont utilisés dans la confection des vêtements, chaussures, tentes, filets et kayaks³⁵. Les espèces les plus utilisées sont la baleine et le renne (provenant principalement de la colonne vertébrale), plus souples et faciles à mettre en œuvre, ainsi que le phoque³⁶.

³⁵ Issenman et Rankin, 2007 [En ligne]

³⁶ Alembik, 2010, p77



3.4 Caractérisation du matériau constitutif majeur : la membrane protéique

L'œsophage et les intestins sont des organes* mous faisant partie du système* digestif des mammifères, qui ont été majoritairement employés pour la fabrication des parkas. Les premières traces de leur usage remontent au II^{ème} millénaire avt. N.-E, trouvées en Alaska³⁷.

Histologie comparée³⁸

Ils constituent 2 des 4 segments du tube digestif, caractérisé par un pôle supérieur, la cavité buccale, et un pôle inférieur, le rectum³⁹. Comparée à l'organisation aléatoire du derme constitutif du cuir, la paroi du système digestif est très dense et régulière⁴⁰.

Les mouvements péristaltiques, induisant la contraction et l'expansion du système digestif, permettent d'assurer le broyage et la progression du bol alimentaire*⁴¹. Cette fonction biologique implique que les tissus qui le constituent soient résistant à la traction et capables de supporter des pressions constantes. Cet appareil est composé de 5 tuniques* concentriques. Elles sont constituées de tissus conjonctifs

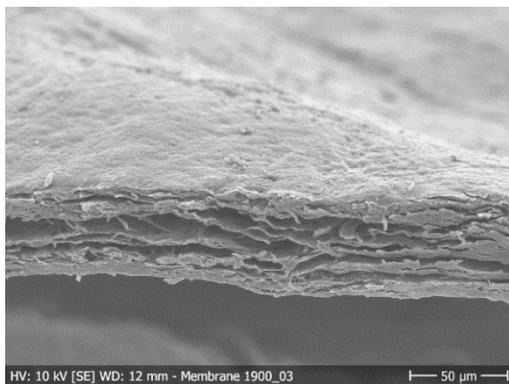


Fig.28 Membrane de la parka 4, vue au MEB. On constate une organisation fibrillaire orientée et lâche © Stephan Ramseyer, 2017

lâches* dont les fibrilles⁴² sont orientées dans une même direction, ce qui les rendent très élastiques et résistantes. Ces fibrilles se caractérisent par leur matrice extracellulaire* constituée de fibres de collagène, d'élastine* et de réticuline*⁴³.

La tunique sous-muqueuse est la couche conservée lors de la transformation de ces membranes (Fig.28). Les spécificités des muqueuses sont d'être en permanence humides et d'être perméables à l'eau ainsi qu'à de nombreuses substances⁴⁴.

La couche de sous-muqueuse de l'œsophage est plus épaisse que celle des intestins. A l'inverse, les intestins se distinguent par leur vascularisation, grâce aux veines mésentériques* supérieure et inférieure⁴⁵ (Fig.29, p.23).

³⁷ Hickman, 1988, p.6

³⁸ Pour des informations complémentaires, consulter le Chapitre III Histologie du système digestif, en annexes p.140-141.

³⁹ Schäffler et Schmidt, 1998, p.250

⁴⁰ Morrison, 1986, p.17

⁴¹ Schäffler et Schmidt, 1998, p.249

⁴² L'organisation fibrillaire des membranes est expliquée dans le Chapitre IV. Formation du polymère de collagène, en annexes p.141-143.

⁴³ Policard, 2017 [En ligne]

⁴⁴ Schäffler et Schmidt, 1998, p.250

⁴⁵ Ibid., p.252

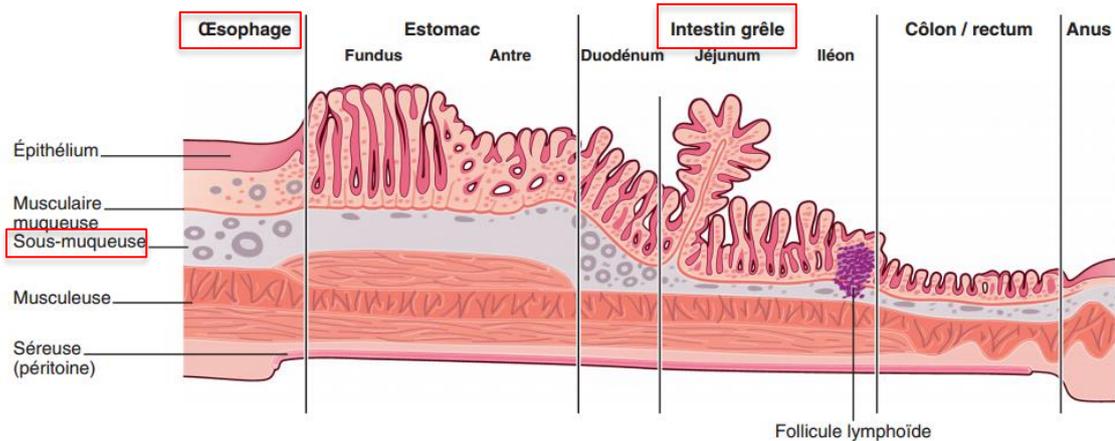


Fig.29 Aspects histologiques de la paroi digestive © CDU-HGE/Editions Elsevier-Masson, 2014

La paroi du système* digestif présente aussi des capillaires, permettant un échange unidirectionnel entre le bol alimentaire et le sang, qui se referment à la mort de l'animal. Ceci rend le matériau étanche à l'eau liquide mais perméable à l'eau vapeur⁴⁶.

Nature chimique constitutive du collagène

Le collagène est la principale protéine constitutive des membranes⁴⁷. Ce polymère glycoprotidique* se caractérise par une organisation structurale quaternaire hélicoïdale, dont chaque étape de sa formation est décrite dans le Chapitre IV. Formation du polymère de collagène, en annexes p.141-143.

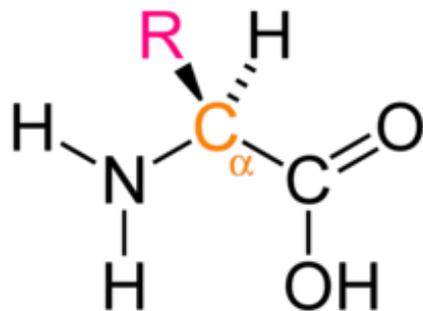


Fig.30 Formule de base d'un acide aminé © Wikipedia.org

Il est constitué d'acides aminés liés par des liaisons covalentes. Ils présentent tous la même structure de base orientée autour d'un carbone central (carbone α), sur lequel s'organisent :

- Une fonction carboxylique (-COOH)
- Une fonction amine primaire (-NH₂)
- Un atome d'hydrogène (-H)
- Une chaîne latérale (noté -R). C'est la nature de ce groupement latéral qui différencie les acides aminés⁴⁸ (Fig.30).

⁴⁶ Sáiz Gómez et al., 2014, p.74

⁴⁷ Alembik, 2010, p.57

⁴⁸ Ibid., p.49-50

La glycine, la proline et les deux isomères de l'hydroxyproline⁴⁹: l'hydroxy 3-proline et l'hydroxy 4-proline sont ses acides aminés majoritaires⁵⁰. Le collagène se caractérise aussi par sa teneur minime en cystéine et en méthionine, contenant du soufre⁵¹.

Il présente une organisation fibrillaire issue de la réticulation du tropocollagène*, unité de base du polymère. Son arrangement spatial se caractérise par une alternance régulière de régions cristallines⁵², contenant des acides aminés non polaires, et de régions amorphes, avec des acides aminés à longues chaînes polaires. Les premières contribuent à la stabilité de la molécule, tandis que les secondes sont responsables de sa réactivité chimique⁵³.

Le collagène est une molécule hydrolysable dont les chaînes peuvent être séparées à une température dépassant celle de dénaturation*. Physiquement, ceci induit la transformation de ce dernier en gélatine.

4. Etude du processus de fabrication

4.1 Préparation des membranes

Les membranes proviennent en général d'animaux chassés durant l'été ou le printemps⁵⁴. Durant l'hiver, ces matériaux sont plus gras, difficiles à travailler et jaunissent davantage. Traditionnellement, un vêtement est conçu à partir d'une même espèce ou de congénères. L'espèce, l'âge, la taille et l'état de santé de l'animal influencent la qualité du produit final, qui peut varier en apparence, poids et durabilité. Le processus de fabrication complet peut durer 3 mois⁵⁵.

Ces vêtements sont fabriqués par les femmes. Leur savoir-faire est transgénérationnel et les meilleures couturières sont très respectées. En cas d'attaque, elles bénéficient d'une sécurité renforcée et sont secrètement cachées pour ne pas être blessées⁵⁶.

Raclage, trempage et gonflement des fibres du collagène

Les membranes sont la dernière partie de l'animal à être préparée après son dépeçage⁵⁷. Elles sont d'abord raclées avec un *ulu**, puis mises à tremper dans un bain d'eau (de mer ou de rivière), lavées puis rincées (Fig.31, p.25). Ceci permet de faire gonfler les différentes tuniques et d'extraire sang et graisses⁵⁸.

⁴⁹ Obtenus par l'hydroxylation – c'est-à-dire la fixation des groupes hydroxyles sur une molécule organique – de la proline après la synthèse de la chaîne α sur les polysomes.

⁵⁰ Kite et Thomson, 2006, p.5

⁵¹ Florian, 2007, p.82

⁵² Présentant un haut degré d'organisation.

⁵³ Chahine, 2013, p.28-29

⁵⁴ Smith et al., 2009, p.77

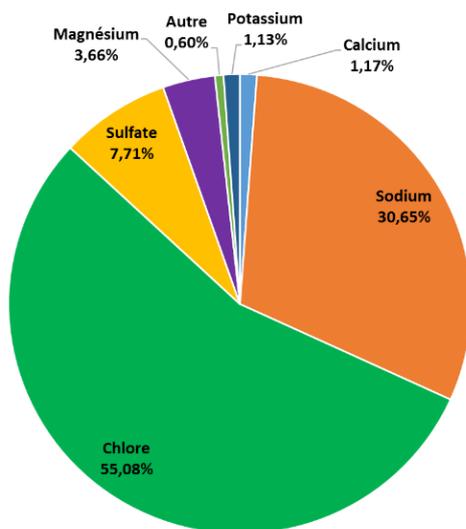
⁵⁵ Buijjs, 2016 [En ligne]

⁵⁶ Smith et al., 2009, p.80

⁵⁷ Hickman, 1988, p.24

⁵⁸ Morrison, 1986, p.17

Pourcentage de sels dans l'eau de mer



Indépendamment de sa salinité locale, l'eau de mer est constituée d'éléments en proportions relativement constantes⁵⁹ – majoritairement du sodium (Na⁺), du chlorure (Cl⁻), du sulfate (SO₄²⁻), du magnésium (Mg²⁺), du calcium (Ca²⁺) et du potassium (K⁺) (Graphique 1). L'eau de rivière a une composition influencée par le milieu local.

Graphique 1 Composition moyenne de l'eau de mer de salinité 35 g.l⁻¹ (salinité moyenne des océans) © Dickson et Govet, 1994

Le gonflement des membranes est dû à la présence de groupes hydrophiles, dans les régions amorphes du collagène. En fonction du point isoélectrique* (pI)⁶⁰, des groupes –COO⁻ ou –NH₃⁺ vont attirer les molécules d'eau dans la structure des fibres par un phénomène osmotique*, ainsi que des sels* dissouts selon un phénomène lyotropique*. Le premier est dépendant du pH et est d'autant plus fort que l'on s'éloigne du pI – surtout en milieu acide⁶¹. Le second a lieu à n'importe quel pH mais est dépendant de la concentration en sels dissouts⁶², ou agents lyotropiques. Il s'agit, dans l'ordre décroissant, du F⁻ > SO₄²⁻ > HPO₄²⁻ > Cl⁻ > NO₃⁻ > NH₄⁺ > K⁺ > Na⁺ > Mg²⁺ > Ca²⁺ – celui-ci causant le plus faible gonflement⁶³.

Pour finir, le NaCl facilite l'extraction de l'eau libre* contenue dans les tissus et crée un environnement défavorable pour le développement des bactéries et microorganismes⁶⁴.

Les tuniques sont ensuite pelées afin de ne conserver que la sous-muqueuse. L'une des extrémités est nouée pour gonfler le tube d'air, puis il est mis à sécher en extérieur, après avoir fermé l'autre extrémité⁶⁵ (Fig.32, p.26).

⁵⁹ Turekian, 1968

⁶⁰ Le pI du collagène est proche de 5 mais varie durant le processus de fabrication entre 4,7 et 8.

⁶¹ Chahine, 2013, p.39

⁶² Ce mécanisme n'est pas encore bien connu mais semble dépendre d'interactions spécifiques entre les ions dissouts, l'eau et les molécules de collagène.

⁶³ Florian, 2007, p.60

⁶⁴ Chahine, 2013, p.76-77

⁶⁵ Hickman, 1988, p.24



Fig.31 Lavage et gonflement des intestins, vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly



Fig.32 Etirement et gonflage des intestins pour le séchage vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly



Fig.33 Découpe et enroulement des bandes pour le stockage, vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly

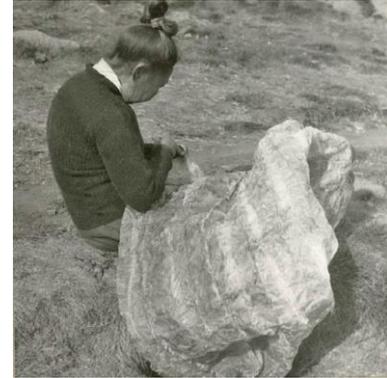


Fig. 34 Assemblage par couture, vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly

Séchage : distinction entre membranes d'hiver et d'été



Fig. 35 Parka d'hiver, vers 1960, National Museum of the American Indian, Washington © Smithsonian Institution



Fig. 36 Parka d'été Yupik, XXème siècle, Honolulu Museum of Art, Honolulu © Honolulu Museum of Art

Les membranes d'hiver* (*winter gut*, Fig.35 p.26) sont séchées peu avant la période de la nuit polaire, caractérisée par des températures très basses au niveau du sol (comprises entre -15°C et -40°C au plus fort de l'hiver), un air contenant peu de vapeur d'eau et un taux d'ensoleillement journalier faible. Ces conditions climatiques extrêmes induisent probablement un processus de lyophilisation* partielle comprenant une surgélation* puis une déshydratation primaire* par sublimation*. En effet, à -18°C la pression de vapeur saturante de l'air est de 150 Pa (1,5 mbar) alors que celle de la glace varie de 165 Pa à 103 Pa (1,7 à 1 mbar) entre -15°C et -20°C⁶⁶. Ceci laisse supposer qu'une partie de l'eau libre* contenue dans les fibres de collagène peut se sublimer⁶⁷.

La membrane obtenue est blanche, opaque et satinée et permet de fabriquer des parkas plus flexibles et durables⁶⁸.

Les membranes d'été* (*summer gut*, Fig.36 p.26), subissent un séchage à des températures plus douces, dans des conditions humides et soumises à plus de rayonnements solaires. Ce procédé permet d'obtenir une membrane translucide, de teinte ocre et peu flexible, ce qui la rend plus sensible aux déchirures⁶⁹. Il semblerait que seules les membranes intestinales puissent devenir translucides.

4.2 Assemblage et couture

Une fois sèches, les membranes sont coupées dans le sens de la longueur, généralement à l'opposé de la ligne mésentérique, utilisée comme motif décoratif. Les bandes sont enroulées pour être stockées⁷⁰ ou assemblées par couture (Fig.33-34, p.26).

Les bandes sont orientées selon leur fonction in-vivo, la face interne tournée vers le corps, ce qui permet de bénéficier des propriétés d'étanchéité et de respirabilité du matériau⁷¹. De manière générale, les bandes disposées horizontalement sont plus typiques dans l'ouest des régions arctiques⁷², alors que l'organisation verticale est une pratique commune d'est en ouest⁷³.

Les vêtements Inuits sont assemblés à l'aide de points d'étanchéité en fil d'aponévrose (Fig.37, p.26). Celui-ci a la propriété de gonfler en présence d'humidité, rendant la couture parfaitement imperméable. Le point d'étanchéité est ancien et a par exemple été retrouvé sur une parka en intestin datant du XIIIe siècle, issues du site archéologique de l'Ile Ellesmere (Nunavut)⁷⁴. Ces coutures sont souvent renforcées avec des fils d'herbe (Fig.38 p.28), d'aponévrose mais aussi avec des éléments décoratifs, servant à

⁶⁶ Goyette, 2007 [En ligne] ; Dickson et Govet, 1994

⁶⁷ L'eau solide passe à l'état gazeux et s'élimine progressivement dès que la pression de vapeur de l'air s'approche de celle de la glace et s'accélère lorsqu'elle est inférieure à celle de la glace. Pour que la sublimation se produise, il faut que la pression partielle de vapeur d'eau autour de l'objet soit inférieure à la tension de vapeur saturante de la glace à la surface de celui-ci, à la température considérée.

⁶⁸ Hickman p.29 ; Smith et al., 2009, p.80 ; Reed, 2008 [En ligne]

⁶⁹ King et al., 2005, p.48 ; Smith et al., 2009, p.80

⁷⁰ Alembik, 2010, p.80

⁷¹ Ibid., p.78

⁷² Morrison, 1986, p.17

⁷³ Hatt et Taylor, 1969, p.52

⁷⁴ Issenman et Rankin, 2007 [En ligne]

réduire les tensions du fil d'aponévrose sur la couture lorsqu'il gonfle, tout en améliorant sa qualité d'étanchéité⁷⁵.

Nous avons identifié 6 types de points de couture sur ces parkas. Ceux-ci sont décrits dans les fiches d'identification et de constat d'état, en annexes p.144-147 et dans le fichier numérique d'annexes complémentaires.



Fig.37 Aponévrose de muscle séchée, XIXe siècle, MHB



Fig.38 Point d'étanchéité d'aponévrose renforcé de fils végétaux (parka 2)

5. Contexte de conservation de la collection

5.1 Conditions de conservation passées, actuelles et futures⁷⁶

En 1881, l'*Antiquarisches Museum der Stadt Bern (Antiquarium)* est inauguré dans la galerie de la bibliothèque de la ville (Fig.39). Les collections ethnographiques, archéologiques et historiques du canton et de la ville y sont rassemblées, y compris la collection Webber. Les objets sont exposés dans des vitrines, réparties dans 3 salles organisées par aires géographiques.

Dans l'idée de créer un Musée national suisse, un bâtiment est érigé sur l'actuel site d'Helvetiaplatz.

Bien que la ville de Zurich fût finalement choisie, la construction du nouveau musée bernois est poursuivie jusqu'à son inauguration en 1894. Comme précédemment, le MHB met en exposition l'entièreté de sa collection.



Fig.39 L'Antiquarium, vers 1881 © MHB, 2011

Comme précédemment, le MHB met en exposition l'entièreté de sa collection.

Suite au vaste don d'Henri Moser en 1914, le musée est agrandi d'une aile surmontée de greniers, dédiés au stockage des collections. Dans les années 1950, cette aile est finalement fermée au public pour ne servir que de réserve. Les collections Asie, Amériques, Turquie et Europe du Nord y sont stockées jusque dans les années 1980. Un niveau intermédiaire (actuels espaces dédiés aux Amériques) ainsi que des pavillons externes sont aussi

⁷⁵ Issenman, 1997, p.89

⁷⁶ Martin Schultz, collaborateur scientifique d'ethnographie (Afrique, Amérique), communications orales et écrites, de février à juillet 2017.

érigés afin d'agrandir la capacité de stockage du musée. Les plus grands objets, dont les parkas 3 et 4, y sont cloués aux murs afin de gagner de l'espace.

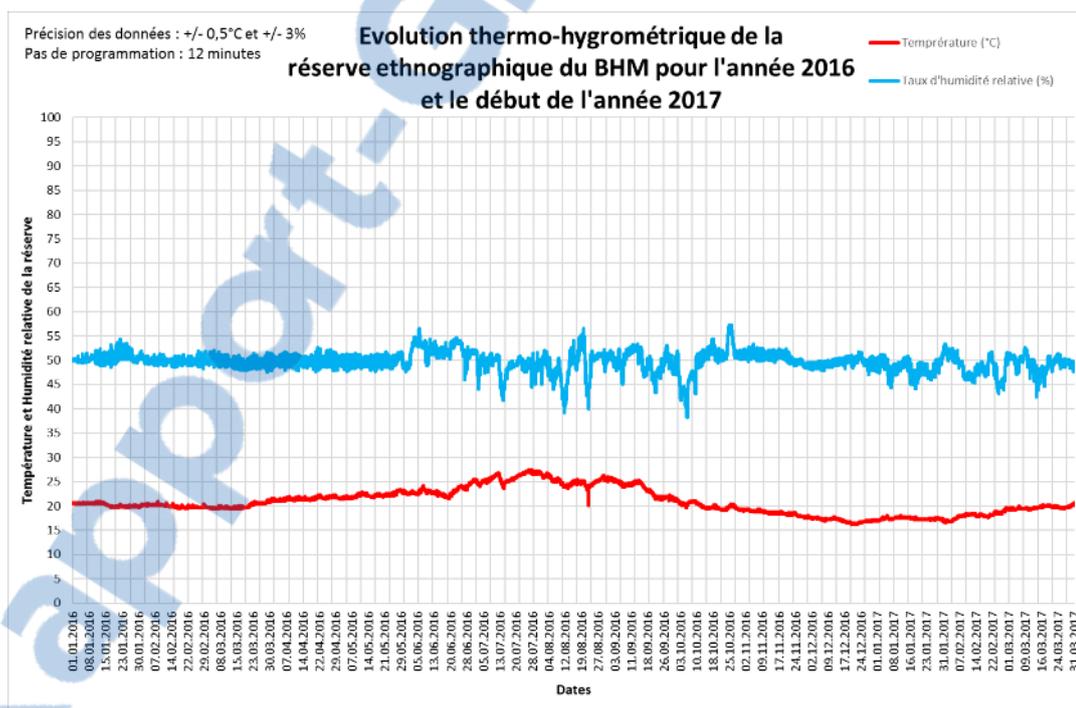
A la fin des années 1960, le musée modernise sa muséographie et son mobilier d'exposition. Nous pouvons supposer que c'est à cette époque que la collection Webber a été retirée de l'exposition et la parka 2 mise en réserve.

Enfin, dans les années 1980, la collection de parkas est retrouvée dans les greniers de l'aile Moser, partiellement inventoriée.

Ces anciennes conditions de stockage laissent présumer l'influence d'un climat instable et probablement inadapté d'un point de vue thermique, hygrométrique, d'exposition à la lumière et aux dépôts exogènes (poussières, polluants organiques).

Les réserves du Museum d'Histoire naturelle de Berne, où est actuellement conservée la collection, ont été construites dans les années 1990. Elles se situent dans les niveaux supérieurs du bâtiment historique mais bénéficient d'un bon niveau d'isolation.

Le graphique thermo-hygrométrique ci-dessous présente l'évolution du climat de la réserve où sont conservées les parkas, pour l'année 2016 et le début de l'année 2017.



Graphique 2 Evolution du climat de la réserve ethnographique du MHB

Les conditions thermo-hygrométriques y sont relativement stables – avec une température moyenne de 20,8°C et un taux d'humidité relative moyen de 49,7%. Les variations journalières moyennes annuelles sont de 2 à 3°C et de 5 à 10% d'humidité relative. La période estivale accuse les fluctuations hygrométriques (supérieures à 15%) et les valeurs de températures (jusqu'à 27°C) les plus élevées.

La collection est conservée à plat dans des boîtes en carton non acide – hormis la parka 4 qui ne bénéficie d'aucun conditionnement (Fig.40).



Un projet d'aménagement de nouvelles réserves est prévu pour les années à venir. Il va permettre d'offrir de nouvelles conditions de conservation à long terme tout en augmentant la capacité de stockage des réserves du MHB.

Fig.40 Vue de la collection. La parka 4 se trouve sur la première boîte, signalée par une flèche verte

5.2 Valeurs culturelles associées

Le tableau 5 présente les valeurs culturelles de cette collection. Chaque valeur est présentée en fonction des informations qu'elle apporte selon l'époque considérée.

Valeurs culturelles	Dans le contexte d'origine	Dans le contexte de la collecte et de l'histoire du musée	Actuellement
Usage	Portée jusqu'à être inutilisable (déchirures, réparations) Nécessaire à la survie	Usage probable des parkas 2 et 3 par les explorateurs	
Religieuse	Moyen de protection et de communication avec les esprits		
Esthétique	Support d'une volonté esthétisante par le choix de la membrane, l'agencement spécifique des bandes, couture et ornements variés	A influencé positivement la collecte de la parka 1	
Recherche		Témoin d'une identité régionale et locale Matériaux et techniques inconnus Commande de la parka 5 comme témoin d'un savoir-faire et d'une culture	Savoir-faire et modes de vie quasi disparus Typologie de parkas selon époque et régions Témoins des premiers contacts avec les européens, des missions d'explorations et de l'histoire du MHB Matériaux et espèces spécifiques
Association		James Cook et John Webber	James Cook et John Webber Lorenz Alphons Schoch Adam Johann von Krusenstern Hans-Georg Bandi
Ancienneté			Façonnage et facture typiques d'un ancien mode de vie Nombreuses dégradations dues aux conditions de stockage
Rareté			La parka 2 est probablement l'un des plus vieux spécimens conservés aujourd'hui

Tableau 5 Evolution des valeurs culturelles de la collection à travers son histoire

La patrimonialisation de la collection a donc eu un impact sur la perception de ces parkas au cours du temps et a induit un changement progressif de leur statut. Apprécées à l'origine pour leurs valeurs d'usage, religieuse et esthétique, elles ont été collectées et conservées en tant que témoins de différentes cultures et savoir-faire. Aujourd'hui, l'histoire complexe de cette collection fait que ce sont pour leur valeur de recherche, d'association, d'ancienneté et de rareté que l'on souhaite les conserver et les valoriser.

Partie 2 : Problématiques de conservation des parkas

Cette partie présente dans un premier temps les processus de dégradation observés sur la collection de parkas, puis dresse leur diagnostic et leur pronostic.

1. Bilan sanitaire de la collection

1.1 Evaluation de l'état de conservation des parkas

Une parka en bon état de conservation se caractérise par sa teinte claire, sa translucidité ou son opacité, sa résistance mécanique et sa flexibilité⁷⁷ (Fig.41-42).



Fig.41 Parka d'été, vers 1920, National Museum of Natural History, Washington © Smithsonian Institution



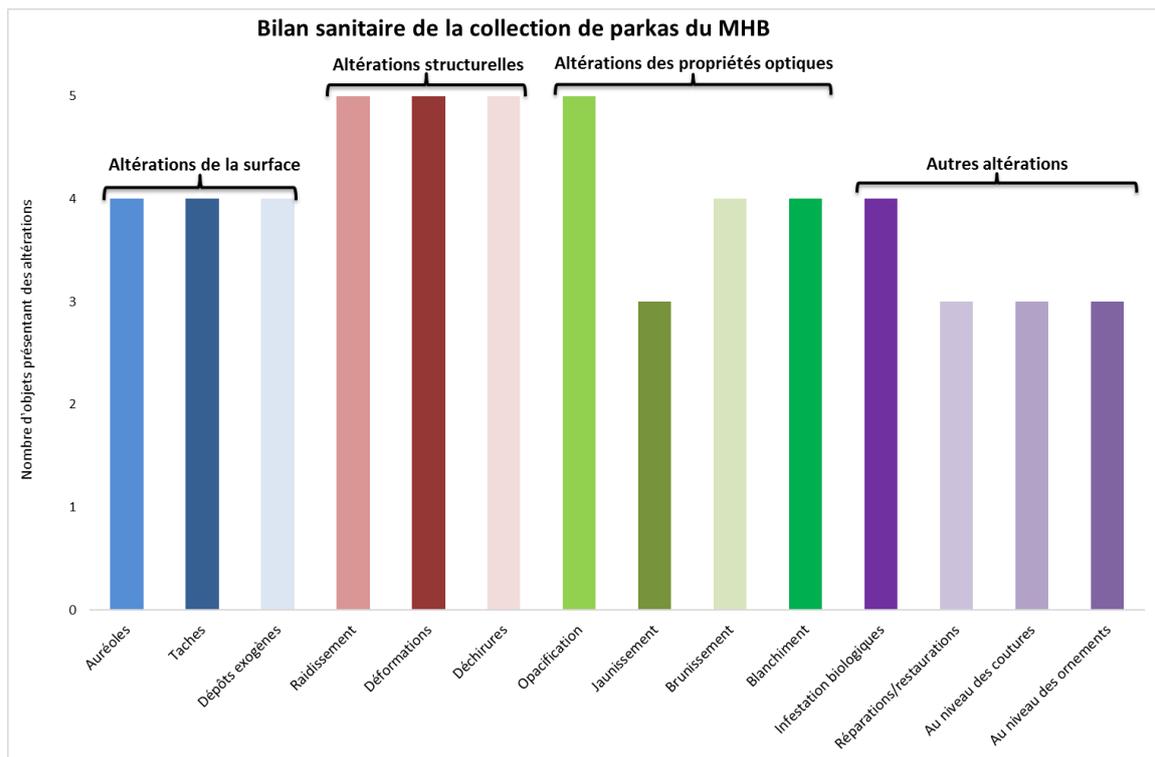
Fig.42 Parka d'hiver Yuit, vers 1920, National Museum of the American Indian, Washington © Smithsonian Institution

Partant de ce constat, nous avons réalisé le bilan sanitaire de la collection en évaluant visuellement 4 types d'altérations⁷⁸ : la surface des objets, structurelles, les propriétés optiques et les autres altérations. Ces observations ont été faites à l'œil nu et à l'aide d'un microscope digital USB (*Discovery™ Veho®* VMS-400), en lumière normale.

Le graphique 3, p.32 présente synthétiquement les résultats de nos observations. Une version détaillée de cette évaluation est disponible dans tableau des Informations recollées durant le bilan sanitaire (fichier numérique annexes complémentaires).

⁷⁷ Hickman, 1986, p.31

⁷⁸ Un glossaire spécifique des critères d'évaluation des altérations observées sur la collection est disponible p.116-117.



Graphique 3 Synthèse du bilan sanitaire de la collection de parkas

Altérations de la surface

Les parkas 1, 2, 3 et 5 présentent des auréoles* (Fig.43). Celles-ci sont hétérogènes*, localisées*, de couleur brun foncé à orangé, et d'une taille variant d'un à une dizaine de centimètre de diamètre.

Les parkas 1 à 4 présentent des taches hétérogènes, localisées et d'une taille variant de quelques millimètres à quelques centimètres de diamètre (Fig.44). Elles présentent aussi des dépôts exogènes de trois types : des efflorescences blanches et brillantes, des dépôts blancs, mates et faiblement adhérents, et des dépôts jaunâtres satinés et poisseux⁷⁹ (Fig.45 et 46, p.33).



Fig.43 Auréole sur la bande inférieure en cuir (parka 2)



Fig. 44 Taches de fer (encadré rouge) sur la partie supérieure du buste (parka 4)

⁷⁹ Le diagnostic des altérations de la collection est développé ci-après, par facteurs d'altérations, de la p.39 à p.53.



Fig.45 Efflorescences blanches et brillantes (parka 2)



Fig. 46 Dépôts poudreux blancs (parka 1)

Altérations structurelles

Ces parkas présentent toutes un processus de raidissement induisant des déformations et rendant les membranes cassantes. Ce phénomène est souvent plus important au niveau des zones de sollicitation (manches et de la capuche). Il provoque la formation de pliures marquées et la perte partielle de la forme de leur patron (Fig.47-50,).



Fig.47 Raidissement et déformations de la manche dextre (parka 2)



Fig.48 Raidissement et déformation de la capuche (parka 4)



Fig.49 Pliures marquées et froissement (parka 4)



Fig.50 Froissement des membranes (parka 3)

Enfin, elles présentent toutes des déchirures, pouvant être localisées sur quelques centimètres ou étendues* à plusieurs dizaines de centimètres de long, et ayant entraîné des lacunes (Fig.51-52, p.34).



Fig.51 Déchirure sur la partie supérieure du buste (parka 2)



Fig. 52 Déchirure sur le buste (parka 1)

Altérations des propriétés optiques

Ces objets présentent un processus d'opacification homogène*, généralisé à l'ensemble des membranes, altérant faiblement (parka 1 et 5) à moyennement (pour la parka 2) leur translucidité. Il est difficile d'évaluer si ce processus est évolutif sur les parkas 3 et 4 qui sont originellement opaques. Un processus de jaunissement est observable sur les parkas 3, 4 et 5 où il a un impact faible sur leur teinte. Il est seulement localisé à certaines bandes pour la parka 4. A l'inverse, les parkas 1 et 2 montrent un processus de brunissement généralisé tandis qu'il est localisé à quelques bandes sur les parkas 3 et 5 (Fig.53).

Fig.53 Brunissement et jaunissement des membranes, par ordre décroissant d'altération



Ces processus semblent s'intensifier en fonction de l'ancienneté de l'objet. Ainsi la parka 2, qui est la plus ancienne, présente le brunissement le plus fort, suivie de la parka 1 alors que les parkas 4 et 5, plus récentes, montre un plus faible jaunissement.

Ce brunissement induit la perte partielle à totale du motif mésentérique (Fig.54).

Fig.54 Processus de brunissement avec perte partielle du motif mésentérique (parka 2)



Autres altérations

Les autres altérations constatées sont des signes d'une ancienne infestation biologique (présence d'exuvies et d'excréments d'insectes, poils lacunaires et cassés, trous (Fig.55-56)), des réparations anciennes (pièces de membranes cousues au point droit), d'anciens traitements de consolidation de déchirures (parka 4) ainsi que la rupture des coutures d'origine (ruptures, effilochage) (Fig.57) et la dégradation des ornements (Fig.58).



Fig.55 Trous d'insectes induisant des lacunes des membranes (parka 4)

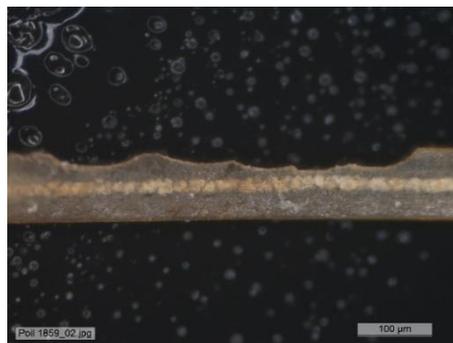


Fig.56 Poil partiellement altéré par une attaque d'insecte, vu au microscope optique en lumière normale réfléchie (parka 3) © Ramseyer, 2017



Fig.57 Couture désolidarisée suite à une déchirure (parka 4)



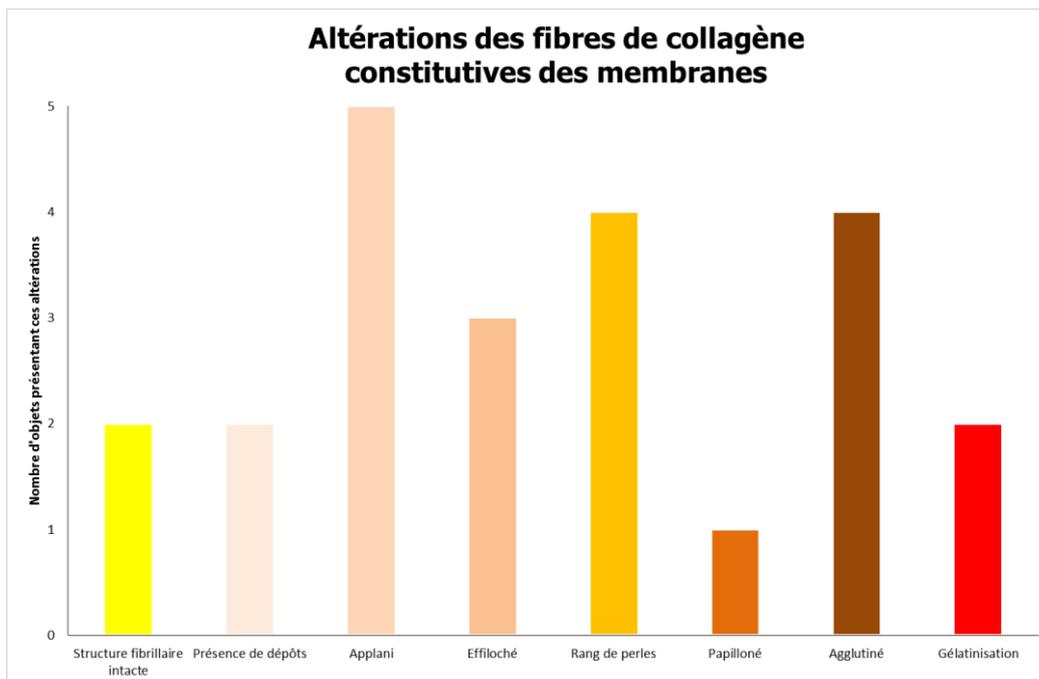
Fig.58 Déformations et raidissement des ornements (parka 1)

Etat de conservation des fibres de collagène constitutives des membranes

Grâce aux critères d'évaluation de l'état de dégradation des fibres de collagène dans le parchemin et le cuir, définis par M. René Larsen⁸⁰, nous avons pu mettre en évidence 8 états typologiques⁸¹. Nos observations ont été réalisées au microscope optique (*Zeiss® Axioskop 2 MAT*), en lumière normale transmise.

⁸⁰ Larsen, 2012, p.62

⁸¹ Voir Glossaire descriptif des fibres de collagène, p.117.



Graphique 4 Synthèse des résultats des observations microscopiques, présentant les critères d'observation dans l'ordre croissant d'altérations

D'après le graphique 4, l'état de dégradation des fibres des prélèvements observés est globalement hétérogène. Seuls 2 prélèvements (parka 2 et 4) conservent des structures fibrillaires intactes. Tous présentent une structure fibrillaire aplaniée* et 4 montrent des structures en rang de perles* (parkas 1 à 4) (Fig.59-60) et des fibres agglutinées* (parkas 1, 2, 3 et 5).

Une structure papillonnée* a été observée dans le prélèvement de la parka 1 (Fig.61, p.37), tandis que ceux des parkas 1 et 2 ont montré des fibres dégradées selon un processus de gélatinisation* (Fig.62, p.37).



Fig.59 Structure fibrillaire en rang de perle (parka 2)



Fig.60 Structure fibrillaire en rang de perle (parka 1)

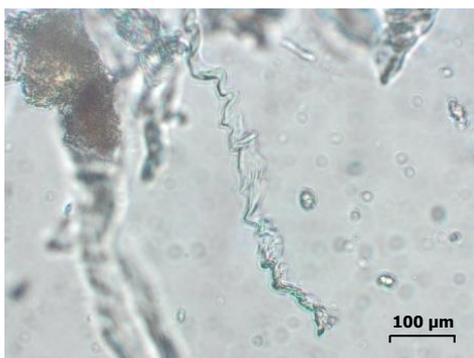


Fig.61 Structure fibrillaire papillonnée (parka 1)

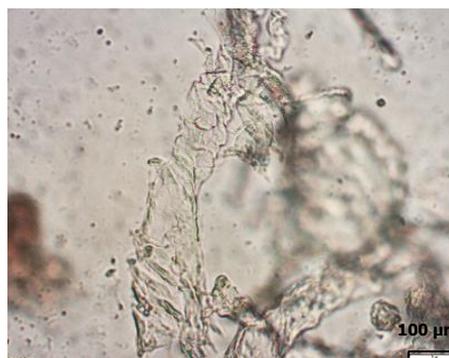


Fig.62 Structure fibrillaire gélatinisée (parka 1)

1.2 Synthèse du bilan sanitaire

La réalisation du bilan sanitaire a permis de dégager les dégradations spécifiques des parkas conservées au MHB.

Le tableau 6 présente les conclusions de nos observations. L'état de conservation final des parkas est évalué à l'aide de 3 critères : la sensibilité aux facteurs de dégradations environnementaux, la possibilité de manipuler l'objet et la possibilité de conditionner l'objet pour l'exposer (avant et après stabilisation).

Critères d'évaluation	Parka 1	Parka 2	Parka 3	Parka 4	Parka 5
<i>Sensibilité au UV</i>	Forte	Forte	Forte	Moyenne	Moyenne
<i>Sensibilité aux variations climatiques</i>	Forte	Forte	Forte	Moyenne	Faible
<i>Manipulable avant stabilisation</i>	Non	Non	Oui	Oui	Oui
<i>Manipulable après stabilisation</i>	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Exposable sur support avant stabilisation</i>	Non	Non	Non	Non	Non
<i>Exposable sur support après stabilisation</i>	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
<i>Etat de conservation</i>	Mauvais	Mauvais	Passable	Passable	Passable

Tableau 6 Bilan des observations réalisées durant le bilan sanitaire de la collection

Aucun objet n'est actuellement exposable sans risque d'induire des dégradations. Les parkas 1 et 2 sont les plus dégradées, elles montrent une forte sensibilité aux facteurs de dégradations environnementaux et un risque de dégradations mécaniques important en cas de la manipulation. Les parkas 3 à 5 sont dans un état passable, ce qui se traduit physiquement par une sensibilité moins élevée aux agents de dégradations environnementaux et elles peuvent être manipulées en l'état.

Les altérations structurelles – raidissement, déformations, froissement et déchirures – et les altérations des propriétés optiques – opacification, jaunissement et brunissement – sont les deux types d’altérations majeurs. Constatés sur l’ensemble de la collection de parkas du MHB, ces processus d’altérations sont observés couramment dans d’autres collections (Fig.63-67).

Altérations structurelles similaires observées dans d’autres collections



Fig.63 Parka d’hiver provenant d’Alaska, fin XIXe, collection privée © Research Project Native Alaskan Gut Parkas



Fig.64 Parka d’hiver en intestins provenant d’Alaska, fin XIXe, collection privée © Antique Helper



Fig.65 Détail d’une parka d’été déchirée au niveau d’une couture (Alaska), Bata shoe museum © Bata shoe museum

Processus de brunissement constaté dans d’autres collections



Fig.66 Parka d’été Yup’ik, avant 1925, National Museum of the American Indian © Smithsonian Institution



Fig.67 Parka d’enfant, Alaska © Burke Museum of Natural History & Culture



Fig.68 Détail d'intestin de bœuf « neuf » (à gauche) et « vieillis » en milieu humide (au centre) et sec (à droite)

Par comparaison, la Fig.68 montre l'état d'une membrane intestinale de bœuf préparée dans le cadre de ce travail de diplôme, selon le processus Inuit pour les membranes d'été.

Après fabrication, la membrane se caractérise par sa translucidité, sa plasticité et sa teinte faiblement ocre. Les deux échantillons bruns sont des éprouvettes qui ont été vieillis artificiellement.

2. Etude de processus de dégradation communs : brunissement et raidissement

Le diagnostic et le pronostic de la collection s'est centré sur l'étude du brunissement et du raidissement. Pour se faire, nous avons réalisé des analyses de :

- Spectrométrie de fluorescence X (FRX) qui nous ont permis de détecter des éléments issus du façonnage et de l'usage des parkas,
- Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier en réflectance totale atténuée (IRTF-RTA), afin d'étudier les processus de dégradation majeurs du collagène (hydrolyse acide, oxydation et dénaturation) par l'observation des bandes Amides I et II⁸²,
- Chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS, grâce à la méthode par passive sampler améliorée), afin de mettre en évidence la présence de biocides organochlorés,
- Micro Hot Table (MHT), qui nous ont permis d'évaluer la température de rétraction (Ts) des fibres de collagène constitutives des parkas et leur stabilité physico-chimique,
- pH, dans le but d'évaluer une possible acidification des membranes due à l'influence de réactions d'hydrolyse acide.

Les résultats de ces investigations sont présentés synthétiquement dans le tableau 7, p.40. Les méthodes, conditions opératoires, protocoles et résultats de chaque analyse sont présentés en détails, dans le Chapitre VI Présentation des analyses instrumentales et des résultats obtenus, en annexes p.148-175.

⁸² D'autres méthodes d'investigations des processus de dégradation du collagène existent, telle que la spectroscopie Raman en lumière polarisée. Nous avons choisi la FTIR-RTA car elle était la plus disponible et facile d'accès pour ce travail de diplôme.

	FRX (éléments détectés)	GC-MS (molécules détectées)	IRTF-RTA Observation des bandes Amides I et II (A _I et A _{II})			IRTF-RTA (autres composés détectés)	pH	Ts (en °C)
			Hydrolyse (Ratio A _I /A _{II})	Oxydation (Epaule sur A _I)	Dénaturation (σA _I - σA _{II})			
Parka 1	Cl ; S ; Ca ; Si ; K ; Al ; Fe ; Cu ; Zn	DDT (p,p'-DDE ; o,p'-DDT ; p,p'- DDT) Permethrin Dichlorobenzène Naphthaline	2,2	oui	103	Présence d'acide gras saturé Présence de silicates	6,2	48,8
Parka 2	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Al ; Fe ; Cu	DDT, DDE Dichlorobenzène	3,5	oui	104	Présence de silicates	5,7	48
Parka 3	Cl ; S ; Ca ; S ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn	Permethrin Dichlorobenzène	2,5	non	111		6,3	64,6
Parka 4	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn	Dichlorobenzène	2,3	oui	100		6,3	53,5
Parka 5	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Cu ; Zn	Permethrin Dichlorobenzène	1,9	oui	98		6,6	59,8

Tableau 7 Tableau récapitulatif des résultats des analyses réalisées

2.1 Impact du façonnage et de l'usage des objets

Nous pouvons distinguer 3 facteurs de dégradation, issus du façonnage et de l'usage : la présence d'acides gras* saturés et insaturés, de sels hygroscopiques et la diminution de l'eau libre.

Auto-oxydation des acides gras insaturés* et saturés*



Le bilan sanitaire a mis en évidence une couche blanchâtre cireuse et satinée sur l'ensemble de la collection. Cette couche tend vers le jaunâtre à brun sur les parkas 1 et 2 (Fig.69).

Fig.69 Couche cireuse et jaunâtre sur la parka 2

Des taches jaunâtres à brunes, à l'aspect huileux, ont aussi été constatées sur les parkas 3 et 4 (Fig.70 et 71). Elles provoquent une rétraction localisée des membranes.

Ces taches se situent dans la partie supérieure des vêtements – sur les manches de la parka 3 et l'épaule droite de la parka 4 – ce qui laisse supposer des altérations dues à l'usage des objets (lors de la chasse ou le dépeçage d'un animal).



Fig.70 Tache huileuse sur la parka 3 (manche dextre)



Fig.71 Tache huileuse sur la parka 4 (épaule dextre)

L'analyse par IRTF-RTA a détecté la présence d'acides gras saturés sur les prélèvements de la parka 1. Les membranes protéiques contiennent naturellement des graisses. Celles-ci sont constituées de triglycérides*, composés d'acides gras* saturés et insaturés en un certain ratio. Durant le façonnage, le raclage permet de retirer une partie des acides gras insaturés, moins visqueux et donc plus faciles à nettoyer. L'observation de fibres aplanies et agglutinées au microscope lors du bilan sanitaire suggère qu'une pression importante est apportée lors de cette étape (Fig.72). La couche observée à la surface des membranes peut donc être issue d'une migration de ces acides gras initiée lors du façonnage.



Fig. 72 Structures fibrillaires aplanie (parka 1, à gauche) et agglutiné (parka 2, à droite)

Les acides gras insaturés, instables, peuvent se dégrader selon un processus d'auto-oxydation⁸³, provoquant leur diminution au profit de la formation de nouvelles espèces saturées avec des chaînes plus courtes. Cette réaction induit aussi la production d'acides faibles (dont des aldéhydes), de radicaux

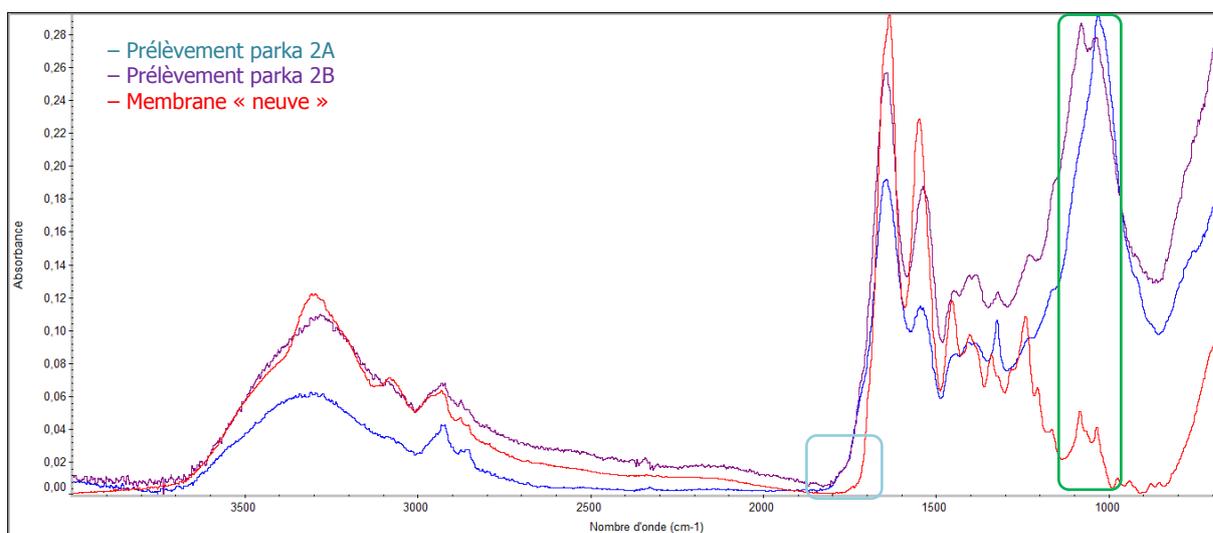
⁸³ Thomson, 2006, p.1



libres* et de peroxydes, qui agissent comme catalyseurs dans les réactions chimiques⁸⁴. Ceux-ci peuvent oxyder les chaînes peptidiques adjacentes⁸⁵, selon un processus complexe de décarboxylation*, de déamination* et de déhydrogénation*, dont la résultante finale est leur dénaturation et la production d'ammoniac ou de phénol⁸⁶.

Un processus d'oxydation du collagène a aussi été mis en évidence grâce aux analyses IRTF-RTA, sur les prélèvements des parkas 1, 2, 4 et 5. Il se traduit par un épaulement sur la bande la bande Amide I et par l'augmentation de la fréquence γ C–O (1082, 1032 cm^{-1}) (Graphique 5).

Ce processus est instable et auto-entretenu, favorisé par la présence d'acides gras et des radicaux libres.



Graphique 5 Superposition de spectres IRTF-RTA mettant en évidence l'augmentation de la fréquence γ C–O (1082, 1032 cm^{-1}) (encadré vert) et l'oxydation des prélèvements 2A et 2B (encadré bleu)

La présence de polluants atmosphériques (O_2 , O_3 , NO_2 , SO_2) et de certains ions métalliques, tels que le Fe^{2+} et le Cu^{2+} , a probablement renforcé ce processus – en ce qu'ils sont des catalyseurs des réactions d'oxydation. Visuellement, cela se traduit par un matériau raidi et une surface poisseuse, susceptible de jaunir rapidement⁸⁷.

⁸⁴ Schmidt et al., 1993, p.183-86

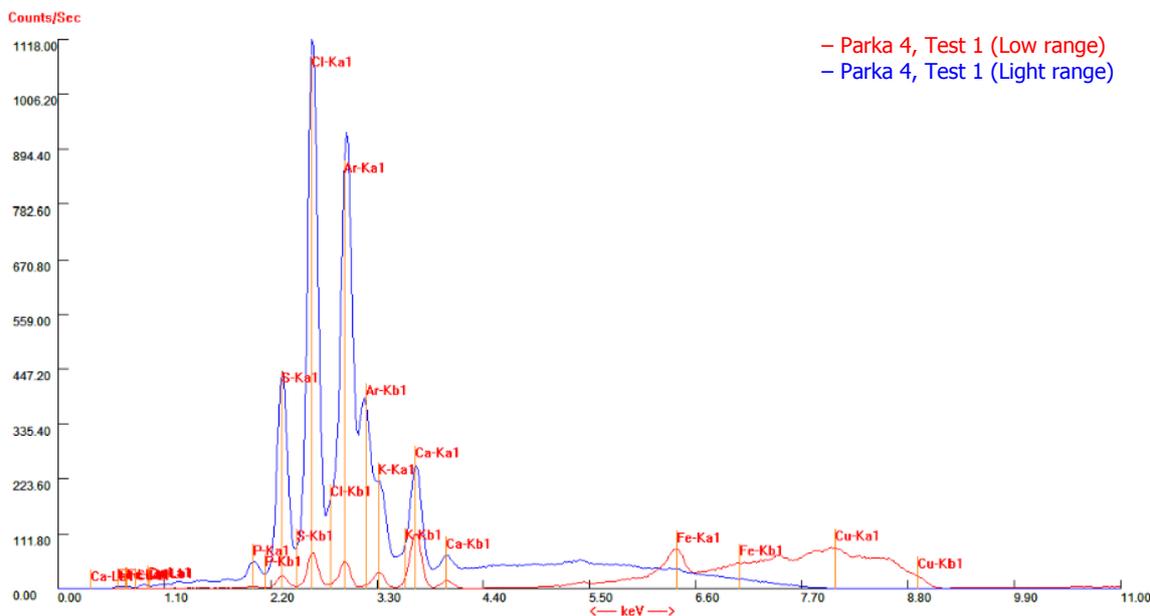
⁸⁵ L'oxydation du collagène est issu d'un mécanisme radicalaire. Les radicaux sont produits lors de la dégradation du polymère de collagène par rupture des liaisons C-C et C-H. Ils peuvent aussi être formés par réaction entre des rayons UV et l'eau libre contenue dans la structure supramoléculaire du collagène.

⁸⁶ Florian, 2007, p.52

⁸⁷ Ibid., p.58-59

Introductions de sels : hygroscopicité et dénaturation chimique

Les analyses FRX ont mis en évidence la présence de chlore, de soufre et de calcium ainsi que, dans une proportion moindre, du potassium, du phosphore, du fer, du cuivre et du silicium (Graphique 6).



Graphique 6 Spectre de FRX obtenu après analyse sur le buste de la parka 4 (face avant)



Fig. 73 Inuit portant une parka et un kayak, Alaska, 1900-1916 © Frank and Frances Carpenter

Leur présence peut être due au façonnage et à l'usage des parkas (Fig.73). Il pourrait donc s'agir de chlorures, de sulfates et de phosphates. Ces éléments peuvent aussi provenir d'une contamination par des sédiments et des fluides corporels (transpiration) lors de l'usage.

La parka 2, la plus ancienne, a probablement été utilisée dans son contexte d'origine (Fig.74, p.43) et durant l'expédition de James Cook. En effet, ces objets étaient appréciés par les explorateurs pour leur imperméabilité et légèreté. La parka 3 (stockée à l'envers) et la parka 4 qui présentent de nombreuses altérations d'usage (Fig.75, p.43) ont pu aussi être enrichies en ces sels. Des efflorescences et des cristaux blanchâtres ont été observés dans la partie inférieure des parkas 2 et 3 (Fig.76-77, p.43). Etant donné la proportion de chlore plus élevée dans ces zones, nous pouvons supposer la formation d'efflorescences de sels, à base de chlorures par exemple.



Fig.74 Bande inférieure de la parka 2, partiellement lacunaire et présentant des déformations et déchirures



Fig.75 Détail des taches oranges dues à l'usage (encadré rouge) sur la manche senestre de la parka 4



Fig.76 Efflorescence observée sur la parka 2

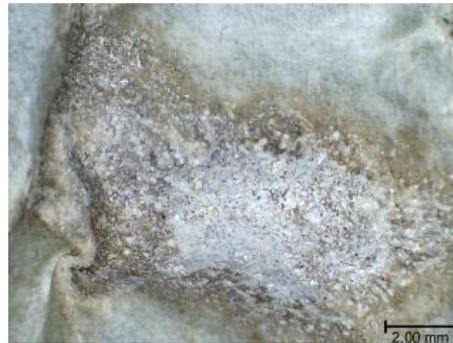
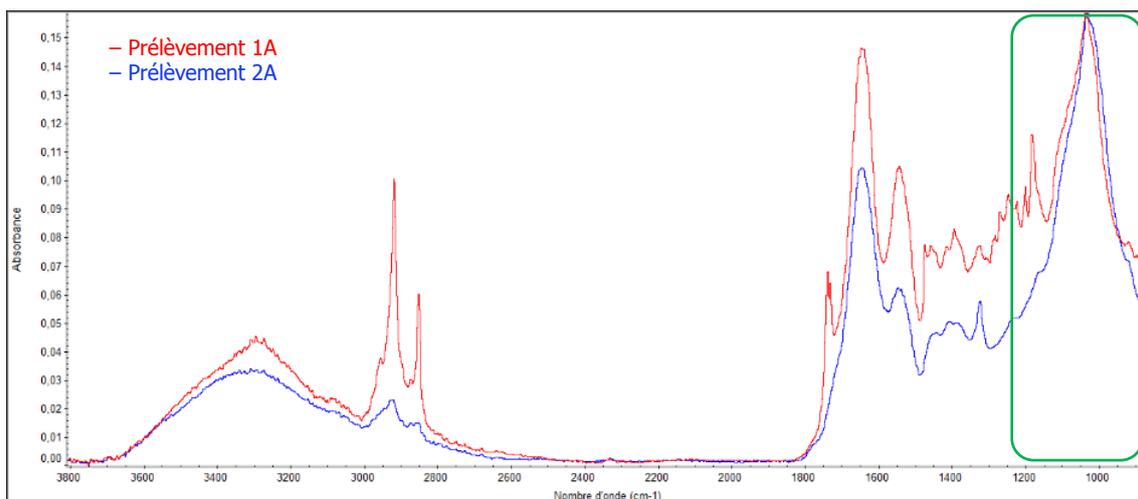


Fig.77 Efflorescence observée sur la parka 3

Nous savons que la parka 5 a été fabriquée pour les ethnologues du MHB et n'a donc pas été utilisée. Ceci peut expliquer la proportion en éléments plus faible (notamment de chlore) et l'absence de certains (Si, Fe). La parka 1 étant un vêtement sacré, il est peu probable qu'elle ait été portée en mer. Comme la parka 5, elle présente les mêmes éléments que les autres parkas mais en faible proportion.

La proportion plus élevée de calcium et la présence de silicates*, détectés sur les parkas 1 et 2 par IRTF-RTA (Graphique 7, p.45) – de même que la présence de réparations anciennes sur les parkas 1, 2 et 3 – soutiennent l'idée d'un usage sur terre et mer. Ces silicates peuvent aussi provenir de l'exposition prolongée de ces parkas au musée, sans protection contre la poussière.



Graphique 7 Spectres de IRTF-RTA de prélèvements faits sur les parkas 1 (rouge) et 2 (bleu). L'encadré vert indique le pic caractéristique des silicates (1030 cm^{-1})

Ces chlorures, sulfates et phosphates ont probablement eu un impact lors du façonnage des parkas et sur leur état de conservation actuel. Ces sels sont de forts agents lyotropiques, capables de scinder les



Fig.78 Parkas en train de sécher face à la mer, Alaska, 1964 © Smithsonian Institution

fibres en fibrilles selon un processus de dénaturation chimique⁸⁸. Plus le gonflement lyotropique est important, plus la température de rétraction (T_s) diminue. Ils peuvent aussi former des acides forts : acide chlorhydrique (HCl), acide sulfurique (H_2SO_4) et acide phosphorique (H_3PO_4), qui peuvent induire l'hydrolyse acide des fibres de collagène et diminuer le pH des parkas⁸⁹. Après séchage des membranes, ils peuvent atteindre des concentrations suffisamment élevées pour renforcer la dénaturation du collagène même en conditions de faible humidité⁹⁰ (Fig.78).

Comme ces membranes sont non tannées, elles sont plus sensibles à l'humidité. Ces sels, hautement hygroscopiques (présentant une humidité relative d'équilibre (HRE)* supérieure à 75% d'humidité relative, à 20°C), ont probablement accru cette sensibilité⁹¹. De plus, lorsque leur HRE est atteinte, ils

⁸⁸ Florian, 2007, p.99-100

⁸⁹ L'hydrolyse se réfère à la rupture d'une liaison par ajout d'une molécule d'eau ($\text{H}_3\text{O}^+ + \text{OH}^-$) et la résultante est la formation de nouveaux produits ou de fragments de clivage. L'hydrolyse acide correspond à une réaction d'hydrolyse où est aussi impliqué un acide qui se dissocie pour former à nouveau des ions H_3O^+ .

⁹⁰ Florian, 2007, p.60

⁹¹ Chahine, 2013, p.258-259

se trouvent dans un état métastable⁹² qui engendre des contraintes mécaniques internes et le relâchement de la structure du collagène⁹³.

Les processus d'oxydation et d'hydrolyse du collagène sont compétitifs et interactifs, bien que l'hydrolyse soit le processus dominant⁹⁴. En effet, les acides organiques (produits lors de l'auto-oxydation des acides gras) et les divers produits acides issus de la dégradation des acides aminés peuvent augmenter le potentiel d'hydrolyse acide. Ces 2 processus mènent à la dépolymérisation du collagène par la rupture des chaînes peptidiques et finalement à sa dénaturation⁹⁵.

Perte de l'eau libre

Lors du séchage, la lyophilisation partielle permet la sublimation de l'eau libre contenue entre les fibres de collagène. Ceci provoque leur resserrement et leur réticulation – les chaînes peptidiques formant des liaisons intermoléculaires, en lieu et place des molécules d'eau⁹⁶. Ceci se traduit par une rétraction irréversible des membranes et une sensibilité accrue aux dégradations mécaniques⁹⁷. Selon la durée du séchage, le nombre de cycles d'adsorption et de désorption laisse aussi supposer une forte hystérésis* des fibres de collagène. La perte de l'eau libre, qui joue aussi le rôle de plastifiant naturel, implique une diminution de leur souplesse⁹⁸. Enfin, puisqu'il induit une altération des structures quaternaires et tertiaire du collagène, ce processus modifie leur stabilité hydro thermique et diminue leur température de rétraction⁹⁹.

D'un point de vue chimique, le séchage induit probablement une diminution de leur pH suite à l'augmentation de la concentration des composés acides présents.

2.2 Impact des conditions de conservations passées et actuelles

Photo-oxydation des acides gras et du collagène

D'après l'étude des conditions de conservation passées (Chapitre I.5.1, p.28-30), nous pouvons supposer que les parkas 1, 3 et 4 sont restées en exposition jusque dans les années 1950 et dans les années 1960 pour la parka 2. La parka 5 n'a a priori jamais été exposée.

Elles ont donc été soumises à une forte quantité de rayonnements lumineux, ultraviolet (UV) et infrarouge (IR), dont les effets sont cumulatifs et irréversibles. En milieu aérobie, les UV sont de puissants oxydants du collagène et des acides gras qu'ils dégradent par action photochimique. Celle-ci est renforcée par une hygrométrie élevée et la présence d'ions métalliques. Les IR, en induisant

⁹² Ils peuvent passer de la forme déliquescence à la forme d'efflorescence.

⁹³ Hennion, 2013, p.94

⁹⁴ Chahine, 2013, p.293

⁹⁵ Florian, 2007, p.55

⁹⁶ Chahine, 2013, p.36

⁹⁷ Wills et al., 1987, p.225-226

⁹⁸ Kite et Thomson, 2006, p.41-42

⁹⁹ Williams, 1995, p.110

l'échauffement des surfaces, catalysent les différents processus de dégradation et favorisent l'assèchement des matériaux¹⁰⁰.

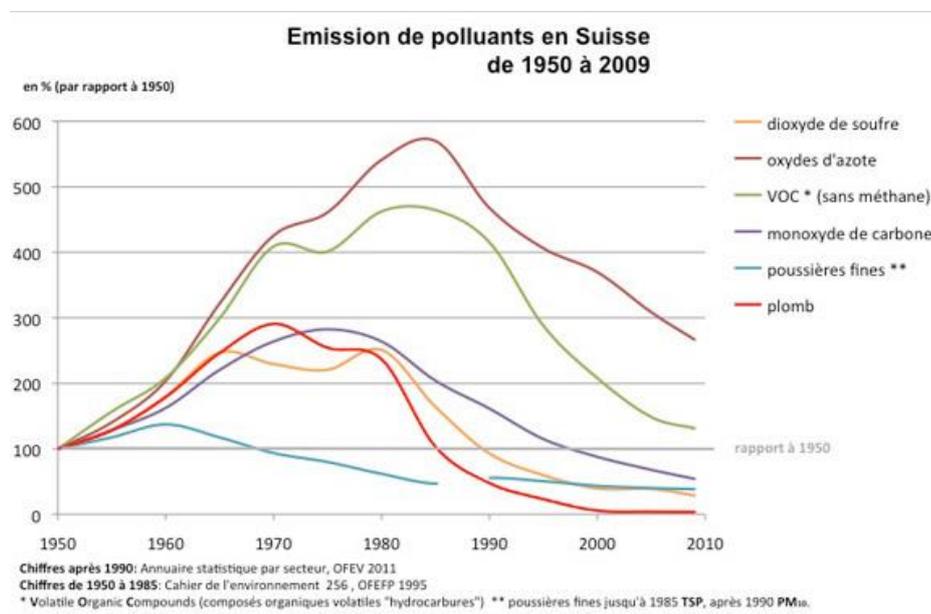
La photo-oxydation du collagène provoque la rupture des chaînes peptidiques et la production de radicaux libres ainsi que, en présence d'oxygène et d'eau, de peroxydes et d'hydroperoxydes. A l'instar de l'auto-oxydation des acides gras, ces produits de dégradation peuvent oxyder les acides aminés et induire la dénaturation du collagène. Il est probable que le processus d'auto-oxydation soit un facteur aggravant de la photo-oxydation. Cette dernière peut aussi induire la réticulation transversale des molécules de collagène, suite à la recombinaison des radicaux libres¹⁰¹. Ce processus peut donc renforcer la fragilisation mécanique et le raidissement initiés lors du séchage.

Enfin, certains acides aminés sont plus sensibles aux effets des UV. Il s'agit de composés chromophores*, tels que la méthionine et la cystéine, qui présentent des groupes phényles¹⁰². Leur dégradation induit la libération de phénols, responsables du brunissement¹⁰³.

Influence du dioxyde de soufre (SO₂)

Etant donnée la proportion parfois importante mais surtout constante de soufre détecté lors des analyses FRX, nous pouvons supposer d'autres provenances que le façonnage et l'usage.

La perméabilité des bâtiments historique du MHB et leur situation en centre-ville laisse supposer une contamination par le SO₂, issu de la pollution automobile et industrielle. En effet, grâce au graphique 8, on constate que les émissions de polluants en Suisse ont connu des pics élevés entre les années 1950 et 1980 – les émissions de SO₂ étant devenues jusqu'à 2,5 fois supérieures à celles mesurées en 1950.



Graphique 8 Evolution de l'émission des polluants en Suisse entre 1950 et 2010 © tcs.ch

¹⁰⁰ Alembik, 2010, p.62-63

¹⁰¹ Chahine, 2013, p.268

¹⁰² Florian, 2007, p.50

¹⁰³ Thomson et Kite, 2006, p.52

Enfin, jusqu'à une période récente, certains systèmes d'éclairage constituaient une source interne importante de SO₂ dans les musées et les bibliothèques¹⁰⁴.

Le SO₂ est l'agent principal de l'hydrolyse acide du collagène. Au contact du dioxygène et de l'eau, il peut se transformer en anhydride sulfurique (SO₃) puis en acide sulfurique (H₂SO₄) qui peut alors amorcer ou renforcer un processus d'hydrolyse acide.

Absence de soutien mécanique adapté

L'absence de support est le facteur majeur de dégradations mécaniques des parkas, renforcées par des fluctuations thermo-hygrométriques brusques et répétées. Ces dernières provoquent la dilatation et la rétraction des fibres, ce qui se traduit par des déformations et des déchirures en cas de contraintes¹⁰⁵. Ceci explique les déformations plus fortes au niveau des zones de sollicitations (manches et capuches) qui, par la présence des cordons de serrage ou des ornements, ont subi des tensions supplémentaires lors de variations climatiques.

Les plus anciennes parkas ont été conservées clouées sur les murs, dans des greniers et des sous-sols, ce qui sous-entend des conditions thermo-hygrométriques fluctuantes et inadaptées. La présence de taches de fer sur les parkas 1 à 4, d'un diamètre moyen de 0,3 cm, réparties symétriquement et régulièrement le long des objets, soutient l'hypothèse d'un accrochage (Fig.79-80). Ces taches provoquent un raidissement localisé des membranes, qui deviennent cassantes et friables.

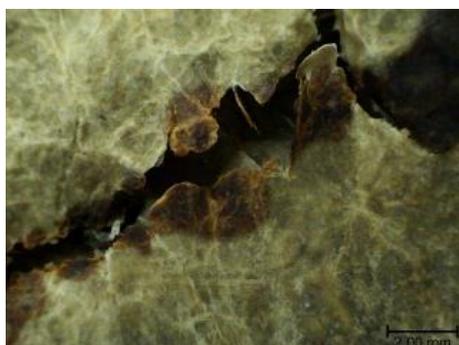


Fig.79 Tache de fer sur la capuche de la parka 2

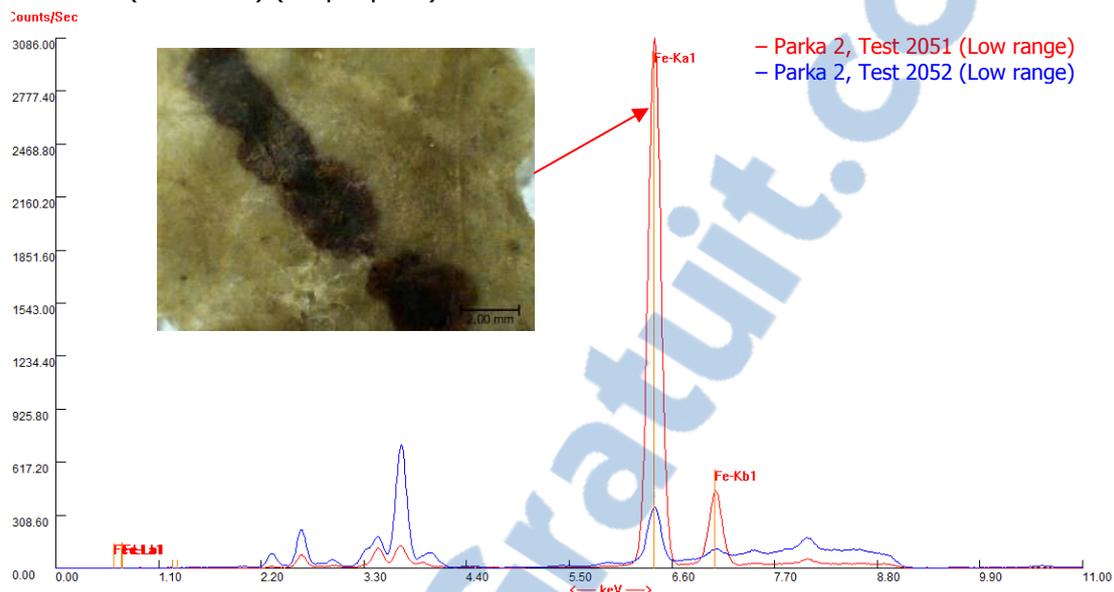


Fig.80 Tache de fer sur le ruban de cuir inférieur de la parka 4

¹⁰⁴ Chahine, 2013, p.273

¹⁰⁵ Robinet, 2014, p.105

L'usage de clous, combiné à une hygrométrie élevée (supérieur à 65%) a introduit des ions ferreux (Fe^{2+}) dans les fibres. En effet, l'analyse FRX de la tache sur la capuche de la parka 2 (Test 2051) a montré un pic de fer, dont la proportion était 44 fois plus élevée que dans la partie inférieure du vêtement (Test 2052) (Graphique 9).



Graphique 9 Spectres FRX mettant en évidence le pic de Fer obtenu après analyse de la tache de fer sur la capuche de la parka 2 (en rouge)

Les ions Fe^{2+} peuvent être chélatés par des acides aminés – tels que la glycine ($\text{NH}_2\text{-CH}_2\text{-COO}^-$) et la proline ($\text{NH}_2\text{-(CH}_2\text{)}_4\text{-COO}^-$) et suite à l'assèchement du milieu, ils peuvent précipiter en formant de l'hydroxyde de Fer(II), qui en présence d'oxygène s'oxyde en oxyhydroxyde de Fer(III)¹⁰⁶.

La présence de Fe^{2+} induit aussi la formation de radicaux organiques ($\text{R}\cdot$), de radicaux d'hydroperoxydes ($\text{HOO}\cdot$) puis de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2). Celui-ci peut réagir à nouveau avec le Fe^{2+} suivant la réaction de Fenton :



La présence de groupes réducteurs (acides organiques, produits de dégradation des acides aminés) permet de convertir des ions Fe^{3+} en Fe^{2+} – qui réagissent de nouveau selon la réaction précédente et produisent des radicaux $\text{OH}\cdot$, très destructeurs¹⁰⁷. Cette réaction d'oxydo-réduction est d'autant plus forte que le milieu est acide, et continue tant que de l' O_2 ou des composés réducteurs sont disponibles¹⁰⁸. En condition aérobie, le Fe^{2+} peut catalyser l'oxydation de polluants organiques et favoriser la formation de radicaux libres d'hydroxyles et d'alkoxy. Ceux-ci favorise l'oxydation du collagène, visible par un raidissement, une perte de résistance mécanique et une pulvérisation des fibres¹⁰⁹.

¹⁰⁶ Selwyn et Tse, 2008, p.69

¹⁰⁷ Idem

¹⁰⁸ Dignard et Gordon, 1999, p.12-13

¹⁰⁹ Ohlídalová, 2016 [En ligne]

Impact d'anciens traitements de préservation : biocides d'hydrocarbure aromatiques et organochlorés

Les parkas 1 à 4 présentent des traces d'infestation anciennes (Fig.81 et 82).



Fig.81 Exuvie de larve d'antrène (parka 3)



Fig.82 Exuvie de larve d'antrène (parka 4)



Fig.83 Larve d'antrène © montpellier.inra.fr

Le premier *Rapport Annuel* du musée (1886) fait mention de l'usage de cyanure de potassium (KCN) sur des objets de la collection Webber¹¹⁰. De même, des archives témoignent de l'usage d'Eulan® dans les années 1920-1930 pour le traitement des collections textiles et de la collection Webber¹¹¹. L'ancienneté de ces parkas laisse aussi supposer l'emploi d'autres pesticides, selon les modes de l'époque.

Grâce aux analyses GC-MS, nous savons que du DDT*, de la Perméthrine*, du Dichlorobenzène*, et du Naphtalène* ont été utilisés pour traiter cette collection. Ce sont des insecticides dont l'usage s'étant des années 1880 pour le Naphtalène à aujourd'hui pour la Perméthrine¹¹².

Les faibles quantités mises en évidence sur les parkas 2 et 4, sous le seuil de quantification du GC, sont probablement le signe d'une contamination par d'autres objets – notamment du Dichlorobenzène, particulièrement volatil et retrouvé aussi à l'état de trace sur toutes les parkas. A l'inverse, les quantités élevées retrouvées sur les parkas 1, 3 et 5 sont probablement dues à un traitement.

Bien qu'ils aient permis la protection de cette collection contre les nuisibles, ces pesticides ont aussi favorisé la dégradation de ses matériaux.

¹¹⁰ Du fait de sa composition en éléments légers, la détection du KCN n'a pas été possible avec les différentes méthodes d'investigations que nous avons employées.

¹¹¹ von Fellenberg, 1886

¹¹² Odegaard et Sadongei, 2005, p.15-18

Le tableau 8 présente les dégradations ayant un impact sur les matériaux protéiques et les graisses constitutifs des parkas.

Biocides Formule brute	Dégradations potentielles provoquées sur les parkas
<i>Naphtalène</i> $C_{10}H_8$	Dissolution des graisses et dégradation du collagène Formation de taches brun rouge suite à une décomposition par oxydation bactérienne
<i>Dichlorobenzène</i> $C_6H_4Cl_2$	Formation de $HCl_{(g)}$ lors de sa sublimation favorisant les processus d'oxydation Dissolution des graisses et dégradation du collagène par hydrolyse acide
<i>DDT</i> $C_{14}H_9Cl_5$	Accumulation dans les graisses Production de $HCl_{(aq)}$ lors de la décomposition du DDT en métabolites Acidification des matériaux Formation d'efflorescences blanches et brillantes
<i>Perméthrine</i> $C_{21}H_{20}Cl_2O_3$	Production de $HCl_{(g)}$ lors de son évaporation Acidification des matériaux

Tableau 8 Dégradations induites par la présence de pesticides sur les objets à base de collagène (d'après Pfister, 2008, p.58-60)

La production de HCl aqueux, un acide fort, a pu induire l'acidification des membranes. Par conséquent, la concentration des ions H_3O^+ entrant en jeu dans le processus d'hydrolyse acide a aussi augmenté, favorisant ainsi le potentiel d'hydrolyse du milieu.

Comme ils induisent aussi la dégradation des graisses, ces biocides ont pu favoriser la production de radicaux libres pouvant oxyder des acides gras et le collagène. La production de HCl gazeux, qui est un oxydant fort, a probablement accru ce phénomène.

Enfin, l'impact de ces processus a pu être renforcé par un effet cumulatif lié à la répétition de traitements¹¹³. C'est peut-être le cas de la parka 1, qui présente le plus de composés résiduels, et qui est aussi l'une des parkas les plus dégradées.

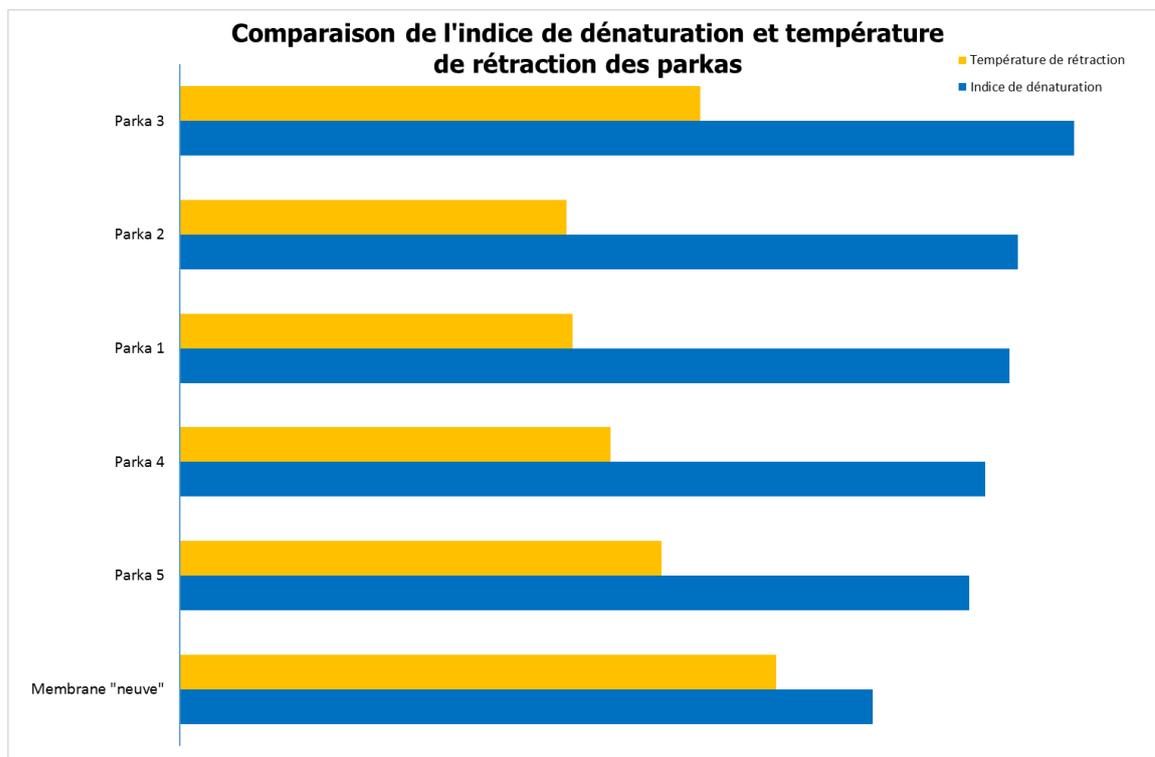
2.3 Bilan des investigations : diagnostic/pronostic de la collection

Le raidissement est induit par la réticulation des fibres de collagène et la dénaturation de celui-ci.

D'après le Graphique 10 p.52, on constate que plus l'indice de dénaturation des parkas augmente, plus leur T_s diminue et le raidissement observé est fort. Ainsi, les parkas 1 et 2 présentent un indice de dénaturation élevé et des T_s basses – respectivement $48,8^\circ C$ et $48^\circ C$ tandis que les parkas 4 et 5 montrent un indice de dénaturation plus faible et par conséquent une T_s plus élevée. Il y a donc une bonne adéquation entre le raidissement constaté visuellement et la relation dénaturation/température de rétraction obtenue par l'analyse IRTF-RTA et MHT. Ces 4 parkas présentent aussi un processus d'oxydation qui a pu renforcer cette altération.

¹¹³ Pfister, 2008, p.56

Par comparaison, l'échantillon de membrane « neuve » a montré le plus faible indice de dénaturation (86), la plus haute Ts (70,4°C) et se caractérise par une plus grande plasticité.



Graphique 10 Comparaison de l'indice de dénaturation et de la température de rétraction des parkas et de l'échantillon de membrane « neuve »

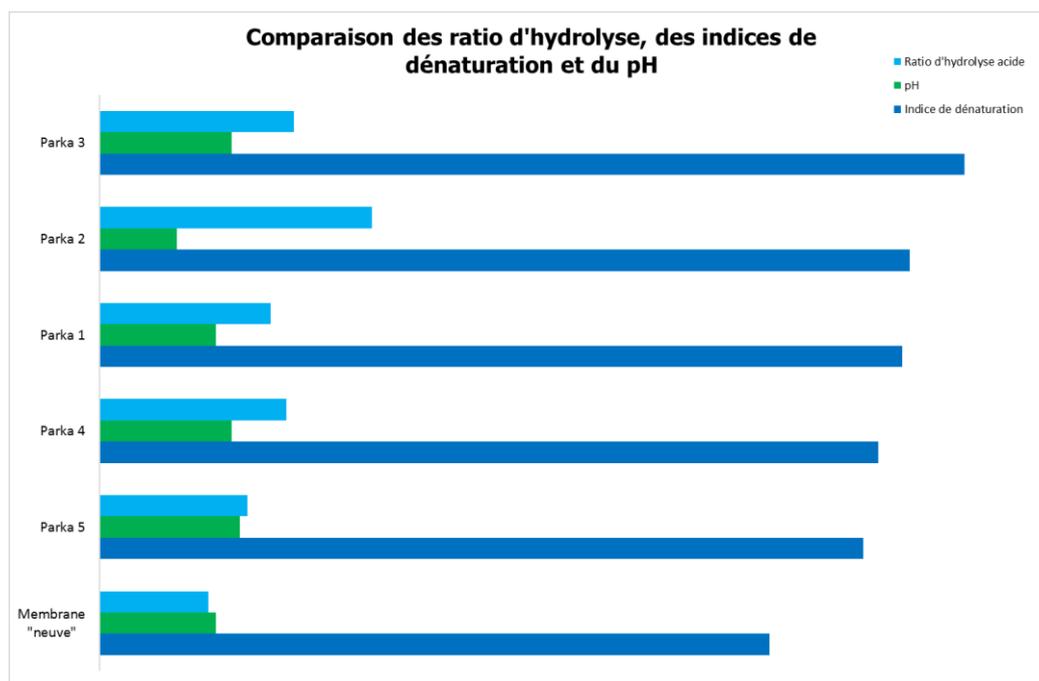
La parka 3 présente un fort raidissement et l'indice de dénaturation le plus élevé du corpus, mais cela ne corrèle pas avec sa Ts qui est aussi la plus élevée du corpus (64,3°C). Cet objet a aussi présenté un intervalle de rétraction (ΔT)¹¹⁴ supérieur à 10°C, significatif de fibres dans un état hétérogène. Ceci pourrait expliquer sa Ts élevée malgré la dénaturation de ses fibres. Cette hétérogénéité peut être due à sa constitution en membranes œsophagiennes, dont l'organisation tissulaire est sensiblement différente des intestins, ou par l'impact d'un processus de dénaturation chimique, initié lors du façonnage ou par l'utilisation des biocides.

Le brunissement des parkas est la conséquence visible d'une hydrolyse acide et d'une oxydation du collagène, diminuant par la même le pH et la stabilité physico-chimique du polymère. Les structures en rang de perles, papillonées et gélatinisées sont la manifestation microscopique de ce processus¹¹⁵. La gélatine est le produit final de la dénaturation du collagène et le dernier stade du processus de brunissement¹¹⁶.

¹¹⁴ Pour plus de détails, consulter le Chapitre VI.e Mesure de la température de rétraction par la méthode Micro Hot Table, p169-172.

¹¹⁵ Larsen, 2012 p.62

¹¹⁶ Robinet, 2014, p.106



Graphique 11 comparatif de l'indice de dénaturation, du ratio d'hydrolyse et du pH des parkas et de l'échantillon de membrane « neuve »

D'après le graphique 11, la parka 2 présente le plus haut ratio d'hydrolyse et logiquement le pH le plus bas. Étant donnée sa teneur élevée en soufre, son acidification pourrait être due à la présence d'acide sulfurique, issu de la dégradation du SO₂. Elle présente aussi un processus d'oxydation, ce qui a pu favoriser son acidification par la production d'acides faibles puis son brunissement par la production de groupes phénoliques. Enfin, son indice de dénaturation élevé explique son fort brunissement et les structures en rang de perles et gélatineuses observées.

A l'inverse, la parka 5 présente le ratio d'hydrolyse le plus faible et par conséquent le pH est le plus élevé. Son faible jaunissement est probablement dû un processus d'oxydation combiné à une hydrolyse acide.

Les parkas 1, 3 et 4 présentent un ratio d'hydrolyse élevé mais leurs pH restent élevés. Or, des structures en rang de perles ont été observées pour ces 3 objets, signe qu'un processus d'hydrolyse a partiellement altéré les liaisons peptidiques* de leurs fibres de collagène¹¹⁷. Ces pH élevés peuvent être dus à la neutralisation des processus de dégradation acides par du sulfure d'ammonium (issu de la réaction de l'ammoniac (produit par la dégradation des acides aminés) avec des sulfates)¹¹⁸.

Enfin, le brunissement de la parka 1 a pu être accentué par la présence des acides gras, dont la dégradation favorise l'hydrolyse des fibres. Celles-ci se présentent d'ailleurs dans un stade avancé de dégradation puisque des structures papillonées et gélatineuses ont été observées.

¹¹⁷ Larsen, 2012, p.62

¹¹⁸ Chahine, 2013, p.289

Partie 3 : Développement d'une méthodologie de restauration pour la parka 4

Cette partie présente la méthodologie de restauration qui a été élaborée durant ce travail de diplôme.

1. Présentation et constat d'état de la parka 4



Fig.84 Parka 4, vue de la face avant (avant traitement)



Fig.85 Parka 4, vue de la face arrière (avant traitement)

Désignation	Parka	
N°inventaire	1900.402.0001	
Collection actuelle	Musée d'Histoire de Berne	
Matériaux constitutifs	Membrane intestinale de cétacé Aponévrose de muscle Rubans de cuir dépilés (probablement de phoque et ours polaire)	
Dimensions	Longueur max. : 91 cm Largeur max. : 127,5 cm Largeur partie inférieure : 47,5 cm	Largeur moy. bandes : 9-10 cm Longueur max. bandes : 122 cm Longueur max. manches : 40 cm Hauteur max. capuche : 30 cm
Date d'acquisition	1900	
Provenance	Groenland	
Marques, étiquettes	Numéro d'inventaire inscrit sur 2 étiquettes en papier, cousues sur la capuche. Inscription « Grö 1 » (revers poignet dextre)	
Date de début de l'intervention	06.05.2017	
Date de fin de l'intervention	03.07.2017	

1.1 Description de l'objet et de ses spécificités

Cette parka est un vêtement d'enfant, de forme fermée et s'enfilant par la tête. La capuche, les poignets et la partie inférieure sont ornées de rubans de cuir bruns, agrémentés de fins rubans de cuir blancs sur la capuche (Fig.86-87,).



Fig.86 Rubans de cuir ornant la manche droite



Fig.87 Détail des décors en cuir ornant la capuche



Fig.88 Parka 4 avec les manches déployées, les encadrés rouges signalent les bandes horizontales

Cet objet est constitué de bandes de membranes intestinales de 9 à 10 cm de largeur d'une longueur maximale de 122 cm. Les bandes sont organisées verticalement sur le corps et horizontalement sur les manches (Fig.88). Elles sont disposées la face interne tournée vers le corps.

Elles ont été assemblées à l'aide d'un point d'étanchéité d'aponévrose de muscle renforcé par un second fil similaire (Fig.89). Les ornements ont été cousus au point droit avec des fils d'aponévrose (Fig.90).

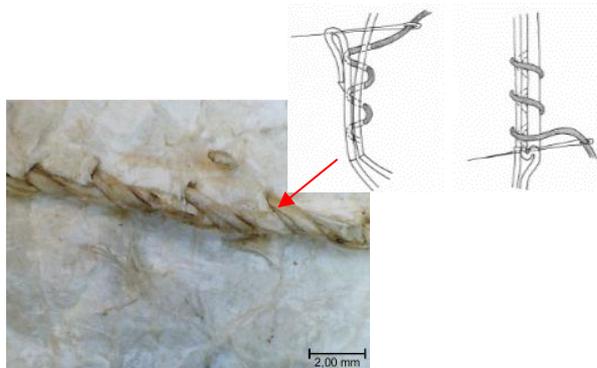


Fig.89 Couture principale : point d'étanchéité d'aponévrose de muscle

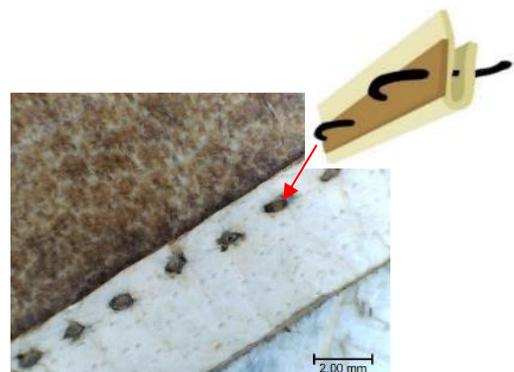


Fig.90 Couture des ornements : point droit d'aponévrose de muscle

Le patron général est en forme de T droit (Fig.91).

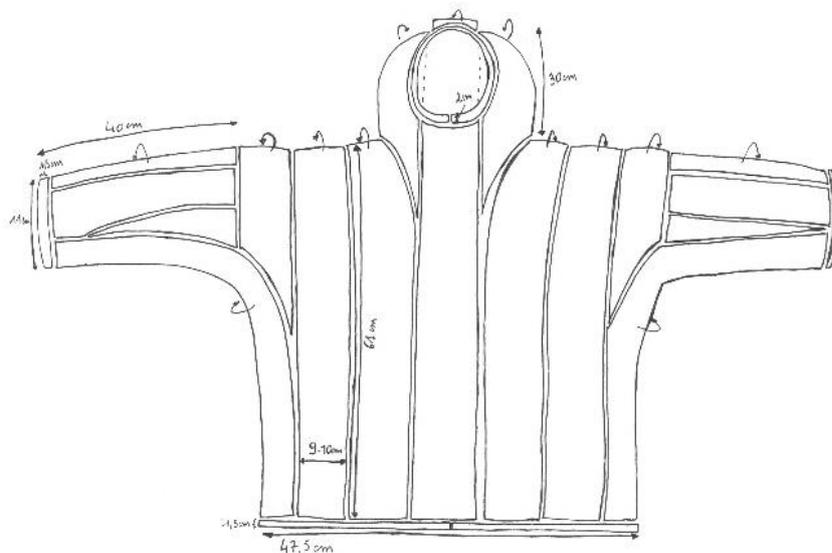


Fig.91 Schéma du patron de couture de la parka 4

Cet objet a été acquis en 1900, à la suite de la mission de Mme Von Fischer-von Plessen qui n'est



Fig.92 Vue de l'inscription « Grö » 1, constatées suite à la remise en forme de la manche droite

malheureusement pas documentée. Nous savons toutefois que cette parka est le premier objet collecté par le MHB provenant du Groenland, comme en témoigne l'inscription « Grö 1 » présente au revers du poignet dextre (Fig.92)¹¹⁹.

Cette parka est faite de membrane d'hiver, caractérisée par son opacité et son aspect parcheminé. Nous supposons l'utilisation de membrane intestinale de cétacés ainsi que de cuir de phocidé et d'ours polaire¹²⁰.

1.2 Synthèse du constat d'état, du diagnostic et du pronostic des altérations

Nous présentons ici un constat d'état schématique de l'objet (Fig.93-94, p.57). Le tableau 9 p.58-59 présente le diagnostic et le pronostic de ce constat d'état.

¹¹⁹ Le MHB conserve actuellement 102 objets provenant du Groenland.

¹²⁰ Voir le Chapitre 1, 3 Identification et caractérisation des matériaux utilisés p.20-21.

Fig.93 Schéma du constat d'état de la face avant de la parka 4

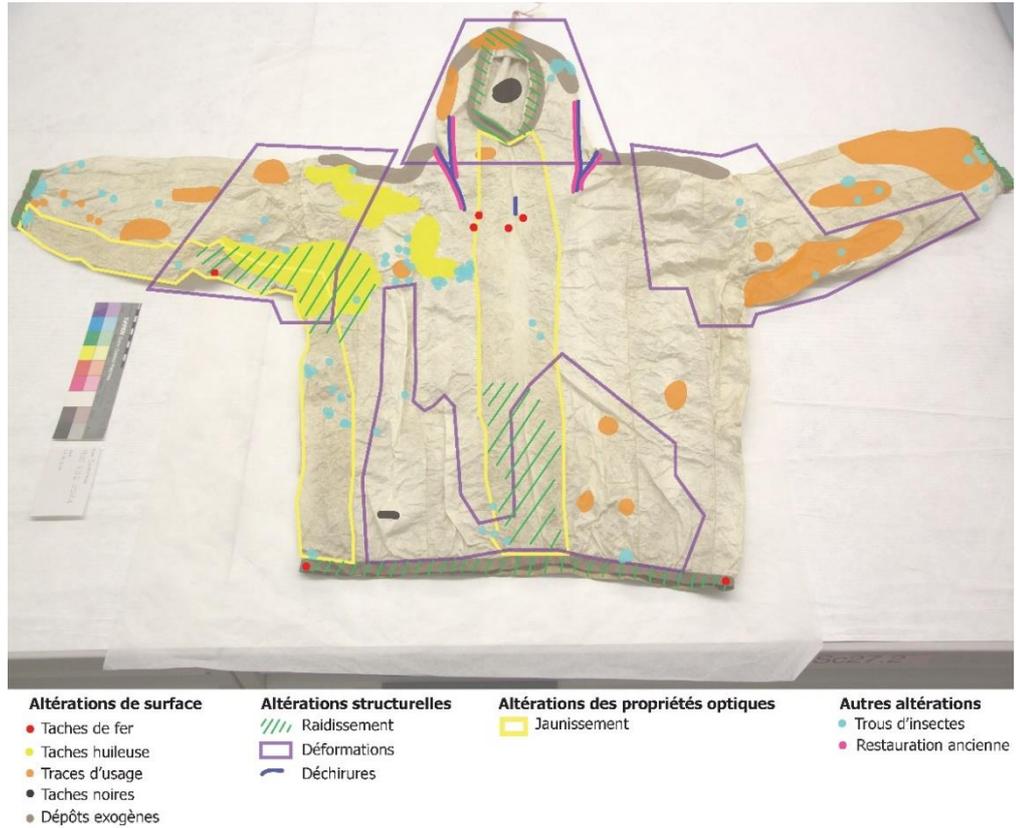


Fig.94 Schéma du constat d'état de la face arrière de la parka 4

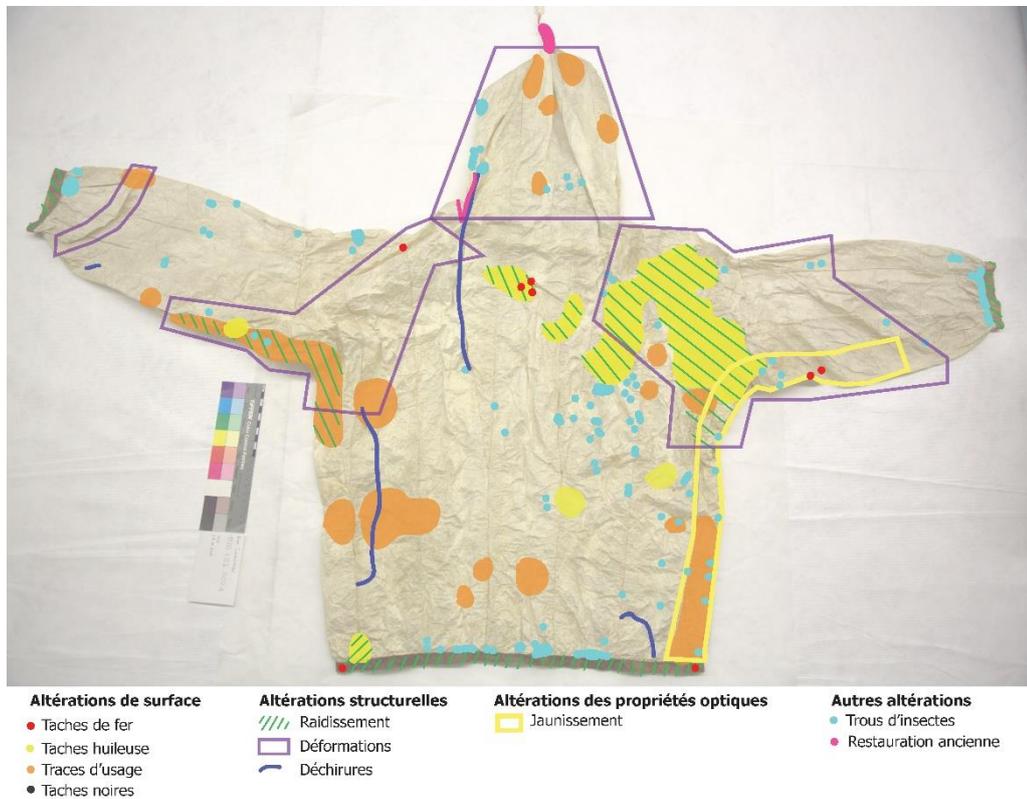


Tableau 9 Synthèse du diagnostic et du pronostic du constat d'état de la parka 4

Altérations	Diagnostic	Pronostic
Altérations inhérentes aux matériaux constitutifs		
<i>Jaunissement</i>	Auto-oxydation des acides gras constitutifs Probablement renforcé par un processus de photo-oxydation durant l'usage et le stockage et par un processus d'hydrolyse acide	Réticulation et raidissement des membranes Renforcement du jaunissement évoluant jusqu'au brunissement Acidification favorisant le potentiel d'hydrolyse acide Dénaturation et baisse de la Ts
Altérations dues au façonnage et à l'usage		
<i>Taches huileuses avec une rétraction localisée</i>	Contamination par des graisses durant l'usage Oxydation et réticulation du matériau gras	Similaire au processus d'altération précédent
<i>Taches d'usage orange</i>	Projection d'un liquide durant l'usage	Selon la nature du liquide, risque d'acidification
<i>Raidissement</i>	Perte de l'eau libre et réticulation des fibres de collagène suite à une hystérésis A pu être renforcé durant le stockage	Fragilisation mécanique pouvant induire des ruptures et des déchirures, notamment en cas de manipulation Diminution de la capacité d'absorption des molécules d'eau Dénaturation et baisse de la Ts
<i>Déchirures longitudinales avec perte de matières Coutures cassées, désolidarisées et effilochage de fils</i>	Usure et fatigue mécanique du matériau Explique sa possibilité d'acquisition par le musée (vêtement ayant perdu sa fonction initiale et dont la réparation ne peut la restituer)	Risque de prolongement des déchirures et de perte de matière en cas de manipulation
Altérations dues à l'exposition et au stockage		
<i>Taches de fer</i>	Accrochage aux murs à l'aide de clou Oxydation du collagène et du fer	Oxydation du collagène Raidissement, réticulation, pulvérulence et perte de matière
<i>Taches noires</i>	Projection d'encre et absence de protection des surfaces	
<i>Dépôts de poussière</i>	Absence de protection des surfaces	Risque d'abrasion des matériaux Formation d'un micro climat en surface Risques de développement micro biologique et source nutritive pour les insectes

Altérations	Diagnostic	Pronostic
		Risque d'attaque chimique Modification de l'aspect visuel
<i>Déformations, aplanissement, pliures marquées</i>	Absence de support combiné à des fluctuations climatiques induisant la rétraction des membranes	Aggravation des déformations, pliures et froissement Risque de déchirures
<i>Trous d'insectes et exuvies d'anhrènes</i>	Sensibilité accrue aux infestations d'insectes combinée à des conditions favorables à une infestation d'insectes (humidité, obscurité)	Acidification due à la présence d'excréments Nouvelle infestation due à la présence d'exuvie, bien que le risque soit pondéré par la présence de résidus de pesticides
Altérations dues à d'anciens traitements de conservation		
<i>Coutures de restauration : point de surfil, induisant de nouveaux trous de couture et des déchirures</i>	Restauration des déchirures d'usage à l'aide de fil de coton blanc Tensions et contraintes induites par des variations volumétriques des membranes	Propagation des déchirures en cas de variations climatiques ou de tensions exercées lors de la manipulation

2. Objectifs et proposition de traitement

2.1 Enjeux de l'intervention

Notre intervention de conservation-restauration est déterminée par 3 enjeux :

1. La stabilisation des altérations mécaniques,
2. L'amélioration de la compréhension technologique et de la perception esthétique de l'objet,
3. La conservation à long terme par la réalisation d'un support adapté à la manipulation, l'exposition et le stockage ainsi que d'un conditionnement.

Le mandat qui nous a été confié par le MHB a pour objectifs de :

- ➔ Stabiliser les processus de dégradations qui gênent la compréhension de l'objet et empêchent sa manipulation.
- ➔ Améliorer la perception esthétique de l'objet en vue de son exposition grâce à la restitution de son volume.

Cette parka se trouve dans un état de conservation ne permettant ni sa manipulation, ni son exposition. L'absence de soutien mécanique durant son stockage a induit des contraintes menant à des déformations et l'aggravation des déchirures. A terme, l'appréciation esthétique et la compréhension de l'objet est menacée par l'altération de ses formes et de son volume.

2.2 Interventions proposées

En accord avec les responsables de la collection, la méthodologie de traitement que nous proposons préserve à la fois l'intégrité matérielle et les significances de la parka.

En effet, sa fonction originale est de protéger celui qui la porte du froid et de l'eau qui peuvent, en cas de déchirure, induire une hypothermie mortelle. Toutefois, c'est bien parce qu'il s'est déchiré lors de son usage, que son acquisition par le musée a été rendue possible. Ces altérations témoignent donc du changement de statut de l'objet, ce qui a directement influencé l'élaboration des traitements présentés ci-dessous. L'évolution de ses valeurs culturelles à travers son histoire et l'impact des traitements envisagés sont présentés à la fin de ce chapitre.

Dépoussiérage et nettoyage

Le dépoussiérage permet le retrait des dépôts exogènes volatils et faiblement adhérents, d'origine organique et inorganique (poussières, pesticides résiduels, sels) et d'origine biologique (spores, exuvies d'anhrènes). Cette intervention vise à réduire les risques :

- De développement microbologique durant l'intervention d'humidification et de remise en forme.
- D'infestation d'insectes dans le futur de l'objet.
- D'abrasion des surfaces lors du nettoyage.

Le nettoyage a pour but de retirer les dépôts exogènes adhérents et les taches de fer. Il permet de stabiliser le processus d'oxydation du collagène dû à la présence des ions Fe^{2+} et d'améliorer l'aspect esthétique de la parka.

A l'inverse, les taches huileuses et oranges qui sont de probables traces d'usage, ainsi que les taches noires qui sont des témoins de l'histoire de l'objet au musée, seront conservées.

Afin de choisir des solutions de traitements adaptées, des tests de nettoyage mécaniques puis physico-chimiques devront d'abord être réalisés. Ils nous permettront d'évaluer la résistance à la pression et à l'abrasion de la membrane ainsi que sa sensibilité aux différents solvants usuellement employés pour le nettoyage des parkas.

Retrait des coutures de restauration anciennes

Le retrait des coutures de restauration va permettre de stabiliser les déchirures qu'elles ont provoqué et de limiter leur progression. Ces coutures devront être documentées au préalable (emplacement, taille, nature).

Comme elles ont suscité des tensions qui ont induit le cisaillement des trous de coutures et leur déchirure, la méthode choisie devra permettre le retrait des fils sans provoquer de nouvelles contraintes. Etant donné que celles-ci ont été causées à la suite de variations volumétriques de la membrane, les fils seront retirés avant le traitement d'humidification et de remise en forme.

Humidification et remise en forme

L'humidification vise à augmenter la teneur en humidité des membranes, par l'apport de vapeur d'eau. Elles deviennent ainsi plus réceptives à un traitement de remise en forme.

Grâce aux tests de MHT, nous savons que la température de rétraction de cet objet est d'environ 53,5°C (+/- 2°C)¹²¹. Cette température, supérieure à 40°C¹²², autorise l'utilisation de traitements aqueux, sans risquer de dénaturer ses protéines constitutives. Les membranes protéiques sont des matériaux fibreux poreux dits facilement absorbant¹²³. Toutefois, la présence de taches huileuses, plus hydrophobes, laisse présager une réactivité différente au traitement et la création de tensions localisées qui nécessiteront une plus grande vigilance¹²⁴.

Consolidation des trous, des fils désolidarisés et des déchirures

La consolidation permet de stabiliser les déchirures et les fils désolidarisés en apportant un renfort mécanique. Elle vise aussi à stabiliser les trous d'insectes pouvant être évolutifs (risque d'accrochage durant la manipulation).

Du point de vue physico-chimique, les critères de sélection du matériau et de la méthode de consolidation sont¹²⁵ :

¹²¹ Les tests de Micro Hot Table (MHT) nous ont permis de déterminer la Ts des parkas de notre corpus, évaluant ainsi l'état de conservation de leurs fibres durant notre diagnostic. Les résultats détaillés des tests sont disponibles en annexes, p.169-172.

¹²² Valeur de Ts minimum, en dessous de laquelle l'utilisation d'eau est proscrite pour les objets protéiques car le risque de dénaturation des chaînes peptidiques est trop élevé.

¹²³ Florian 2007 p.71-72

¹²⁴ Chahine, 2013, p.261

¹²⁵ Blaise, 2010, p.93

- La stabilité et la compatibilité chimique. Le matériau se maintient dans le même état durablement et n'a aucune action de dégradation sur l'objet.

- Un comportement mécanique adapté. Le matériau doit être suffisamment rigide pour soutenir la membrane, tout en restant assez flexible pour ne pas exercer de contraintes en cas de sollicitations.

- Le respect des qualités optiques et esthétiques de la membrane (finesse, opacité et une teinte parcheminée).

- La visibilité. Comme convenu avec les responsables de la collection, les interventions doivent pouvoir rester visibles, afin de respecter l'histoire de l'objet au musée.

- La facilité de mise en œuvre et la retraitabilité. La méthode choisie doit autoriser un retour sur intervention.

Réalisation d'un support de stockage et d'exposition

La réalisation d'un support double, de stockage et d'exposition peut être considérée comme le traitement final de cette intervention. Le but du support est de s'ajuster à la forme de la parka pour apporter un soutien mécanique adapté, tout en étant le plus discret possible afin de ne pas perturber la contemplation de l'objet. Il doit aussi pouvoir être facilement installé et retiré de la parka et facilitera sa manipulation.

Les matériaux constitutifs de la parka étant eux-mêmes particulièrement légers, les matériaux choisis pour la réalisation du support devront être résistants mais aussi légers. Ils devront présenter une bonne compatibilité et stabilité physico-chimiques à long terme. Ils ne devront pas être acides ni présenter de réserve alcaline, ce qui limitera les risques de dégradations acido-basiques.

Enfin, le concept de base devra intégrer une structure facilement réalisable et adaptable à l'ensemble du corpus – les variations résidant principalement dans la conception de supports spécifiques pour les manches et la capuche de chaque objet. Quant au socle d'exposition, il devra être réalisé en métal et de couleur noire afin de répondre aux exigences muséographiques du MHB.

Réalisation d'un conditionnement de transport et de stockage à long terme

Le conditionnement a pour but de transporter l'objet depuis la Haute école Arc (Neuchâtel) jusqu'au musée. C'est un trajet de courte distance, qui sera réalisé en véhicule léger.

Il devra aussi permettre le stockage à long terme de l'objet, ce qui le préservera de la redéposition de particules exogènes.

Ce conditionnement sera conçu afin de limiter le risque de dégradations dues aux facteurs physiques (vibrations, frottements, pressions, etc.) et aux facteurs de dégradations environnementales, pouvant survenir lors du transport, de la manipulation et du stockage. A l'instar des matériaux choisis pour réaliser le support, ceux-ci devront présenter de bonnes propriétés physico-chimiques, être légers et durables.

2.3 Impact des interventions sur les valeurs culturelles de l'objet

Les interventions que nous proposons ont pour but de valoriser les valeurs esthétiques et de recherche en stabilisant les processus de dégradations mécaniques et redonnant à la parka un état de conservation plus proche de son état de collecte. Ces interventions vont aussi valoriser sa valeur d'ancienneté puisqu'elles permettront de mieux percevoir la facture et la nature de ses matériaux constitutifs, spécifiques aux anciennes technologies de façonnage Inuit.

Le tableau ci-dessous présente l'évolution des valeurs culturelles de la parka 4 à différentes étapes de son histoire : au moment de sa création et son usage, de sa collecte, selon l'impact de ses altérations actuelles et d'après les interventions de restauration envisagées. Cette projection de l'évolution des valeurs culturelles de l'objet est réalisée d'après l'étude des valeurs associées à la collection de parkas (Partie I, chapitre 5.2, p.30)

Valeurs culturelles	Création et usage	Collecte	Actuel	Après intervention
Usage	++	-	-	-
Religieuse	++	-	-	-
Esthétique	++	++	-	++
Recherche	-	++	-	++
Ancienneté	-	+	++	+

Tableau 10 Evolution des valeurs culturelles de l'objet depuis sa période d'usage dans son contexte d'origine jusqu'après intervention de restauration

3. Rapport d'intervention

En annexe, le Tableau 30 Présentation des traitements de conservation-restauration des parkas en membranes protéiques et des cuirs Inuits recensés dans la littérature, p.176-180, propose un état de l'art détaillé des traitements de restauration des parkas et objets en membranes protéiques recensés dans la littérature. L'étude de ces traitements nous a permis de sélectionner plusieurs méthodes que nous avons ensuite tester sur des éprouvettes. Les tests réalisés et leurs résultats sont présentés dans le Chapitre VII en annexes, p.181-195.

Pour chaque intervention, nous présentons ci-dessous la méthode de traitement sélectionnée adéquatement à l'issu des tests que nous avons réalisés.

3.1 Dépoussiérage et nettoyage de l'objet

Afin de déterminer la méthode de nettoyage la plus adaptée, nous avons d'abord réalisé des tests de solubilité avec des éprouvettes de membranes intestinales puis des tests mécaniques et physico-chimiques sur la partie supérieure de la capuche, qui présentait des dépôts exogènes adhérents tout en restant discrète. Ceci nous a aussi permis d'évaluer la cohésion de l'objet et sa sensibilité à l'abrasion (Chapitre VII, en annexes p.182-185).

A l'issue de nos tests, nous avons choisi de procéder au dépoussiérage de la parka 4 à l'aide de pinceaux, de brosses douces et d'une aspiration, puis de réaliser le nettoyage des dépôts adhérents mécaniquement, avec une éponge sans latex sèche.



Fig.95 Nettoyage des dépôts volatils en enceinte

Comme nous n'avions pas encore eu les résultats d'identification des biocides organiques, une enceinte a spécialement été conçue pour éviter la contamination de l'atelier et limiter ainsi les risques sanitaires liés à la présence de pesticides résiduels volatils (Fig.95).

L'utilisation d'une éponge sans latex a permis de nettoyer les zones encrassées en appliquant une faible pression et relativement rapidement. Le risque de ruptures de la membrane a été réduit grâce à un nombre de frottements réduits.

Nous avons finalement choisi de limiter l'apport de solvants lors de ces traitements. En effet, les zones encrassées étant peu étendues, nous n'avions pas à anticiper un temps de traitement long. Ces méthodes offrent aussi une meilleure sélectivité, nous évitant la migration de composés et la formation d'auréoles dont le risque était élevé au niveau des taches d'usage et des rubans de cuir (Fig.97).



Fig. 96 Vue de la capuche avant nettoyage

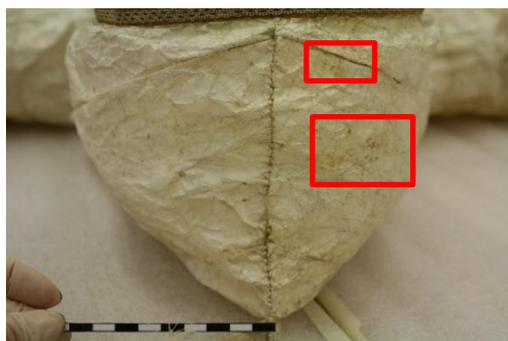


Fig.97 Vue de la capuche après nettoyage. L'utilisation de l'éponge sans latex a permis de préserver les taches d'usage sur la partie droite (encadrés rouges)

Nettoyage des taches de fer

Les taches de fer peuvent être retirées par dissolution dans des acides, par chélation et par réduction chimique avec ou sans agent complexant*. Il est préférable d'utiliser des solutions de nettoyage à pH neutre (pH 5,5-8), du fait des dégradations que peuvent provoquer des acides forts et des bases sur les matériaux organiques. La problématique du nettoyage de ces taches est l'insolubilité des ions Fe^{3+} à pH neutre. Leur solubilité augmente à mesure que le pH diminue¹²⁶.

De plus, selon le type d'acide aminé, le complexe formé avec le fer peut être extrêmement stable et difficile à complexer à nouveau^{127,128}.

¹²⁶ Selwyn et Tse, 2008, p.62

¹²⁷ Par exemple : $K_f Fe(III)\text{-cystéine} = 32,1$ alors que $K_f Fe(II)\text{-cystéine} = 6,2$.

¹²⁸ Selwyn et Tse, 2008, p.66

Ne connaissant pas la composition exacte de ces taches de fer, nous avons testé plusieurs solutions de complexants, choisies pour leur efficacité sur ce type de substrat, sur des éprouvettes de membranes sur lesquelles nous avons reproduit des taches de fer grâce à un test de vieillissement accéléré (Cf. Chapitre VIII, en annexes p. 185-187).

Nous avons finalement procédé au nettoyage de ces taches à l'aide de gels de dithionite de sodium (SDT) (0,1 M, 2% m/v) et de triammonium citrate (TAC) (0,1 M, 2% m/v), à pH 6, dans de l'agar-agar (AgarArt[®], à 2% (m/v) dans l'eau déminéralisée) (Fig.98-100).

Le TAC (ou acide citrique) est un acide faible dont les propriétés chélatantes sont efficaces entre pH 4,5 et 8,5¹²⁹. Le SDT (Na₂S₂O₄) est un composé capable de réduire le Fe(III) en Fe(II), plus soluble¹³⁰. La constante Kf du complexe TAC-Fe(II) est de 3,08, ce qui en fait un complexe moyennement stable, soluble et capable de se dissocier facilement. L'utilisation d'une solution de SDT/TAC a permis la chélation des ions Fe³⁺ après leur réduction, de limiter la formation de précipités de fer et d'intervenir plus rapidement. Ces composés présentent l'avantage de pouvoir être utilisés à pH neutre.

Etant donné le risque élevé de chélater d'autres composés contenus dans la membrane, nous n'avons pas souhaité utiliser un complexant présentant une constante Kf plus élevée, tel que l'EDTA.



Fig.98 *Vue d'une tache sur la face avant du buste, avant traitement*



Fig.99 *Vue de la tache pendant réduction et chélation des ions de Fe(III) et de Fe(II) (20 minutes)*



Fig.100 *Vue de la tache après nettoyage (encadré rouge) (1h30)*

L'utilisation d'un gel permet d'appliquer un solvant de façon localisée, en augmentant la viscosité de celui-ci. Ceci limite aussi sa pénétration et sa diffusion au sein du matériau, ainsi que sa volatilité tout en améliorant le mouillage de la surface.

Avant de procéder au traitement final, nous avons testé l'innocuité de ces composés sur la membrane de la parka 4. Un gel de TAC (0,1 M, 2% m/v) et un gel de SDT (0,1M, 2% m/v) ont été appliqués sur des zones non tachées et discrètes (Fig.101-102).

¹²⁹ En solution aqueuse, l'acide citrique peut être considéré comme une structure mono-, bi- ou tridentate en fonction du pH. Il présente des constantes de solubilité (pKs) de : 3,13 ; 4,76 et 6,40.

¹³⁰ Selwyn et Tse, 2008, p.61-62



Fig.101 Zone de test de l'innocuité des gels, pendant l'application du gel de TAC/SDT



Fig.102 Zone de test de l'innocuité des gels, après l'application du gel de TAC/SDT

L'ajout d'un papier buvard au revers des taches a permis de favoriser l'extraction des résidus durant le rinçage. Celui-ci a été réalisé avec un bâtonnet ouaté imbibé d'eau déminéralisée. C'est l'étape finale du traitement, en ce qu'il permet de retirer les résidus de composés solubles (ions de fer, SDT, complexes, etc.), évitant ainsi qu'ils ne précipitent à nouveau.

Le retrait total des dépôts de fer n'a pas toujours été possible, notamment sur les taches s'étant développées sur les zones huileuses. Leur temps de traitement a d'ailleurs été plus long, ce qui laisse supposer des interactions supplémentaires entre les oxyhydroxydes de fer et les dépôts huileux qui sont plus hydrophobes. Certaines taches avaient enfin déjà trop perdu en cohésion, ce qui a occasionné des pertes de matières lors du rinçage.

3.2 Retrait des coutures de restauration ancienne

Les coutures de restauration, réalisées en points de surfil, se sont détendues suite aux déchirures qu'elles ont provoqué. Elles ont été retirées progressivement en coupant les fils point par point. Ceci a permis de limiter les tensions et de ne pas aggraver les déchirures (Fig.103-106, p.67).



Fig.103 Déchirure avant retrait de la restauration ancienne (l'encadré rouge montre l'emplacement de la zone dérestaurée ci-contre)



Fig.104 Vue rapprochée de la déchirure après retrait de la restauration ancienne



Fig.105 Déchirure avant retrait de la restauration ancienne

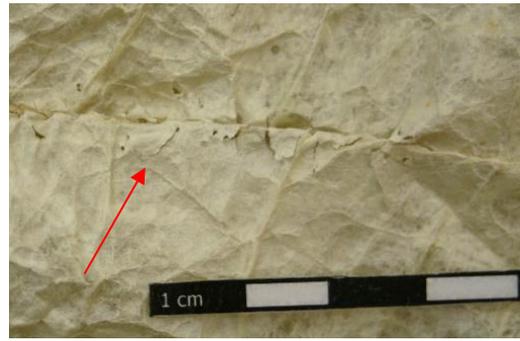


Fig.106 Déchirure après retrait de la restauration ancienne

L'observation de prélèvements de ces fils a permis d'identifier des fibres de coton, reconnaissables à leur canal médullaire large et aplati ainsi qu'à la présence de torsions (cercle rouge sur la Fig.107).



Fig.107 Vue microscopique en lumière transmise d'une fibre constitutive des fils dérestaurés

Le coton étant de nature très hygroscopique, sa forte réactivité aux variations hygrométriques explique donc les tensions qui se sont créées au niveau des trous de coutures et les déchirures que cela a induit.

3.3 Humidification et remise en forme

Il existe 3 méthodes d'humidification : localisée, en enceinte saturée et en bain. Cette dernière présentant trop de risques de dégradation (absence de sélectivité, risque de solubilisation des graisses, dénaturation, etc.), nous nous sommes uniquement intéressés aux méthodes utilisant la vapeur d'eau.

Traitement d'humidification en enceinte saturée

Les tests d'humidification localisée ont mis en évidence la formation de contraintes entre les zones humidifiées et celles non traitées autour, ainsi que le temps de traitement relativement long de cette méthode (que nous avons estimé à plusieurs semaines étant donné le nombre de plis à remettre en forme). Nous avons donc choisi de réaliser l'humidification et la remise en forme de la parka en enceinte saturée, ce qui limitera les contraintes au sein des fibres tout en réduisant notablement le temps du traitement (Cf. Chapitre VII, annexes p.187-190).

L'étude des courbes isothermes de sorption et de désorption permet de déterminer le taux d'hygrométrie adapté pour humidifier un matériau asséché et le seuil d'hygrométrie à partir duquel l'eau vapeur peut passer en phase liquide dans les capillaires du matériau¹³¹. Dans le cas des matériaux organiques, la diffusion de gaz* a lieu jusqu'à un taux de 20% d'humidité relative et celle de vapeur* jusqu'à un taux de 80%. Au-delà de 80% d'humidité relative, le mécanisme de transport capillaire* s'ajoute aux mécanismes de diffusion et se caractérise par la formation d'eau liquide dans les fibres (Fig.108). Ceci est dû à l'intensification des interactions entre les molécules d'eau présentes sous forme de vapeur¹³².

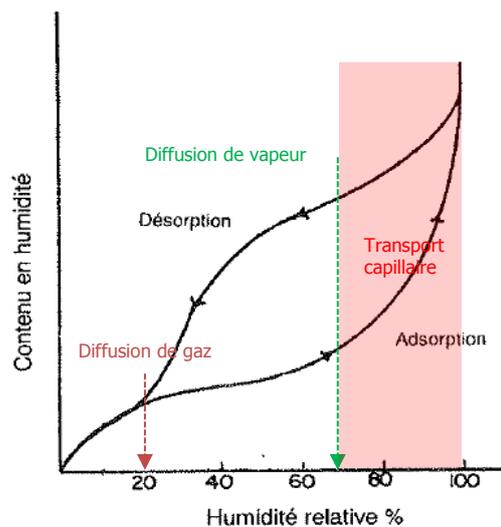


Fig.108 Courbes isothermes de sorption et de désorption

Etant donnée la présence probable de sels hygroscopiques, issus du façonnage et de l'usage, le taux d'hygrométrie maximal de l'enceinte devra être adapté à leur HRE. Ceci limitera le risque de déliquescence, de diffusion puis de nouvelles contraintes mécaniques internes après traitement. Le chlorure de sodium présente la HRE la plus basse parmi les espèces de sels que nous soupçonnons, située à 75% d'humidité relative (à 20°C). Le taux d'hygrométrie de l'enceinte ne devra donc pas dépasser ce seuil.

La structure de l'enceinte a été réalisée à l'aide de montants métalliques et de connections en polypropylène (*IDspace*®), recouverts de bâches de polyéthylène transparentes afin d'avoir un contrôle visuel permanent. Un accès a été aménagé de sorte à pouvoir manipuler l'objet sans avoir à le sortir de l'enceinte. Ceci permet d'éviter les variations climatiques que génère un traitement dans une plus petite enceinte, obligeant à entrer et sortir l'objet successivement¹³³. Nous avons choisi d'humidifier

¹³¹ Chahine, 2013, p.255

¹³² Hennion, 2013, p.97-98

¹³³ Elarbi 2014 p.97-98

l'atmosphère à l'aide d'un humidificateur (*Defensor*[®] PH26) programmé à 75% et de la contrôler à l'aide d'un capteur thermo-hygrométrique à affichage numérique (*Hamster*[®]) (Fig.109).

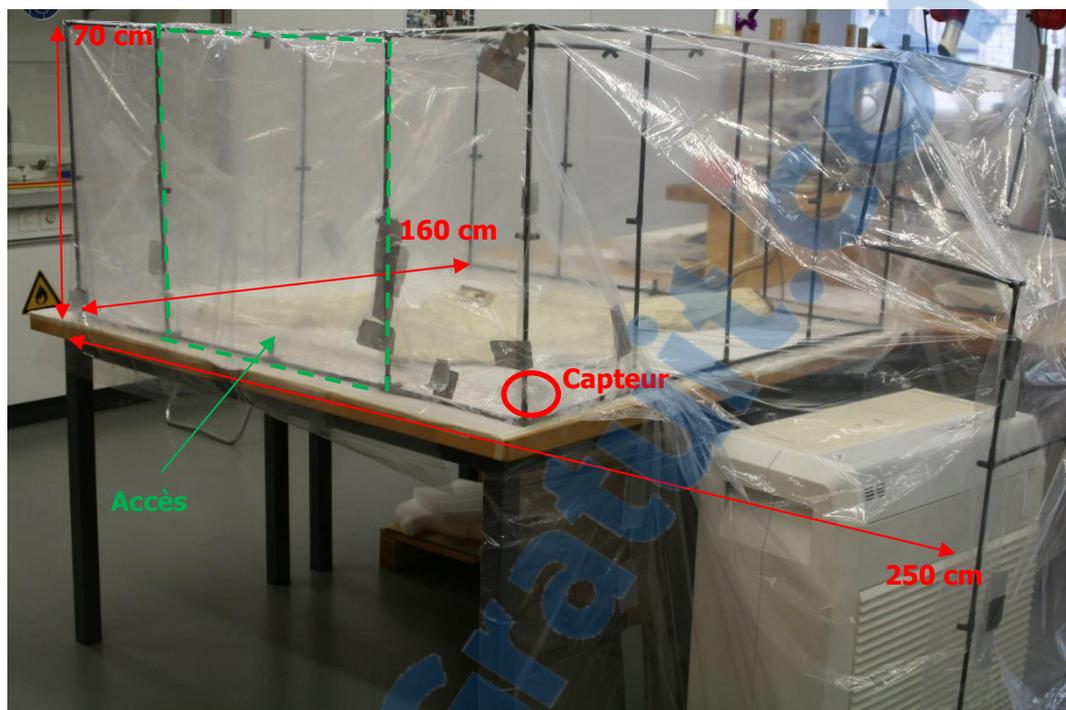
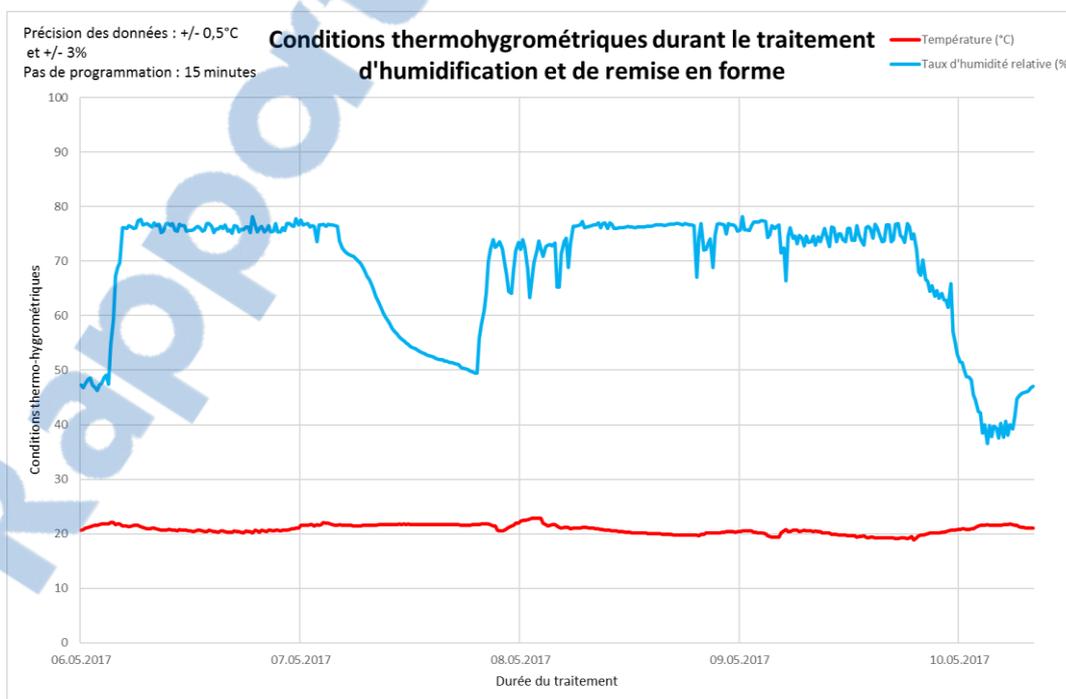


Fig.109 Vue de l'enceinte d'humidification et de l'objet en début de traitement

La parka a été placée dans l'enceinte après y avoir stabilisé l'hygrométrie à 50%. Puis celle-ci a été augmentée jusqu'à 75% durant quelques heures, afin de permettre à l'objet de se mettre progressivement à l'équilibre (Graphique 12).



Graphique 12 Suivi des conditions climatiques durant le traitement d'humidification et de remise en forme. La chute hygrométrique observée le 07.05 correspond à une panne de l'humidificateur durant la nuit et la matinée

La remise en volume du corps, des manches et de la capuche a été réalisée avec du tulle de nylon et du papier de soie non acide, tandis que des bandes de polyéthylène flexibles (*Rigiband*®) fixées à l'aide d'aimants et de pinces ont été utilisés pour remettre en forme et soutenir les rubans de cuir (Fig.110 à 115).

Les matériaux à mailles larges, en ce qu'ils laissent plus facilement circuler la vapeur d'eau, semblent améliorer l'efficacité du traitement et réduire sa durée¹³⁴.



Fig.110 Parka en cours de remise en forme



Fig.111 Ruban de cuir inférieur après remise en forme



Fig.112 Capuche avant remise en forme du ruban de cuir

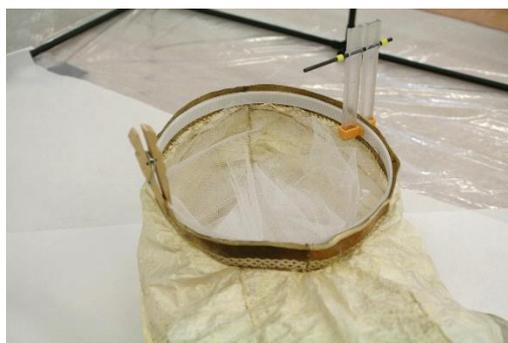


Fig.113 Capuche après remise en forme du ruban de cuir



Fig.114 Objet avant traitement, dans les réserves du MHB



Fig.115 Objet après traitement et sortie de l'enceinte

Finalement, le taux d'hygrométrie de l'enceinte a été diminué à celui de l'espace de travail pour permettre la sortie de l'objet sans induire de choc climatique.

Le traitement a duré 3 jours et 2 demi-journées ont été consacrées à l'acclimatation de l'objet au début et à la fin du traitement.

¹³⁴ Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne]

3.4 Consolidations des coutures, des trous et des déchirures

Les anciennes consolidations ont suscité des déchirures au niveau des nouveaux trous de coutures, rendant cette méthode inadaptée. Aussi, comme cette parka n'est plus utilisée et qu'elle est conservée dans un environnement thermo-hygrométrique stable, la méthode de traitement choisie ne nécessite pas d'avoir un pouvoir consolidant très fort puisqu'elle devra seulement permettre à l'objet de supporter une sollicitation mécanique lors de sa manipulation.

Réalisation du traitement

Nous avons opté pour la méthode de consolidation par doublage. Celle-ci consiste à appliquer un support sur la face interne des parkas. Le doublage est utilisé pour réaliser un joint entre les parties à consolider et leur apporter un soutien mécanique¹³⁵.

Etant donné que la température de rétraction initiale (T_i) de la parka étant de $47,7^{\circ}\text{C}$, nous avons proscrit les adhésifs à activation thermique. Nous avons d'abord testé 4 adhésifs (mélange Lascaux[®] HV 303 et HV 468, la Jade[®] 403, la Klucel[®] G et le Plexisol[®] P550) et 3 supports de doublage (papier Japon Kozo, papier Japon Gampi et feuille de boudruche), sur des éprouvettes de membranes de mêmes dimensions et présentant une déchirure en leur centre (Cf. Chapitre VII, annexes p.190).

A l'issue de nos tests, nous avons choisi de consolider les trous et les déchirures avec de la feuille de boudruche et de la Klucel[®] G 5% et glycérine 1% (m/v) dans l'eau déminéralisée-éthanol 98% (50 : 50, v/v).



Toutefois, la réalisation d'un test sur la parka a montré que la faible accessibilité des zones à doubler et le manque de visibilité durant l'intervention rendaient la boudruche d'autant plus difficile à mettre en œuvre (Fig.116).

Fig.116 Accessibilité et visibilité faibles de certaines zones à traiter

¹³⁵ Nieuwenhuizen, 1998 p.136



Visuellement, celle-ci s'est aussi avérée peu adaptée, présentant une teinte grisâtre et un lustre supérieure à celui de la parka (Fig.117-118). Enfin, sa trop grande flexibilité laisse supposer un soutien mécanique insuffisant pour les zones de consolidation étendues.



Fig.117 Vue de la zone de test avant doublage



Fig.118 Vue de la zone de test après doublage

A l'inverse, le film de Klucel® G s'est avéré bien adapté aux propriétés mécaniques à la membrane (flexibilité, matité). La Klucel® G est l'éther de cellulose le plus utilisé pour la consolidation et le doublage des parkas. Elle présente une viscosité moyenne par rapport aux autres Klucel® et un pH variant de 5 à 8¹³⁶. Grâce à son poids moléculaire plus haut, elle forme un film souple, résistant à la traction et mat. L'ajout de glycérine à 1% (m/v) permet d'augmenter son pouvoir adhésif et sa flexibilité¹³⁷. Nous avons préféré l'utiliser en mélange dans l'eau déminéralisée et l'éthanol 98% afin de limiter l'apport d'eau tout en induisant une meilleure mouillabilité et une évaporation plus rapide de celle-ci. De plus, ce sont les solvants qui ont eu le moins d'effets altérant durant les tests de solubilité (Cf. Chapitre VII, annexes p.181-182).

Un second test avec du papier Japon Gampi 12 g/m² a montré sa bonne compatibilité avec l'objet. Sa teinte naturellement jaune pâle, sa surface lustrée et ses propriétés mécaniques s'adaptent particulièrement bien à celles de la membrane. De plus, il est issu d'un arbuste dont la sève est toxique, ce qui le rendrait moins sensible aux attaques biologiques¹³⁸. Enfin, contrairement aux feuilles de baudruche, ses bords peuvent être frangés, rendant son utilisation plus discrète et esthétique (Fig.119-121).



Fig.119 Trous d'insecte avant doublage



Fig.120 Trous d'insecte après doublage (avec fond noir)



Fig.121 Trous d'insecte après doublage (sans fond noir)

¹³⁶ Elle est chimiquement et physiquement plus stable à un pH de 6 à 8.

¹³⁷ Fenn, 1984, p.138

¹³⁸ Papiers Japon, 2017 [En ligne]

Les trous et les petites déchirures ont donc été consolidés à avec du papier Gampi 12 g/m², dont la finesse et la flexibilité apporte un soutien suffisamment adapté (Fig.122-125).



Fig.122 Trou dû à une attaque d'insecte, avant consolidation



Fig.123 Trou dû à une attaque d'insecte, après consolidation

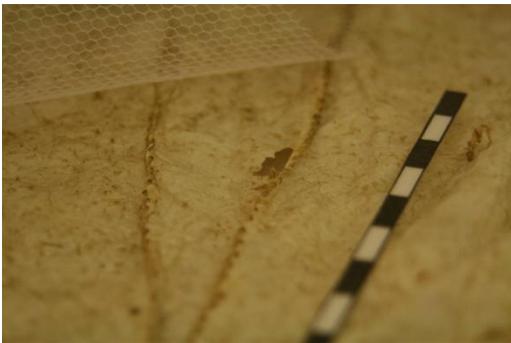


Fig.124 Trou dû à une attaque d'insecte, avant consolidation



Fig.125 Trou dû à une attaque d'insecte, après consolidation

Les déchirures étendues ont été consolidées à l'aide de papier Japon Gampi 20 g/m², qui est plus épais et rigide, offrant ainsi un renfort structurel plus important que le premier (Fig.126-133, p.73-74).



Fig.126 Déchirure étendue, avant doublage

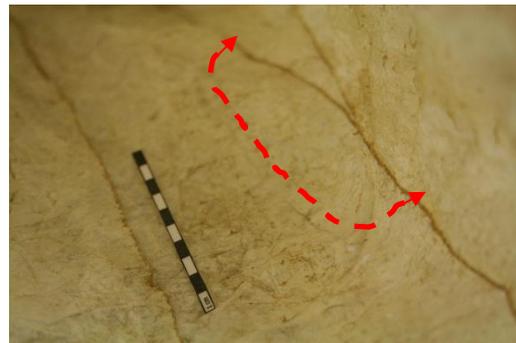


Fig.127 Déchirure étendue, après doublage



Fig.128 Déchirure étendue, avant doublage



Fig.129 Déchirure étendue, après doublage



Fig.130 Déchirure étendue, avant doublage

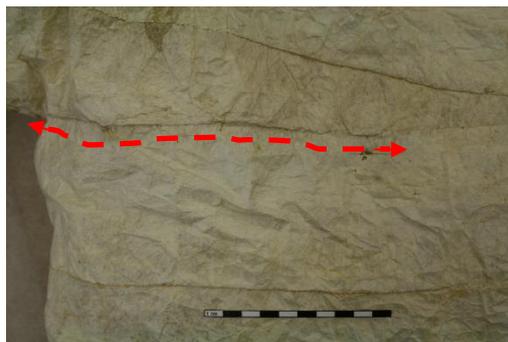


Fig.131 Déchirure étendue, après doublage



Fig.132 Déchirure étendue, avant doublage

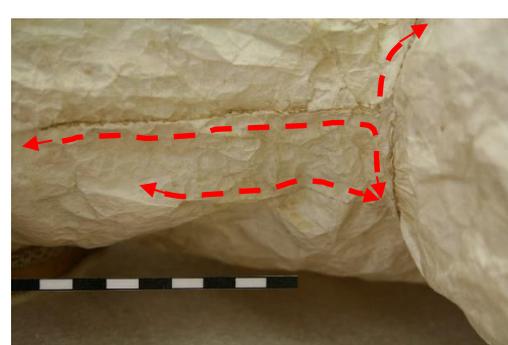


Fig.133 Déchirure étendue, après doublage



Fig.134 Vue des facings temporaires utilisés pour faciliter la consolidation de la déchirure dans le cou

La consolidation de certaines déchirures a aussi nécessité un réalignement temporaire des parties dégradées à l'aide de *facings* (Klucel® G 2% dans l'éthanol 98% et papier Japon Kozo 17g/m²), appliqués sur l'avant des membranes. Ceux-ci ont également permis d'évaluer la tension nécessaire à appliquer entre chaque bord et les lacunes éventuelles, qui n'étaient pas perceptibles du fait de la désorganisation de ces zones (Fig.134).

La pression nécessaire à la formation des films d'adhésif a été apportée par un système d'aimants et de mise sous poids.



Fig.135 Pression appliquée à l'aide d'aimants. Un papier buvard est disposé comme interface pour diminuer les contraintes mécaniques sur les fibres



Fig.136 Pression appliquée à l'aide de poids

Enfin, nous avons consolidé les fils désolidarisés et les coutures rompues à l'aide de rubans de papier Japon Gampi (9 g/m²) de 2 cm x 0,2 cm, préalablement encollés, puis enroulés autour des zones dégradées. Les fils ont été replaqués sur les membranes en collant les extrémités des rubans sur la face interne de l'objet.

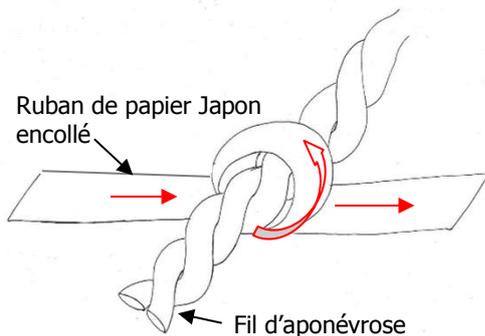


Fig.137 Schéma de mise en œuvre des consolidations des coutures. Les flèches rouges montrent le sens d'enroulement du ruban



Fig.138 Consolidation d'une couture rompue, située au dos de la parka



Fig.139 Vue d'une couture rompue, située au dos de la parka, avant consolidation



Fig.140 Vue d'une couture rompue, située au dos de la parka, après consolidation

Pour finir, et comme convenu avec les responsables de la collection, les doublages n'ont pas été mis en teinte afin de conserver la visibilité de l'intervention et mettre en valeur l'histoire de la parka dans les collections du MHB.

Toutefois, si le musée le souhaite ultérieurement, nous recommandons l'emploi de peinture aquarelle (*Winsor & Newton*[®]) ou d'acrylique (*Liquitex*[®]), connues pour leur stabilité physico-chimique dans le temps.

3.5 Support de stockage et d'exposition

Conception du support double

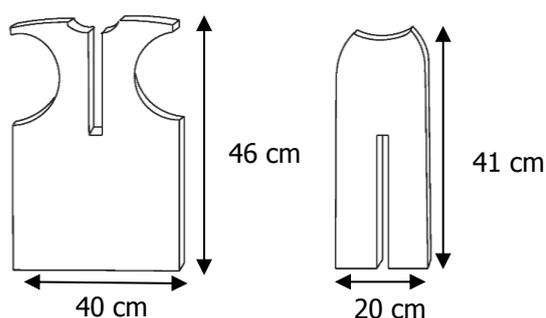


Fig.141 Schéma de la structure de base du support

La structure de base que le musée a souhaité intégrer au projet consiste en 2 éléments verticaux pouvant facilement s'imbriquer et se désassembler, formant une croix. Cet élément sert « d'ossature » pour la mise en volume du corps (Fig.141).

Les éléments déterminants pour la conception ont aussi été que la bande inférieure est moins large que la partie supérieure du corps et l'accès

à l'intérieure de la parka ne peut se faire que par la capuche et la bande inférieure. Les bras ne sont pas symétriques et la partie arrière du corps est plus ample que la partie avant.



Fig.142 Patron de la parka en papier de soie

Pour nous aider à proposer des solutions adaptées, nous avons fabriqué un patron de la parka en papier de soie (échelle 1 : 1) – réduisant ainsi les manipulations de l'objet original (Fig.142).

Concernant le socle d'exposition, les responsables des collections ont souhaité un support bipartite : la partie supérieure, fixe, permettrait d'insérer le support en carton pour le stabiliser, tandis que la partie inférieure serait modulable et interchangeable selon les besoins du musée (Fig.143, p.77). Il ne doit y avoir aucun point de contact entre l'objet et ce socle. Il doit enfin permettre de stabiliser l'ensemble lors du transport et la manipulation de l'objet.

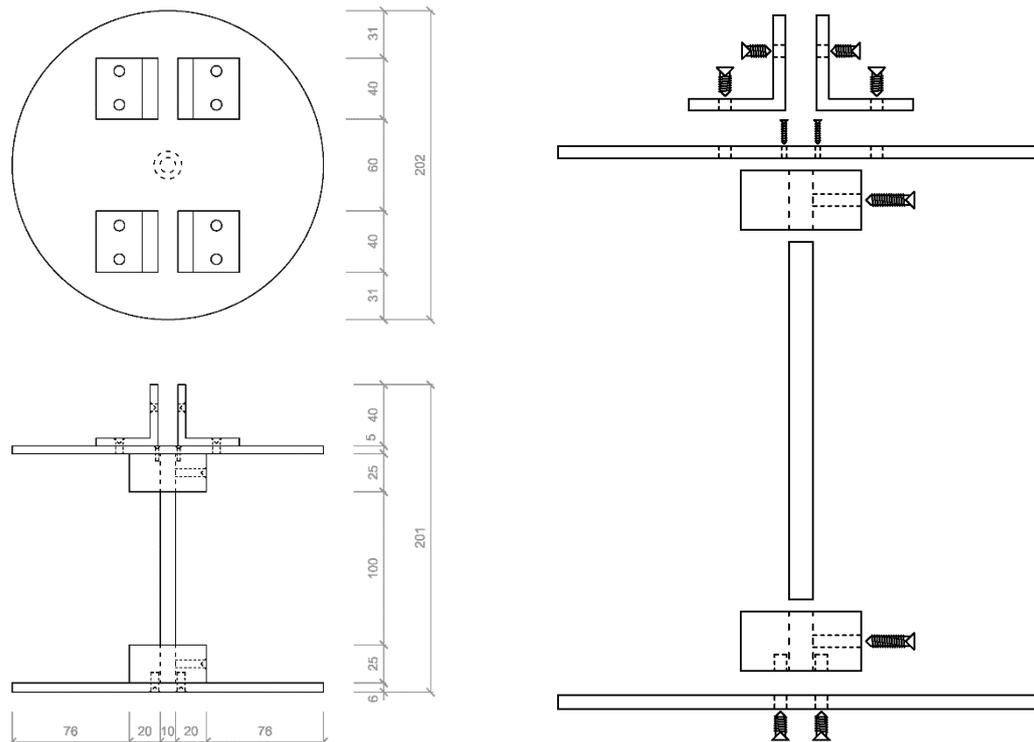


Fig.143 Schémas du socle d'exposition

Réalisation du support de stockage

Le support est composé de 3 éléments principaux : le corps, la capuche et les manches.

La structure du corps a été réalisée avec 2 panneaux en carton nid d'abeille neutre et sans réserve alcaline (*Oekopack Conservus AG*) de 13 mm d'épaisseur, dont les tranches ont été recouvertes de papier gommé neutre et sans réserve alcaline¹³⁹ (*KLUG Conservation*) afin de limiter les risques de dégradations dues aux frottements et accrochages. L'utilisation de carton nid d'abeille permet d'obtenir une structure solide, stable et légère. L'assemblage des panneaux est permis par 2 entailles médianes de même longueur (Fig.144-145).

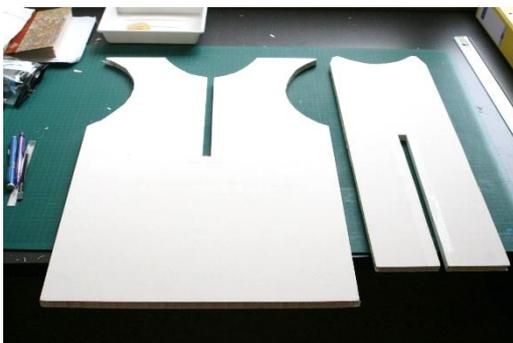


Fig.144 Support du corps en cours de réalisation



Fig.145 Support du corps définitif

¹³⁹ Ruban en papier neutre composé de 100% de cellulose, ne contenant pas d'azurants, à pH 7. La couche d'encollage est composée de colle d'amidon de pomme de terre, ne contenant ni plastifiants ni additifs et réversible à l'eau.

Des épaulettes en carton ondulé neutre et sans réserve alcaline ont ensuite été fixées avec du papier gommé. Elles permettent de fixer les supports des bras sur celui du corps. Des cales ont été ajoutées sous ces éléments pour soutenir durablement le poids de ces-derniers (Fig.146).

La mise en volume du buste est finalisée par l'ajout de coussins de tulle de nylon et de non tissé de polyester (*Hollytex*[®]), cousus au fil de coton. Ces matériaux ont été choisis pour leur légèreté et leur stabilité physico-chimique. Ces coussins peuvent être installés et retirés du support facilement à l'aide de rubans de *Velcro*[®] (Fig.147).



Fig.146 Détail d'une épaulette permettant la fixation du support du bras



Fig.147 Mise en volume finale à l'aide de coussin de tulle de nylon et de *Hollytex*[®] (support vue de l'arrière)

Enfin, les faces avant et arrière du support ont été marquées des inscriptions « FRONT » et « BACK », afin de ne pas les confondre en cas de démontage. De même, des étiquettes en *Tyvek*[®] présentant la lettre « A » ont été cousues sur les coussins et le support du bras associés au côté dextre, alors que les éléments de support associés au côté senestre sont marqués de la lettre « B » (Fig.148-149).

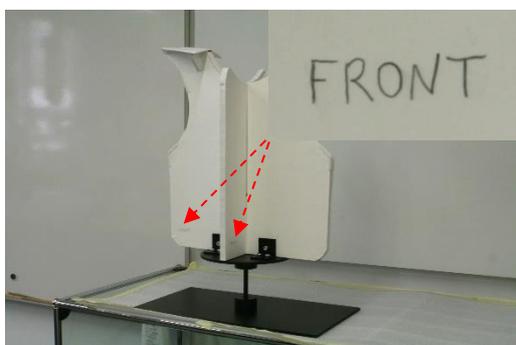


Fig.148 Inscriptions indiquant le sens d'assemblage du support

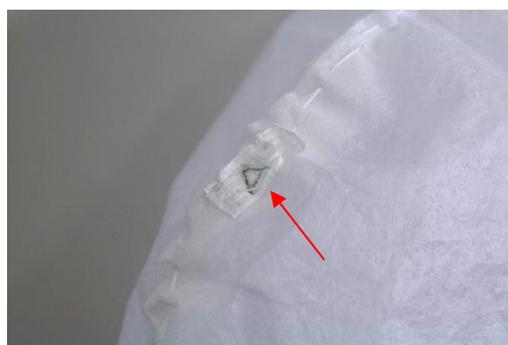


Fig.149 Etiquette indiquant la lettre « A » sur l'un des coussins

La forme de la capuche est maintenue par 2 bandes de polyéthylène flexibles (*Rigiband*[®]), assemblées par couture et recouverte de gaines en papier gommé. Celles-ci ont été mises en teinte à l'aquarelle *Winsor & Newton*[®] et aux pastels sèches *CRETACOLOR*[®], les rendant plus discrètes pour l'exposition. Cet élément se fixe en insérant chaque extrémité dans des encoches, situées dans la tranche du carton du support du buste (Fig.150-151).



Fig.150 Support après gainage en papier et mise en teinte à l'aquarelle

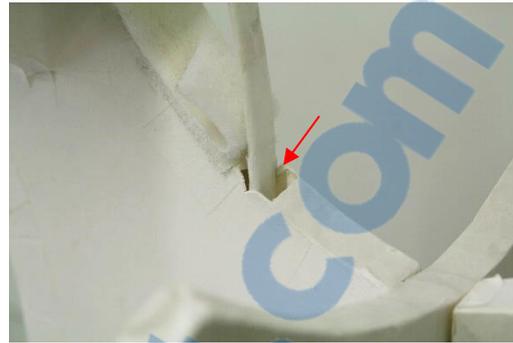


Fig.151 Encoche permettant l'insertion du support de la capuche

Un moulage de chaque bras a été réalisé avec des bandes de papier gommé, superposées en couches verticales et horizontales (Fig.152). Nous avons obtenu une structure légère, assez rigide pour soutenir les bras mais aussi flexible pour faciliter son insertion dans l'objet. Des fils de nylon (\varnothing 0,05 mm) ont été attachés sous chaque structure pour apporter la tension nécessaire au maintien durable de l'inclinaison des bras.



Fig.152 Réalisation du moulage du bras dextre

Ces moulages ont ensuite été recouverts de ouate de polyester, puis de *Hollytex*[®] cousu avec du fil de coton. Ces éléments soutiennent adéquatement le volume de la partie supérieure des épaules et des bras. Ils s'installent et se retirent du support du buste à l'aide de rubans de Velcro[®] fixés sur les épauettes. Le volume de la partie inférieure des bras est soutenu grâce à des coussins de tulle de nylon et de *Hollytex*[®] (Fig.153-154).



Fig.153 Vue des 2 supports des bras avec leurs coussins



Fig.154 Vue du système d'attache du support du bras à l'aide de Velcro[®]

Enfin, des anneaux de *Rigiband*[®] recouverts de gaines en papier mises en teinte permettent de maintenir la forme de chaque poignet.

Installation du support

Les bras doivent être insérés en premier, puis le support de la capuche doit être mis en place avant celui du buste. Celui-ci peut alors être inséré par la partie inférieure en prenant soin d'aligner les épaulettes avec la partie inférieure des supports des bras (pour mettre les bandes de Velcro[®] face à face). Enfin, la mise en volume est terminée par la fixation du support de la capuche dans les encoches et l'ajout des coussins de tulle (Fig.155-156).



Fig.155 *Vue des éléments du support assemblés*



Fig.156 *Vue de l'objet sur son support double*

Une version photographique, disponible au Chapitre X Indications pour l'installation du support et de l'objet (Chapitre VIII, annexes p.197-200), indique de manière détaillée l'installation du support dans l'objet. Elle est disponible en français et en allemand.

Réalisation du socle d'exposition

Nous avons choisi de réaliser le socle d'exposition en aluminium (Kaufmann et fils SA). Celui-ci facilitera la manipulation de l'objet sur son support, tout en restant léger. Tous les assemblages ont été réalisés avec des vis amovibles, rendant le support parfaitement modulable selon les besoins du MHB.



Fig.157 *Réalisation des trous taraudés à la fraiseuse sur commande numérique*

La partie supérieure est constituée d'un plateau circulaire (dont le diamètre est égal à la profondeur de la parka) sur lequel sont vissées des équerres qui servent à stabiliser le support de stockage. Celui-ci se fixe en insérant le panneau le plus large entre les équerres et est bloqué par deux vis traversantes reliant ces dernières. Des rondelles anti-dévisage assure la fixation à long terme des équerres en bloquant les vis (Fig.158-159). Tous ces éléments sont invisibles, cachés dans l'objet (Fig.156).

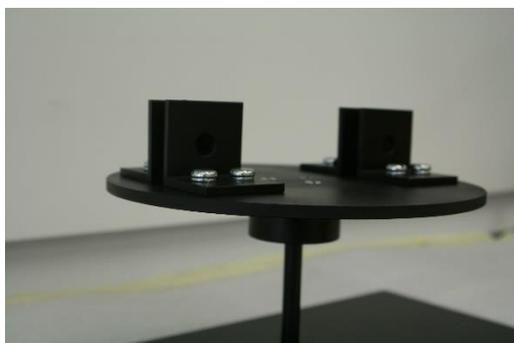


Fig.158 Vue de la partie supérieure, permettant de fixer le support de stockage



Fig.159 Vue d'une équerre avec le système de fixation du support en carton et les rondelles anti-dévisage

La partie inférieure est constituée d'une plaque rectangulaire sur laquelle est fixée un cylindre permettant d'insérer un axe métallique en acier inoxydable ($\varnothing 10$ mm) (Fig.160). Malgré la légèreté de l'objet et de son support de stockage, nous avons choisi d'utiliser de l'acier inoxydable, plus résistant, afin de limiter les risques de déformations de l'axe métallique (dus au poids de l'ensemble) sur le long terme. Un second cylindre, fixé sous le plateau circulaire, permet d'insérer l'autre extrémité de l'axe et de combiner ces deux parties (Fig.161). La hauteur actuelle de cet axe a été choisie pour faciliter le transport et la manipulation de l'objet, mais comme elle est fixée à l'aide de vis celle-ci peut être modifiée selon les besoins muséographiques. De même, la plaque rectangulaire a été pensée pour faciliter la manipulation de l'objet mais peut aussi être changée. A l'inverse, nous avons choisi un diamètre de 10 mm pour l'axe métallique afin de réduire les vibrations que peut subir l'objet durant son exposition, son transport et sa manipulation.

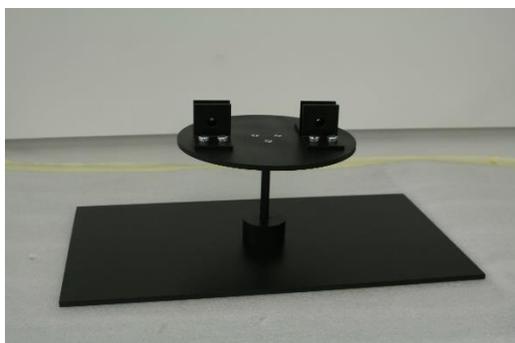


Fig.160 Vue des parties inférieures et supérieures assemblées

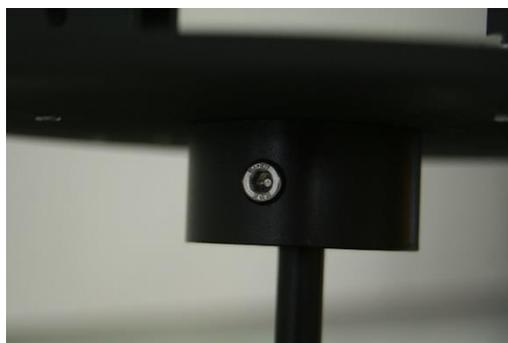


Fig.161 Vue du système de fixation de l'axe métallique

Enfin, le socle a été recouvert d'une couche de primer acrylique (*Knuchel Farben*[®]) et de 2 couches de peinture noire acrylique mat et de vernis mat (*Dupli-Color*[®]).

3.6 Conditionnement de transport et de stockage à long terme

Le conditionnement de transport et de stockage de la parka consiste en une boîte parallélépipédique constituée d'un cadre en carton nid d'abeille neutre et sans réserve alcaline (13 mm d'épaisseur) et d'une paroi arrière de 8 mm d'épaisseur. Cette structure est assemblée à l'aide d'équerre en aluminium fixées par des rivets en nylon (*Essentra Components™*) (Fig.162). Afin de réduire les risques d'affaissement du carton dû au poids du support double (3 kg), le fond de la boîte est constitué de 2 couches de carton de 13 mm d'épaisseur. L'objet y est conditionné debout, sur son support (Fig.170). Nous avons privilégié l'utilisation de matériaux légers afin de faciliter la manipulation de l'objet dans son conditionnement. Ce sont aussi des matériaux inertes et reconnus pour leur bonne stabilité physico-chimique. Enfin l'utilisation de carton permet de tamponner les variations climatiques extérieures et de ralentir et réduire leur impact sur l'objet (rétractions et dilatations).

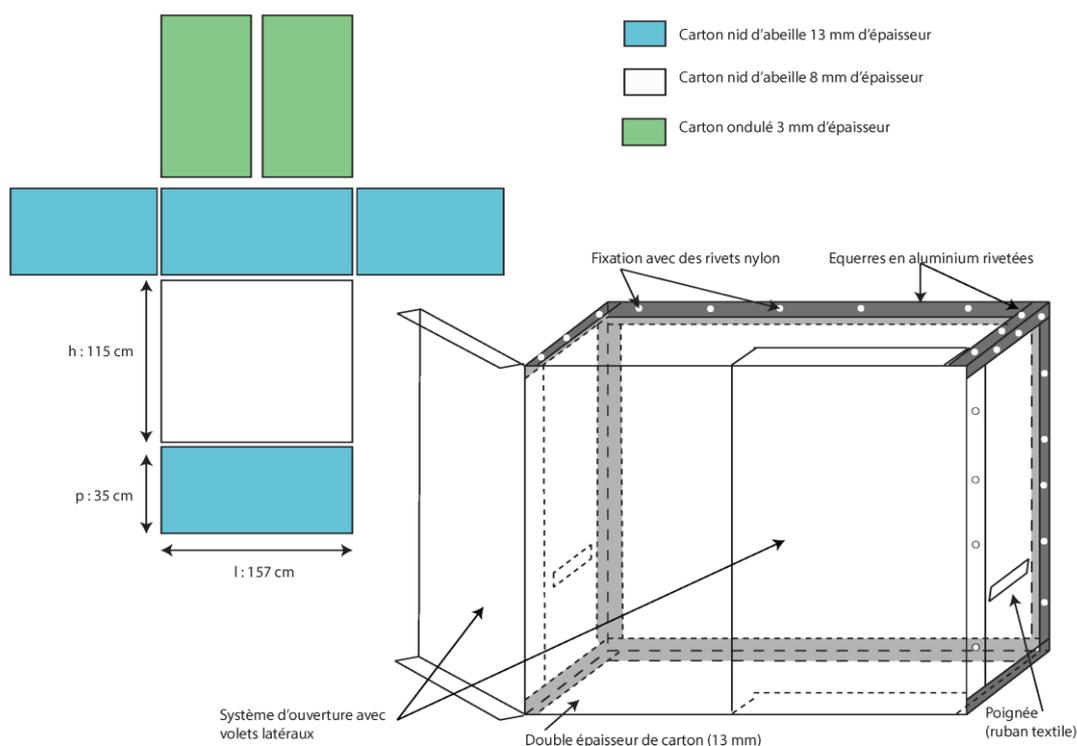


Fig.162 Schéma de la boîte de stockage et de transport

Seule la partie avant est partiellement mobile. Nous avons choisi d'installer des volets s'ouvrant latéralement, fixés sur les côtés de la boîte par des rivets en nylon. Ces volets présentent des rabats recouvrant chaque paroi sur 10 cm afin d'éviter la propagation de la poussière dans la boîte. Une bande de carton a été ajoutée à l'extrémité du volet gauche, de sorte que la poussière ne puisse pas aussi se propager par l'avant (Fig.164). Ces volets se ferment à l'aide de rubans de coton et sont fixés aux parties supérieures et inférieures de la boîte par des rubans de *Velcro®*.



Fig.163 Vue de la boîte pendant sa réalisation



Fig.164 Vue des volets avec le système de fermeture (ruban de coton) et anti-poussière

Un dispositif de calage interne adapté au basculement de la caisse, constitué de cales en mousse de polyéthylène soutenant les deux bras ainsi que la capuche, permet de limiter les vibrations induites lors du transport et de la manipulation de la boîte. De même, nous avons disposé une feuille de mousse de polyéthylène sous la base du support d'exposition, ainsi que des cales tout autour, jouant le rôle d'antidérapant et réduisant les risques de glissement du support (Fig.165-168).



Fig.165 Système de calage de la base



Fig.166 Système de calage de la capuche



Fig.167 Système de calage de la manche droite



Fig.168 Système de calage de la manche senestre

Pour finir, des poignées en rubans de polyester, ajoutées de chaque côté de la boîte, permettent de faciliter sa manipulation (Fig.169). Une étiquette présentant l'objet dans son conditionnement indique aussi, en allemand, la nature de l'objet, les conditions environnementales recommandées et les consignes d'ouverture de la boîte et de manipulation du support.



Fig.169 *Vue d'une poignée*



Fig.170 *Vue de l'objet dans sa boîte*

Bilan des interventions

Grâce à la méthodologie d'intervention que nous avons développé, nous avons pu répondre aux 2 objectifs de restauration pour lesquels nous avons été mandatés par le musée (Fig.171-176).

La dérestauration des anciennes coutures, la consolidation des trous, déchirures et coutures rompues et la réalisation d'un support apportant un soutien mécanique à long terme ont permis de stabiliser les processus de dégradations qui gênaient la compréhension de l'objet et empêchaient sa manipulation sans risque.

Les différents traitements de nettoyage, l'humidification et la remise en forme des plis et des déformations ainsi que la conception d'un support d'exposition et de stockage discret ont permis d'améliorer la perception esthétique de l'objet en vue de son exposition.

Le tableau 11 présente le récapitulatif des temps d'interventions nécessaires au traitement de cet objet (une journée équivaut à 8h de travail effectif). Le temps de traitement de la parka 4 a donc été de 21,5 jours, soit 172h

Interventions réalisées	Temps d'intervention en jour
<i>Dépoussiérage et retrait des coutures anciennes</i>	1/2
<i>Nettoyage des dépôts adhérents et des taches de fer</i>	1
<i>Humidification et remise en forme</i>	4
<i>Consolidation des coutures, trous et déchirures</i>	5
<i>Réalisation du support de stockage/exposition</i>	8
<i>Réalisation du conditionnement de transport/stockage</i>	3
TOTAL	21,5

Tableau 11 *Récapitulatif des temps d'intervention*



Fig.171 Conditionnement de transport/stockage



Fig.172 Parka 4, vue dans son conditionnement



Fig.173 Parka 4, vue de la face avant (après traitement)



Fig.174 Parka 4, vue de la face arrière (après traitement)



Fig.175 Parka 4, vue du côté senestre (après traitement)



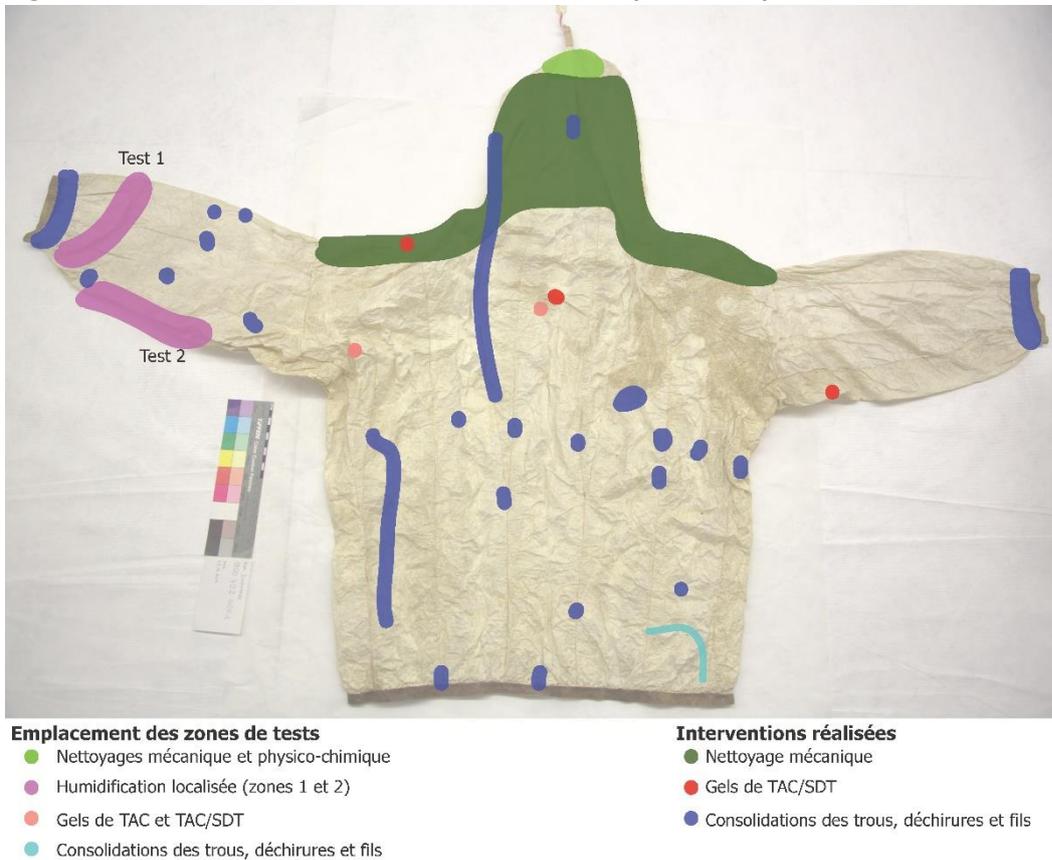
Fig.176 Parka 4, vue du côté dextre (après traitement)

Les Fig.177 et 178, ci-dessous, montrent l'emplacement des zones des tests ainsi que les interventions qui ont été réalisés.

Fig.177 Bilan des tests et des interventions réalisés (face avant)



Fig.178 Bilan des tests et des interventions réalisés (face avant)



4. Recommandations de conservation

4.1 Conditions de stockage

Ce travail de conservation-restauration s'inscrit dans un projet de réaménagement des réserves du MHB. Nous ne connaissons pas les conditions environnementales de conservation des futurs locaux de réserve, mais nous pouvons supposer qu'elles seront semblables aux conditions actuelles. Celles-ci se caractérisent par leur bonne stabilité et sont adaptées à la conservation à long terme des parkas (température annuelle moyenne de 20,8°C et taux d'hygrométrie annuel moyen de 49,7%).

Les matériaux constitutifs de la parka 4 présentent une sensibilité semblable aux différents facteurs de dégradations environnementaux. Ainsi, nous recommandons de maintenir un taux d'humidité relative entre 45 et 65%, ce qui réduira les risques de dégradations liées à l'assèchement des matériaux (déformations, raidissement, contraintes pouvant engendrer des ruptures) ou dues à une hygrométrie élevée (développement de microorganisme, réactions hydrolytiques).

Nous préconisons de maintenir la température entre 18°C et 22°C, qui est une plage de valeur acceptable pour la conservation des parkas et pour le confort des usagers de la réserve. Etant donné qu'une variation de 3°C induit une variation de 10% du taux d'humidité relative, nous conseillons de limiter les variations journalières à +/- 2°C.

La stabilité thermo-hygrométrique est le facteur déterminant pour la conservation à long terme de cet objet. Sa forte hygroscopicité induit une plus grande capacité d'absorption et de désorption, ce qui se traduit par une sensibilité accrue aux dégradations mécaniques. En outre, cette sensibilité est renforcée par la présence de matériaux de restauration qui présentent une nature et une sensibilité différentes de celle des membranes : l'humidité, la lumière, la chaleur et les microorganismes sont autant de facteurs susceptibles d'altérer leur comportement physico-chimique ou leur aspect. Nous recommandons donc de limiter les variations hygrométriques journalières à +/- 5% d'humidité relative, ce qui réduira la création de contraintes au niveau des coutures et des doublages de déchirures¹⁴⁰.

Nous conseillons d'effectuer un contrôle régulier de l'état de conservation de l'objet, permettant de suivre une éventuelle infestation d'insectes nuisible.

Pour finir, la structure de la boîte de l'objet est suffisamment rigide et solide pour autoriser l'empilement d'autres boîtes. Toutefois, afin de limiter les risques d'affaissement du carton, nous conseillons d'empiler uniquement des boîtes contenant des objets légers.

4.2 Conditions d'exposition

A la suite de ce travail de restauration, la parka 4 se présente dans un état de conservation acceptable pour une mise en exposition. Cependant, puisque les dommages causés par la lumière sont cumulatifs et irréversibles, nous conseillons de limiter la durée d'exposition de l'objet et de proscrire une exposition directe à la lumière naturelle.

¹⁴⁰ Dignard et Mason, 2016 [En ligne]

Nous recommandons d'utiliser un niveau d'éclairage maximal de 150 lux (à raison de 8 heures d'éclairage par jour) et de proscrire l'exposition aux rayonnements UV, ce qui réduira les risques d'oxydation des graisses et du collagène et limitera le jaunissement et la réticulation des fibres. Ces conditions devraient permettre l'exposition de la parka durant 7 à 200 ans sans effets dégradant observables¹⁴¹.

De même, en ce qu'ils favorisent le dessèchement et l'échauffement localisé des matériaux, les rayonnements IR doivent être évités.

4.3 Manipulation

Dans la mesure du possible, nous recommandons de manipuler cet objet sur son support. Celui-ci étant facilement adaptable (la base du support d'exposition peut être aisément dissociée du support), sa manipulation en est facilitée. L'ensemble est assez léger pour être porté à une seule personne, mais étant donné la taille de l'objet, nous conseillons de prévoir une seconde personne pour assister l'ouverture des portes pour de court trajet ou de favoriser le transport de l'objet sur un chariot pour les plus longues distances.

Dans le cas où cet objet devrait être enlevé de son support, nous conseillons de retirer tous les éléments en passant par la partie inférieure de l'objet et sa capuche. Cet objet ne devrait jamais être conservé plié ou sans support interne, au risque de causer de nouvelles déformations et plis marqués.

D'après les résultats de nos investigations sur la présence de biocides résiduels, cet objet présente peu de risques sanitaires. Nous préconisons donc de manipuler la parka ainsi que son support avec des gants ou les mains propres ce qui évitera la formation de nouvelles taches. Nous recommandons enfin de manipuler l'objet dans un environnement climatique adapté. La manipulation dans un environnement sec favorise les risques de déchirures et de ruptures des coutures.

¹⁴¹ Michalski, 2016 [En ligne]

Bilan et discussion

Ce travail avait deux objectifs :

- Comprendre les causes et les conséquences du brunissement et du raidissement qui menacent la conservation à long terme de ces parkas.
- Développer une méthodologie de traitement adaptée à cette typologie d'objet et l'appliquer sur l'une des parkas de la collection.

L'étude historique et technologique du corpus, préalable à la réalisation du diagnostic et du pronostic, a permis de mettre en évidence une erreur dans l'inventorisation des parkas 1 et 2. Celle-ci est probablement la parka la plus ancienne, collectée durant le 3^{ème} Voyage de James Cook. L'identification des matériaux constitutifs des objets a confirmé l'emploi de membranes intestinales pour le façonnage des parkas 1, 2, 4 et 5 et de dégager l'emploi probable de membrane œsophagienne pour la parka 3. L'observation des caractéristiques physiques de ces membranes corrélées avec la littérature spécialisée confirme l'emploi de membranes de mammifères marins, vraisemblablement de pinnipèdes ou de cétacés. Des analyses instrumentales plus poussées, telle que l'identification par empreinte de masse peptidique, permettrait de connaître avec une plus grande précision les espèces utilisées. Quant à l'étude des ornements, celle-ci a permis d'identifier plusieurs espèces de mammifères endémiques des régions de l'Arctique. Enfin, les recherches effectuées pour démontrer l'impact d'anciens traitements de conservation réalisés au MHB ont permis de détecter plusieurs pesticides à base d'hydrocarbures aromatique (Naphtalène) et organochlorés (DDT, Dichlorobenzène et Perméthrine). Leur usage n'avait, jusqu'à l'ors, pas été documenté par le musée. Leur détection a donc été autant utile pour l'élaboration du diagnostic que pour la documentation des habitudes de traitement du musée et la mise en place de mesures sanitaires complémentaires pour les futures réserves.

Suite à la réalisation du bilan sanitaire de la collection, nous avons pu conclure qu'aucune parka ne peut être actuellement exposée sans risquer d'aggraver leurs dégradations. Les parkas 1 et 2, les plus anciennes, sont considérées dans un mauvais état de conservation tandis que les parkas 3 à 5 sont dans un état passable. L'élaboration du diagnostic et du pronostic a démontré le rôle dominant des processus d'oxydation des acides gras et du collagène (auto-oxydation et photo-oxydation) ainsi que du processus d'hydrolyse acide du collagène. Tous ont probablement été initiés lors du façonnage, de l'usage et du stockage des parkas, et ont pour finalité la dénaturation du collagène et la transformation de celui-ci en gélatine.

La dérestauration des anciennes coutures, la consolidation des trous, déchirures et coutures rompues et la réalisation d'un support apportant un soutien mécanique à long terme ont permis de stabiliser les processus de dégradations gênant la compréhension de l'objet et empêchant sa manipulation sans risque. Les différents traitements de nettoyage, l'humidification et la remise en forme des plis et des déformations ainsi que la conception d'un support d'exposition et de stockage discret ont permis d'améliorer la perception esthétique de l'objet en vue de son exposition.

Grâce aux observations et analyses instrumentales réalisées en amont, ce protocole d'intervention pourra être adapté, selon la sensibilité, les besoins spécifiques et les propriétés physico-chimiques des autres parkas, en vue de leur traitement. Toutefois, nous n'avons pas pu procéder à des tests de nettoyage sur les parkas 1, 2 et 3, qui sont les plus encrassées et brunes. Plusieurs questions subsistent donc autour de la conservation de cette couche brune et des moyens envisageables pour la retirer – la décision devant être prise en fonction des volontés des responsables de la collection, de la faisabilité de l'intervention et des risques probables. De même, le support que nous avons proposé s'adapte aux spécificités optiques de la parka 4, qui est opaque. Dans le cas des parkas 1, 2 et 5, qui sont translucides, il serait intéressant de développer des solutions de mises en valeurs adaptées à leur soutien mécanique à long terme mais plus discrètes.

Conclusion générale

Ce travail de diplôme a permis l'étude d'une collection de 5 parkas Inuits en membranes protéiques et la restauration de la parka 1900.402.0001 (parka 4).

L'élaboration de la documentation de ces objets a permis de mieux comprendre leurs spécificités technologiques et culturelles tout en retraçant la riche histoire de la collection. Nous avons ainsi pu caractériser les matériaux constitutifs de ces parkas et procéder à l'identification de certaines espèces animales endémiques des régions de l'Arctique, confirmant par ailleurs l'authenticité et la provenance de ces objets. L'étude des anciennes pratiques de conservation du musée a aussi mis au jour l'utilisation de pesticides qui n'avait pas été documentée jusqu'à aujourd'hui.

Les altérations majeures de ce corpus sont un fort raidissement induisant des déformations et des déchirures ainsi qu'un jaunissement pouvant évoluer jusqu'au brunissement. Le diagnostic et le pronostic de la collection ont démontré l'impact important du façonnage, de l'usage et des conditions de stockage de ces objets sur leur état de conservation actuel ainsi que le rôle dominant des processus d'oxydation des acides gras et d'hydrolyse acide du collagène constitutifs des membranes protéiques.

La méthodologie d'intervention qui a été développée au cours de ce travail a permis de répondre aux 2 objectifs de restauration pour lesquels nous avons été mandatés par le musée. Les processus de dégradations mécaniques, empêchant la compréhension et la manipulation de l'objet sans risque, ont été stabilisés et nous avons aussi amélioré sa perception esthétique en vue de son exposition. Tous les traitements ont été choisis à la suite d'une réflexion combinant l'étude de cas similaires et la réalisation de tests sur des éprouvettes de membranes intestinales préparées selon le mode de façonnage Inuit.

Grâce aux observations et analyses instrumentales réalisées lors de l'étude de la collection, ce protocole d'intervention a été défini de sorte à pouvoir être adapté, selon leur sensibilité, leurs besoins spécifiques et leurs propriétés physico-chimiques, au traitement des autres parkas du corpus. Des tests de comptabilité devront toutefois être réalisés afin de vérifier l'innocuité des traitements proposés sur chacun des objets.

Références bibliographiques

Bnf, 2017 [En ligne] : *Adam Johann von Krusenstern (1770-1846)* [En ligne]. Bnf, 2017 [Consulté le 20.06.2017] http://data.bnf.fr/13012401/adam_johann_von_krusenstern/

American Institute for Conservation of Art and Historic Works, 2017 [En ligne] : *Adhesives for Paper* [En ligne]. American Institute for Conservation of Art and Historic Works, 2017 [Consulté le 25.04.2017] https://www.conservation-wiki.com/wiki/Adhesives_for_Paper

WordPress, 2010 [En ligne] : *Alaska Fur ID Project* [En ligne]. WordPress, 2010 [Consulté le 14.04.2017] <https://alaskafurid.wordpress.com/>

C2rmf, 2015 [En ligne] : *Analyse organique* [En ligne]. C2rmf, 2015 [Consulté le 22.04.2017] <http://c2rmf.fr/analyse-organique>

Alembik, 2010 : Alembik, Camille. *Deux usages de la membrane intestinale. Conservation-restauration d'une oeuvre de l'artiste Javier Pérez et d'un anorak aléoute*. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Diplôme National Supérieur d'Expression Plastique Option Art - Mention Conservation-restauration, Avignon, Ecole Supérieure d'Art d'Avignon, 2010, *non publié*.

The British Museum, 2017 [En ligne] : *Arctic Clothing* [En ligne]. The British Museum, 2017 <https://www.khanacademy.org/humanities/art-americas/native-north-america/native-american-arctic/a/arctic-clothing>

Barth, 2007 [En ligne] : Barth, Andreas. « Infrared spectroscopy of proteins ». In *ScienceDirect* [En ligne]. Elsevier, 2007 [Consulté le 06.06.2017] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005272807001375>

Dictionnaire historique de la Suisse, 2017 [En ligne] : *Bandi, Hans-Georg* [En ligne]. *Dictionnaire historique de la Suisse*, 2017 [Consulté le 27.06.2017] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F43600.php>

Berezkin, 2012 : Berezkin, Yuri E. (éd.). *The Alutiit/Suqpiat. A Catalog of the Collections of the Kunstkamera*. University of Alaska Press, Fairbanks, 2012.

Bernier et al., 2017 [En ligne] : Bernier, Jean-Jacques et al. « Appareil digestif ». In *Encyclopaedia Universalis* [En ligne]. Encyclopaedia Universalis, 2017 [Consulté le 20.03.2017] <http://www.universalis.fr/encyclopedie/appareil-digestif/>

Bertholon, 2016 : Bertholon, Régis. *Introduction à l'emploi des complexants en conservation.*

Cours donné à la Haute école Arc Conservation-Restauration, Neuchâtel, 19-21.12.2016, non publié.

Blaise, 2010 : Blaise, Violaine. *Conservation-restauration d'une marionnette japonaise de la Bibliothèque nationale de France, vêtue de tissus kinran et de papiers. Recherche d'un doublage adapté aux tissus kinran fortement dégradés et inspiré de deux méthodes japonaises, le doublage sur papier et le collage en pointillé.* Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme de restaurateur du patrimoine dans la spécialité Arts textiles, Institut national du patrimoine, Paris, 2010, non publié.

Buijjs, 2016 [En ligne] : Buijjs, Cunera. « Clothing from East Greenland ». In *Digital publications of the National Museum of Ethnology* [En ligne]. Research Center for Material Culture, 2016 [Consulté le 20.03.2017]
http://materialculture.nl/sites/default/files/files/201606/clothing_from_east_greenland_0.pdf

Boulton, 1986 : Boulton, Ann. « The Examination, Treatment And Analysis of a Pair of Boots from the Aleutian Islands Including a Note about Possible Pesticide Contamination ». *Journal of the American Institute for Conservation*, 25, 1, 1, 1986, p.1-13.

Boyatzis et al., 2016 [En ligne] : Boyatzis, Stamatis et al. « A study of the deterioration of aged parchment marked with laboratory iron gall inks using FTIR-ATR spectroscopy and micro hot table ». In *Heritage Science* [En ligne]. ResearchGate, 2016 [Consulté le 06.06.2017]
<https://www.researchgate.net/publication/302066201Pdf>

Camus, 2007 [En ligne] : Camus, Gilles. « Les acides aminés ». In *Planet Vie* [En ligne]. Direction générale de l'enseignement scolaire – École normale supérieure, 2017 [Consulté le 11.03.2017]
<http://planetvie.ens.fr/content/les-acides-amines>

Carrlee, 2009 [En ligne] : Carrlee, Ellen. « Aleut or Alutiiq « Child's » Boots ». In *Ellen Carrlee Conservation* [En ligne]. Ellen Carrlee Conservation, 2009 [Consulté le 05.04.2017]
<https://ellencarrlee.wordpress.com/2009/11/15/aleut%ADor%ADalutiiq%ADchilds%ADboots/2/19>

Carrlee, 2010 [En ligne] : Carrlee, Ellen. « Pondering the Cleaning of Ethnographic Gutskin ». In *Ellen Carrlee Conservation* [En ligne]. Ellen Carrlee Conservation, 2010 [Consulté le 06.04.2017]
<https://ellencarrlee.wordpress.com/2010/06/12/pondering%ADthe%ADcleaning%ADof%ADethnographic%ADgutskin/1/7>

Carrlee et Horelick, 2011 : Carrlee, Ellen et Horelick, Lauren. « The Alaska Fur ID Project : A virtual resource for material identification ». *Objects Specialty Group Postprints*, 18, 2011, p.149-171.

Cevoli et al., 2006 : Cevoli, Daria *et al.* « La restauration et la muséographie des vêtements en peau de saumon ». *Techné*, 23, 2006, p.85-89.

Chahine, 2013 : Chahine, Claire. *Cuir & parchemin ou la métamorphose de la peau*. CNRS Editions, Paris, 2013.

Clive-Powell, 2015 [En ligne] : Clive-Powell, Kate. « A Gutsy Humidification Treatment ». In *Textile Conservation Department* [En ligne]. University of Glasgow, 2015 [Consulté le 10.02.2017]
<http://textileconservation.academicblogs.co.uk/agutsyhumidificationtreatment/>

CNRTL, 2017 [En ligne] : CNRTL [En ligne]. CNRTL, 2017 [Consulté le 01.04.2017].
<http://www.cnrtl.fr/etymologie/parka>

Cook, 2007 : Cook, Clifford. « La lyophilisation des artefacts archéologiques ». *Notes de l'ICC*, 4, 2, 2007, p.1-4.

Cruikshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne] : Cruikshank, Pippa et Sáiz Gómez, Vanessa. « An Early Gut Parka From The Arctic: Its Past And Current Treatment ». In *Scraping Gut and Plucking Feathers: the Deterioration and Conservation of Feather and Gut Materials*, Huntingdon, 6 octobre 2009 [En ligne]. ICON Ethnography Group, 2009, University of York [Consulté le 22.03.2017]
dancull.wordpress.com/2010/11/10/scraping-gut-and-plucking-feathers/

C.T.S France, 2016 : C.T.S France. *Fiche technique AgarArt®*. C.T.S® France, 2016.

C.T.S France, 2017 : C.T.S France. *Fiche technique GUSTAV BERGER'S ORIGINAL FORMULA 371/BEVA® 371*. C.T.S® France, 2017.

Damas, 1984 : Damas, David. « Arctic ». In Sturtevant, William (éd.). *Handbook of North American Indians*, vol. V, Smithsonian Institution, Washington, 1984.

Deedrick et Koch [En ligne] : Deedrick, D et Koch, S. « Microscopy of hair part I : A practical guide and manual for animal hairs ». In *Forensic Science Communications* [En ligne]. Federal Bureau of Investigations, 2004 [Consulté le 17.04.2017]
http://www2.fbi.gov/hq/lab/fsc/backissu/july2004/research/2004_03_research02.htm

- Derrick, 1991 [En ligne]** : Derrick, Michele. « Evaluation of the State of Degradation of Dead Sea Scroll Samples Using FTIR Spectroscopy ». In *CoOL Conservation* [En ligne]. Getty Conservation Institute, 1991 [Consulté le 06.06.2017] <http://cool.conservation-us.org/coolaic/sq/bpg/annual/v10/bp10-06.html>
- Dickson et Govet, 1994** : Dickson, Andrew et Govet, Catherine (éd.). *Handbooks of methods for the analysis of the various parameters of the carbon dioxide system in sea water*. US Department of Energy, Washington, 1994.
- Dignard et Gordon, 1999** : Dignard, Carole et Gordon, Gaelen. « Metal Ion Catalysed Oxidation of Skin: Treatment of the Fur Trim and Collar on a Velvet Cape ». *Journal of the Canadian Association for Conservation*, 24, 1999, p.11-22
- Dignard et Mason, 2016 [En ligne]** : Dignard, Carole et Mason, Janet. « Le soin des cuirs, des peaux et des fourrures ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. Gouvernement du Canada, 2016 [Consulté le 04.07.2017] <http://canada.pch.gc.ca/fra/1468243997245>
- Down, 2015** : Down, Jane. « The evaluation of selected poly(vinyl acetate) and acrylic adhesives : A final research update ». *Studies in Conservation*, 60, 1, 2015, p.33-54.
- Dumka, 1992** : Dumka, Heather. « The Conservation Treatment of Three Gutskin Parkas ». *Journal of the International Institute for Conservation – Canadian Group*, 16, 1992, p.17-22.
- Dumka, 2006** : Dumka, Heather. « The Re-treatment of an Inuit Beaded Skin Parka ». *Journal of the Canadian Association for Conservation*, 10, 2006, p.23-32.
- Fashion Laboratory, 2013 [En ligne]** : « Identification de fibres textiles au moyen d'une analyse pirognostique ». In *Fashion Laboratory* [En ligne] Programa arce agrupaciones de centros educativos, 2013 [Consulté le 18.04.2017] http://www.fashionlaboratory.org/images/pratiques/p1_gc_fr Identification fibres textiles au moyen d une analyse pirognostique.pdf
- Fenn, 1984** : Fenn, Julia. « Some Practical Aspects in the Choice of Synthetic Resins for the Repair of Ethnographic Skin and Gut ». In Brommelle, N. (éd.). *Adhesives and consolidants: preprints of the contributions to the Paris Congress, 2-8 September 1984*. International Institute for Conservation of Historic and Artistic Works, Paris, 1984, p 138-140.

Florian, 2007 : Florian, Mary-Lou. *Protein Facts. Fibrous proteins in cultural and natural history artifacts*. Archetype Publications, Londres, 2007.

Gottsmann, 2009 [En ligne] : Gottsmann, Sandra. « A Gut Skin Parka from the Ethnographic Collection of the Reiss- Engelhorn Museen in Mannheim, Germany ». In *Scraping Gut and Plucking Feathers: the Deterioration and Conservation of Feather and Gut Materials*, Huntingdon, 6 octobre 2009 [En ligne]. ICON Ethnography Group, 2009, University of York [Consulté le 22.03.2017] http://icon.org.uk/system/files/documents/sandra_gottsmann-a_gut_skin_parka_from_the_ethnographic_collection_of_the_reiss-engelhorn-museen_in_mannheim_germany.pdf

Gotzos, 2017 [En ligne] : Gotzos, Bona. « Tissus conjonctif ». In *Division of Histology* [En ligne]. Département de Médecine, Division d'Histologie de l'Université de Fribourg, 2017 [Consulté le 15.03.2017] <http://www.unifr.ch/anatomy/elearning/fr/bindegewebe/allg/f-allg.php>

Goyette, 2007 [En ligne] : Goyette, Stéphane. « Introduction aux Sciences de l'Atmosphère ». In *C3i – Climatic Change and Climate Impacts Research* [En ligne]. Université de Genève, 2007 [Consulté le 22.03.2017] <http://www.unige.ch/climate/index.html>

Hatt et Taylor, 1969 : Hatt, Gudmund et Taylor, Kirsten. « Arctic Skin Clothing in Eurasia and America an Ethnographic Study ». *Arctic Anthropology*, 5, 2, 1969, p.3-132.

Hennion, 2013 : Hennion, Gaëlle. « *Se vêtir du divin* ». *Conservation-restauration d'une tunique talismanique à écriture, Iran XIXe XXe siècles. (Collection Krishnâ Riboud, Musée Guimet). Mise en place d'un traitement d'humidification adapté à la sensibilité à l'eau d'un textile amidonné et son décor*. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme de restaurateur du patrimoine dans la spécialité Arts textiles, Institut national du patrimoine, Paris, 2013, non publié.

Hickman, 1988 : Hickman, Pat, *Innerskin/Outerskins : Gut and Fishskin*. San Francisco Craft and Folk Art Museum, San Francisco, 1988.

Hicks, 1977 : Hicks, John. *Microscopy of hairs : A practical guide and manual*. Federal Bureau of Investigation Laboratory, Washington, 1977.

Horelick et al., 2011 [En ligne] : Horelick, Anne Lauren *et al.* « What's Going on With Guts: Assessing Adhesives Used to Repair Cultural Objects Made of Gut Skin ». In *Proceedings of Symposium 2011 – Adhesives and Consolidants for Conservation : Research and Applications*,

Ottawa, Symposium 2011, 17-21 octobre 2011 [En ligne]. ICC-CCI, 2011 [Consulté le 06.04.2017] <https://www.cci-icc.gc.ca/discovercci-decouvriricc/PDFs/Paper%209%20-%20Horelick%20et%20al.%20-%20English.pdf>

Horie, 1987 : Horie, Charles. *Materials for Conservation*. Butterworth Heinemann, Oxford, 1987.

Issenman et Rankin, 2007 [En ligne] : Issenman, Betty et Rankin, Catherine. « Le costume Inuit et sa confection ». In *Musée McCord* [En ligne]. Musée McCord, 2007 [Consulté le 20.03.2017] http://collections.musee-mccord.qc.ca/scripts/explore.php?Lang=2&tableid=11&elementid=70_true&contentlong

Issenman, 1997 : Issenman, Betty. *Sinew of survival : the living*. UBC Press, Vancouver, 1997.

Jackson et Hugues, 2009 [En ligne] : Jackson, Kate et Hugues, Andrew. « Gut Reaction: The history, treatment and display techniques of gut garments at the Pitt Rivers Museum ». In *Scraping Gut and Plucking Feathers: the Deterioration and Conservation of Feather and Gut Materials, Huntingdon, 6 octobre 2009* [En ligne]. ICON Ethnography Group, 2009, University of York [Consulté le 22.03.2017] http://icon.org.uk/system/files/documents/kate_jackson_andrew_hughes-gut_reaction_the_history_treatment_and_display_techniques_of_gut_garments_at_the_pitt_rivers_museum.pdf

Joannon, 2017 [En ligne] : Joannon, Pierre. « James Cook (1728-1779) ». In *Encyclopaedia Universalis* [En ligne]. Encyclopaedia Universalis, 2017 [Consulté le 20.03.2017] <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/james-cook/>

King et al., 2005 : King, Alan J.C. et al. *Arctic clothing of North America : Alaska, Canada, Greenland*. McGill-Queen's University press, Montreal, 2005.

Kite et Thomson, 2006 : Kite, Marion et Thomson, Roy. *Conservation of leather and related materials*. Routledge, Londres, 2006.

Kronthal et al., 2003 : Kronthal, Lisa *et al.* « Beva 371 and Its Use as an Adhesive for Skin and Leather Repairs: Background and a Review of Treatments ». *Journal of the American Institute for Conservation*, 42, 2, 2003, p.341-362.

La micro-fluorescence X, 2014 [En ligne] : *La micro-fluorescence X* [En ligne]. C2rmf – RMN, 2014 [Consulté le 23.04.2017]. http://www.c2rmf.fr/pages/page_id18339_u112.htm

Laboratoire de textiles de l'ICC, 2009 : Laboratoire de textiles de l'ICC. « Les fibres naturelles ». *Notes de l'ICC*, 13, 11, 2009, p.1-4.

Landry, 2014 : Landry, Cindy. *Une reliure atypique de la Renaissance en peau retournée rose : étude et conservation restauration de l'ouvrage Y642Bis (Bibliothèque municipale Louis-Garret, Vesoul). Evaluation de l'effet de l'humidité sur les peaux mégissées et recherche des matériaux et d'une mise en œuvre adaptée pour la réintégration de lacune*. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du diplôme de restaurateur du patrimoine dans la spécialité Arts Graphiques option Livre, Institut national du patrimoine, Paris, 2014, *non publié*.

Lardet, 2014 [En ligne] : Lardet, Guillemette. « Comparaison du Plexisol® P550 et du Medium de Consolidation® 4176 ». In *CeROArt* [En ligne]. CeROArt, 2014 [Consulté le 26.04.2017] <https://ceroart.revues.org/3986>

Larousse, 2016 [En ligne] : *Larousse* [En ligne]. Larousse, 2016 [Consulté le 27.05.2017] <http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>

Larsen et al., 2002 : Larsen, René et al. « The Hydrothermal Stability (Shrinkage Activity) of Parchment Measured by the Micro Hot Table Method (MHT) ». In Larsen, René (éd.). *Microanalysis of Parchment*. Archetype Publications, Londres, 2002, p. 55-62.

Larsen, 2012 : Larsen, René. « Transformation of Collagen into Gelatine in Historical Leather and Parchment Caused by Natural Deterioration and Moist Treatment ». In Bonnot-Diconne, Céline et al. (éd.). *Postprints of the 10th Interim Meeting of the ICOM-CC Leather & Related Materials Working Group, Offenbach, Germany, 2012*. ICOM-CC, Offenbach, 2012, p.61-68.

Lascaux Colors & Restauo, 2017 [En ligne] : *Lascaux Adhésifs et Cires adhésives* [En ligne]. Lascaux Colors & Restauo, 2017 [Consultée le 02.02.2017] <http://lascaux.ch/pdf/fr/produkte/restauro/58370.03 Adhesifs et Cires adhesives.pdf>

Lin, 2010 : Lin, Linda Y. « Evaluation of methods to identify Native-processed gut used in Alaskan artifacts ». *Ethnographic Conservation Newsletter*, 31, 2010, p.2-4.

Lougheed et al., 1983 [En ligne] : Lougheed, Sandra et al. « Repair of Tears in Fur Skin Garments ». In *Journal of the International Institute for Conservation - Canadian Group* [En ligne]. International Institute for Conservation. Canadian Group, 1983 [Consulté le 22.03.2017] https://www.cac-accr.ca/files/pdf/EJournalVol8_abstract3.pdf

Mayer et al., 2014 : Mayer, Ingo et al. « Destructive and Non-Destructive Methods for the evaluation of Chlorinated Pesticides Concentration and Emissions from Wooden Art Objects ». In *Academia* [En ligne]. Université bernoise des sciences appliquées, Musée national suisse et Paul Scherrer Institut, 2014 [Consulté le 10.04.2017] https://www.academia.edu/29606249/Destructive_and_non-destructive_methods_for_the_evaluation_of_chlorinated_pesticides_concentration_and_emissions_from_wooden_art_objects

Michalski, 2016 [En ligne] : Michalski, Stefan. « Agent de détérioration : Humidité relative (HR) inadéquate ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. Gouvernement du Canada, 2016 [Consulté le 04.07.2017] <http://canada.pch.gc.ca/fra/1444925238726>

Morrison, 1986 : Morrison, Lynn. « The Conservation of Seal Gut Parkas ». *The Conservator*, 10, 1986, p.17-24.

Musée d'Histoire de Berne, 1972 : Musée d'Histoire de Berne. *Jahrbuch des Bernischen Historischen Museums in Bern. Jahrgang 1969 und 1970*. Bernisches Historisches Museum, Berne, 1972.

Musée d'Histoire de Berne, 2010 [En ligne] : Musée d'Histoire de Berne. « James Cook et la découverte du Pacifique ». *Revue de presse de l'exposition James Cook et la découverte du Pacifique (7.10.2010-13.2.2011) au Musée d'Histoire de Berne* [En ligne]. Berne, 6 octobre 2010 [Consulté le 15.06.2017] http://www.MHB.ch/fileadmin/user_upload/documents/Medien/2010/Inauguration_Cook_F.pdf

Nieuwenhuizen, 1998 : Nieuwenhuizen, Linda. « Fill Material for Skin, Leather, and Furs ». *Journal of the American Institute for Conservation*, 37, 1, 1998, p. 135-145.

Ohlidalová, 2016 [En ligne] : Ohlidalová, Martina et al. « Influence of Metal Cations on Leather Degradation ». In *ScienceDirect* [En ligne]. Elsevier, 2016 [Consulté le 11.06.2017] <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0005272807001375>

Odegaard et Sadongei, 2005 : Odegaard, Nancy et Sadongei, Alice. *Old Poisons, New Problems*. AltaMira Press, Walnut Creek, 2005.

Odlyha et al., 2009 [En ligne] : Odlyha, Marianne et al. « Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy (ATR/FTIR) And Scanning Probe Microscopy Of Parchment ». In *Morana RTD* [En ligne]. ResearchGate, 2009 [Consulté le 06.06.2017]

https://www.researchgate.net/publication/49584102_Fourier_transform_infrared_spectroscopy_ATRFTIR_and_scanning_probe_microscopy_of_parchment

Oudot, 2010 : Oudot, Philippe. « Sur les traces de James Cook à la découverte du Pacifique ». *Le Journal du Jura*, 7 octobre 2010, Arc Presse, p.3.

Palmer *et al.*, 2006 : Palmer, Peter *et al.* « Pesticide Contamination on Native American Artifacts – Methods, Results from Six Case Studies, and Next Steps ». *Collection Forum*, 20, 1-2, 2006, p.23-32.

Papiers Japon, 2017 [En ligne] : *Papiers Japon* [En ligne]. Stouls, 2017 [Consulté le 25.05.2017] http://www.stouls.com/pdf/chap6papiers_japon.pdf

Policard, 2017 [En ligne] : Policard, Albert. « Tissu Conjonctif ». In *Encyclopaedia Universalis* [En ligne]. Encyclopaedia Universalis, 2017 [Consulté le 14.03.2017] <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/tissu-conjonctif/>

Pfister, 2008 : Pfister, Aude-Laurence. *L'influence des biocides sur la conservation des naturalia*. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Master of Arts HES-SO en Conservation-Restauration, Haute Ecole d'arts appliqués Arc, La Chaux-de-Fonds, 2008, *non publié*.

Reed, 2008 [En ligne] : Reed, Fran. « Embellishments of the Alaska Native Gut Parka ». In *Textile Society of America Symposium Proceedings, Honolulu, 11th Biennial Symposium, 4-7 septembre 2008* [En ligne]. Textile Society of America, 2008 [Consulté le 12.03.2017] <http://digitalcommons.unl.edu/tsaconf/127>

Robert, 2017 [En ligne] : Robert, Ladislas. « Collagène ». In *Encyclopaedia Universalis* [En ligne]. Encyclopaedia Universalis, 2017 [Consulté le 11.03.2017] <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/collagene/>

Robert-Lamblin, 2017 [En ligne] : Robert-Lamblin, Joëlle. « Esquimaux ou Eskimo ». In *Encyclopaedia Universalis* [En ligne]. Encyclopaedia Universalis, 2017 [Consulté le 20.03.2017] <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/esquimaux-eskimo/>

Sáiz Gómez *et al.*, 2014 : Sáiz Gómez, Vanessa *et al.* « An Aleut Cape and Cap Made of Sea Mammal Intestine: From Storage to Display ». *The Technical Research Bulletin*, 8, 2014, p.73-91.

Schäffler *et* Schmidt, 1998 : Schäffler, Arne *et* Schmidt, Anne. *Anatomie, physiologie, biologie à*

l'usage des professions de santé. Maloine, Paris, 1998.

Schmidt et al., 1993 : Schmidt, Anne-Lisbeth et al. « On the changes of skin characteristics through an Inuit tanning procedure ». In *10th Triennial meeting, Preprints Vol. 1, Paris, 1993*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1993, p.182-286.

Selwyn et Tse, 2008 : Selwyn, Lyndsie et Tse, Season. « The chemistry of sodium dithionite and its use in conservation ». *Reviews in Conservation*, 9, 2008, p.61-73.

Smith et al., 2009 : Smith, Landis (et al.). « The Anchorage Project : Gut Decisions in Cultural and Museum Contexts ». *Objects Specialty Group Postprints*, 16, 2009, p.73-86.

Sully, 1992 : Sully, Dean. « Humidification : The Reshaping of Leather, Skin and Gut Objects for Display ». ». In Hallebeek, Pieter et al. (ed.). *Conservation of Leathercraft and Related Objects Interim Symposium at the Victoria & Albert Museum, Londres, 24-25 Juin 1992*. ICOM, Londres, 1992, p.50-53

UMPC Sorbonne Universités, 2015 [En ligne] : *Tissus et architecture de la plante* [En ligne]. UMPC Sorbonne Universités, Cours de Licence professionnelle Aménagement et Gestion Ecologique des Paysages Urbains, 2015 [Consulté le 17.04.2017]
<http://licencepro.snv.jussieu.fr/documents/documents%20agepur/COURS%201%20LP%20agepur%202015.pdf>

Thomson, 1977 : Thomson, Judy. *The North American Indian Collection. A Catalogue*. Berne Historical Museum, Berne, 1977.

Tully 2013 [En ligne] : Tully, Cathy. « What Lies Beneath: Making A Custom Mount Part 1 and 2 ». In *The Polar Museum* [En ligne]. Scott Polar Research Institute, 2013 [Consulté le 12.04.2017]
<http://www.spri.cam.ac.uk/museum/news/conservation/2013/11/18/what-lies-beneath-making-a-custom-mount-part-1/>

Turekian, 1968 : Turekian, Karl. *Oceans*. Prentice-Hall, Michigan, 1968.

von Fellenberg, 1886 : von Fellenberg, Edmund. *Das Antiquarische Museum der Stadt Bern. Antiquarium (archäologische Sammlung), ethnographische und historische (mittelalterliche) Sammlung in den Jahren 1881-1886*. Bern, 1886.

Wainwright, 2011 [En ligne] : Wainwright, Ian. « Microscopie électronique à balayage et micro-analyse aux rayons X à l'ICC ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2011 [Consulté le 25.04.2017]. [http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-
apropos/action/114-fra.aspx](http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-
apropos/action/114-fra.aspx)

Williams, 1995 : Williams, Stephen. « Effect of "Freezing" Treatments on the Hydrothermal Stability of Collagen ». *Journal of the American Institute for Conservation*, 34, 2, 1995, p. 107-112.

Wills et al., 1987 : Wills, Barbara et al. « Experimental Freeze-Drying of Ethnographic Skins and Gut ». In *8th Triennial Meeting, Preprints, Sydney, Australie, 6-11 Septembre 1987*. The Getty Conservation Institute, Los Angeles, 1987, p.222-230.

Wolbers, 2013 : Wolbers, Richard. *Le nettoyage des surfaces peintes. Méthodes aqueuses*. Eyrolles, Paris, 2013.

Wörle et al., 2012 : Wörle, Marie *et al.* « Evaluation of decontamination methods of pesticide contaminated wooden objects in museum collections: Efficiency of the treatments and influence on the wooden structure ». *Journal of Cultural Heritage*, 13, 2012, p.209-215.

Liste des communications personnelles orales et écrites

Alembik Camille, conservatrice-restauratrice de matériaux organiques naturels (Paris, France), communications orales et écrites, de février à juillet 2017.

Bonnot-Diconne Céline, Maître d'Art, Ancienne Pensionnaire à l'Académie de France à Rome-Villa Médicis, conservatrice-restauratrice au Centre de Conservation et de Restauration du Cuir, et enseignante externe à la He Arc, communications orales et écrites, de septembre 2016 à avril 2017.

Mentzel Elke, conservatrice-restauratrice de documents graphiques, parchemins et enluminures, enseignante à la Haute école des arts de Berne (HKB), communications orales de février à avril 2017.

Rolf Lüthi Patrick, conservateur-restaurateur externalisé au Musée d'Histoire de Berne, spécialisé en documents graphiques, parchemins et photographies (Dorf), communications orales, mars 2017.

Schultz Martin, collaborateur scientifique d'ethnographie (Afrique, Amérique), communications orales et écrites, de février à juillet 2017.

Liste des figures

- Fig.1** Carte du territoire circumpolaire Inuit © underthepole.com p.10
- Fig.2** Groupe de chasseurs de morse © Inuit Heritage Trust, 2009 p.10
- Fig.3** Inuits portant des parkas, Alaska (v. 1900) © Eric A Hegg Photograph p.11
- Fig.4** Kayakiste portant une parka traditionnelle, Alaska © ECHO Space, 2008
- Fig.5** Rituel dansant chamanique, Alaska © Smithsonian Institution
- Fig.6** Transformation de la fourrure d'ours en costume Inuit © Rohame, 2001
- Fig.7** Chasseur Aléoutes faisant une démonstration de chasse, 1909 © Alaska.si.edu p.12
- Fig. 8** Inuit arrimant sur un kayak © Musée national du Danemark p.12
- Fig.9** Sac de couture Aléoute en membrane intestinale, 1882 © National Museum of Natural History, Washington p.13
- Fig.10** Représentation miniature d'une parka en membrane protéique, conservée au MHB p.13
- Fig.11** Kamleika et parka d'enfant, Aleuts, Peabody Museum © Université de Harvard p.14
- Fig.12** Cape Aléoute confectionnée au goût occidental, 1858 © National Museum of Natural History, Washington p.14
- Fig.13** Parka 1, vue de la face avant p.14
- Fig.14** Parka 2, vue de la face avant p.14
- Fig.15** Parka 3, vue de la face avant p.14
- Fig.16** Parka 5, vue de la face avant p.14
- Fig.17** Parka 4, vue de la face avant indiquant les éléments descriptifs du vêtement p.15
- Fig.18** Détail du motif mésentérique sur la parka 5 p.15
- Fig.19** J. Webber, A portrait of Poedua, 1777, National Maritime Museum (Londres) © Royal Museums Greenwich p.17
- Fig.20** Coiffe en plume Sioux, vers 1830, Musée d'Histoire de Berne (Berne) © MHB
- Fig.21** Chemise d'homme, vers 1830, probablement réalisée par Blackfeet, Musée d'Histoire de Berne (Berne) © MHB p.18
- Fig.22** Parka 5, photographiée au moment de son acquisition (1968) © MHB, 1972 p.19
- Fig.23** Observation au microscope en lumière transmise d'un prélèvement de membrane intestinale de la parka 1 p.20
- Fig.24** Observation au microscope en lumière transmise d'un prélèvement de bandelette de la parka 1 p.20
- Fig.25** Détail des rubans de cuir ornant la capuche de la parka 4 p.21
- Fig.26** Vue du ruban de cuir ornant la capuche de la parka 5 p.21
- Fig. 27** De gauche à droite : prélèvement d'un fil d'aponévrose de muscle (parka 3), prélèvement d'un fil de fibres végétales (parka 2) et prélèvement d'un fil synthétique (parka 5) p.21
- Fig.28** Membrane de la parka 4, vue au MEB. On constate une organisation fibrillaire orientée et lâche © Stephan Ramseyer, 2017 p.22
- Fig.29** Aspects histologiques de la paroi digestive © CDU-HGE/Editions Elsevier-Masson, 2014 p.23
- Fig.30** Formule de base d'un acide aminé © Wikipedia.org p.23
- Fig.31** Lavage et gonflement des intestins, vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly p.26
- Fig.32** Etirement et gonflage des intestins pour le séchage vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly p.26
- Fig.33** Découpe et enroulement des bandes pour le stockage, vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly p.26
- Fig. 34** Assemblage par couture, vers 1930, Groenland © Musée du Quai Branly p.26
- Fig. 35** Parka d'hiver, vers 1960, National Museum of the American Indian, Washington © Smithsonian Institution p.26
- Fig. 36** Parka d'été Yupik, XXème siècle, Honolulu Museum of Art, Honolulu © Honolulu Museum of Art p.26
- Fig.37** Aponévrose de muscle séchée, XXe siècle, MHB p.28
- Fig.38** Point d'étanchéité d'aponévrose renforcé de fils végétaux (parka 2) p.28
- Fig.39** l'Antiquarium, vers 1881 © MHB, 2011 p.28
- Fig.40** Vue de la collection. La parka 4 se trouve sur la première boîte, signalée par une flèche verte p.30
- Fig.41** Parka d'été, vers 1920, National Museum of Natural History, Washington © Smithsonian Institution p.31

- Fig.42** Parka d'hiver Yuit, vers 1920, National Museum of the American Indian, Washington © Smithsonian Institution p.31
- Fig.43** Auréole sur la bande inférieure en cuir (parka 2) p.32
- Fig. 44** Taches de fer (encadré rouge) sur la partie supérieure du buste (parka 4) p.32
- Fig.45** Efflorescences blanches et brillantes (parka 2) p.33
- Fig. 46** Dépôts poudreux blancs (parka 1) p.33
- Fig.47** Raidissement et déformations de la manche droite (parka 2) p.33
- Fig.48** Raidissement et déformation de la capuche (parka 4) p.33
- Fig.49** Pliures marquées et froissement (parka 4) p.33
- Fig.50** Froissement des membranes (parka 3) p.33
- Fig.51** Déchirure sur la partie supérieure du buste (parka 2) p.34
- Fig. 52** Déchirure sur le buste (parka 1) p.34
- Fig.53** Brunissement et jaunissement des membranes, par ordre décroissant d'altération p.34
- Fig.54** Processus de brunissement avec perte partielle du motif mésentérique (parka 2) p.34
- Fig.55** Trous d'insectes induisant des lacunes des membranes (parka 4) p.35
- Fig.56** Poil partiellement altéré par une attaque d'insecte, vu au microscope optique (parka 3) p.35
- Fig.57** Couture désolidarisée suite à une déchirure (parka 4) p.35
- Fig.58** Déformations et raidissement des ornements (parka 1) p.35
- Fig.59** Structure fibrillaire en rang de perle (parka 2) p.36
- Fig.60** Structure fibrillaire en rang de perle (parka 1) p.36
- Fig.61** Structure fibrillaire papillonnée (parka 1) p.37
- Fig.62** Structure fibrillaire gélatinisée (parka 1) p.37
- Fig.63** Parka d'hiver provenant d'Alaska, fin XIXe, collection privée © Research Project Native Alaskan Gut Parkas p.38
- Fig.64** Parka d'hiver en intestins provenant d'Alaska, fin XIXe, collection privée © Antique Helper p.38
- Fig.65** Détail d'une parka d'été déchirée au niveau d'une couture (Alaska), Bata shoe museum © Bata shoe museum p.38
- Fig.66** Parka d'été Yup'ik, avant 1925, National Museum of the American Indian © Smithsonian Institution p.38
- Fig.67** Parka d'enfant, Alaska © Burke Museum of Natural History & Culture p.38
- Fig.68** Détail d'intestin de bœuf « neuf » (à gauche) et « vieillis » en milieu humide (au centre) et sec (à droite) p.39
- Fig.69** Couche cireuse et jaunâtre sur la parka 2 p.40
- Fig.70** Tache huileuse sur la parka 3 (manche droite) p.41
- Fig.71** Tache huileuse sur la parka 4 p.41
- Fig. 72** Structures fibrillaires aplanie (parka 1, à gauche) et agglutiné (parka 2, à droite) p.41
- Fig.73** Inuit portant une parka et un kayak, Alaska, 1900-1916 © Frank and Frances Carpente p.43
- Fig.74** Bande inférieure de la parka 2, partiellement lacunaire et présentant des déformations et déchirures p.44
- Fig.75** Détail des taches oranges dues à l'usage (encadré rouge) sur la manche senestre de la parka 4 p.44
- Fig.76** Efflorescence observée sur la parka 2 p.44
- Fig.77** Efflorescence observée sur la parka 3 p.44
- Fig.78** Parkas en train de sécher face à la mer, Alaska, 1964 © Smithsonian Institution p.45
- Fig.79** Tache de fer sur la capuche de la parka 2 p.48
- Fig.80** Tache de fer sur le ruban de cuir inférieur de la parka 4 p.48
- Fig.81** Exuvie de larve d'anthrène (parka 3) p.50
- Fig.82** Exuvie de larve d'anthrène (parka 4) p.50
- Fig.83** Larve d'anthrène © montpellier.inra.fr p.50
- Fig.84** Parka 4, vue de la face avant (avant traitement) p.54
- Fig.85** Parka 4, vue de la face arrière (avant traitement) p.54
- Fig.86** Rubans de cuir ornant la manche droite p.55
- Fig.87** Détail des décors en cuir ornant la capuche p.55
- Fig.88** Parka 4 avec les manches déployées, les encadrés rouges signalent les bandes horizontales p.55
- Fig.89** Couture principale : point d'étanchéité d'aponévrose de muscle p.55
- Fig.90** Couture des ornements : point droit d'aponévrose de muscle p.55
- Fig.91** Schéma du patron de couture de la parka 4 p.56

- Fig.92** Vue de l'inscription « Grö » 1, constatées suite à la remise en forme de la manche dextre p.56
- Fig.93** Schéma du constat d'état de la face avant de la parka 4 p.57
- Fig.94** Schéma du constat d'état de la face arrière de la parka 4 p.57
- Fig.95** Nettoyage des dépôts volatils en enceinte p.64
- Fig. 96** Vue de la capuche avant nettoyage p.64
- Fig.97** Vue de la capuche après nettoyage. L'utilisation de l'éponge sans latex a permis de préserver les taches d'usage sur la partie dextre (encadrés rouges) p.64
- Fig.98** Vue d'une tache sur la face avant du buste, avant traitement p.65
- Fig.99** Vue de la tache pendant réduction et chélation des ions de Fe(III) et de Fe(II) (20 minutes) p.65
- Fig.100** Vue de la tache après nettoyage (encadré rouge) (1h30) p.65
- Fig.101** Zone de test de l'innocuité des gels, pendant l'application du gel de TAC/SDT p.66
- Fig.102** Zone de test de l'innocuité des gels, après l'application du gel de TAC/SDT p.66
- Fig.103** Déchirure avant retrait de la restauration ancienne (l'encadré rouge montre l'emplacement de la zone dérestaurée ci-contre) p.67
- Fig.104** Vue rapprochée de la déchirure après retrait de la restauration ancienne p.67
- Fig.105** Déchirure avant retrait de la restauration ancienne p.67
- Fig.106** Déchirure après retrait de la restauration ancienne p.67
- Fig.107** Vue microscopique en lumière transmise d'une fibre constitutive des fils dérestaurés p.67
- Fig.108** Courbes isothermes de sorption et de désorption p.68
- Fig.109** Vue de l'enceinte d'humidification et de l'objet en début de traitement p.69
- Fig.110** Parka en cours de remise en forme p.70
- Fig.111** Ruban de cuir inférieur après remise en forme p.70
- Fig.112** Capuche avant remise en forme du ruban de cuir p.70
- Fig.113** Capuche après remise en forme du ruban de cuir p.70
- Fig.114** Objet avant traitement, dans les réserves du MHB p.70
- Fig.115** Objet après traitement et sortie de l'enceinte p.70
- Fig.116** Accessibilité et visibilité faibles de certaines zones à traiter p.71
- Fig.117** Vue de la zone de test avant doublage p.72
- Fig.118** Vue de la zone de test après doublage p.72
- Fig.119** Trous d'insecte avant doublage p.72
- Fig.120** Trous d'insecte après doublage (avec fond noir) p.72
- Fig.121** Trous d'insecte après doublage (sans fond noir) p.72
- Fig.122** Trou dû à une attaque d'insecte, avant consolidation p.73
- Fig.123** Trou dû à une attaque d'insecte, après consolidation p.73
- Fig.124** Trou dû à une attaque d'insecte, avant consolidation p.73
- Fig.125** Trou dû à une attaque d'insecte, après consolidation p.73
- Fig.126** Déchirure étendue, avant doublage p.73
- Fig.127** Déchirure étendue, après doublage p.73
- Fig.128** Déchirure étendue, avant doublage p.74
- Fig.129** Déchirure étendue, après doublage p.74
- Fig.130** Déchirure étendue, avant doublage p.74
- Fig.131** Déchirure étendue, après doublage p.74
- Fig.132** Déchirure étendue, avant doublage p.74
- Fig.133** Déchirure étendue, après doublage p.74
- Fig.134** Vue des facings temporaires utilisés pour faciliter la consolidation de la déchirure dans le cou p.74
- Fig.135** Pression appliquée à l'aide d'aimants. Un papier buvard est disposé comme interface pour diminuer les contraintes mécaniques sur les fibres p.75
- Fig.136** Pression appliquée à l'aide de poids p.75
- Fig.137** Schéma de mise en œuvre des consolidations des coutures. Les flèches rouges montrent le sens d'enroulement du ruban p.75
- Fig.138** Consolidation d'une couture rompue, située au dos de la parka p.75
- Fig.139** Vue d'une couture rompue, située au dos de la parka, avant consolidation p.75
- Fig.140** Vue d'une couture rompue, située au dos de la parka, après consolidation p.75
- Fig.141** Schéma de la structure de base du support p.76
- Fig.142** Patron de la parka en papier de soie p.76

- Fig.143** Schémas du socle d'exposition p.77
Fig.144 Support du corps en cours de réalisation p.77
Fig.145 Support du corps définitif p.77
Fig.146 Détail d'une épaulette permettant la fixation du support du bras p.78
Fig.147 Mise en volume finale à l'aide de coussin de tulle de nylon et de Hollytex® (support vue de l'arrière) p.78
Fig.148 Inscriptions indiquant le sens d'assemblage du support p.78
Fig.149 Etiquette indiquant la lettre « A » sur l'un des coussins p.78
Fig.150 Support après gainage en papier et mise en teinte à l'aquarelle p.79
Fig.151 Encoche permettant l'insertion du support de la capuche p.79
Fig.152 Réalisation du moulage du bras dextre p.79
Fig.153 Vue des 2 supports des bras avec leurs coussins p.79
Fig.154 Vue du système d'attache du support du bras à l'aide de Velcro® p.79
Fig.155 Vue des éléments du support assemblés p.80
Fig.156 Vue de l'objet sur son support double p.80
Fig.157 Réalisation des trous taraudés à la fraiseuse sur commande numérique p.80
Fig.158 Vue de la partie supérieure, permettant de fixer le support de stockage p.81
Fig.159 Vue d'une équerre avec le système de fixation du support en carton et les rondelles anti-dévisage p.81
Fig.160 Vue des parties inférieures et supérieures assemblées p.81
Fig.161 Vue du système de fixation de l'axe métallique p.81
Fig.162 Schéma de la boîte de stockage et de transport p.82
Fig.163 Vue de la boîte pendant sa réalisation p.83
Fig.164 Vue des volets avec le système de fermeture (ruban de coton) et anti-poussière p.83
Fig.165 Système de calage de la base p.83
Fig.166 Système de calage de la capuche p.83
Fig.167 Système de calage de la manche dextre p.83
Fig.168 Système de calage de la manche senestre p.83
Fig.169 Vue d'une poignée p.84
Fig.170 Vue de l'objet dans sa boîte p.84
Fig.171 Conditionnement de transport/stockage p.85
Fig.172 Parka 4, vue dans son conditionnement p.85
Fig.173 Parka 4, vue de la face avant (après traitement) p.85
Fig.174 Parka 4, vue de la face arrière (après traitement) p.85
Fig.175 Parka 4, vue du côté senestre (après traitement) p.85
Fig.176 Parka 4, vue du côté dextre (après traitement) p.85
Fig.177 Bilan des tests et des interventions réalisés (face avant) p.86
Fig.178 Bilan des tests et des interventions réalisés (face avant) p.86
Fig. 179 Distribution de la faune principale dans l'Arctique : a, Omble chevalier ; b, morse ; c, phoques barbus et annelés ; d, beluga ; e, ours polaire ; f, bœuf musqué ; g, caribou (1850-1900) ; h, caribou après 1920 © Damas, 1984, p.38 p.120
Fig.180 Présence du motif mésentérique sur les membranes des parkas 4 et 5 (à gauche et au centre), absent sur la membrane de la parka 3 (à droite) p.124
Fig.181 Sacs en œsophages de lion de mer, Alaska State Museum © The Ethnographic Gutskin Project p.124
Fig.182 Histologie du pharynx (trachée et œsophage) © intranet.tdmu.edu.ua p.125
Fig.183 Poil de garde de rat musqué © Horelick, 2011 p.126
Fig.184 Structure principale du canal médullaire (à gauche). Principaux types de canaux médullaires (au centre). Principaux types d'écaillés constitutives de la cuticule (à droite) © Hicks, 1977 p.127
Fig.185 Coupe transversale d'un poil de garde d'une Otarie à fourrure (*Callorhinus ursinus* vue) en LT, à gauche © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] et d'un poil de garde d'un phocidé en MEB, à droite © King et al., 2005 p.131
Fig.186 Poil de garde de phoque barbu, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] p.132
Fig.187 Poil de garde de phoque barbu, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] p.132
Fig.188 Phoque barbu (*Erignathus barbatus*) © Mike Reyfman p.132

- Fig.189** Poil de garde de lion de mer de Steller, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] p.132
- Fig.190** Poil de garde lion de mer de Steller, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] p.132
- Fig.191** Lion de mer de Steller (*Eumetopias jubatus*) © marinebio.org p.132
- Fig.192** Poil de garde de phoque commun, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] p.132
- Fig.193** Poil de garde de phoque commun, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] p.132
- Fig.194** Blanchon de l'espèce phoque commun (*Phoca vitulina*) © Géo Magazine p.132
- Fig.195** Coupe longitudinale d'un cheveu, observation en LT © Douglas Deedrick et Sandra Koch, 2004 [En ligne] p.134
- Fig.196** Coupe transversale d'un cheveu, observation en MEB © Wei, 2006 [En ligne] p.134
- Fig.197** Coupe longitudinale d'une fibre de laine, observation en LT © microlabgallery.com p.135
- Fig. 198** Coupe longitudinale d'une fibre de coton, observation en LT © microlabgallery.com p.135
- Fig.199** Herbe à coton © Philippe Grenier, 2011 p.135
- Fig.200** Cellules parenchymateuses vue en microscopie optique en LT © 2.ac-lyon.fr p.138
- Fig.201** Cellules parenchymateuses vue au MEB © Gadet, 2013 p.138
- Fig.202** Fibres de collagène en LT © Université de l'Indiana p.138
- Fig.203** Fibres de collagène en LT © Université de l'Indiana p.138
- Fig.204** Fibres de collagène en LT © Latour, 2015 p.138
- Fig.205** Vue de fibres de coton de référence (lumière normale transmise) © www.snv.jussieu.fr p.139
- Fig.206** Fibres de polyester en lumière normale transmise p.139
- Fig.207** Fibres de polyester en lumière normale transmise © microlabgallery.com p.139
- Fig.208** Système intestinal © EurekaSanté p.140
- Fig.209** Formation d'une chaîne peptidique p.141
- Fig.210** Molécules des 20 acides aminés majeurs des êtres vivants © Wikipédia.org p.142
- Fig.211** Principales étapes de formation d'une fibre de collagène p.143
- Fig.212** Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 2 (face avant) p.148
- Fig.213** Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 1 (face avant en haut, face arrière en bas) p.149
- Fig.214** Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 3 (face avant en haut, face arrière en bas) p.150
- Fig.215** Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 4 (face avant en haut, face arrière en bas) p.151
- Fig.216** Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 5 (face avant en haut, face arrière en bas) p.152
- Fig.217** Fonctionnement de l'analyseur Thermo Scientific® Niton™ XL3t © Thermo Fisher Scientific Inc p.153
- Fig.218** Dispositif d'analyse FRX portable avec bras articulé (à gauche) et utilisation de l'analyseur FRX in-situ (à droite) p.154
- Fig.219** Barreau pour SBSE : 1) Recouvrement de PDMS 2) Barreau magnétique 3) Verre enrobant le barreau © Wikipedia.org p.158
- Fig.220** Principe de fonctionnement d'un appareil de GC-MS © Dr Armelle Vallat, 2015 p.158
- Fig.221** Vue du matériel de prélèvement et de l'utilisation de l'extracteur lors du prélèvement p.159
- Fig.222** Vue du dispositif d'analyse par MHT p.170
- Fig.223-224** Prélèvement de la parka 2 avant procédure de MHT (à gauche) et après procédure et gélatinisation (à droite) p.172
- Fig.225** pH-mètre Horiba Laquatwin® (en bleu, à droite) utilisé pour effectuer les mesures de pH et vue du dispositif sur la membrane de la parka 4 p.174
- Fig.226** Cube de Plexiglas® placé sur le gel afin de favoriser le contact en apportant un poids supplémentaire p.174
- Fig.227** Lavage et trempage, gonflage et séchage en extérieur, à basse température et dans un endroit ombragé (préparée au mois de mars 2017) p.181
- Fig.228** A gauche : vue d'un échantillon de membrane avant test de solubilité. A droite : vue des différents échantillons après 24 heures en immersion dans de l'eau déminéralisée, de l'éthanol 98%, de l'acétone, du white spirit et de la ligroïne (de gauche à droite) p.181

- Fig.229** Vue des matériaux après tests p.184
Fig.230 Vue des éprouvettes après vieillissement artificiel p.185
Fig.231 Détail des taches de fer sur l'une des éprouvettes p.185
Fig.232 Eprouvettes avant test de nettoyage p.186
Fig.233 Eprouvettes après test de nettoyage (30 minutes) p.186
Fig.234 Eprouvettes avant test de nettoyage p.186
Fig.235 Eprouvettes après test de nettoyage (30 minutes) p.186
Fig.236 Schéma de mise en œuvre de la méthode d'humidification localisée p.189
Fig.237 Tests d'humidification localisée : vue avant, pendant et après traitement p.189
Fig.238 Résultats de tests de consolidation avec la Klucel®G p.195
Fig.239 Support d'exposition et de stockage à long terme 2010 © Musée du Quai Branly-Jacques Chirac p.196
Fig.240 Support temporaire bras tombant © Scott Polar Research Institute, Cambridge 2012 p.196
Fig.241 Support de stockage © British Museum, Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne] p.196
Fig.242 Support de stockage © Pitt Rivers Museum, Jackson et Hughes, 2009 [En ligne] p.196

Liste des tableaux

- Tableau 1** Synthèse des informations générales relatives à chaque parka p.15
Tableau 2 Résultats de l'identification des membranes et espèces utilisées p.19
Tableau 3 Résultats d'identification des matériaux constitutifs des ornements p.20
Tableau 4 Résultats d'identification des matériaux constitutifs des fils de coutures p.21
Tableau 5 Evolution des valeurs culturelles de la collection à travers son histoire p.30
Tableau 6 Bilan des observations réalisées durant le bilan sanitaire de la collection p.37
Tableau 7 Tableau récapitulatif des résultats des analyses réalisées p.40
Tableau 8 Dégradations induites par la présence de pesticides sur les objets à base de collagène (d'après Pfister, 2008, p.58-60) p.51
Tableau 9 Synthèse du diagnostic et du pronostic du constat d'état de la parka 4 p.58
Tableau 10 Evolution des valeurs culturelles de l'objet depuis sa période d'usage dans son contexte d'origine jusqu'après intervention de restauration p.63
Tableau 11 Récapitulatif des temps d'intervention p.84
Tableau 12 Nom des familles et des sous-groupes constitutifs de la culture Inuit-Aléoute © Alembik, 2010, p.156 p.118
Tableau 13 Noms donnés aux parkas selon leur provenance géographique et culturelle p.119
Tableau 14 Synthèse des informations relatives aux espèces animales utilisées, à la provenance des membranes et aux caractéristiques des matériaux employées (Alembik, 2010 ; Buijjs, 2016 [En ligne] ; Damas, 1984 ; Hickman, 1988 ; King et al., 2005.) p.121-122
Tableau 15 Caractéristiques physiques des membranes utilisées et informations retrouvées dans la base de données du musée p.123
Tableau 16 Présentation des clés d'identification choisies p.127
Tableau 17 Tableau de synthèse de la documentation historique p.127
Tableau 18 Pourcentage d'éléments détectés sur la surface analysée. Mode Mining Cu/Zn (Main : 60/Low : 30/High: 60/Light: 60) p.154
Tableau 19 Abondance relative des éléments détectés. Mode Mining Cu/Zn pendant 3 minutes (Main : 30/Low : 30/High: 60/Light: 60) p.155
Tableau 20 Abondance relative des éléments détectés.. Mode Mining Cu/Zn pendant 2 minutes (Main : 30/Low : 30/High: 30/Light: 30). Les colonnes grises indiquent les éléments constitutifs du Tin check p.155
Tableau 21 En rouge, sont indiqués les éléments dont l'abondance est notable ou le rapport diffère de celui d'éléments semblables mis en évidence lors des autres tests p.156
Tableau 22 Composés organochlorés mis en évidence sur chaque zone prélevée p.161
Tableau 23 Bandes d'absorption de référence pour les Amides A, B, I, II et III (selon les valeurs obtenues par l'analyse de l'échantillon de collagène neuf) p.163
Tableau 24 Bilan des bandes caractéristiques et des pics (en cm^{-1}) mises en évidence lors des analyses des prélèvements p.165
Tableau 25 Présentation des résultats de l'évaluation des processus d'hydrolyse acide, de dénaturation et d'oxydation ainsi que l'interprétation des pics observés sur les spectres obtenus p.166

- Tableau 26** Exemples de température de rétraction de la peau et du cuir p.166
- Tableau 27** Etat de stabilité des membranes selon leur température de rétraction. Un bon état correspond à une peau mise à tremper, séchée, étirée et grattée (selon les procédés Inuits) et un état dégradé correspond à du collagène non-réticulé p.170
- Tableau 28** Les valeurs indiquées sont en °C et ont été obtenues à partir des moyennes des 3 mesures effectuées pour chaque objet du corpus p.172
- Tableau 29** Valeurs de pH obtenues. Pour chaque objet du corpus, les différentes zones sont désignées par les lettres A à E p.174
- Tableau 30** Présentation des traitements de conservation-restauration des parkas en membranes protéiques et des cuirs Inuits recensés dans la littérature p.180
- Tableau 31** Résultats des tests de solubilité dans les différents solvants organiques choisis p.182
- Tableau 32** Synthèse des avantages et inconvénients des différentes méthodes de nettoyage recensées dans la littérature p.183
- Tableau 33** Evaluation de l'efficacité des méthodes de nettoyage testées p.184
- Tableau 34** Résultats des tests des différents gels selon leur concentration, leur temps d'application et les effets constatés p.186
- Tableau 35** Synthèse des différentes méthodes d'humidification recensées dans la littérature, présentées selon leurs avantages et inconvénients p.187
- Tableau 36** Bilan des tests d'humidification localisée p.189
- Tableau 37** Présentation des adhésifs utilisés pour la consolidation des parkas, recensés dans la littérature et présentés selon leur composition, leurs noms commerciaux, leurs propriétés spécifiques, leur retraitabilité, leurs avantages et inconvénients p.191
- Tableau 38** Supports de doublage utilisés pour la consolidation des parkas, recensés dans la littérature et présentés p.193
- Tableau 39** Bilan des tests de consolidations réalisés sur les éprouvettes p.195

Liste des graphiques

- Graphique 1** Composition moyenne de l'eau de mer de salinité 35 g.l⁻¹ (salinité moyenne des océans) © Dickson et Govet, 1994 p.25
- Graphique 2** Evolution du climat de la réserve ethnographique du MHB p.29
- Graphique 3** Synthèse du bilan sanitaire de la collection de parkas p.32
- Graphique 4** Synthèse des résultats des observations microscopiques, présentant les critères d'observation dans l'ordre croissant d'altérations p.36
- Graphique 5** Superposition de spectres IRTF-RTA mettant en évidence l'augmentation de la fréquence ν_{C-O} (1082, 1032 cm⁻¹) (encadré vert) et l'oxydation des prélèvements 2A et 2B (encadré bleu) p.42
- Graphique 6** Spectre de FRX obtenu après analyse sur le buste de la parka 4 (face avant) p.43
- Graphique 7** Spectres de IRTF-RTA de prélèvements faits sur les parkas 1 (rouge) et 2 (bleu). L'encadré vert indique le pic caractéristique des silicates (1030 cm⁻¹) p.45
- Graphique 8** Evolution de l'émission des polluants en Suisse entre 1950 et 2010 © tcs.ch p.47
- Graphique 9** Spectres FRX mettant en évidence le pic de Fer obtenu après analyse de la tache de fer sur la capuche de la parka 2 (en rouge) p.49
- Graphique 10** Comparaison de l'indice de dénaturation et de la température de rétraction des parkas et de l'échantillon de membrane « neuve » p.52
- Graphique 11** comparatif de l'indice de dénaturation, du ratio d'hydrolyse et du pH des parkas et de l'échantillon de membrane « neuve » p.53
- Graphique 12** Suivi des conditions climatiques durant le traitement d'humidification et de remise en forme. La chute hygrométrique observée le 07.05 correspond à une panne de l'humidificateur durant la nuit et la matinée p.69
- Graphique 13** Superposition des spectres de FRX des parkas 1 à 5 (Light energy), mettant en évidence les éléments chimiques principaux (Cl, Ca, S, K, P, Si) p.157
- Graphique 14** Superposition des spectres IRTF-RTA du prélèvement 2A et de la membrane « neuve », mettant en évidence un épaulement (encadré vert) sur la bande carbonyle du pic de l'Amide I – caractéristique d'un processus d'oxydation p.167

Graphique 15 Superposition de spectres IRTF-RTA mettant en évidence la correspondance des pics 1740-1720 cm^{-1} (encadré vert) sur le spectre de l'échantillon de membrane vieillie en milieu aqueux et sur le spectre de référence de l'acide palmitique p.167

Graphique 16 Superposition de spectres IRTF-RTA mettant en évidence l'augmentation de la fréquence $\nu\text{C-O}$ (1082, 1032 cm^{-1}) (encadré vert) sur le spectre de l'échantillon de membrane vieillie en milieu aqueux et sur le spectre de référence de l'acide palmitique p.168

Graphique 17 Spectre IRTF-RTA du prélèvement 2A, mettant en évidence le pic caractéristique des silicates (1030 cm^{-1}) p.168

Graphiques 18 à 20 En haut à gauche : 1^{ère} mesure ; en haut à droite : 2^{ème} mesure ; en bas à gauche : 3^{ème} mesure. La Ts est mise en évidence en rouge p.171

Liste des abréviations et des sigles

MHB : Musée d'Histoire de Berne

FRX : Spectrométrie de fluorescence X

IRTF-RTA : Spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier en réflectance totale atténuée

GC-MS : Chromatographie en phase Gazeuse couplée à une Spectrométrie de Masse

MHT : Micro Hot Table

Ts : température de rétraction

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

SDT : dithionite de sodium

TAC : triammonium citrate

Lexique/glossaire

Sauf mention contraire, toutes les définitions sont issues de Larousse, 2016 [En ligne].

Acides gras : acide carboxylique à chaîne aliphatique, comprenant 4 à 36 atomes de carbone. Les acides gras sont dits saturés lorsque tous les carbones sont liés par liaisons simples et saturés en hydrogène, tandis qu'ils sont dits insaturés lorsque deux carbones ou plus sont liés par des liaisons doubles.

Aponévrose : Membrane conjonctive qui enveloppe les muscles ou qui fixe les muscles aux os.

Bol alimentaire : Désigne le mélange formé par la mastication de nourriture et de salive¹⁴².

Chromophore : Se dit d'un groupe fonctionnel qui apporte la couleur dans un composé organique.

Complexant : molécules polaires avec des parties fortement négatives susceptibles de se lier avec des cations métalliques par des liaisons électrostatiques pour former des complexes qui demeurent solubles dans l'eau. Les molécules entourent l'ion métallique positif¹⁴³.

Culture thuléenne : désigne un groupe culturel ayant émigré au Nord de l'Amérique du Nord et au Groenland entre le Ier et le XIII^e siècle, ancêtre biologique, culturel et linguistique de nombreux groupes Inuits actuels.

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane, pesticide organochloré de formule C₁₄H₉Cl₅ dont la rémanence est modérée à forte. C'est un insecticide et insectifuge, appliqué par pulvérisation, aérosol, émulsion ou poudre¹⁴⁴.

Déamination : réaction chimique au cours de laquelle une molécule perd un groupement amine.

Décarboxylation : réaction chimique au cours de laquelle une molécule de dioxyde de carbone (CO₂) est éliminée (généralement par chauffage) d'une molécule organique portant un groupement carboxyle.

Déshydrogénation : réaction chimique, nécessitant souvent l'utilisation de catalyseurs, qui correspond à la perte d'atomes d'hydrogène.

Dénaturation : processus par lequel une protéine perd sa conformation tridimensionnelle normale. La dénaturation peut être provoquée par l'influence d'un milieu acide ou par une élévation de la température. Elle peut être temporaire ou définitive. La perte de la conformation tridimensionnelle implique la perte de sa fonction.

Déshydratation primaire : action d'élimination de l'eau libre, contenue dans les matériaux, lors d'un processus de lyophilisation.

Dichlorobenzène : composés chimiques de formule brute C₆H₄Cl₂ correspondant à un cycle benzénique substitués par deux atomes de chlore et existant sous la forme de 3 isomères (ortho- ; méta- ; para-). C'est un fumigant et insectifuge, agissant par sublimation à température ambiante et de rémanence faible à modérée¹⁴⁵.

¹⁴² Schäffler et Schmidt, 1998, p.256

¹⁴³ Bertholon, 2016

¹⁴⁴ Odegaard et Sadongei, 2005, p.15-18

¹⁴⁵ Idem

Diffusion de gaz : se produit lorsque les molécules d'eau, sous forme gazeuse, passent à travers les pores du matériau¹⁴⁶.

Diffusion de vapeur : se produit lorsque l'eau, sous forme gazeuse, s'est accumulée en multicouche moléculaire sur la surface du matériau formant alors de la vapeur. Ce phénomène a lieu en même temps que la diffusion de gaz¹⁴⁷.

Eau libre : ou eau multicouche. Eau mobile pouvant se déplacer dans et en dehors de la structure fibreuse selon les variations hygrométriques. Située entre le réseau de fibres de collagène, faiblement liée par des liaisons hydrogène et des forces de van der Waals¹⁴⁸.

Eau liée : liée aux structures moléculaires intra et intercellulaires par des liaisons fortes.

Elastine : protéine caractérisée par ses propriétés physiologiques élastiques. Elle est constituée de tropoélastine et de fibres proches du collagène, liés par des ponts covalents qui rendent la molécule insoluble et hydrophobe. Elle se distingue chimiquement du collagène par sa teneur en lipides¹⁴⁹.

Enzymes : Protéine accélérant à basse température les réactions chimiques de l'organisme, notamment l'hydrolyse des macromolécules organiques.

Épithélium : le tissu épithélial désigne un assemblage de cellules en nappe qui recouvrent des surfaces corporelles externes et internes et remplissent des fonctions très variées (épithélium glandulaire, d'absorption, sensoriel)¹⁵⁰.

Esquimautage : Du néerlandais « Eskimoteren » (pivoter comme un esquimau). Acrobatie d'un kayakiste qui se retourne dans l'eau avec son embarcation et se redresse ensuite.

Glycoprotidique : caractérise les différents types de collagènes, composé plus ou moins riches en glucides.

Gonflement lyotropique : aussi appelé effet Hofmeister, il induit le gonflement des fibres de collagène dans leur largeur¹⁵¹.

Gonflement osmotique : provoque la réticulation du collagène dans la longueur des fibres et leur gonflement dans la largeur¹⁵².

Humidité relative d'équilibre (HRE) : désigne le taux d'humidité relative auquel le matériau est à l'équilibre, à une température donnée, et ne peut plus échanger d'eau avec son environnement.

Hystérésis : propriété d'un système qui tend à demeurer dans un certain état quand la cause extérieure qui a produit ce changement d'état a cessé. La courbe d'hystérésis du collagène représente sa capacité d'adsorber ou désorber de l'eau.

Kalaallisut : langue Inuit de la côte Ouest du Groenland.

¹⁴⁶ Hennion, 2013, p.98

¹⁴⁷ Ibid., p.98

¹⁴⁸ Kite et Thomson, 2006, p.41

¹⁴⁹ Policard, 2017 [En ligne]

¹⁵⁰ Schäffler et Schmidt, 1998, p.50

¹⁵¹ Florian, 2007, p.99-100

¹⁵² Idem

Kayak : petite embarcation fermée, légère et maniable, réalisée en peaux de mammifère marin cousues et tendues sur une structure de bois flotté. Elle est utilisée pour la pêche et la chasse. Il présente 1 à 3 cockpits, appelé hiloire, autour duquel est accrochée une parka pour garantir l'étanchéité du système.

Liaison peptidique : Liaison covalente reliant deux acides aminés par la fonction acide carboxylique $-COOH$ du premier et la fonction amine $-NH_2$ du deuxième, avec comme produit secondaire une molécule d'eau H_2O . C'est une liaison fondamentale dans la création des peptides et des protéines.

Ligne mésentérique : Le mésentère fixe le canal intestinal à la paroi de la cavité abdominale et abrite des vaisseaux ainsi que des nerfs. Le tissu de la racine du mésentère est structurellement différent de celui de la sous muqueuse, orienté et constitué en grande partie de graisse¹⁵³.

Lyophilisation : processus d'élimination de l'eau contenue dans un matériau, par congélation rapide suivie d'une sublimation de la glace formée, jusqu'à dessiccation complète. La lyophilisation a lieu lorsque la pression partielle des molécules d'eau dans l'environnement est inférieure à la tension de vapeur de l'eau gelée dans le matériau. Elle se caractérise par la dessiccation primaire, éliminant l'eau libre, et la dessiccation secondaire, éliminant l'eau liée adsorbée dans les capillaires.

Matrice extracellulaire (MEC) : matière séparant les cellules des tissus conjonctifs. La MEC peut être souple et fibreuse (tissus conjonctifs lâches, réticulaires, denses, élastiques), très cellulaire (tissu adipeux), solide (cartilage) ou solide et minéralisée (tissu osseux).

Mécanisme de transport capillaire : se produit lorsque les interactions entre les molécules des multicouches moléculaires sont suffisant importantes pour que l'eau passe en phase liquide et puisse se propager dans les matériaux poreux¹⁵⁴.

Membrane d'hiver/Membrane d'été : désigne l'aspect final de la membrane obtenu après le processus de transformation des parois du tube digestif.

Naphtalène : Hydrocarbure aromatique benzénoïde polycyclique à noyaux condensés ($C_{10}H_8$) C'est un fumigant et insectifuge, agissant par sublimation à température ambiante et de rémanence faible à modérée¹⁵⁵.

Nuit polaire : désigne une période de l'année durant laquelle le soleil ne se lève pas. Ce phénomène est observable dans les régions au-delà des cercles polaires Arctique et Antarctique et dure plusieurs mois.

Organe : Ensemble de tissus, généralement de différentes natures, regroupés dans un espace défini

¹⁵³ Alembik, 2010, p.53

¹⁵⁴ Hennion, 2013, p.98

¹⁵⁵ Odegaard et Sadongei, 2005, p.15-18

et qui remplissent ensemble une fonction commune¹⁵⁶.

Osmose : Transfert d'eau d'une solution diluée (hypotonique) vers une solution concentrée (hypertonique) au travers d'une membrane semi-perméable (perméable à l'eau, mais non aux grosses molécules en solution).

Peptide : chaîne comportant moins de 50 acides aminés reliés entre eux par des liaisons peptidiques. C'est la forme élémentaire des protéines¹⁵⁷.

Permafrost : Sol minéral brut des régions arctiques à l'horizon gelé en permanence à une certaine profondeur et formé de débris de roches dures plus ou moins broyées par l'érosion glaciaire, en mélange avec de la glace.

Perméthrine : pesticide pyrétrinoïde organochlorés de formule $C_{21}H_{20}Cl_2O_3$, utilisé depuis les années 1970. Insecticide appliqué par pulvérisation sous forme liquide et aérosol et de faible rémanence¹⁵⁸.

Pharynx : premier segment du tube digestif assurant le passage vers les voies aériennes et digestives.

Pinnipède : nom d'un ordre de mammifères aquatiques tels que les morses, les otaries et les phoques, dont les membres sont modifiés en nageoires.

Point isoélectrique : désigne le pH d'une solution auquel la charge nette de la protéine est nulle.

Radicaux libres : groupes d'atomes hautement réactifs contenant un électron non apparié tels que N^* , NO^* , O_2^* . Leur charge peut être positive, négative ou neutre. Leur réactivité est influencée par la température et par la concentration chimique¹⁵⁹.

Respirabilité : propriété d'une membrane d'être étanche à l'eau liquide tout en étant perméable à l'eau vapeur, mais de façon unidirectionnelle uniquement.

Réticuline : fibres constituées de molécule de tropocollagène associées à une autre molécule protéique, la réticuline qui contient aussi des lipides. Très fines, inextensibles et souples, ces fibrilles ne s'associent pas en faisceaux mais forment un grillage de fibrilles entrecroisées, assemblées par une substance cimentante glycoprotéique¹⁶⁰.

Sels : espèces ioniques composés de cations et d'anions formant un produit neutre et sans charge nette. Ils sont hygroscopiques et se caractérisent par leur HRE. En dessous de celle-ci, le sel se trouve dans un état déshydraté et peut cristalliser sous la forme d'efflorescences. Au-dessus de cette valeur, il est dans un état déliquescence et a la capacité de condenser l'eau de l'atmosphère et de s'y dissoudre à partir d'une certaine humidité relative.

Silicates : ensemble des minéraux caractérisés par le motif élémentaire tétraédrique comportant un atome Si au centre, des atomes O aux quatre sommets, et constituants essentiels des roches magmatiques et métamorphiques.

¹⁵⁶ Schäffler et Schmidt, 1998, p.1

¹⁵⁷ Alembik, 2010, p.191

¹⁵⁸ Odegaard et Sadongei, 2005, p.15-18

¹⁵⁹ Florian, 2007, p. 57

¹⁶⁰ Gotzos, 2017 [En ligne]

Sublimation : action d'éliminer progressivement l'eau d'un produit préalablement congelé par passage à la phase vapeur sans passer par la phase liquide.

Surgélation : la surgélation est une technique de congélation brutale de la matière (quelques minutes à une heure) exposée à des températures allant de -18°C à -35°C , qui permet à l'eau qu'elle contient de se transformer en petit cristaux de glace, modifiant peu sa structure cellulaire et ne dénaturant pas les protéines contenues¹⁶¹.

Système : un système d'organes désigne le regroupement de plusieurs organes qui sont en relation étroite entre eux afin de remplir une fonction commune¹⁶².

Température de transition vitreuse (Tg) : changement d'état du polymère ou du matériau composite polymérisé, sous l'action de la température, et entraînant des variations importantes de ses propriétés mécaniques. Ce phénomène s'observe essentiellement sur les polymères thermoplastiques, notamment s'ils sont peu cristallisés et peu réticulés.

Tissu conjonctif : constitué de fibroblastes*, de cellules exogènes et banales (histiocytes, mastocytes, macrophages, etc.), et d'une matrice extracellulaire* constituée de fibres de collagène ainsi que d'élastine et de réticuline. Ces tissus font partie des quatre types de tissus fondamentaux du corps des mammifères, avec l'épithélium, le tissu musculaire et le tissu nerveux¹⁶³.

Tissu conjonctif lâche : remplit tous les espaces entre les organes ou parties d'organes, sous la forme d'un réseau de soutien et de liaisons des tissus, permettant de maintenir la forme des organes et du corps¹⁶⁴.

Tissu musculaire : fines fibres composées de protéines en forme de fils, ils sont essentiels à la locomotion des êtres vivants. On distingue les fibres lisses, les fibres striées squelettiques et les fibres striées cardiaques¹⁶⁵.

Triglycéride : glycérides dont les trois groupes hydroxyle du glycérol sont estérifiés par des acides gras (saturés ou insaturés).

Tropocollagène : particule élémentaire de collagène, formée de trois chaînes peptidiques disposées hélicoïdalement les unes à côté des autres et dont la cohésion est assurée par des liaisons hydrogènes entre la glycine et l'hydroxyproline¹⁶⁶.

Tunique : ensemble de cellules rassemblées qui, en général, remplissent la même fonction¹⁶⁷.

Ulu : couteau de femme (appelé aussi parfois couteau en demi-lune), symbole de la femme Inuit et de son travail. Ce couteau est un effet personnel et n'est utilisé que par sa propriétaire, même au moment du décès la personne est inhumée avec¹⁶⁸.

¹⁶¹ Chahine, 2013, p.314

¹⁶² Schäffler et Schmidt, 1998, p.1

¹⁶³ Ibid., p.53

¹⁶⁴ Idem

¹⁶⁵ Ibid., p.56

¹⁶⁶ Camille, 2010, p.49-50

¹⁶⁷ Schäffler et Schmidt, 1998, p.1

¹⁶⁸ Issenman et Rankin, 2007 [En ligne]

Umiaq : aussi appelé oomiak, ongiuk, arnyak, etc. Large bateau ouvert utilisé durant la période de migration estivale ou pour la chasse à la baleine et au morse.

Yupik : groupement de populations vivant sur la moitié sud de la côte ouest et le sud de l'Alaska, sur l'île de Saint Laurent située dans la mer de Béring et en Sibérie orientale. Les Yupiks sont apparentés aux Inuits¹⁶⁹.

Glossaire des critères d'évaluation des altérations observées sur la collection :

Auréole : marque laissée involontairement par un mélange de solvant et de saletés (soluté) sur un support fibreux ou poreux, faisant suite à un processus de diffusion de ce soluté dans le substrat et d'évaporation du solvant. La périphérie de la marque se caractérise souvent par une couleur plus sombre.

Blanchiment : opacification blanchâtre de la membrane.

Brillance : une cristallisation est caractérisée par sa brillance lorsque celle-ci possède la capacité de réfléchir plus ou moins fortement les rayons lumineux.

Brunissement : Changement de couleur d'une membrane devenant brune, causant la perte du motif de la ligne mésentérique.

Déchirure : Rupture faite dans un matériau souple, laissant les bords irréguliers et déformés.

Déformation : ensemble des variations dimensionnelles et des distorsions qui affectent un solide autour d'un point.

Dépôt exogène : accumulation de matières solides qui ne provient pas de l'objet mais peut faire partie de son histoire matérielle.

Hétérogène/homogène : qualifie l'aspect visuel des altérations de surface et de structure. Est dite hétérogène, une altération qui est visuellement caractérisée par une variété de formes, d'aspects, de couleur, etc. Est dite homogène, une altération qui est visuellement caractérisée par une unité de forme, d'aspect, de couler, etc.

Jaunissement : Altération de la couleur de la membrane, qui prend une teinte jaunâtre.

Localisé/étendue : Une formation est dite localisée lorsque celle-ci se développe ponctuellement ou sur une surface circonscrite par rapport à la taille de l'objet. Une formation est dite étendue lorsque celle-ci se développe sur une grande surface par rapport au reste de l'objet.

Matité : une cristallisation est caractérisée par sa matité lorsque celle-ci est dans l'incapacité physique de réfléchir les rayons lumineux.

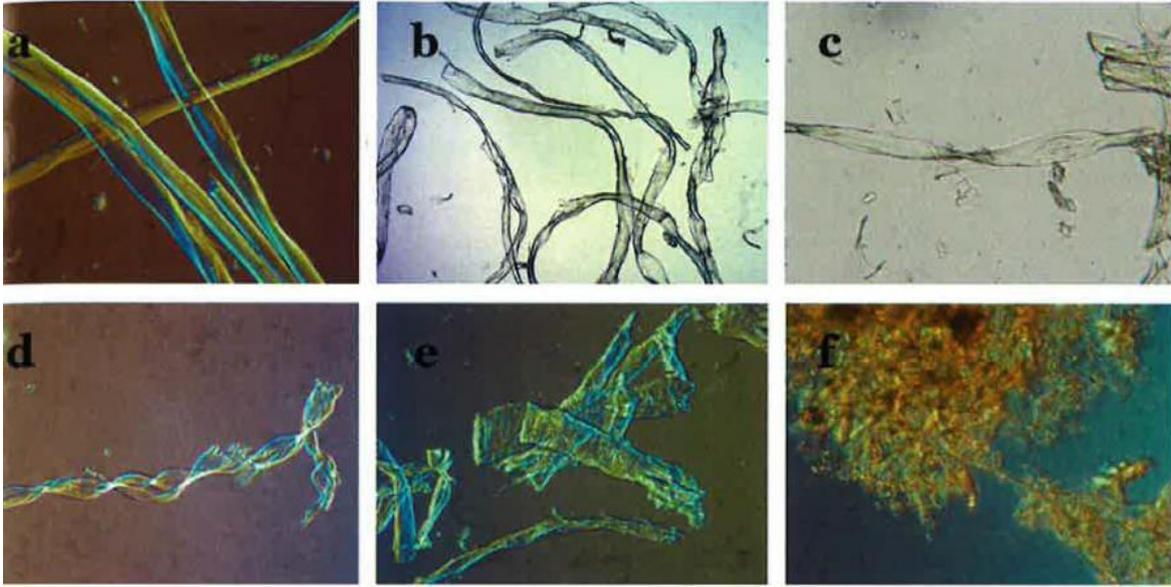
Opacification : altération de la translucidité de la membrane, qui ne laisse plus passer la lumière.

Raidissement : état de ce qui est raidi, induisant une perte de souplesse.

Taches : marque laissée involontairement par une substance étrangère à l'objet se distinguant par une couleur différente de celle du substrat original.

¹⁶⁹ Alembik, 2010, p.191

Glossaire descriptif des fibres de collagène¹⁷⁰ :



a : structure fibrillaire intacte

b : structure fibrillaire aplanie, présentant ponctuellement un aspect aplani.

c : structure fibrillaire en rang de perle, présentant un aspect torsadé.

d : structure fibrillaire papillonnée, présentant un aspect hélicoïdal.

e : structure fibrillaire gélatinisée, se fractionnant en sections complètement aplanies et montrant un processus de dissolution, lui donnant l'aspect de gélatine.

f : Gélatine.

¹⁷⁰ Larsen, 2012, p.63

Annexes

I. A propos de la culture Inuit

Groupes culturels Inuit-Aléoutes

Le peuplement du pôle Nord est issu de 2 vagues d'immigration successives. La première remonte au VIII^{ème} millénaire avant notre ère (n.e.) et est issu de migrations de populations mongoloïdes – aussi appelées Protoeskimo – venues d'Asie centrale. Profitant d'une période glaciaire, il leur a été possible de traverser la Sibérie puis le détroit du Bering (alors vaste pont de banquise entre la Sibérie et l'Alaska actuelle) pour peupler d'ouest en est l'Arctique américain et le littoral groenlandais. C'est grâce à ces populations que l'usage des kayaks, des umiaqs* et des traîneaux à chiens a été introduit dans ces régions. Les Aléoutes et les Yuit actuels, locuteurs de la langue *yupik*, sont considérés comme les descendants de ces peuples.

La seconde grande vague d'immigration, ayant eu lieu à partir du X^{ème} siècle de n.e., s'est propagée d'est en ouest et a permis le développement des Néoeskimo, issue de la culture thuléenne*. Les Inuits parlant *Inupiaq*, seraient issus de cette population. Ils sont également les instigateurs de la culture *Inugsuk*, considérés comme les ancêtres directs des Inuits du Groenland (*Kalaallit Nunaat*)¹⁷¹.

Familles	Sous-groupes et répartition géographique
Aléoutes	Aléoutes du sud-ouest de l'Alaska
Yupiks	<i>Alutiiqs</i> de côte sud-centrale de l'Alaska <i>Yupiks</i> de l'Alaska centrale : côte de la mer de Bering <i>Yupiks</i> sibériens central de l'île alaskienne de Russie <i>Yupiks naukanskis</i> de l'est de la péninsule des Tchouktches (Russie) <i>Yupiks sireniskis</i> du sud de la péninsule des Tchouktches (Russie)
Inuits	<i>Inupiaqs</i> de l'Alaska <i>Inuktuns</i> de l'Ouest canadien : mer de Beaufort, Arctique central <i>Inuktituts</i> de l'Est canadien : Nunavut, baie d'Hudson, Nouveau-Québec <i>Inuinnaqtuns</i> de Nunavut et baie d'Hudson <i>Itivimiuts</i> des côtes québécoises de la baie d'Hudson <i>Tarramiuts</i> de la baie d'Ungava (Québec) <i>Kalaallisuts</i> (groenlandais) du Groenland

Tableau 12 Nom des familles et des sous-groupes constitutifs de la culture Inuit-Aléoute © Alembik, 2010, p.156

Croyances

Les Inuits sont traditionnellement chamanistes, avec une mythologie basée sur des principes animistes. Le chamanisme correspond à un système de croyances (dont celles relatives à l'existence indépendante d'une âme humaine séparable du corps) et de techniques mentales et rituelles ayant pour but de développer et contrôler des facultés surhumaines incluant toujours le don de guérison. La

¹⁷¹ Robert-Lamblin, 2017 [En ligne]

communication avec le monde des esprits est un pouvoir primordial, favorisé par l'emploi de charmes et de talismans magiques¹⁷². En ce sens, la figure du chamane est centrale et son rôle est de rappeler à tous l'obéissance aux rituels et tabous, afin d'apaiser les esprits que lui seul peut voir et contacter.

La cosmologie Inuit n'est régie par aucune figure divine maternelle ou paternelle, seulement un Homme et une Femme, sans créateur divin, qui ont permis le déploiement de la vie animale puis des humains. Les rituels et les tabous sont basés sur l'omniprésence des esprits, perdurant même après la mort, et se caractérisent par une culture de précaution et de protection imposée par leur environnement hostile¹⁷³. Ceci a pour conséquence une forte ritualisation de tous les gestes du quotidien, et notamment ceux causant la mort d'un être vivant – tel que la chasse ou la pêche – et la transformation de ce dernier en nouvelles ressources (nourriture, vêtements, outils, etc.). L'âme de l'animal résidant dans chacune des parties réutilisées, les rituels et coutumes visent à l'honorer et éviter d'attirer sa vengeance. Pour un Inuit, offenser un esprit revient à risquer l'extinction¹⁷⁴.

Langues Inuits

Les langues Eskimo-Aléoutes forment un *continuum* linguistique qui se subdivise en 16 variétés, elles-mêmes regroupées en 3 grands ensembles : le *Yupik*, l'*Inuit-Inupiaq* et l'*Aléoute*. L'idiome *yupik* est parlé par les peuples de Sibérie, des îles de la mer du Béring et de la côte sud-centrale de l'Alaska tandis que l'*Inuit-Inupiaq* se retrouve dans tout l'extrême nord du continent américain, depuis le détroit de Norton en Alaska jusqu'au Groenland oriental. L'*Aléoute* n'est représenté que par une seule langue et n'est parlé que dans les îles Aléoutiennes¹⁷⁵. Ce sont des langues agglutinantes où un mot peut à lui seul constituer une phrase complète. Il n'y a pas de grandes différences entre les dialectes de groupes voisins, toutefois plus ceux-ci sont éloignés géographiquement et plus il y a de dissimilitudes¹⁷⁶.

Langue	Dénomination
Aléoutes	<i>Aghsughtaq</i> (parka de chasse) <i>Sanightaaqs</i> (parka sacrée)
Yupik	<i>Immarenin, Imarin</i>
Inupiaq	<i>Kapitaq</i>
Nunavik	<i>Akuilitaq</i>
Kalaallit	<i>Kapisaa</i>
Russe	<i>Kamleika</i>

Tableau 13 Noms donnés aux parkas selon leur provenance géographique et culturelle

Eskimo ou Inuit ?

Les termes *Inuit* et *Eskimo* (en français Esquimau) se retrouvent mutuellement dans la littérature et sont employés pour désigner les peuples de l'Arctique. Toutefois, depuis les années 1970 – début de

¹⁷² Alembik, 2010, p.85

¹⁷³ Idem

¹⁷⁴ Hickman, 1988, P.9.

¹⁷⁵ Damas, 1984, p.49

¹⁷⁶ Idem

l'époque de revendications des peuples autochtones aux Etats-Unis et Canada – cet exonyme a été rejeté par les Inuits, car jugé péjoratif. Ceci pourrait signifier « mangeur de viande crue », sans toutefois être avéré.

Au Canada, ils préfèrent se désigner eux-mêmes par le terme *Inuit* et au Groenland par le terme *Kalaallit*. En Alaska et en Sibérie, l'appellation *eskimo* est toujours utilisée, associée à une distinction géographique et culturelle (*-inupiat*, *-yuit*, *-yupit*, etc.). Nous avons choisi d'utiliser le terme générique *Inuit* pour désigner ces peuples de l'Arctique.

II. Informations complémentaires sur les matériaux constitutifs

a. Espèces animales utilisées dans la fabrication des parkas Inuits

Le tableau 14 p.121-122 expose la liste non-exhaustive des espèces animales utilisées dans la fabrication des objets en membranes protéiques. Elle se base sur des informations trouvées dans la littérature spécialisée et permet de rendre compte de la diversité des espèces utilisées selon les coutumes (Fig.179). L'apport des connaissances en biologie marine permettrait de compléter cette liste.

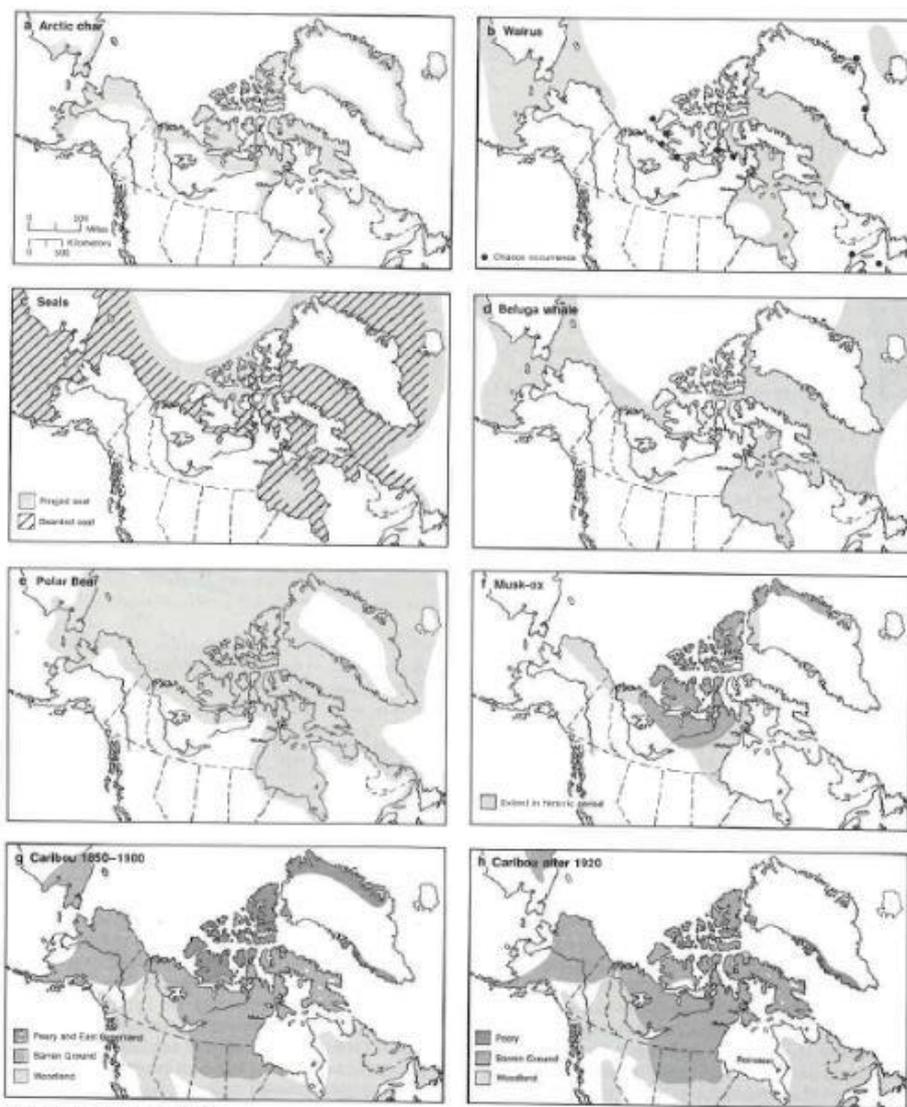


Fig. 179 Distribution de la faune principale dans l'Arctique : a, Omble chevalier ; b, morse ; c, phoques barbus et annelés ; d, beluga ; e, ours polaire ; f, bœuf musqué ; g, caribou (1850-1900) ; h, caribou après 1920 © Damas, 1984, p.38

Tableau 14 Synthèse des informations relatives aux espèces animales utilisées, à la provenance des membranes et aux caractéristiques des matériaux employées (Alembik, 2010 ; Buijjs, 2016 [En ligne] ; Damas, 1984 ; Hickman, 1988 ; King et al., 2005.)

Espèce	Taille	Membranes employées	Spécificités
Espèces de phoques			
<i>Phoque barbu (Erignathus barbatus)</i>	Intestin grêle : Long. 22 m Larg. : 10 à 16 cm Gros intestin : Long. 3,1m	Peau épaisse. Œsophage et intestins. Estomac.	Espèce la plus communément employée Peau spécifiquement utilisée pour faire des bottes Préférentiellement utilisé par les Yupik pour les parkas sacrées Pour des contenants Dans les villages chasseurs de morses : très prestigieux Préférentiellement par les Yupiks pour les parkas sacrées
<i>Phoque commun ou veau marin (Phoca vitulina)</i>			Chassé par de nombreux peuples dans les sud-groenlandais et surtout en Alaska
<i>Phoque du Groenland (Pagophilus groenlandicus)</i>			Plus commun au sud du Groenland
<i>Phoque à capuchon (Cystophora cristata)</i>			Plus commun au sud-ouest du Groenland
<i>Phoque annelé (Phoca hispida)</i>			Communément employé par tous les Inuits Dans les villages chasseurs de morses : très prestigieux
Autres espèces de mammifères marins			
<i>Lion de mer de Steller (Eumetopias jubatus)</i> <i>Otarie à fourrure (Callorhinus ursinus)</i>	Intestin grêle : Larg. : 7-8 cm	Œsophage et intestins	Plutôt pour les robes Aléoutes Fin et transparent
<i>Morse (Odobenus rosmarus)</i>	Intestin grêle : Long. 45 m Gros intestin :	Œsophage et intestins Estomac	L'un des animaux les plus recherchés Epais, peu flexible, se déforme peu lorsque mouillé, robuste et difficile à travailler

	Long. 6,5m		Peau pour couvrir les kayaks Fenêtres, bâches
<i>Beluga (Delphinapterus leucas)</i>	Intestin grêle : Larg. : env.10 cm	Résistant. Peu transparent et plutôt blanc après tannage	Décor : sur les bottes, franges, etc.
<i>Baleine boréale (Balaena mysticetus)</i>	Intestins Larg. : ? Long. : 80 à 96m	Poche entourant le cœur, œsophage, intestins, langue, membrane du foie	Pour des contenants et vêtements Paroi intestinale légère, solide, se déforme facilement La langue peut produire jusqu'à 8 parkas
Espèces de mammifères terrestres			
<i>Ours Brun (Ursus arctos)</i>		Estomac : incurvé et allongé, avec 2 ouvertures Vésicule biliaire : petite, à parois épaisses, sphérique, avec une seule ouverture Intestins délicats	Pour des contenants Habitat naturel uniquement sur le continent. Mais peut être obtenu par l'échange Caractéristique des productions des Aléoutes Péninsule d'Alaska ou de l'île de Kodiak
<i>Renne (Rangifer tarandus)</i>			Utilisé par les populations des terres principalement. Sur les littoraux grâce à l'échange

b. Identification des espèces constitutives des membranes

Les méthodes d'identification des membranes¹⁷⁷ présentent 3 axes de recherches :

- La connaissance des caractéristiques physiques des membranes protéiques utilisées (intestins, œsophage, estomacs, vessie, etc.).

La membrane des intestins, continue, longue et allongée, se distingue par exemple de celle de l'estomac, de plus petite taille, irrégulière et ovale. La mesure de la largeur (donnant une idée du diamètre in-vivo) permet aussi de distinguer les différentes espèces.

- L'étude des espèces disponibles selon leur habitat naturel.

Si l'on considère les ressources animales uniquement sous l'angle écologique, il devient possible de distinguer des usages déterminés localement. Ainsi, l'usage des intestins et de la vésicule biliaire d'ours brun est spécifique des îles Aléoutes où celui-ci est endémique.

- La connaissance des usages de chaque peuple autochtone.

Certaines populations ont développé des préférences selon leurs ressources disponibles. Les groupes spécialisés dans la chasse au morse¹⁷⁸ vont ainsi préférer les peaux de phoques barbu et annelé pour leurs vêtements prestigieux. Pour les parkas de chasse, les membranes de phoques sont aussi communément utilisées au Groenland et par les populations nord Aléoutes, tandis que celle des lions de mer est préférées sur les îles Aléoutiennes¹⁷⁹.

Le tableau ci-dessous synthétise les caractéristiques physiques des membranes des parkas de notre corpus ainsi que les informations retrouvées dans la base de données du MHB.

Nom de l'objet	Largeur et épaisseur relative¹⁸⁰	Matériau constitutif et espèce supposée	Spécificités de la membrane
<i>Parka 1</i>	Larg. : 6-7 cm Ep. : la plus fine	Intestin Phoque	Ligne mésentérique Translucide Bandes continues et étroites
<i>Parka 2</i>	Larg. : 9-12 cm Ep. : moyenne	Intestin Baleine	Ligne mésentérique Translucide Bandes continues et larges
<i>Parka 3</i>	Larg. : 12-15 cm Ep. : la plus épaisse	Intestin Baleine	Lisse, striations verticales Opaque Bandes courtes et nombreuses
<i>Parka 4</i>	Larg. : 9-10 cm Ep. : moyenne	Intestin Phoque	Ligne mésentérique Opaque Bandes continues et larges
<i>Parka 5</i>	Larg. : 10-12 cm Ep. : élevée	Intestins Phoque	Ligne mésentérique Translucide Bandes longues et étroites

Tableau 15 Caractéristiques physiques des membranes utilisées et informations retrouvées dans la base de données du musée

¹⁷⁷ Hickman, 1988, p.24-27

¹⁷⁸ Considérée comme l'une des plus prestigieuses prises par la majorité des populations Inuits

¹⁷⁹ Sáiz Gómez et al., 2014, p.76

¹⁸⁰ Appréciation établie par comparaison des membranes les unes avec les autres

La présence d'une ligne mésentérique et la longueur des bandes des parkas 1, 2, 4 et 5 laissent supposer l'emploi de membrane intestinale (Fig.180). De plus, leur caractéristiques physiques et les informations disponibles correspondent avec les descriptions fournies par la littérature¹⁸¹.



Fig.180 Présence du motif mésentérique sur les membranes des parkas 4 et 5 (à gauche et au centre), absent sur la membrane de la parka 3 (à droite)

Bien qu'inventoriée comme étant constituée d'intestins, l'absence de ligne mésentérique et la taille des bandes de la parka 3 laisse plutôt supposer l'emploi de membrane pharyngienne* (Fig.180). Aussi, alors



Fig.181 Sacs en œsophages de lion de mer, Alaska State Museum © The Ethnographic Gutskin Project

que peu de publications mentionnent l'emploi de trachée pour la fabrication des parkas¹⁸², plusieurs autres décrivent l'emploi d'œsophage (pour la parka, les éléments décoratifs et les coutures)¹⁸³. D'autres mentionnent l'emploi de pharynx – terme général pour désigner le carrefour aéro-digestif entre les voies aérienne (trachée) et digestive (œsophage) – pour la confection de sacs, pantalons et bottes¹⁸⁴ (Fig.181).

D'un point de vue histologique, ces deux tissus* présentent une couche de sous-muqueuse employée pour fabriquer les parkas. L'œsophage est un long conduit lisse, mou, présentant une structure musculaire striée et une tunique* musculeuse épaisse alors que la trachée se caractérise par une structure annulaire ouverte, alternée d'arceaux cartilagineux dans lesquelles se trouve la sous-muqueuse, plus fine¹⁸⁵ (Fig.182). Ceci la rend donc difficile d'accès et à préparer suivant le processus de fabrication inuit. Etant donnée la promiscuité structurelle entre ces deux éléments constitutifs du pharynx, l'on peut se demander si une confusion terminologique aurait induit la mention de trachée à la place d'œsophage.

¹⁸¹ Hickman, 1988 ; Morrison, 1986 ; Alembik, 2010

¹⁸² Gottsmann, 2009 [En ligne]

¹⁸³ Smith et al., 2009, p.45 ; Boulton, p.1 ; Berezkin, 2012

¹⁸⁴ Hatt, 1969, p.11

¹⁸⁵ Schäffler et Schmidt, 1998 p.240

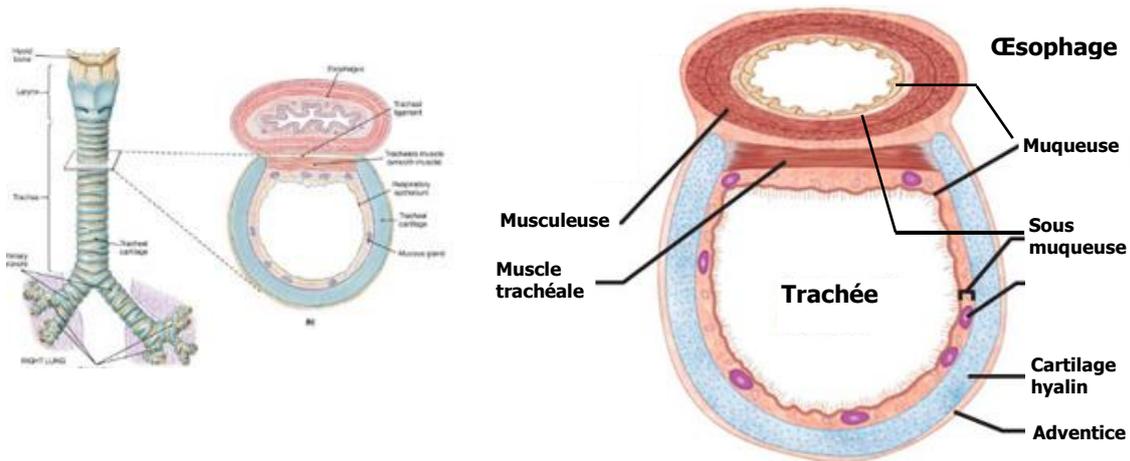


Fig.182 Histologie du pharynx (trachée et œsophage) © intranet.tdmu.edu.ua

Pour finir, les archives du musée indiquent l'emploi de membrane de phoque et de baleine. La largeur des bandes mesurées pourrait en effet correspondre aux intestins de ces deux animaux. Ces deux familles sont réparties dans tout l'Arctique et présentent une multitude de sous-espèces. Ils ont été communément utilisés pour la fabrication des parkas utilitaires et sacrées.

Toutefois, les caractères anatomiques et fonctionnels du système digestif sont constants dans tout le règne des mammifères (seule la taille diverge selon le régime alimentaire). Les systèmes des cétacés et des phocidés présentent d'importantes similitudes entre eux, mais aussi avec ceux des mammifères ruminants terrestres. De plus, les sous-espèces d'une famille présentent des caractéristiques histologiques communes, qui induisent des chevauchements rendant impossible une identification précise¹⁸⁶.

Aussi, l'attribution des espèces selon leur habitat naturel est difficile étant donnée leur répartition généralement vaste, s'étendant durant les migrations saisonnières. La longueur et la largeur des intestins d'une espèce dépendent aussi de la taille de l'animal ainsi que de l'histoire matérielle de la parka. En effet, la membrane subit de nombreuses déformations tout au long du façonnage. Cela commence par la mort de l'animal, où la perte du tractus musculaire peut doubler ou tripler sa longueur et son volume, puis par la préparation et le séchage où elle est mise en bain, raclée et gonflée. Elle se rétracte à l'inverse, lors de son séchage. La qualité de sa mise en œuvre influence aussi son épaisseur finale, qui peut varier pour une même espèce. Pour finir lors de son utilisation, elle subit de fortes tensions et des elongations (Fig.78, p.45). Enfin, dû à son hygroscopicité, elle subit des contractions durant son stockage en milieu muséal¹⁸⁷.

Finalement, la littérature décrivant les espèces utilisées met surtout en lumière des choix et pratiques individuelles, spécifiques à chaque objet mais ne pouvant pas être représentatives de toute une population ou une typologie d'objet¹⁸⁸.

¹⁸⁶ Lin, 2010, p.3-4

¹⁸⁷ Idem

¹⁸⁸ Idem

c. Identification des fibres animales des parkas 1, 3 et 5

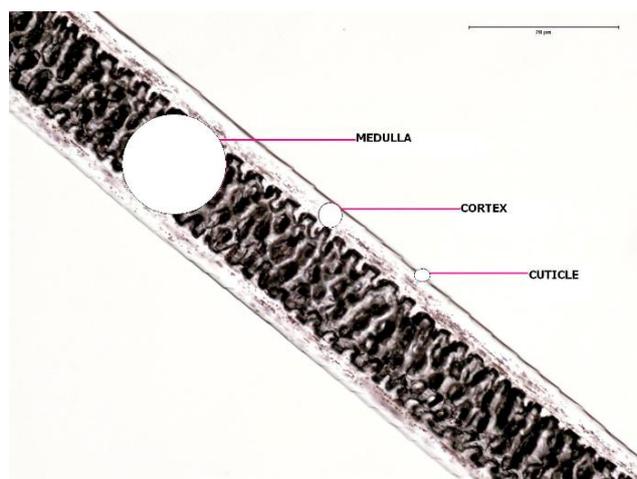
L'identification des espèces des fibres animales s'effectue par l'examen de leurs caractéristiques de surface et structurales (clés d'identification) ainsi que par le croisement de ces informations avec les données liées aux objets dont elles proviennent¹⁸⁹.

Cette méthode commence par des observations à l'œil nu et à la loupe binoculaire puis par des observations avec des microscopes de diverses magnifications (microscopes digital portable, optique et électronique à balayage (MEB)) et se termine par la comparaison des informations collectées avec des images disponibles dans des bases de données.

Nous soulignons que ces observations sont des investigations destructives, puisque les prélèvements doivent être immergés dans un liquide pour l'une tandis qu'ils doivent être métallisés pour l'autre et ils ne pourront pas être restitués sur les objets. Il est aussi important de procéder aux observations en MEB en dernier, puisque celles-ci changent irréversiblement l'aspect des prélèvements.

Caractéristiques spécifiques des poils

Une fourrure est composée du sous-poils (dense et court, proche de la peau) et du poil de garde (dépassant du sous-poils, plus épais et souvent coloré), qui prennent tous deux naissance dans les follicules pileux situés dans le derme.



Le poil est composé de kératine α , s'organisant en 3 éléments structuraux majeurs (Fig.183) :
La médulla ou canal médullaire, parcourant le centre du poil.

La cuticule, désigne la surface externe, généralement faite d'écailles qui se chevauchent.

Le cortex, qui est l'espace entre la médulla et la cuticule.

Fig.183 Poil de garde de rat musqué © Horelick, 2011

Nous avons choisi de focaliser nos observations sur les poils de garde, plus longs et larges que le sous-poils. Ils présentent aussi plus de caractéristiques observables que ce-dernier¹⁹⁰.

Clés d'identification

Suivant la méthode établie par Carrlee et Horelick (2011), nous avons défini des critères d'observation qui nous permettront d'identifier ces fibres. Ces critères sont les suivants :

¹⁸⁹ Carrlee et Horelick, 2011, p.149

¹⁹⁰ Ibid., p.150

Critères d'observation	Caractérisation
<i>Coupe transversale</i>	Ronde, ovale, aplati
<i>Diamètre maximale</i>	En µm, mesuré sur la partie la plus large du poil, c'est-à-dire vers le milieu ¹⁹¹
<i>Canal médullaire (Fig.184)</i>	Absent, continu, discontinu, fragmentaire Unisérié, multisérié, vacuolé, réticulé, amorphe Présence de nodules pigmentaires Epais, fin
<i>Cortex</i>	Absent, large, fin Présence de nodules pigmentaires
<i>Couleur</i>	Blanc, brun, gris, noir, etc.
<i>Cuticule (Fig.184)</i>	En couronne, en épine, pavimenteuse

Tableau 16 Présentation des clés d'identification choisies

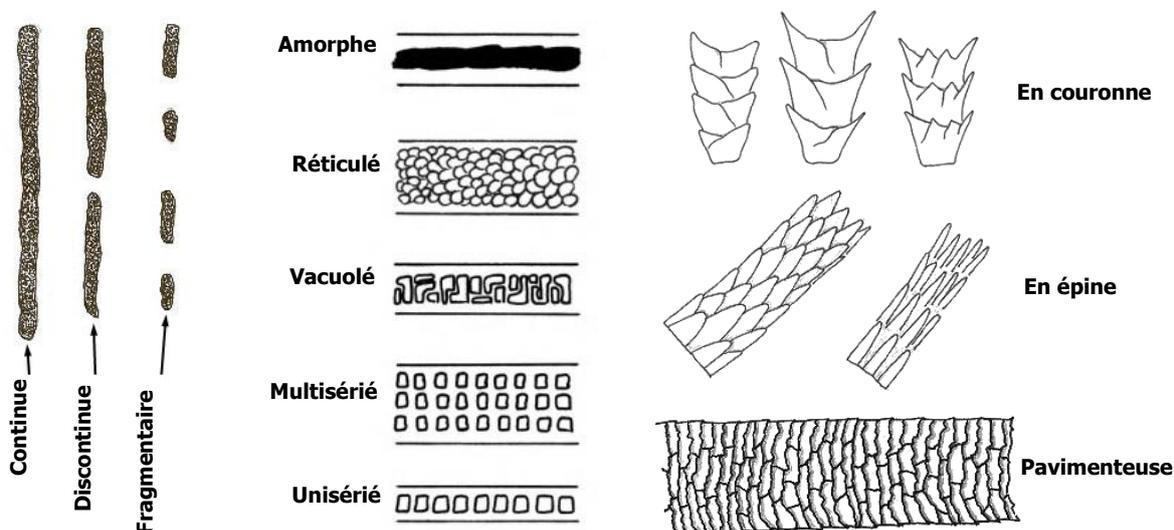


Fig.184 Structure principale du canal médullaire (à gauche). Principaux types de canaux médullaires (au centre). Principaux types d'écaillés constitutives de la cuticule (à droite) © Hicks, 1977

Données historiques

Ces fibres sont issues de rubans de peau ornant des parkas provenant toutes de la même zone géographique – l'Alaska et le Déroit du Béring – mais ont été réalisées à des périodes différentes (Tableau 17, ci-dessous).

	Objet	Origine du prélèvement sur l'objet	Provenance supposée	Date d'acquisition
<i>Prélèvement 1</i>	Parka 1	Ruban de peau (manche senestre)	Déroit de Béring	1838
<i>Prélèvement 2</i>	Parka 3	Ruban de peau (manche dextre)	Alaska	1859
<i>Prélèvement 3</i>	Parka 5	Ruban de peau (coin dextre de la bande inférieur)	Ile de St Laurent - Alaska	1968

Tableau 17 Tableau de synthèse de la documentation historique

¹⁹¹ La plupart des poils sont fusiformes avec un effilement à chaque extrémité.

Nous pouvons donc supposer la présence de fibres d'espèces de mammifères terrestres (renne, ours, etc.) et/ou marins (phocidés, morse, lion de mer, etc.) vivant dans les régions arctiques.

Observations macroscopiques

Ces observations ont été menées avec un microscope digital portable (*Veho® Discovery™ VMS-004*), en lumière normale et à un grossissement X20.

L'étude macroscopique des fibres a pour objectif de distinguer le poil de garde du sous-poil, en vue de dégager leurs caractéristiques spécifiques et de vérifier la possibilité de prélever un poil de garde sur chaque objet.

Prélèvement 1



Poil de garde : blanc, court (13-15 mm), épais, mat, pointe effilée.

Sous-poil : blanc, fin, légèrement bouclé, peu nombreux.

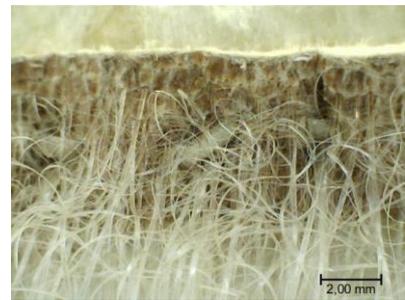
Prélèvement 2



Poil de garde : blanc-gris et bruns, brillants, court (8-10 mm), dégradé, pointes cassées.

Sous-poil : absent.

Prélèvement 3



Poil de garde : blanc à translucide, brillant, court (moins de 15 mm), fin, pointe effilée.

Sous-poil : fin, nombreux et bouclé.

Observations microscopiques

L'observation microscopique de la surface, de la structure et de la coupe transversale de chaque poil est nécessaire pour avoir une certitude quant à l'identification de certaines espèces.

Ces observations ont été réalisées avec un microscope optique en lumière normale transmise (LT) par immersion dans l'eau et en lumière normale réfléchie (LR). Les images des coupes transversales ont été obtenues en MEB avec une énergie de 10 keV et en utilisant l'imagerie par électrons rétrodiffusés (BSE). Les prélèvements ont été métallisés à l'or palladium, ce qui permet d'obtenir des images plus finement détaillées¹⁹².

Nous avons ensuite procédé aux prélèvements d'une fibre sur chaque objet qui ont été observées en microscopie optique puis en MEB.

¹⁹² Ramseyer, avril 2017, communications orales.

Emplacement du prélèvement 1



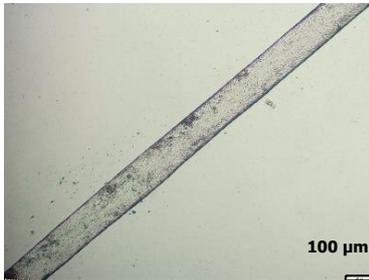
Emplacement du prélèvement 2



Emplacement du prélèvement 3



Observations du prélèvement 1



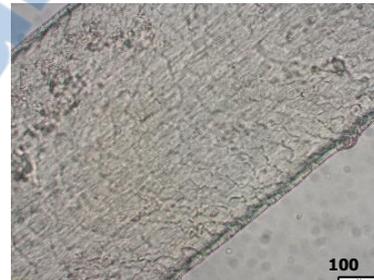
Observation en LT

Diamètre maximal : 100 µm
 Canal médullaire : absent



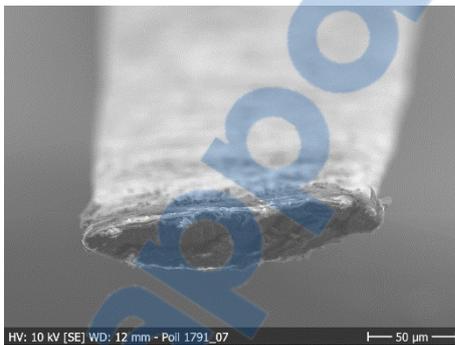
Observation en LR © Stephan Ramseyer, 2017

Cortex : large
 Présence de nodules pigmentaires à la limite avec la cuticule
 Couleur : brun clair



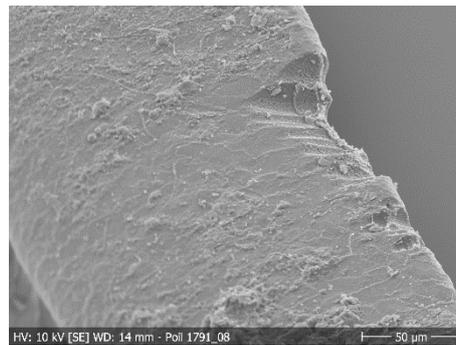
Observation en LT

Cuticule : pavimenteuse



Observation en MEB

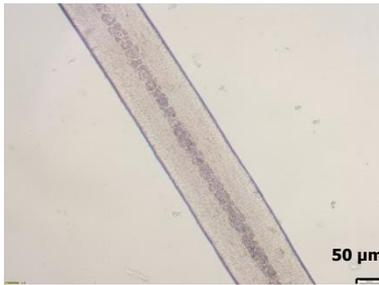
Diamètre maximal : 100 µm
 Coupe transversale : aplatie



Observation en MEB

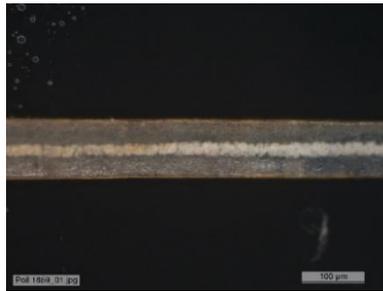
Cuticule : pavimenteuse

Observations du prélèvement 2



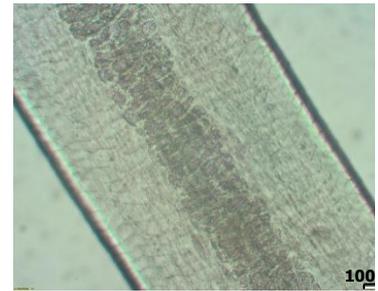
Observation en LT

Diamètre maximal : 120 µm
 Canal médullaire : continu, réticulé, fin



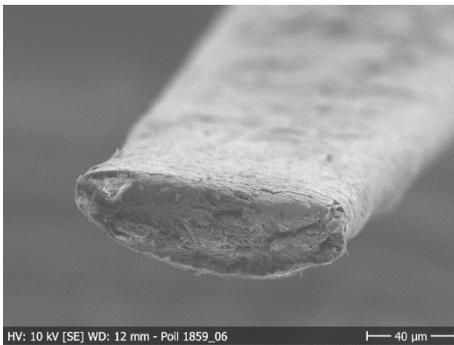
Observation en LR © Stephan Ramseyer, 2017

Cortex : large
 Présence de nodules pigmentaires à la limite avec la cuticule
 Couleur : brun et blanc



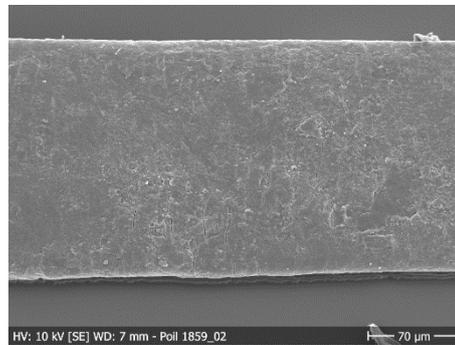
Observation en LT

Cuticule : pavimenteuse



Observation en MEB

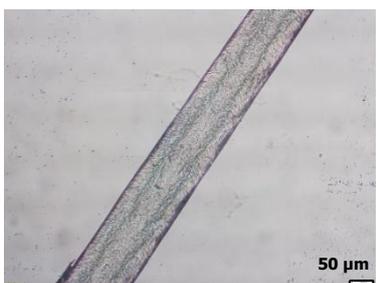
Diamètre maximal : 120 µm
 Coupe transversale : aplatie



Observation en MEB

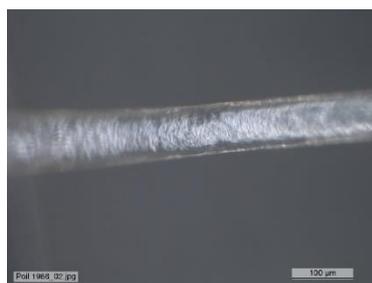
Cuticule : pavimenteuse

Observations du prélèvement 3



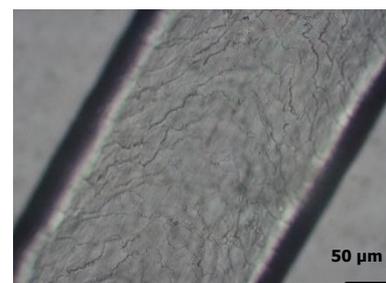
Observation en LT

Diamètre maximal : 150 µm
 Canal médullaire : absent



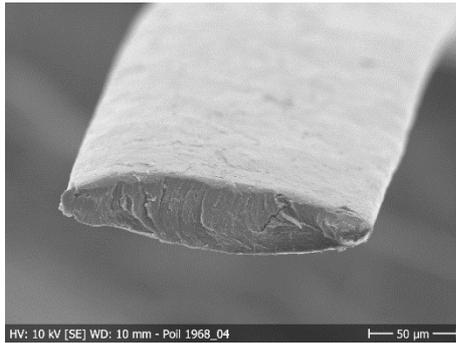
Observation en LR © Stephan Ramseyer, 2017

Cortex : large
 Couleur : blanc à translucide



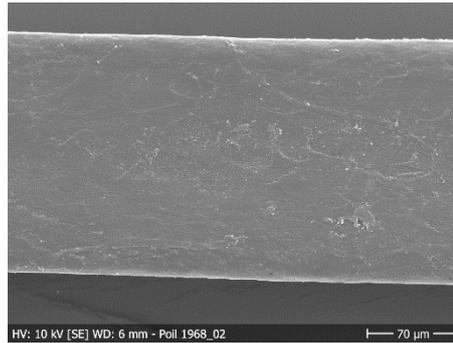
Observation en LT

Cuticule : pavimenteuse



Observation en MEB

Diamètre maximal :150 µm
Coupe transversale : aplatie



Observation en MEB

Cuticule : pavimenteuse

Comparaison avec la littérature et les bases de données

De manière générale, la littérature souligne l'emploi de fourrure de mammifères marins pour la réalisation et l'ornementation des parkas. Elle est préférée à celle des mammifères terrestres pour sa légèreté et son imperméabilité, bien que moins chaude¹⁹³.

Ces prélèvements montrent tous une coupe transversale aplatie caractéristique des pinnipèdes (otaries, phocidés et morsés) (Fig.185), ce qui nous permet aussi d'écarter l'hypothèse d'espèces de mammifères terrestres¹⁹⁴.

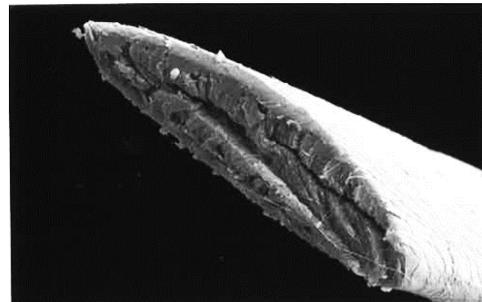
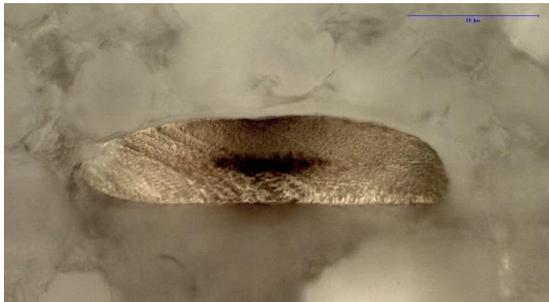


Fig.185 Coupe transversale d'un poil de garde d'une Otarie à fourrure (*Callorhinus ursinus* vue) en LT, à gauche © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne] et d'un poil de garde d'un phocidé en MEB, à droite © King et al., 2005

De plus, nous savons que les objets dont proviennent ces fibres ont tous été produits en Alaska et dans le Déroit de Béring. Le projet de recherche *Alaska fur ID project*¹⁹⁵ s'est justement intéressé à l'identification des fibres animales constitutives des productions Inuits de ces régions. En nous appuyant sur les informations disponibles dans leur base de données en ligne, nous avons pu déterminer que :

Le prélèvement 1 est probablement un poil de garde de phoque barbu (*Erignathus barbatus*).

¹⁹³ Reed, 2008 [En ligne]

¹⁹⁴ Carrlee et Horelick, 2011, p.150

¹⁹⁵ WordPress, 2010 [En ligne]

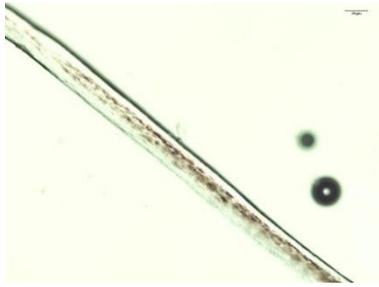


Fig.186 Poil de garde de phoque barbu, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne]

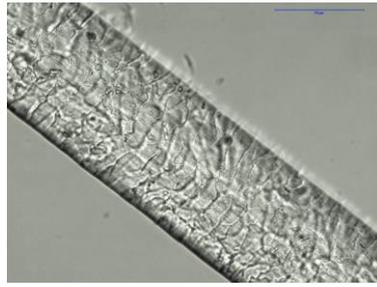


Fig.187 Poil de garde de phoque barbu, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne]



Fig.188 Phoque barbu (*Erignathus barbatus*) © Mike Reyfman

Le diamètre maximal, l'absence de canal médullaire, la couleur et la cuticule pavimenteuse sont les caractéristiques qui nous permettent d'émettre cette hypothèse.

Le prélèvement 2 est probablement un poil de garde de lion de mer de Steller (*Eumetopias jubatus*).



Fig.189 Poil de garde de lion de mer de Steller, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne]

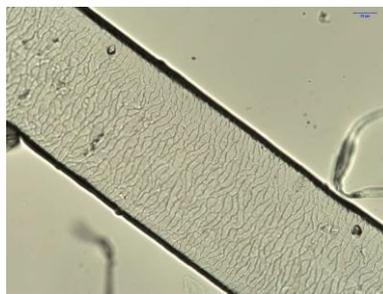


Fig.190 Poil de garde lion de mer de Steller, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne]



Fig.191 Lion de mer de Steller (*Eumetopias jubatus*) © marinebio.org

La taille du poil, le diamètre maximal, la structure du canal médullaire, la couleur et la cuticule pavimenteuse sont les caractéristiques qui nous permettent d'émettre cette hypothèse.

Le prélèvement 3 est probablement un poil de garde de blanchon de l'espèce phoque commun (*Phoca vitulina*), dont la fourrure est aussi appelée lanugo¹⁹⁶.

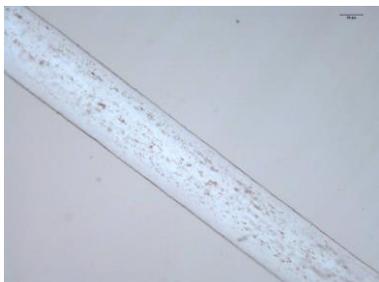


Fig.192 Poil de garde de phoque commun, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne]

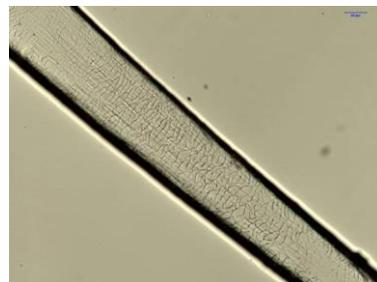


Fig.193 Poil de garde de phoque commun, observation en LT © Alaska Fur ID Project, 2010 [En ligne]



Fig.194 Blanchon de l'espèce phoque commun (*Phoca vitulina*) © Géo Magazine

¹⁹⁶ Carrlee et Horelick, 2011, p.161

La taille du poil, le diamètre maximal, l'absence de canal médullaire et la cuticule pavimenteuse sont les caractéristiques qui nous permettent d'émettre cette hypothèse.

En outre, bien que la couleur blanche soit commune à beaucoup d'espèce de mammifères de l'Arctique, celle-ci est caractéristique des blanchons lorsqu'il s'agit d'un poil de pinnipède¹⁹⁷.

d. Identification des autres fibres ornant la parka 1

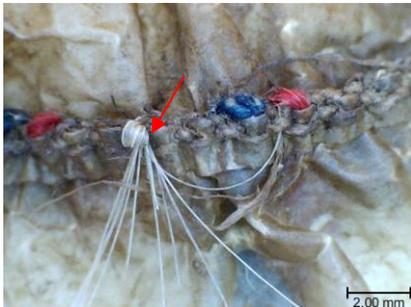
En plus des bandelettes de membrane, la parka 1 présente 2 types de fibres dans ses coutures :

Des fibres longues, fines et non solidaires les unes des autres, que nous appellerons prélèvement 4.

Des fibres courtes, larges et organisées en fils de torsion en S, que nous appellerons prélèvement 5.

Observations macroscopiques

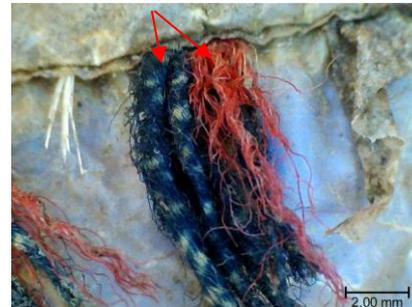
Prélèvement 4



Caractéristiques

Fine, longue, blanche ou jaune pâle, brillante.
Insérée dans les coutures et non solidaire des autres fibres de même type.
Fragile, cassant.

Prélèvement 5



Caractéristiques

Fines, courtes, teintées en bleu-noir et en rouge.
Insérées dans les coutures, filées en S.
Fragiles, cassées, défilées.

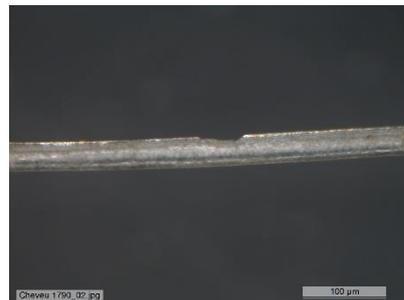
Observations microscopiques en LT, LR et MEB

Prélèvement 4



Coupe longitudinale, observation en LT

Canal médullaire : absent
Cuticule : pavimenteuse, dégradée.
Couleur : brun clair

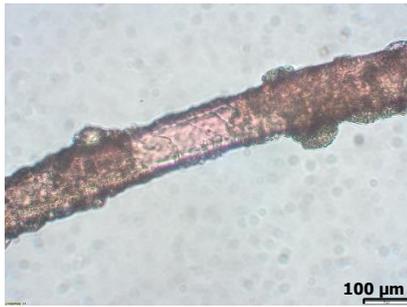


Coupe longitudinale, observation en LR © Stephan Ramseyer, 2017

Cortex : large

¹⁹⁷ Carrlee et Horelick, 2011, p.161

Prélèvement 5



Fil rouge, coupe longitudinale, observation en LT

Canal médullaire : absent

Cuticule : pavimenteuse, dégradée

Couleur : brun clair



Fil bleu-noir, coupe longitudinale, observation en LT

Fibres plissées, plates et avec torsions à intervalles réguliers

Canal médullaire : large, représentant plus de la moitié de la largeur de la fibre

Comparaison avec la littérature et les bases de données

Les parkas sacrées peuvent être ornées de fibres animales et végétales très variées. Parmi celles qui correspondent le plus à nos observations, il pourrait s'agir, concernant le prélèvement 4, de cheveux, de poils de mammifères terrestres à longues fourrures, ou de vibrisses de mammifères ou encore des cheveux. Nous pouvons supposer des fils de laine et de coton pour le prélèvement 5, plus courts¹⁹⁸.

D'après la comparaison de ces images avec les informations obtenues grâce aux études menées par Hicks (1977) et Deedrick et Koch (2004), nous pouvons constater que le prélèvement 4 est un cheveu, de type actuel « caucasien » (Fig.195-196).



Fig.195 Coupe longitudinale d'un cheveu, observation en LT © Douglas Deedrick et Sandra Koch, 2004 [En ligne]

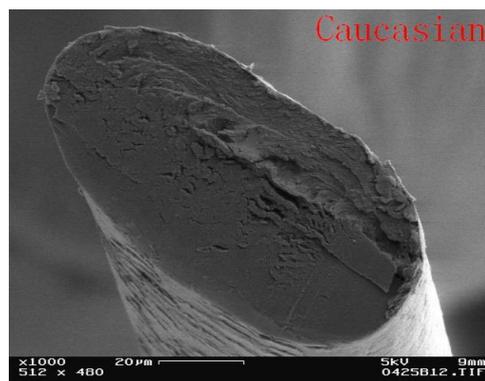


Fig.196 Coupe transversale d'un cheveu, observation en MEB © Wei, 2006 [En ligne]

¹⁹⁸ Reed, 2008 [En ligne] ; Sáiz Gómez et al., 2014, p.76

D'après la comparaison des images des fibres du prélèvement 5 avec images de base de données, nous pouvons constater que le fil rouge est effectivement une fibre de laine (reconnaissable à ses écailles pavimenteuses) tandis que le fil bleu-noir est fait de fibres de coton (identifiable notamment par son canal médullaire aplati et ses torsions) (Fig.197-198).



Fig.197 Coupe longitudinale d'une fibre de laine, observation en LT © microlabgallery.com



Fig. 198 Coupe longitudinale d'une fibre de coton, observation en LT © microlabgallery.com



La laine pourrait ainsi provenir d'une fourrure de bœuf musqué ou d'autre autre mammifère terrestre. Les fibres de coton proviennent probablement d'herbe à coton (*Eriophorum*), particulièrement abondantes dans les régions arctiques, ou du troc avec des explorateurs européens.

Fig.199 Herbe à coton © Philippe Grenier, 2011

e. Identification des fils de coutures

Observations macroscopiques

L'observation des différentes coutures nous a permis de mettre en évidence 4 types de fils.

Fil 1



Observé sur : parka 2

Caractéristiques : épais, lisse, cassant, aux fibres présentant une faible cohésion et de couleur paille

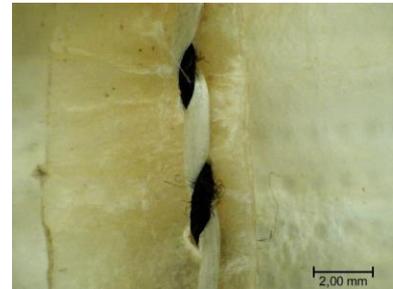
Fil 2



Observé sur : parkas 1, 2, 3, 4

Caractéristiques : fin, dur, résistant, aux fibres présentant une bonne cohésion et de couleur brun à brun clair

Fils 3 et 4



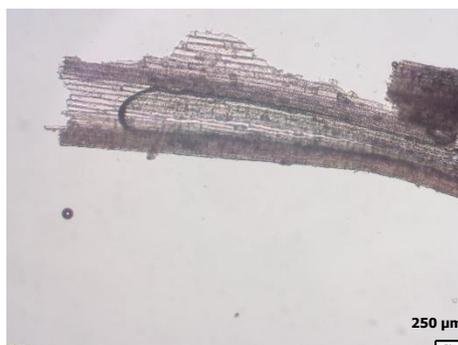
Observés sur : parka 5

Caractéristiques du fil 3 : fin, aux fibres désordonnées de couleur noire et mates

Caractéristiques du fil 4 : fin, lisse, brillant et de couleur blanche

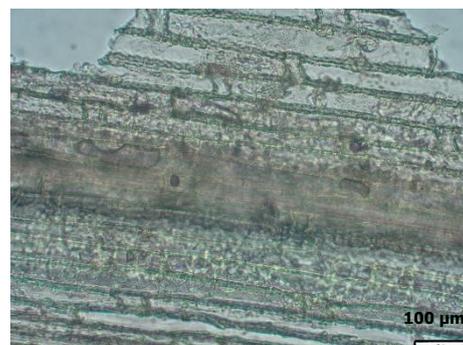
Observations microscopiques en LT

Fil 1



Fil 1, provenant de la parka 2

Observations : rayons médullaires unisériés



Fil 1, provenant de la parka 2

Observations : cellules à parois rectangulaires, non différenciées

Fil 2



Fil 2, provenant de la parka 1

Observations : présence d'une matrice extracellulaire constituée de faisceaux de fibres variées



Fil 2, provenant de la parka 3

Observations : organisation fibreuse dense et ordonnée parallèlement, entrecroisées régulièrement de fibres obliques ou perpendiculaires



Fil 2, provenant de la parka 4

Observations : fibre constitutive de collagène

Fil 3



Fil 3 (parka 5)

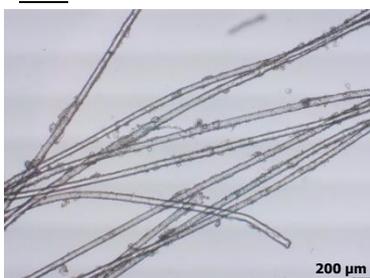
Observations : fibres plissées, canal médullaire large, représentant plus de la moitié de la largeur de la fibre



Fil 3 (parka 5)

Observations : fibre plate, torsions à intervalles réguliers

Fil 4



Fil 4 (parka 5)

Observations : fibres lisses, transparentes et brillantes, au diamètre constant



Fil 4 (parka 5)

Observations : fibres rectilignes, ne présentant ni canal médullaire ni cuticule



Fil 4 (parka 5)

Observations : fibres pleines

Comparaison avec la littérature et les bases de données

Les fils utilisés pour coudre les bandes de membranes se caractérisent par leur grande variété. Jusqu'à l'arrivée des premiers explorateurs européens, les seuls fils utilisés étaient faits d'aponévrose de muscle, d'œsophage de mammifères marins et de fibres végétales (herbes ou pailles séchées). Puis à partir du XX^{ème} siècle, l'accès à de nouveaux produits industrialisés a permis l'utilisation de fils de soie et de coton ainsi que, plus tardivement, de fils synthétiques (nylon, fil dentaire, etc.)¹⁹⁹.

Identification du fil 1 :

Nos observations nous ont permis d'identifier des cellules végétales, se caractérisant par leurs parois rectangulaires pectocellulosiques. Ce sont des cellules parenchymateuses, spécifiques du tissu simple des plantes, présentant une seule paroi (Fig.200-201). Elles sont probablement issues du méristème primaire d'une plante angiosperme (monocotylédone ou dicotylédone), comme la tige d'une graminée fourragère (herbages, prairies, etc.), de joncacées ou encore de cypéracées²⁰⁰.

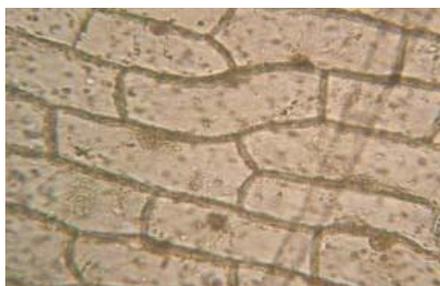


Fig.200 Cellules parenchymateuses vue en microscopie optique en LT © 2.ac-lyon.fr

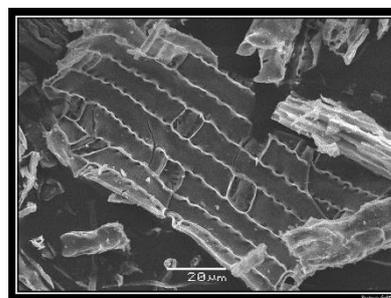


Fig.201 Cellules parenchymateuses vue au MEB © Gadet, 2013

Identification du fil 2 :

La présence de faisceaux de fibres de collagène, organisés de manière dense et ordonnée laisse supposer que le fil 2 est composé de tissu conjonctif dense régulier, constitutif de l'aponévrose des muscles, des tendons et des ligaments (Fig.202-204). L'aponévrose est une membrane fibreuse qui enveloppe les muscles et les relie aux os. Elle est constituée de tissu conjonctif où les fibres de collagène prédominent, disposée en faisceaux parallèles et denses, et est faiblement vascularisée²⁰¹.

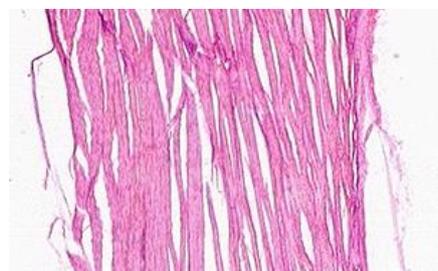


Fig.202 Fibres de collagène en LT © Université de l'Indiana

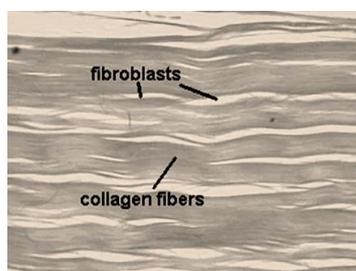


Fig.203 Fibres de collagène en LT © Université de l'Indiana

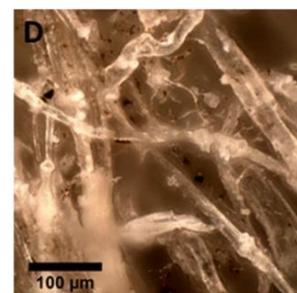


Fig.204 Fibres de collagène en LT © Latour, 2015

¹⁹⁹ Buijjs, 2016 [En ligne]

²⁰⁰ UMPC Sorbonne Universités, 2015 [En ligne]

²⁰¹ Alembik, 2010, p.48

Identification du fil 3 :

D'après les résultats de nos observations, nous pouvons supposer que le fil 3 est composé de fibres de coton, caractérisées notamment par un canal médullaire large mais aplati et des torsions à intervalles réguliers (Fig.205). Etant donnée la période de fabrication récente de la parka 5, on peut supposer l'emploi de fibres de coton produites industriellement. Celles-ci sont issues du *Gossypium* et sont majoritairement composées de cellulose (94%)²⁰². Dans notre cas, elles ont été teintées en noir.

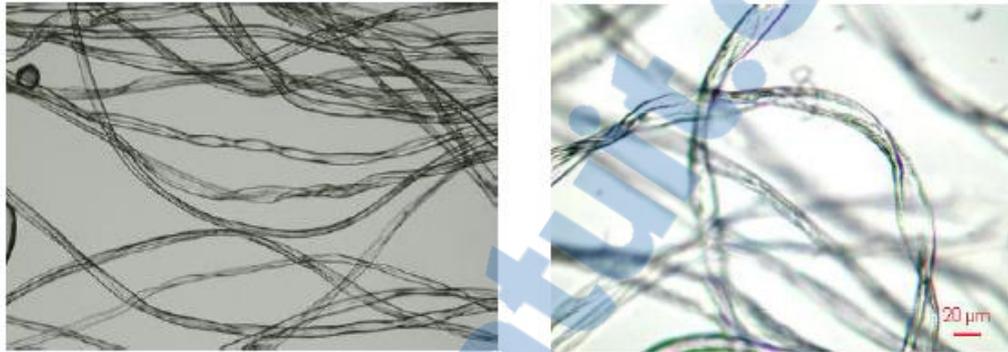


Fig.205 Vue de fibres de coton de référence (lumière normale transmise) © www.snv.jussieu.fr

Identification du fil 4 :

L'absence d'éléments distinctifs caractéristiques (tels que des torsades, un canal médullaire ou encore des écailles) ainsi que l'aspect lisse, homogène et rectiligne des fibres laisse supposer la présence de fibres synthétiques tel que le polyamide ou le polyester²⁰³(Fig.206-207).

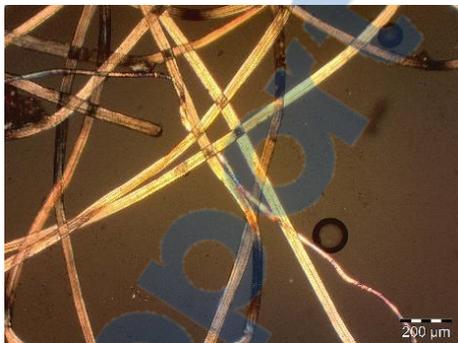


Fig.206 Fibres de polyester en lumière normale transmise

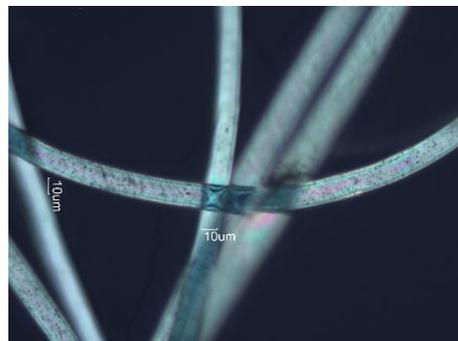


Fig.207 Fibres de polyester en lumière normale transmise © microlabgallery.com

²⁰² ICC-CCI, 2010, p.3

²⁰³ Fashion Laboratory, 2013 [En ligne]

III. Histologie du système digestif

Description et caractérisation des tuniques constitutives de la paroi du tube digestif

Le tube digestif des mammifères est composé de 5 tuniques concentriques :

La tunique muqueuse forme la couche interne de la paroi du canal gastro-intestinal et est composée d'une couche externe de fibres fusiformes dans laquelle se trouvent des glandes productrices d'enzymes* digestives et d'une couche interne d'épithélium* en contact avec le bol alimentaire.

La tunique musculaire-muqueuse, constituée d'une mince couche de tissu musculaire lisse. Elle est absente aux extrémités du tube du système digestif.

La tunique sous-muqueuse, composée d'une couche de tissu conjonctif lâche et de glandes productrices de mucus, qui est vascularisée.

La tunique musculeuse, constituée de 2 couches de cellules musculaires lisses organisées perpendiculairement l'une par rapport à l'autre (l'une circulaire et formée de fibres annulaires, l'autre longitudinale et formée de fibres juxtaposées) autorisant des mouvements de contractions dans la longueur comme transversalement

La tunique adventice ou séreuse, formant la couche la plus externe du système digestif, très fine et sécrétant du mucus²⁰⁴.

A propos de l'œsophage

L'œsophage est l'un des 2 conduits constitutifs du pharynx*, qui traverse le thorax et se situe en arrière de la trachée. Relativement court (chez l'homme, il mesure 15 cm), il se caractérise par un long conduit, élastique et flexible, formé de muscles et de nerfs imbriqués et entrecroisés, induisant une structure musculaire striée. Il présente une couche musculuse lisse beaucoup plus épaisse que dans les autres segments et qui l'anime de mouvements péristaltiques faisant progresser le bol alimentaire vers l'estomac.

A propos des intestins

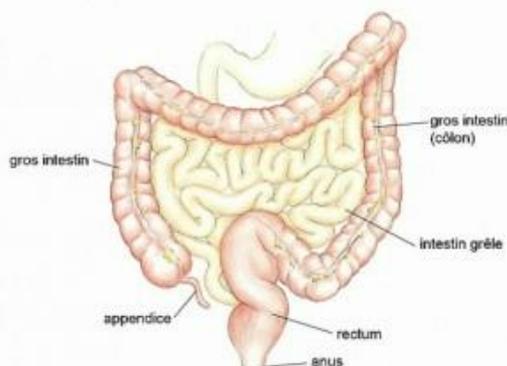


Fig.208 Système intestinal © EurekaSanté

Les intestins peuvent se décomposer en 2 parties de calibres différents, l'intestin grêle, long tube pelotonné de petit diamètre où les aliments sont absorbés et transformés chimiquement, et le gros intestin, conduit large et court, où les derniers résidus alimentaires sont transformés en matières fécales²⁰⁵ (Fig.208).

L'intestin grêle occupe une importante partie de la cavité de l'abdomen et est subdivisé en 2 segments non égaux : le duodénum, court, en forme d'anneau

²⁰⁴ Alembik, 2010, p. 43

²⁰⁵ Schäffler et Schmidt, 1998, p.252

incomplet et le jéjuno-iléon, partie principale de l'organe, formé d'anses libres non accolées. Du fait de sa longueur, celui-ci se replie sur lui-même, dessinant des circonvolutions en U. Sa structure est dominée par une muqueuse plus profonde dessinant des replis verticaux (appelées valvules conniventes) recouverte de très fines saillies coniques, les villosités. Ce système a pour but d'accroître de façon considérable la surface utilisable – celle-ci étant finalement de l'ordre de 200 mètres carrés chez l'homme. Cette muqueuse est aussi innervée par la sous-muqueuse.

Le gros intestin comprend plusieurs segments, alternativement libres et accolés. Sa structure rappelle celle de l'intestin grêle, sauf que sa muqueuse, dépourvue de valvules conniventes, est caractérisée par des bosselures recouvertes également par une couche de villosités. Il a pour fonction essentielle la résorption de l'eau et des sels minéraux. Il possède une flore microbienne extrêmement riche, avec deux variétés de germes, ceux de la fermentation des hydrates de carbone et ceux de la putréfaction.

IV. Formation du polymère de collagène

Le collagène est une macromolécule fibreuse structurale de nature glycoprotidique, se déclinant en 20 sortes distinctes selon leur structure, leur composition, leur répartition tissulaire ou encore l'espèce animale dont il provient. Le collagène de type I est le plus fréquent, se trouvant dans la plupart des tissus conjonctifs. Ceux-ci sont aussi constitués des collagènes de type V et VI, où ils sont associés au type I²⁰⁶.

Étymologiquement, ce mot dérive du terme « colle », en référence à sa transformation en colle de peau et en gélatine lorsqu'il est mélangé à l'eau et associé à la chaleur²⁰⁷.

La formation d'une chaîne polypeptidique résulte de la réaction entre la fonction acide carboxylique du premier acide aminé et la fonction amine du deuxième. La formation d'une liaison peptidique implique la perte d'une molécule d'eau, ce qui rend cette molécule sensible à l'eau et hydrolysable (Fig.209).

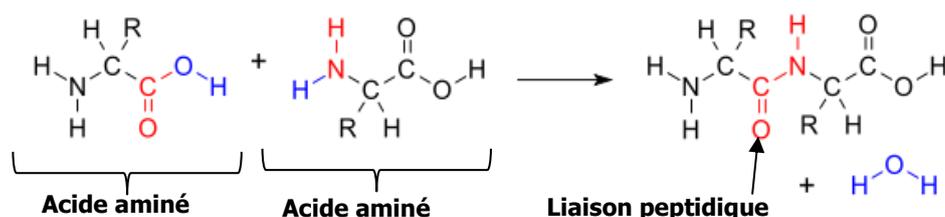
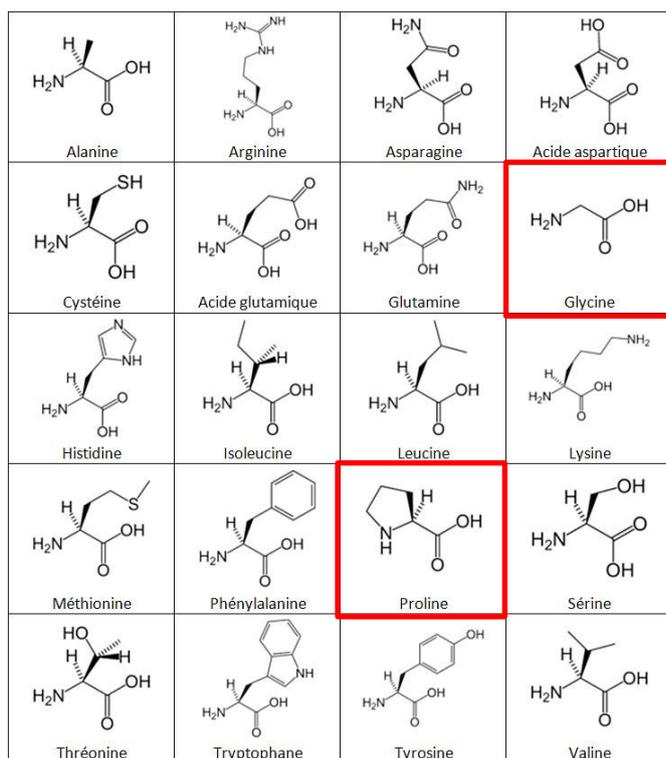


Fig.209 Formation d'une chaîne peptidique

²⁰⁶ Robert, 2017 [En ligne]



Il existe une centaine d'acides aminés, mais seuls 22 sont codés par le génome des organismes vivants. Leur ordre d'assemblage leur donne une fonction précise, c'est la **structure primaire** du collagène. Les plus fréquents sont la glycine, la proline et les deux isomères de l'hydroxyproline²⁰⁸ : l'hydroxy 3-proline et l'hydroxy 4-proline²⁰⁹ (Fig.210).

Fig.210 Molécules des 20 acides aminés majeurs des êtres vivants © Wikipédia.org

La glycine, le plus petit acide aminé, est présente à chaque troisième position d'une séquence (comme dans la séquence caractéristique du triplet : gly-pro-X), ce qui en fait le constituant majeur du collagène (env. 30%)²¹⁰. Il est, avec la proline, un acide aminé aliphatique hydrophobe.

L'hydroxyproline et la proline (constituant jusqu'à 24% au total) jouent un rôle clé pour la stabilité du collagène. Ce sont des imino-acides, qui présentent une fonction amine secondaire (-NH)²¹¹. La teneur en hydroxyproline est utilisée comme marqueur du collagène, qui est la seule protéine à en contenir en une telle quantité²¹².

Les chaînes latérales des acides aminés peuvent être non polaires et non ionisables, ne contenant qu'un atome de carbone et un atome d'hydrogène. A l'inverse, elles peuvent aussi être polaires et chimiquement actives, contenant alternativement :

De l'oxygène présent à la fin des groupes hydroxyles ou carboxyles, rendant la chaîne acide²¹³.

De l'azote, sous forme d'acide aminé ou de fonction amine, rendant la chaîne alcaline²¹⁴. Ou du soufre présent comme fonction mercaptan (R - SH). Elles peuvent être liées par une liaison covalente ou une liaison saline²¹⁵ entre un groupe acide et un groupe basique²¹⁶.

²⁰⁸ Obtenus par l'hydroxylation, c'est-à-dire la fixation des groupes hydroxyles sur une molécule organique, de la proline après la synthèse de la chaîne α sur les polysomes.

²⁰⁹ Alembik, p.49-50 ; Kite et Thomson, 2006 p.5

²¹⁰ Chahine, 2013, p.25

²¹¹ Ibid., p.22

²¹² Kite et Thomson, 2006, p.5

²¹³ Par ionisation du groupe COOH en COO⁻ + H⁺

²¹⁴ Par ionisation du groupe NH₂ + H⁺ en NH₃⁺

²¹⁵ Résultante d'un pont hydrogène et d'interactions électrostatiques.

²¹⁶ Kite et Thomson, 2006, p.7

Chaque chaîne peptidique adopte une configuration spécifique dite **structure secondaire**, le plus souvent en hélice de pas à gauche (hélice α), selon la possibilité de former des liaisons hydrogène entre les liaisons peptidiques.

Le polymère suit ensuite une configuration tridimensionnelle, formée à partir de 3 chaînes hélicoïdales α enroulées en triple hélice de pas à droite et dont chaque extrémité, les télépeptidiques, sont plus lâches. Cette **structure tertiaire** constitue le monomère de collagène, ou tropocollagène, présentant 3 groupements N-terminaux et 3 groupements C-terminaux distincts. Elle est maintenue par des liaisons hydrogène entre les groupements $-CO-$ et $-NH-$ des chaînes peptidiques. Ces liaisons sont électrostatiques, dépendantes de la distance entre les groupes réactifs qu'elles unissent et elles donnent ainsi une rigidité à l'ensemble. Le collagène de type I est formé de 2 chaînes α_1 et d'une chaîne α_2 , différenciables par leurs séquences d'acides aminés²¹⁷.

Enfin, la réticulation de plusieurs monomères de tropocollagène donne lieu à la formation de fibrilles, s'assemblant elles-mêmes en fibres²¹⁸ (Fig.211 ci-dessous). C'est la **structure quaternaire** du collagène.

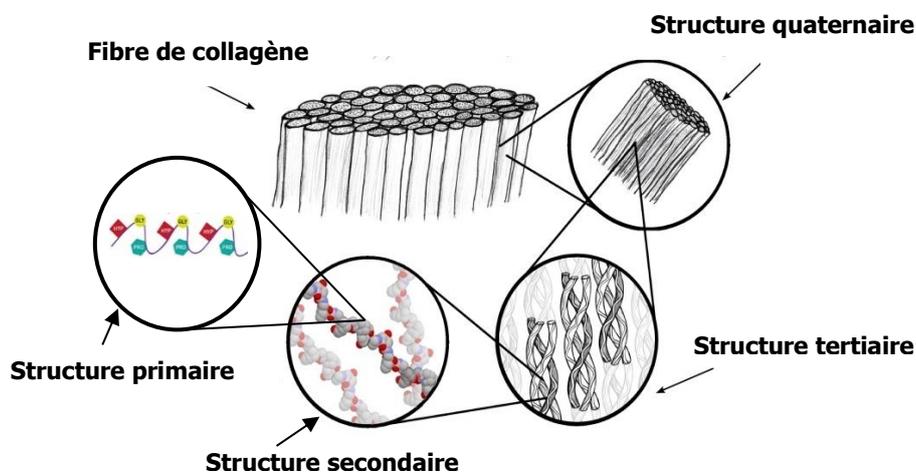


Fig.211 Principales étapes de formation d'une fibre de collagène

Les liaisons covalentes (inter et intramoléculaires) entre les monomères de collagène ont lieu au niveau des télépeptidiques, entre les fonction amines et les groupes carbonyles. Ces pontages stabilisent les molécules les unes par rapport aux autres. D'autres types de liaisons peuvent venir moduler les propriétés mécaniques de l'ensemble (interactions électrostatiques, hydrophobes et Van der Waals)²¹⁹

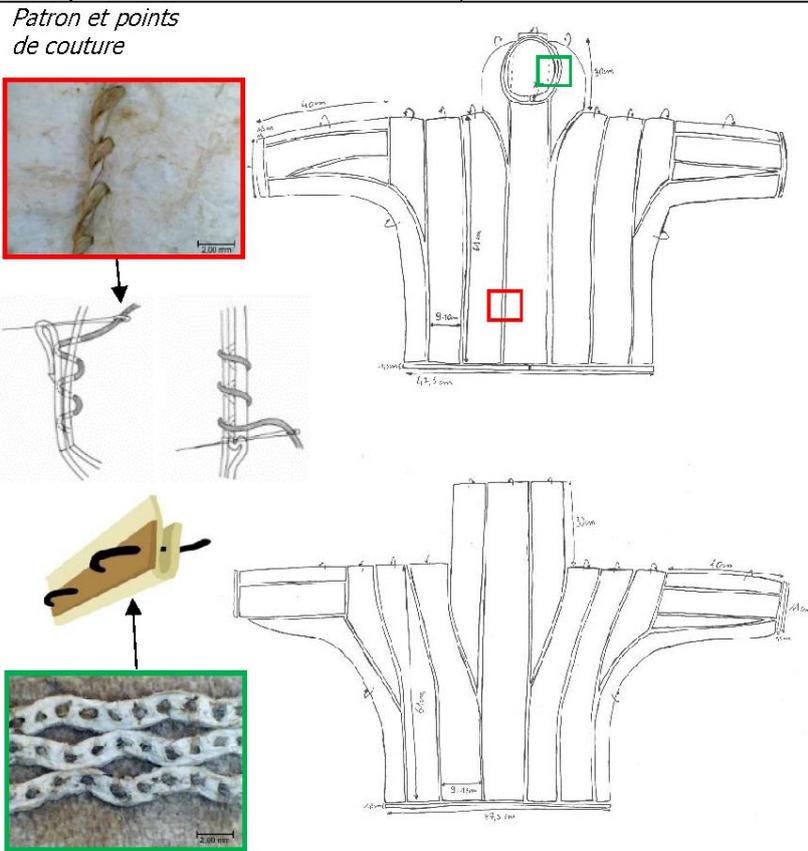
²¹⁷ Chahine, 2013, p.25-26

²¹⁸ Alembik, 2010, p.49-50

²¹⁹ Chahine, 2013, p.27

V. Fiche d'identification et de constat d'état

Ci-dessous, la fiche de constat d'état de la parka 4. Les autres fiches sont disponibles dans le dans le fichier numérique d'annexes complémentaires.

Fiche de constat d'état		
Identification de l'objet		
Parka 1900.402.001, Vue de la face avant		Parka 1900.402.001, Vue de la face arrière
		
<i>Dénomination</i> Parka	<i>Provenance</i> Groenland	<i>Numéro d'inventaire</i> 1900.402.0001
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1900	<i>Matériaux constitutifs</i> Membrane intestinale Aponévrose de muscle Rubans de cuir dépilés	<i>Technique</i> <input type="checkbox"/> Membrane d'été <input checked="" type="checkbox"/> Membrane d'hiver
<i>Mode d'acquisition</i> Mission de Von Fischer-von Plessen		
<p><i>Description de l'objet</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Vêtement d'enfant de forme fermée s'enfilant par la tête. - Bandes d'intestins verticales et larges. - Capuche et manches longues ornées de rubans de cuir dépilés cousus au point droit. - Coutures verticales sur le corps et horizontales sur les manches, selon un point d'étanchéité d'aponévrose, renforcé d'aponévrose. - Patron en forme de T droit. 	<p><i>Patron et points de couture</i></p> 	

Constat d'état	
Altérations de la membrane	
<u>Altérations de surface</u>	
 <i>Taches huileuse</i>	 <i>Taches de fer</i>
 <i>Taches d'usage oranges</i>	
<u>Altérations structurales</u>	
 <i>Raidissement et déformation de la capuche</i>	 <i>Raidissement et déformations des manches induit l'altération de la forme du patron</i>
 <i>Froissement des surfaces</i>	 <i>Déchirures n'ayant pas induit de lacunes</i>
<p style="text-align: right;"><u>Causes probables</u> Façonnage Usage Conditions de stockage inadaptées</p> <p style="text-align: right;"><u>Conséquences à long terme</u> Altération des qualités esthétiques Hygroscopicité accrue Risque d'hydrolyse acide Réticulation et dénaturation des taches de fer</p>	
<p style="text-align: right;"><u>Causes probables</u> Façonnage Usage Absence de soutien mécanique</p> <p style="text-align: right;"><u>Conséquences à long terme</u> Risque de dégradations mécaniques dû à des contraintes différentielles et la réticulation des fibres Altération de la forme du patron</p>	

<p><u>Altérations des propriétés optiques</u></p>	
 <p><i>Opacification généralisée</i></p>	 <p><i>Jaunissement : localisé</i></p>
<p><u>Causes probables</u> Auto-oxydation et photo-oxydation des acides gras Hydrolyse acide du collagène</p> <p><u>Conséquences à long terme</u> Réticulation et dénaturation du collagène Jaunissement et brunissement Perte de cohésion mécanique</p>	
<p><u>Traces d'ancienne infestation biologique</u></p>	
 <p><i>Trous épars (env. 0,3 cm à 2 cm de diamètre) et lacunes</i></p>	 <p><i>Présence d'exuvies (anthrènes ?)</i></p>
<p><u>Causes probables</u> Infestation durant le stockage au MHB</p> <p><u>Conséquences à long terme</u> Affaiblissement mécanique des membranes Dégradations physico-chimiques dues à l'utilisation de pesticides</p>	
<p><u>Réparations/restaurations anciennes</u></p>	
 <p><i>Élément de préhension cousue à l'arrière de la capuche</i></p>	 <p><i>Couture en point de surfil et au fil de coton blanc.</i></p>
<p><u>Causes probables</u> Interventions durant le stockage au MHB Consolidation de déchirures d'usage</p> <p><u>Conséquences à long terme</u> Tensions et contraintes exercées sur les membranes aboutissant à des déchirures et lacunes</p>	
<p><u>Altérations des coutures</u></p>	
	<p><i>Ruptures et effilochage</i></p> <p><u>Causes probables</u> Usage</p> <p><u>Conséquences à long terme</u> Risque de déchirures lors la manipulation Altération de la forme du patron</p>

Altérations des ornements

Orifices circulaires sur la bande de cuir inférieure



Causes probables

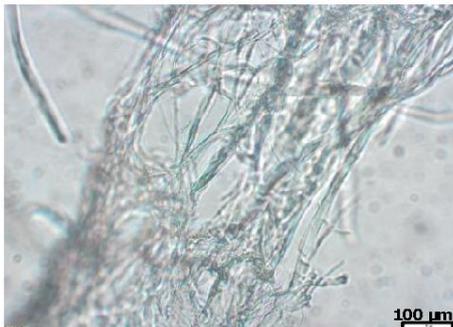
Conditions de stockage inadaptées

Conséquences à long terme

Risque d'hydrolyse acide
 Réticulation et dénaturation des taches de fer

Altérations des fibres de collagène

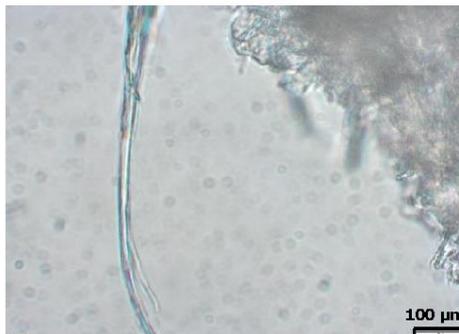
Homogène



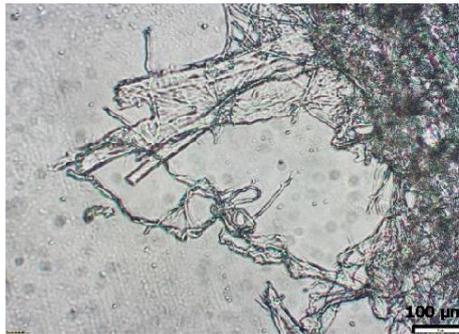
Applani et rang de perles



Structure fibrillaire intacte



Effiloché



Bilan des observations

- Etat de conservation : instable
- Manipulable : oui
- Exposable : non

Etat général : passable

- Perte de la plasticité et de la résistance mécanique
- Perte partielle de la forme
- Altération partielle des propriétés optiques d'origine

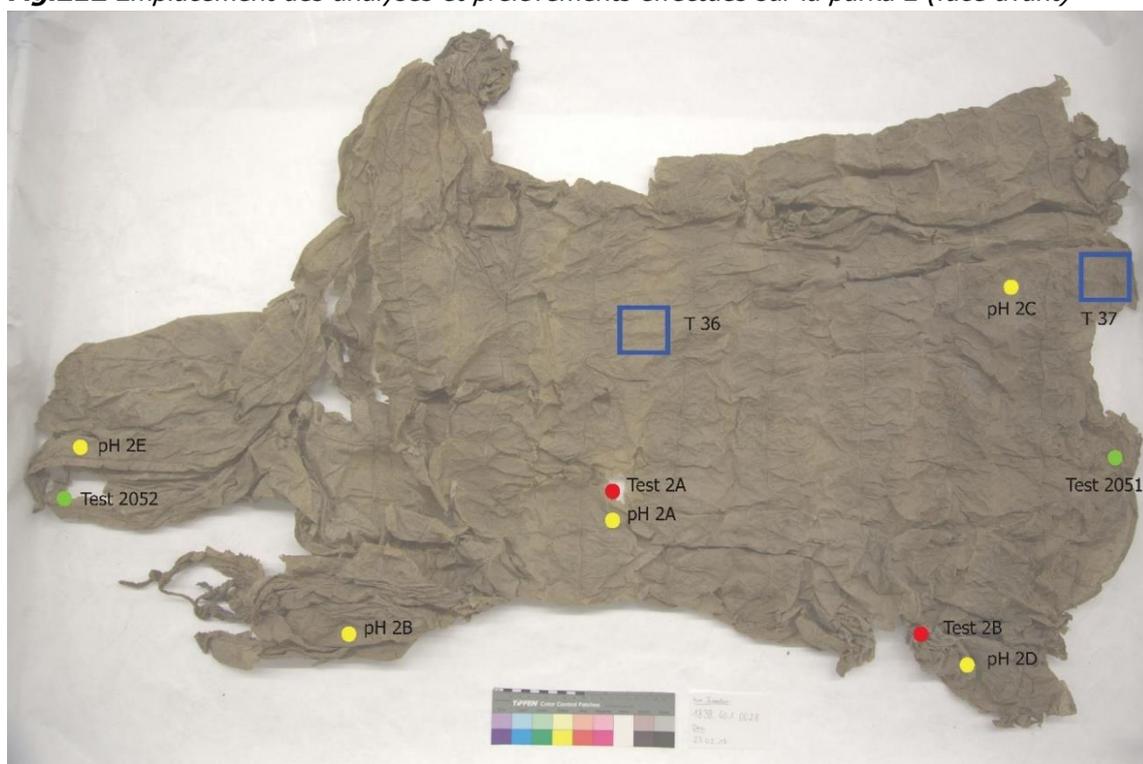
VI. Présentation des analyses instrumentales et des résultats obtenus

L'une des problématiques de ce travail est centrée sur l'étude des processus de dégradation des parkas – plus particulièrement le brunissement et le raidissement. Pour se faire, nous avons souhaité étudier l'impact du processus de façonnage par la détection de résidus et la détermination de certains dépôts exogènes (taches, cristallisations), mettre en évidence la présence de pesticides organiques et inorganiques, étudier les processus de dégradation spécifiques à cette collection.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons réalisé des analyses par spectrométrie de fluorescence X, par spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier, par passive sampler améliorée (comprenant de la chromatographie gazeuse couplée à une spectrométrie de masse), de Micro Hot Table et de pH. La réalisation d'observation au microscope électronique à balayage nous a aussi permis d'obtenir des informations sur les matériaux constitutifs du corpus.

a. Emplacement des analyses effectuées sur les objets du corpus

Fig.212 Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 2 (face avant)



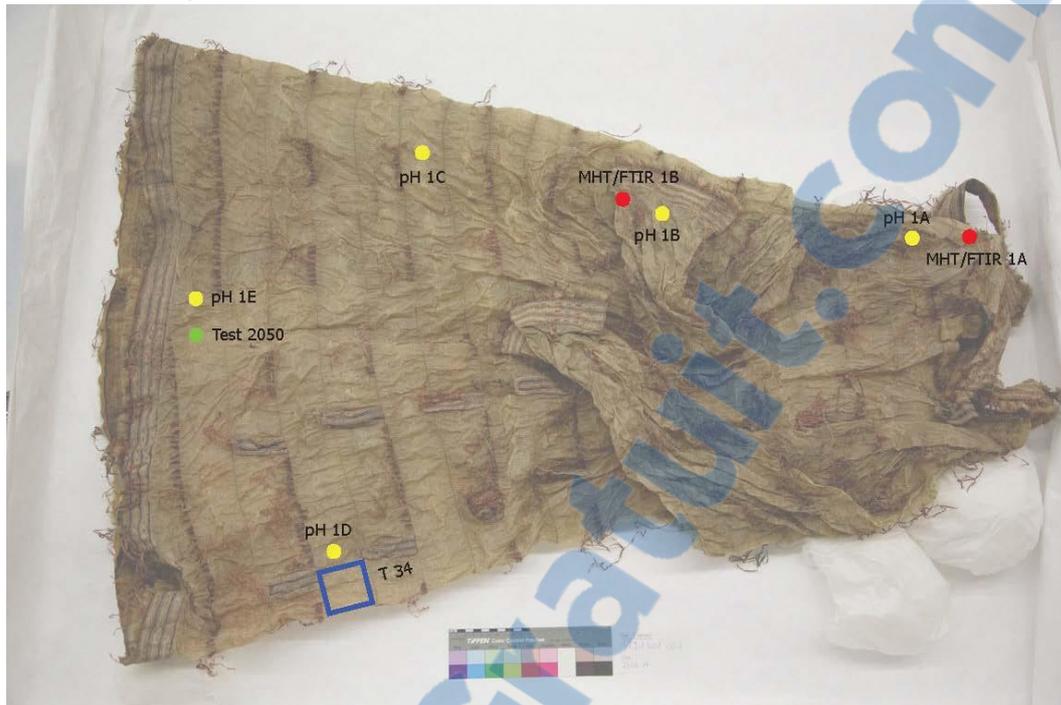
Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier

Fig.213 Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 1 (face avant en haut, face arrière en bas)



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X
- pH

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier



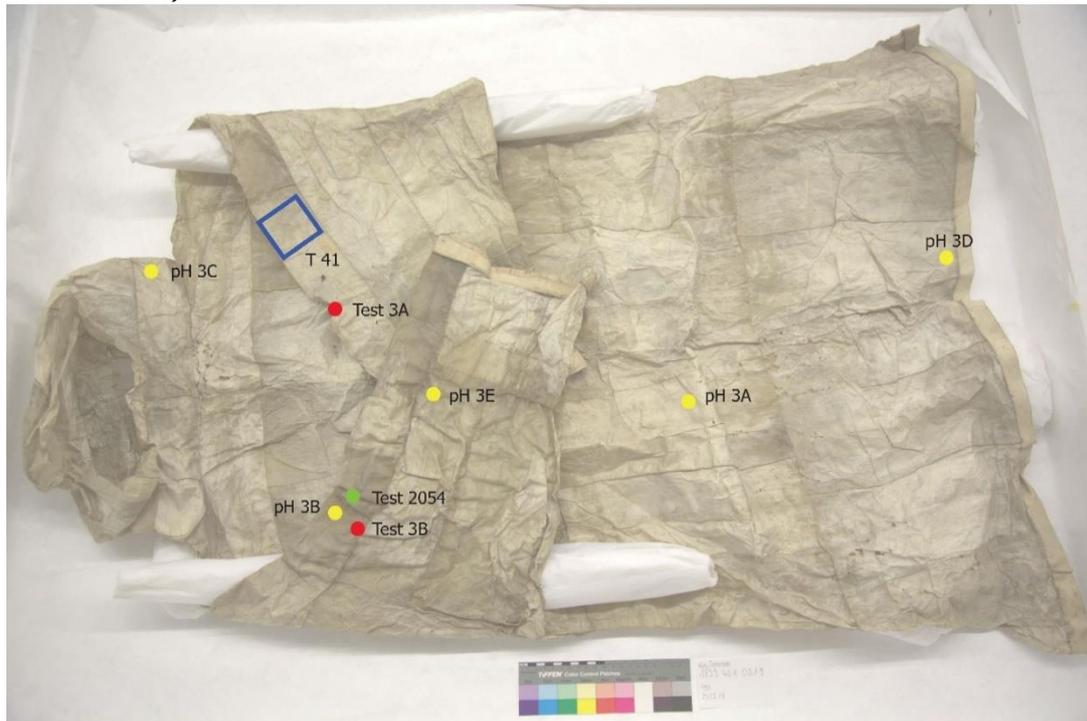
Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier

Fig.214 Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 3 (face avant en haut, face arrière en bas)



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X
- pH

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier

Fig.215 Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 4 (face avant en haut, face arrière en bas)



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X
- pH

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier

Fig.216 Emplacement des analyses et prélèvements effectués sur la parka 5 (face avant en haut, face arrière en bas)



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X
- pH

Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier



Emplacements des analyses non invasives

- Passive sampler améliorée
- Spectrométrie de fluorescence X

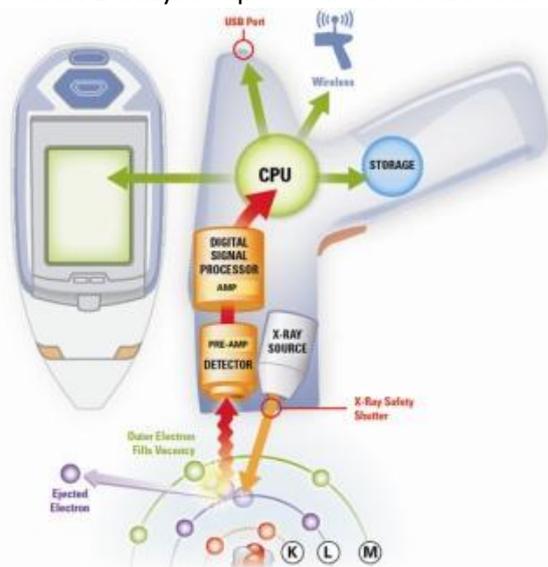
Emplacements des prélèvements

- Micro Hot Table
- Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier

b. Analyses par spectrométrie de Fluorescence X portable (FRX)

Principe

Le spectromètre est composé d'une source de rayonnements X qui excitent les électrons de la matière à analyser, d'un détecteur qui mesure le rayonnement émis et de deux analyseurs qui divisent la lumière en raies. L'analyse repose sur la mesure des radiations X secondaires émises par fluorescence des



éléments constitutifs du matériau, à la suite de l'excitation provoquée par la source de rayons X de l'appareil. La radiation incidente pénètre dans l'objet à une profondeur variable, selon le type de matériau et l'énergie du rayonnement. La réémission est captée par le détecteur puis analysée sous forme de spectres d'émissions. Les différentes raies correspondantes à ces émissions se présentent sous la forme de pics caractéristiques de chaque élément sur un graphique²²⁰.

Fig.217 Fonctionnement de l'analyseur Thermo Scientific® Niton™ XL3t ©Thermo Fisher Scientific Inc

Equipement

- Appareil de Fluorescence X portable EDXRF Thermo Fisher® Niton™ XL3t
- Ordinateur portable équipé du logiciel Niton™ Data Transfer
- *Tin check*
- Fixation sur bras articulé avec commande à distance
- Equipement de protection individuelle

Conditions opératoires

Un test préliminaire a été réalisé le 31.03.2017 par M. Tobias Schenkel à la Haute école Arc de Neuchâtel, sur un fragment trouvé dans le fond de la boîte de stockage de la parka 2. Le prélèvement a été analysé dans la chambre de l'appareil, en mode *Mining* Cu/Zn et à une puissance de 50 KeV, pendant 4 minutes (Main : 60/Low : 30/High: 60/Light: 60). La limite de détection de l'appareil est le magnésium (Mg 12). Le but de ce test était de constater la faisabilité d'une analyse FRX sur ce type de matériau, d'avoir une indication des éléments présents et d'établir des paramètres d'investigation adaptés en vue d'analyses in situ ultérieures.

Une seconde campagne de tests a été réalisée les 02 et 05.05.2017 par M. Tobias Schenkel et M. Christian Degryny, dans les réserves du musée d'histoire de Berne et à la Haute école Arc de Neuchâtel.

²²⁰ La micro-fluorescence X, 2014 [En ligne]

Les mesures ont été faites en mode *Mining Cu/Zn* pendant 3 minutes (Main : 30/Low : 30/High: 60/Light: 60) dans les locaux de la Haute école Arc et en mode *Mining Cu/Zn* pendant 2 minutes (Main : 30/Low : 30/High: 30/Light: 30) dans les réserve du MHB.

Chaque point de mesure a d'abord été analysé 3 fois et à l'aide d'un bras articulé permettant d'installer l'analyseur à la hauteur et inclinaison souhaitées. A la suite de cela, ayant constaté la reproductibilité des résultats obtenus, chaque point de mesure n'a été analysé qu'une seule fois in-situ en utilisant l'analyseur porté à la main. Lors de ces analyses, nous avons utilisé un *Tin check* pour obtenir un bruit de fond caractéristique et faciliter l'interprétation des spectres obtenus.

Les résultats d'analyse ont été traités avec le logiciel Niton™ Data Transfer.



Fig.218 Dispositif d'analyse FRX portable avec bras articulé (à gauche) et utilisation de l'analyseur FRX in-situ (à droite)

Protocole pour l'analyse FRX portable

- Sortir l'analyseur de la mallette de rangement et installer le bras articulé.
- Sélectionner le programme et le temps d'analyse préalablement définis lors de la phase de test.
- Placer l'analyseur sur la zone à mesurer. Au besoin, placer le *Tin check* sous la surface à analyser.
- Lancer la mesure à distance sur l'ordinateur.
- Obtenir les spectres d'émission produits pour l'interprétation des résultats.

Résultats

- Résultats du test préliminaire effectué sur le prélèvement de la parka 2

	Cl	S	Ca	K	Si	Al	P	Fe
Test préliminaire	67	13	8	5	2	< 1	0,1	0,9

Tableau 18 Pourcentage d'éléments détectés sur la surface analysée. Mode *Mining Cu/Zn* (Main : 60/Low : 30/High: 60/Light: 60)

• Résultats des analyses effectuées sur la parka 4

	Cl	S	Ca	P	K	Fe	Zn	Cu	Si	W	Bal
Test 1											
1a	20	14,9	3,8	1,7	1,7	0,1	0,02	0,02	n.d.	n.d.	57,7
1b	20,2	15,1	3,9	1,8	1,7	0,1	0,02	0,02	n.d.	n.d.	57
1c	20,4	15,3	4	1,8	1,7	0,1	0,02	0,02	n.d.	n.d.	56,6
Moy1	20,2	15,1	3,9	1,8	1,7	0,1	0,02	0,02	n.d.	n.d.	57,1
Test 2											
2a	9,8	16,2	4,8	1,9	1,5	0,08	0,02	0,02	0,2	0,03	65,4
2b	10	16,4	4,9	2	1,5	0,09	0,02	0,02	0,3	n.d.	64,7
2c	10	16,5	4,9	2	1,6	0,09	0,01	0,02	0,2	n.d.	64,6
Moy2	9,9	16,4	4,9	2	1,5	0,09	0,02	0,02	0,2	n.d.	64,9
Test 3											
3a	12,9	19,6	5,5	6,3	1,4	0,08	0,02	0,02	n.d.	n.d.	54
3b	13,2	19,7	5,6	6,7	1,5	0,08	0,02	0,02	n.d.	0,04	53,1
3c	13,4	20,1	5,8	6,8	1,5	0,09	0,02	0,02	n.d.	0,04	52,2
Moy3	13,2	19,8	5,6	6,6	1,5	0,08	0,02	0,02	n.d.	0,04	53,1
Tache d'huile											
H1	16,1	12,2	4,1	1,1	1,7	0,1	0,01	0,03	n.d.	n.d.	64,6
H2	16,2	12,3	4,2	1,2	1,7	0,09	0,01	0,03	n.d.	n.d.	64,3
H3	16,2	12,3	4,2	1,2	1,7	0,08	0,01	0,02	n.d.	n.d.	64,1
MoyH	16,2	12,3	4,2	1,2	1,7	0,09	0,01	0,03	n.d.	n.d.	64,3
Cuir											
C1	3,8	6,9	0,5	0,9	0,9	0,04	0,01	0,01	0,7	0,02	86,3
Usage											
Us1	11,2	18,7	4,9	1,7	1,6	0,1	0,02	0,02	0,3	n.d.	61,4
Us2	11,2	18,7	5	1,7	1,6	0,1	0,02	0,03	n.d.	n.d.	61,4
Us3	11,2	18,6	5,1	1,7	1,6	0,1	0,02	0,02	n.d.	n.d.	61,4
MoyUs	11,2	18,7	5	1,7	1,6	0,1	0,02	0,02	n.d.	n.d.	61,4

Tableau 19 Abondance relative des éléments détectés. Mode Mining Cu/Zn pendant 3 minutes (Main : 30/Low : 30/High: 60/Light: 60)

• Résultats des analyses réalisées in situ

L'analyse n'ayant pas été effectuée dans les mêmes conditions que celles de la parka 4, les résultats sont indiqués à titre informatif. Nous avons choisi d'exploiter la liste des éléments chimiques mis en évidence et leur rapport relatif, sans tenir compte de leur abondance.

Objet/ Test	Sn	Cl	Si	S	Ca	Ag	K	P	Al	Cd	Pb	Fe	Cu	Zn	Ti	Bal
Parka 1/2050	50,1	0,01	2,4	1,9	1,6	1	0,1	0,2	0,9	0,2	0,08	0,3	0,3	0,01	0,08	40,8
Parka 2 / 2051	35,3	7,5	1,7	7,9	3,4	0,8	0,7	0,7	0,8	0,1	0,07	0,3	0,2	n.d.	0,05	40,5
Parka 2 /2052	39,3	6,5	0,5	1,5	0,7	0,9	0,2	0,1	n.d.	0,1	0,06	13,3	0,2	n.d.	0,04	36,4
Parka 3 /2053	17,1	1,7	0,7	3,6	0,5	0,4	0,4	0,9	n.d.	0,06	0,03	0,06	0,1	0,01	0,01	74,3
Parka 3 /2054	19,5	1,2	0,9	3,8	0,9	0,4	0,3	0,9	n.d.	0,07	0,04	0,07	1,3	n.d.	0,02	71,9
Parka 5 /2055	34,9	0,5	n.d.	2,3	0,4	0,7	0,06	0,5	n.d.	0,1	0,05	n.d.	0,2	0,02	0,03	60,2
Parka 5 / 2056	18,7	0,3	n.d.	2,3	0,2	0,4	0,05	0,5	n.d.	0,07	0,03	n.d.	0,1	0,02	0,01	77,2

Tableau 20 Abondance relative des éléments détectés.. Mode Mining Cu/Zn pendant 2 minutes (Main : 30/Low : 30/High: 30/Light: 30). Les colonnes grises indiquent les éléments constitutifs du Tin check

- *Bilan des éléments mis en évidence lors des 3 phases d'analyses*

Objet/Emplacement de l'analyse		Eléments
Parka 1		
<i>Test 2050</i>	Partie inférieure, face avant	Cl ; S ; Ca ; Si ; K ; Al ; Fe ; Cu ; Zn
Parka 2		
<i>Test préliminaire</i>	Zone indéterminée	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Al ; Fe
<i>Test 2051</i>	Partie inférieure médiane, face avant	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Al ; Fe ; Cu
<i>Test 2052</i>	Partie supérieure capuche (tache brun rouge)	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu
Parka 3		
<i>2053</i>	Partie inférieure dextre, face arrière	Cl ; S ; Ca ; S ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
<i>2054</i>	Partie supérieure, manche dextre	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu
Parka 4		
<i>Test 1</i>	Buste, zone médiane centrale, face avant	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
<i>Test 2</i>	Capuche, face avant, senestre	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
<i>Test 3</i>	Epaule senestre, face arrière	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
<i>Usage</i>	Poignet senestre, face avant	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
<i>Tache d'huile</i>	Epaule dextre, face arrière	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
<i>Cuir</i>	Ruban inférieur, face arrière, dextre	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Si ; Fe ; Cu ; Zn
Parka 5		
<i>2055</i>	Partie inférieure senestre, face avant	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Cu ; Zn
<i>2056</i>	Partie inférieure, manche dextre, face arrière	Cl ; S ; Ca ; P ; K ; Cu ; Zn

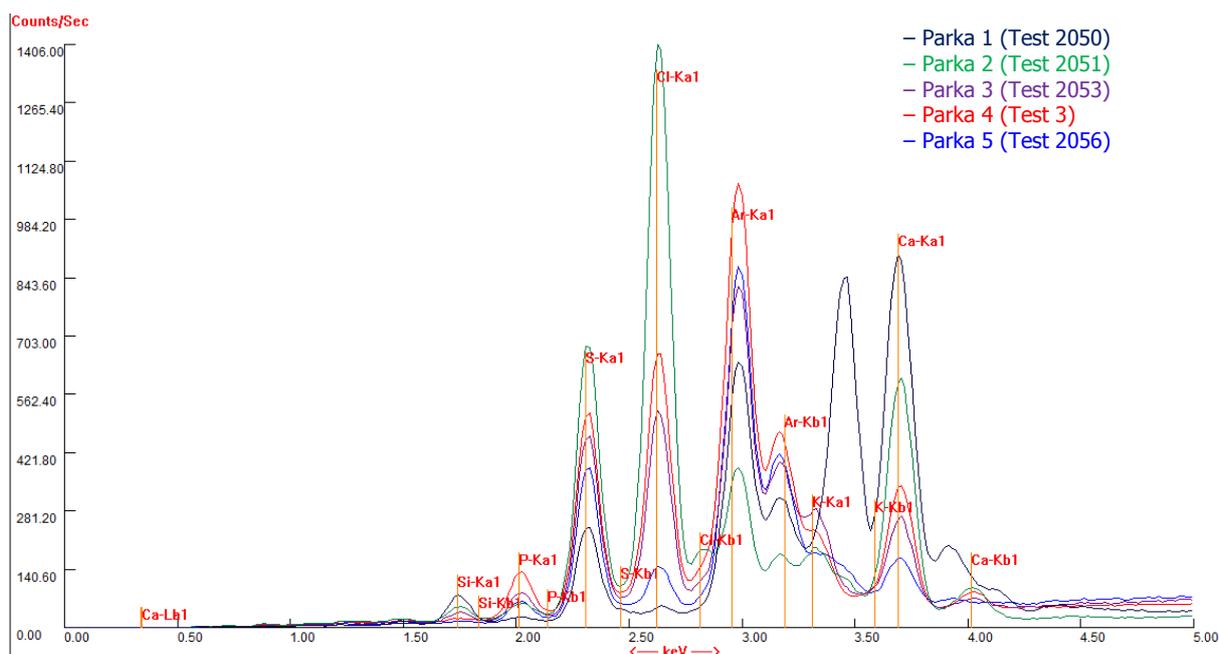
Tableau 21 En rouge, sont indiqués les éléments dont l'abondance est notable ou le rapport diffère de celui d'éléments semblables mis en évidence lors des autres tests

- *Commentaires des résultats obtenus*

Afin de simplifier l'interprétation, nous avons soustrait du bilan de détection les éléments constitutifs du *Tin check* et qui ne sont pas apparus lors de l'analyse de la parka 4, où il n'a pas été utilisé (Sn ; Ag ; Pb ; Cd ; Ti). L'argon (Ar), élément présent dans l'atmosphère et qui est visible sur les spectres, a aussi été directement soustrait.

Les résultats obtenus dans les 3 phases d'analyses (préliminaire, spécifique à la parka 4 et in situ) sont similaires, mettant en évidence les mêmes éléments en des proportions globalement constantes en fonction du mode d'analyse.

Le chlore (Cl) et le soufre (S) sont les éléments dont la proportion est majoritairement la plus élevée, généralement suivi du calcium (Ca) (Graphique 13). Ces 3 éléments ont été détectés sur toutes les zones analysées. De manière générale, la proportion de S est plus élevée que celle de Cl – sauf sur la tache de fer de la parka 2 ainsi que sur le buste et au niveau de la tache huileuse de la parka 4.



Graphique 13 Superposition des spectres de FRX des parkas 1 à 5 (Light energy), mettant en évidence les éléments chimiques principaux (Cl, Ca, S, K, P, Si)

Les parkas 2 (partie inférieure), 3 (partie inférieure) et 4 (notamment sur le buste et au niveau de la tache huileuse) montrent les proportions de Cl les plus élevées tandis qu'elles sont mineures sur les parkas 1 et 5 ainsi que sur le ruban de cuir de la parka 4. La proportion en S est 5 fois plus importante dans la partie inférieure de la parka 2 que sur la capuche. De même, elle est 2 à 3 fois supérieure sur la membrane de la parka 4 que sur son ruban de cuir. Globalement, la proportion en Ca est peu élevée sur les parka 3, 4 et 5. Elle est plus importante sur les parka 1 et 2, sauf au niveau de la tache brun-rouge de la parka 2 où elle est 5 fois moins élevée.

Du potassium (K) et du phosphore (P) ont aussi été mis en évidence, en proportions relativement faibles et semblables, sur toutes les zones analysées – hormis, pour ce-dernier, au niveau de l'épaule senestre de la parka 4 où sa proportion est 4 fois plus élevée que sur le reste de l'objet.

Enfin, du silicium (Si), du fer (Fe), du cuivre (Cu) et du zinc (Zn) ont été détectés en faible quantité (> 0,4 %) et sous forme de pics de faible intensité sur la plupart des zones analysées. Le Si n'a toutefois pas été détecté sur l'épaule et le poignet senestre (face arrière) de la parka 4 ainsi que sur la parka 5. De même, la parka 2 et la partie supérieure de la manche droite de la parka 3 n'ont pas présenté de zinc. Enfin, la proportion de fer est 44 fois plus élevée au niveau la tache brun-rouge sur la capuche de la parka 2 tandis que la concentration en Cu est 13 fois plus grande sur la manche droite de la parka 3 que sur l'autre zone analysée.

c. Analyses par la méthode de passive sampler améliorée

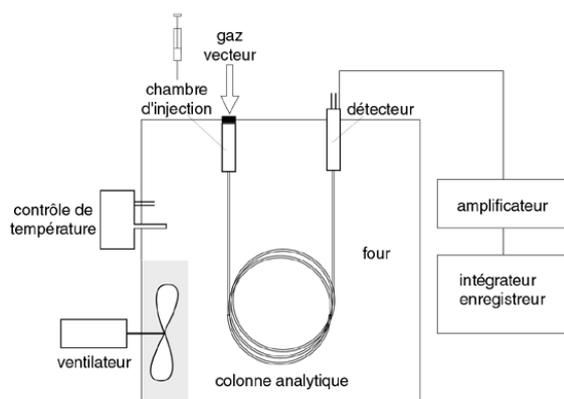
Principe

Développée par le Prof. Dr. Ingo Mayer (*Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau*), la méthode d'analyse par *passive sampler* repose sur l'absorption passive sur barreau magnétique de composés organiques volatils ou semi-volatils dégagés par un objet. Ceux-ci sont ensuite extraits par désorption thermique et analysés par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS). Les *passive sampler* (GERSTEL Twister®) sont composés d'un barreau magnétique enrobé d'un revêtement de polydiméthylsiloxane²²¹ (PDMS) qui sert de résine absorbante (Fig.219). L'extraction par sorption sur barreau magnétique (*Stir Bar Sorptive Extraction, SBSE*) permet d'extraire des quantités extrêmement petites de composés sans utiliser de solvants (microextraction sur phase solide).



Fig.219 Barreau pour SBSE : 1) Recouvrement de PDMS 2) Barreau magnétique 3) Verre enrobant le barreau © Wikipedia.org

La désorption thermique consiste à vaporiser les composés par chauffage (entre 150 et 300 °C) pendant 15 minutes, puis à les refroidir à des températures négatives (jusqu'à -30°C) avant l'entrée dans le GC. Cette technique se limite aux composés volatils et thermiquement stables.



La chromatographie en phase gazeuse permet de séparer des composés organiques volatils et semi volatils d'un mélange complexe. Selon leur polarité avec la phase stationnaire, ils se fractionnent selon un procédé de rétention chromatographique le long d'une colonne de séparation, où ils sont entraînés par un gaz vecteur inerte²²² (Fig.220).

Fig.220 Principe de fonctionnement d'un appareil de GC-MS © Dr Armelle Vallat, 2015

La spectrométrie de masse permet la mesure de la masse moléculaire du composé analysé et des données sur la structure de la molécule grâce à sa fragmentation. Pour cela, les molécules sont ionisées puis caractérisés par leur rapport masse/charge²²³.

Dans le cadre de ce travail nous avons utilisé une méthode d'extraction « active », reposant sur l'emploi d'un extracteur roulé sur la surface de l'objet grâce à un manche spécialement conçu pour ce type de prélèvement (Fig.221).

²²¹ Polymère organominéral de la famille des siloxanes.

²²² Palmer, 2001, p.35

²²³ C2rmf, 2015 [En ligne]



Fig.221 Vue du matériel de prélèvement et de l'utilisation de l'extracteur lors du prélèvement

Cette analyse est non invasive, réalisable in-situ et est facile à mettre en œuvre. Les résultats obtenus sont qualitatifs et semi-quantitatifs²²⁴. Elle est particulièrement adaptée pour la détermination des pesticides organiques, notamment des composés organochlorés²²⁵.

Equipement

- Extracteur par sorption sur barreau magnétique (*Gerstel® Twister*) et manche de préhension
- Matériel de prélèvement : cadre de délimitation, vials en verre, gants, masque et blouse
- Système de désorption thermique TDS4 (*Gerstel®*)
- Système de cryopiégeage KAS4 (*Gerstel®*)
- Chromatographe GC *Agilent 7890B* (sans diviseur) couplé à un spectromètre de masse MSD *Agilent 5977B* (*Agilent Technologies®*)

Conditions opératoires

Les prélèvements ont été réalisés le 03.04.2017, dans les réserves du MHB en collaboration avec Mme Christina Hinterleitner (chargée de recherche et développement au sein du laboratoire scientifique de la *Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau*).

Les composés des échantillons analysés ont été séparés sur une colonne DB-5 MS (95% diméthylpolysiloxane- 5% phenyl-arylene, *Agilent Technologies®*) de dimensions 60 m x 0.25 mm, 0.25 µm. Le programme de GC choisi était de 40°C pendant 2 minutes puis une rampe de 25°C/min jusqu'à 280°C pendant 18 minutes. Le gaz vecteur utilisé pour l'analyse a été l'hélium (avec un débit de 1 mL/min). Les molécules isolées ont ensuite été ionisées par impact électronique en mode positif et elles ont été détectées en mode Full Scan de rapport masse/charge 60 à 300 uma. Des références standards *Sigma Aldrich®* ont été utilisées pour l'étalonnage multipoint du système :

- Pentachlorophenol (CAS-Nr.87-86-5)
- gamma-Lindan (CAS-Nr. 58-89-9)
- p,p'-DDT (CAS-Nr. 50-29-3)
- cis-Permethrin (CAS-Nr. 61949-76-6)
- trans-Permethrin (CAS-Nr. 61949-77-7)

²²⁴ Wörle et al., 2012 p.212

²²⁵ Mayer, 2014, [En ligne]

La limite de quantification de la GC est de 2 ng.

Protocole d'extraction par sorption active et d'analyse des prélèvements

- Sortir l'extracteur de son vial et l'installer sur le manche de préhension
- Choisir une zone représentative et la plus plane possible afin de favoriser un bon contact entre l'extracteur et la surface à analyser.
- Placer le cadre de délimitation de la zone de prélèvement et la documenter. Nous avons choisi d'utiliser un cadre de 25cm² pour chaque prélèvement, ce qui nous permet de comparer les résultats obtenus pour un même objet mais aussi entre les différents objets du corpus.
- Rouler l'extracteur sur la surface selon le sens désiré. Celui-ci doit être le même pour tous les prélèvements si l'on souhaite comparer les résultats entre eux.
- Replacer l'extracteur dans son vial.
- Changer de gants entre chaque mesure et nettoyer l'extrémité du manche à l'éthanol pour éviter les contaminations.
- Procéder à la préparation des prélèvements (désorption thermique, cryopiégeage).
- Placer les échantillons préparés dans la machine.
- Sélectionner le programme d'analyse souhaité.
- Procéder à l'analyse des prélèvements (GC-MS).
- Procéder à la récolte des données obtenues et comparer ces résultats avec des spectres de masse de référence de composés connus et des temps de rétention de standards connus.

Résultats

- Bilan des analyses GC-MS

Objet/Emplacement		Composés mis en évidence	Quantification (en ng)
Parka 1			
T34	Partie inférieure, senestre, face avant	p,p'-DDE	> 2 ng ²²⁶
		o,p'-DDT	> 2 ng
		p,p'-DDT	10 ng
		Cis-Permethrin	6 ng
		Trans-Permethrin	10 ng
		Dichlorobenzène	> 2 ng
		Naphtalène	> 2 ng
T35	Epaule, dextre, face arrière	p,p'-DDT	2 ng
		Dichlorobenzène	> 2 ng
Parka2			
T36	Zone centrale médiane du corps, face avant	p,p'-DDE	> 2 ng
		p,p'-DDT	> 2 ng
		Dichlorobenzène	> 2 ng
T37	Partie inférieure médiane, face avant (efflorescence)	Dichlorobenzène	> 2 ng
Parka 3			
T41	Partie supérieure, manche senestre.	Dichlorobenzène	> 2 ng
T42	Partie inférieure dextre, face arrière.	Cis-Permethrin	2 ng
		Trans-Permethrin	5 ng
		Dichlorobenzène	> 2 ng
Parka 4			
T32	Zone médiane centrale, face avant	Dichlorobenzène	> 2 ng
T33	Partie inférieure médiane, face arrière.	Dichlorobenzène	> 2 ng
Parka 5			
T38	Partie inférieure senestre, face avant.	Cis-Permethrin	7 ng
		Trans-Permethrin	25 ng
		Dichlorobenzène	> 2 ng
T40	Partie inférieure, manche senestre, face arrière.	Dichlorobenzène	> 2 ng

Tableau 22 Composés organochlorés mis en évidence sur chaque zone prélevée

- Commentaires des résultats obtenus

Ces analyses ont mis en évidence la présence de 4 types de pesticides de la famille des organochlorés : le Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT) (p,p'-DDE ; o,p'-DDT ; p,p'-DDT²²⁷), la Perméthrine (cis et trans), le Dichlorobenzène et le Naphtalène.

²²⁶ Valeur limite du seuil de quantification de l'appareil de GC-MS.

²²⁷ Il s'agit de métabolites du DDT, c'est-à-dire des produits de dégradation de cette molécule. Ils peuvent soit être issus d'un processus de métabolisation soit d'un processus de dégradation physique (sous l'effet de la lumière, de l'eau ou de la chaleur).

Le DDT (et ses métabolites) est présent sur les parkas 1 (env. 12 ng) et 2 (> 2 ng). La Permethrine a été mise en évidence sur la face avant de la parka 1 (16 ng), la face arrière de la parka 3 (7 ng) et la face avant de la parka 5 (32 ng). Le Dichlorobenzène est présent, à l'état de trace, sur tous les objets (faces avant et arrière). Enfin, le Naphtalène n'a été mise en évidence, à l'état de trace, que sur la parka 1.

La parka 1 est ainsi l'objet qui présente le plus de composés différents – les 4 pesticides ont été détectés – et notamment le plus de DDT résiduel. Elle est aussi l'une des parkas les plus dégradées du corpus. La parka 5 présente la quantité la plus élevée de biocides résiduels du corpus. A l'inverse, la parka 4 est l'objet le moins contaminé et ne présente que des traces de Dichlorobenzène.

d. Analyses par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (IRTF) en réflectance totale atténuée (RTA)

Principe

L'analyse par IRTF est utilisée pour obtenir le spectre d'absorption dans l'infrarouge (IR, entre 4000 cm^{-1} et 650 cm^{-1}) d'un échantillon solide, liquide ou gazeux. Certains rayonnements IR, en étant absorbés par les molécules, provoquent des modifications de leur état énergétique vibrationnel (γ : élongation, δ : flexion, d : déformation). Ces radiations, dont l'énergie a été convertie en énergie rovibrationnelle, sont traduites sous forme de bandes (ou pics) d'absorption.

Le principe de la spectroscopie IR repose sur la mesure de la quantité de lumière IR absorbée par un échantillon, en fonction de la longueur d'onde. La technique de la IRTF nécessite de passer par une conversion mathématique, la transformation de Fourier, qui converti les données brutes en en spectre de fréquences. Ces spectres doivent être comparés avec des bandes de vibrations caractéristiques, disponibles dans des bases de données, afin d'identifier les espèces mises en évidence dans le prélèvement.

L'analyse IRTF-RTA permet d'estimer l'état de dégradation des membranes par l'étude de l'intensité et de la position des bandes d'absorption des Amides A, B, I, II et III, constitutives du collagène. La quantité de prélèvement nécessaire est de moins de 1 mg. Cette méthode est souvent associée à la Micro Hot Table²²⁸.

Pour ce faire, nous avons analysé un prélèvement issu d'une zone visuellement peu dégradée (notée A) et un autre issu d'une zone semblant plus dégradée (notée B). Puis nous avons établi des valeurs de bandes d'absorption de référence en nous basant sur les valeurs obtenues par l'analyse de l'échantillon membrane protéique « neuve²²⁹ » (tableau 23 p.163) et sur la littérature disponible²³⁰. L'analyse des échantillons de membranes « neuves » nous a permis de connaître l'état de dégradation du collagène

²²⁸ Derrick, 1991 [En ligne] Odlyha et al., 2009 [En ligne] ; Boyatzis et al., 2016 [En ligne]

²²⁹ Membrane en intestin de bœuf, préparée selon la technique Inuit utilisée pour les parkas d'été, réalisée en mars 2017.

²³⁰ Barth, 2007 [En ligne] ; Boyatzis et al., 2016 [En ligne]

après processus de fabrication. Pour évaluer l'état de dégradation du corpus, 2 échantillons de cette même membrane protéique vieillie artificiellement²³¹ ont été analysés.

Nombre d'onde ²³² σ (cm ⁻¹)	Attributions
3295	Amide A : γ N-H
3080	Amide B : γ N-H
1633	Amide I : γ C=O
1547	Amide II : γ C-N
1239	Amide III : γ C-N et δ N-H

Tableau 23 Bandes d'absorption de référence pour les Amides A, B, I, II et III (selon les valeurs obtenues par l'analyse de l'échantillon de collagène neuf).

A l'échelle spectrale, le processus d'hydrolyse acide se traduit par une augmentation des fréquences γ et δ des liaisons O-H (à 3400 cm⁻¹ et 1650 cm⁻¹). Le calcul du rapport de la hauteur du pic l'Amide I sur celle de l'Amide II (A_I/A_{II}) et la comparaison du ratio obtenu avec le ratio de référence du collagène « neuf » permet de mettre en évidence ce processus de dégradation.

Le processus de dénaturation du collagène induit l'augmentation de la séparation des bandes Amide I et Amide II, correspondant sur le spectre au déplacement de la bande Amide II de 1540 à 1530 cm⁻¹. L'étude de la différence entre le σ_{A_I} et $\sigma_{A_{II}}$, tel que $\Delta\nu = \sigma_{A_I} - \sigma_{A_{II}}$, et la comparaison du résultat avec le $\Delta\nu$ de référence du collagène « neuf », permet d'évaluer cette dégradation.

Le processus d'oxydation du collagène provoque la formation de composés carbonyle (C=O), absorbant à 1700 et 1750 cm⁻¹. Sur les spectres, ceci est observable par l'augmentation de l'aire de du pic de l'Amide I et la formation d'une légère épaulement sur sa bande carbonyle. De même que précédemment, la comparaison des spectres obtenus avec le spectre de référence de membrane « neuve » permet d'estimer ce processus de dégradation.

Equipement

- Spectromètre IRTF Thermo Scientific® Nicolet iN 10 MX
- Cristal de germanium ATR Thermo Scientific® Smart iTR
- Lame porte-objet en verre métallisé
- Matériel de préparation des prélèvements (brucelles, éthanol)

²³¹ 2 échantillons ont été vieillies artificiellement en atmosphère sèche (mis en étuve à 70°C pendant 5 jours) et en atmosphère humide (mis en étuve à 70°C pendant 5 jours avec atmosphère saturée en vapeur d'eau).

²³² Noté σ , le nombre d'onde est l'inverse de la longueur d'onde soit $\sigma = 1/\lambda$.

Conditions opératoires

Les analyses FTIR ont été faites le 18.05.17 avec Mme Laura Brambilla (docteure en chimie et cheffe de projet de recherches), à la Haute école Arc de Neuchâtel. Elles ont été réalisées en mode RTA, avec un cristal de Germanium. La surface de mesure est de 150 x 150 µm. La précision des bandes obtenues est de +/- 4cm⁻¹. Les résultats d'analyse ont été traités avec le logiciel OMNIC Picta®.

A l'instar de la méthode d'analyse par Micro Hot Table, l'analyse par IRTF-RTA ne nécessite qu'une faible quantité de prélèvement. C'est pourquoi nous avons pu réaliser ces deux techniques en effectuant un seul prélèvement par zones, qui a ensuite été divisé en 2.

Protocole

- Allumer le spectromètre IRTF et remplir son réservoir d'azote liquide.
- Nettoyer la lame porte-objet à l'éthanol, y placer les prélèvements et la placer sur l'appareil.
- Nettoyer le détecteur à l'éthanol et l'installer sur l'appareil.
- Choisir le numéro de position du prélèvement à analyser et y placer l'analyseur grâce à la caméra digitale du système.
- Après avoir attendu le refroidissement du spectromètre, procéder à l'analyse des prélèvements.
- Traiter les résultats obtenus sous forme de spectres d'absorbance.
- Procéder à la comparaison et à l'interprétation des spectres obtenus selon la méthode préalablement définie et avec des spectres de référence.

Résultats

- Résultats des analyses IRTF-RTA effectuées sur les prélèvements 1A à 5A ainsi que sur les échantillons de références

Emplacement et n° de prélèvement	Amide I	Amide II	Amide III	Amide A	Amide B	Autres pics
Parka 1						
1A – Partie supérieure, col (face avant)	1644	1541	1244	3297	3093	2917-2851 1731-1729 1032
1B – Poignet dextre (face avant)	1633	1545	1238	3294	3079	2918-2851 1741-1723 1074-1035
Parka 2						
2A – Flanc dextre (face avant médiane)	1643	1544		3307	3073	2920-2851 1321 1030
2B – Partie inférieure dextre (face avant)	1640	1536	1233	3281	3082	2929-2872 1077-1029
Parka 3						
3A – Manche senestre, partie supérieure (face avant)	1640	1529	1233	3295	3082	1078-1032
3B – Manche dextre, partie supérieure – tache huileuse (face avant)	1638	1536	1236	3294	3079	1079-1029
Parka 4						
4A – Poignet dextre (face avant)	1642	1542	1236	3293	3076	2930-2863 1063-1032
4B – Epaule dextre – tache huileuse (face arrière)	1639	1543	1233	3295	3087	2929-2863 1077-1032
Parka 5						
5A – Partie inférieure senestre (face arrière) ²³³	1639	1541	1236	3293	3085	2919-2851 1080-1032
Références						
Membrane « neuve »	1633	1547	1239	3295	3080	2929-2872 1081-1033
Membrane vieillie (H2O)	1638	1549	1237	3303		2919-2851 1742
Membrane vieillie (chaleur sèche)	1645	1540	1233	3306		2926-X 1032

Tableau 24 Bilan des bandes caractéristiques et des pics (en cm^{-1}) mises en évidence lors des analyses des prélèvements

²³³ La parka 5 présentant un état de surface homogène, nous n'avons effectué qu'un seul prélèvement.

- *Evaluation de l'état de dégradation des prélèvements*

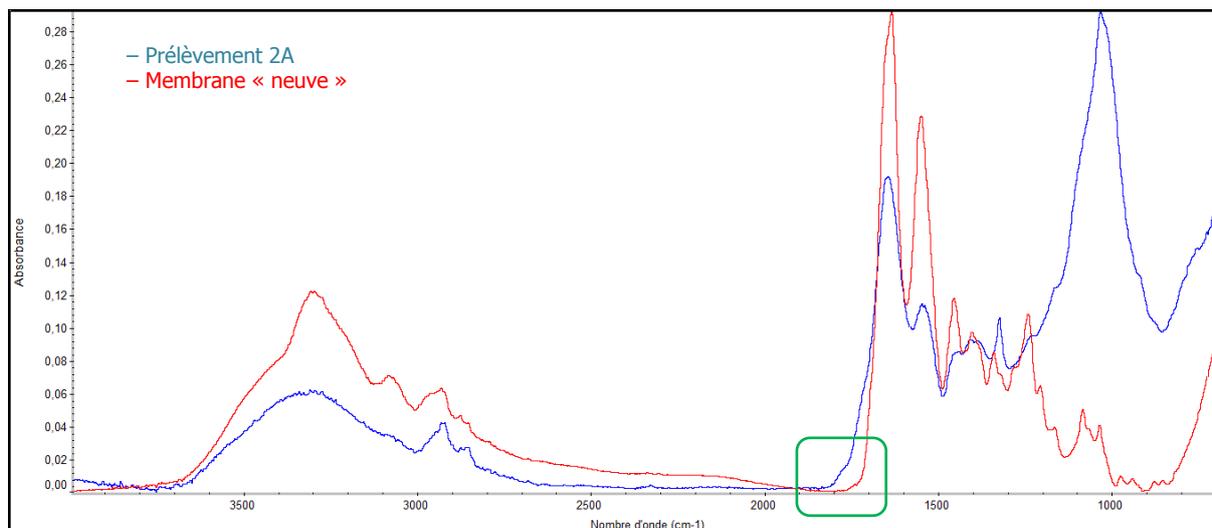
	Hydrolyse acide		Dénaturation	$\Delta\nu$	Oxydation	Autres altérations
	AI	AII	Ratio A_I/A_{II}			
Parka 1						
1A	0,08	0,04	2	103	Masqué par pics à 1737-1729	Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-H}$ Présence d'un acide gras saturé, type acide palmitique Présence de silicates
1B	0,11	0,05	2,2	88	Léger épaulement	Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-H}$ et $\delta\text{C-H}$ Présence d'un acide gras saturé, type acide palmitique Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-O}$
Parka 2						
2A	0,07	0,02	3,5	99	Léger épaulement	Augmentation de la fréquence $\delta\text{C-H}$ Disparition de la bande Amide III Présence de silicates
2B	0,04	0,02	2	104	Léger épaulement	Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-O}$
Parka 3						
3A	0,05	0,02	2,5	111		
3B	0,13	0,07	1,9	102		
Parka 4						
4A	0,13	0,06	2,2	100		Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-H}$ Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-O}$
4B	0,07	0,03	2,3	96	Léger épaulement	Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-H}$ Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-O}$
Parka 5						
5A	0,12	0,07	1,9	98	Léger épaulement	Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-H}$ Augmentation de la fréquence $\gamma\text{C-O}$
Références						
Membrane « neuve »	0,20	0,14	1,4	86		
Membrane vieillie (H ₂ O)	0,03	0,02	1,5	89	Masqué par pics 2919-2851	Présence d'un acide gras saturé, type acide palmitique Disparition fréquence $\gamma\text{C-O}$
Membrane vieillie (chaleur sèche)	0,16	0,07	2,3	105	Léger épaulement	

Tableau 25 Présentation des résultats de l'évaluation des processus d'hydrolyse acide, de dénaturation et d'oxydation ainsi que l'interprétation des pics observés sur les spectres obtenus

- *Commentaires des résultats obtenus*

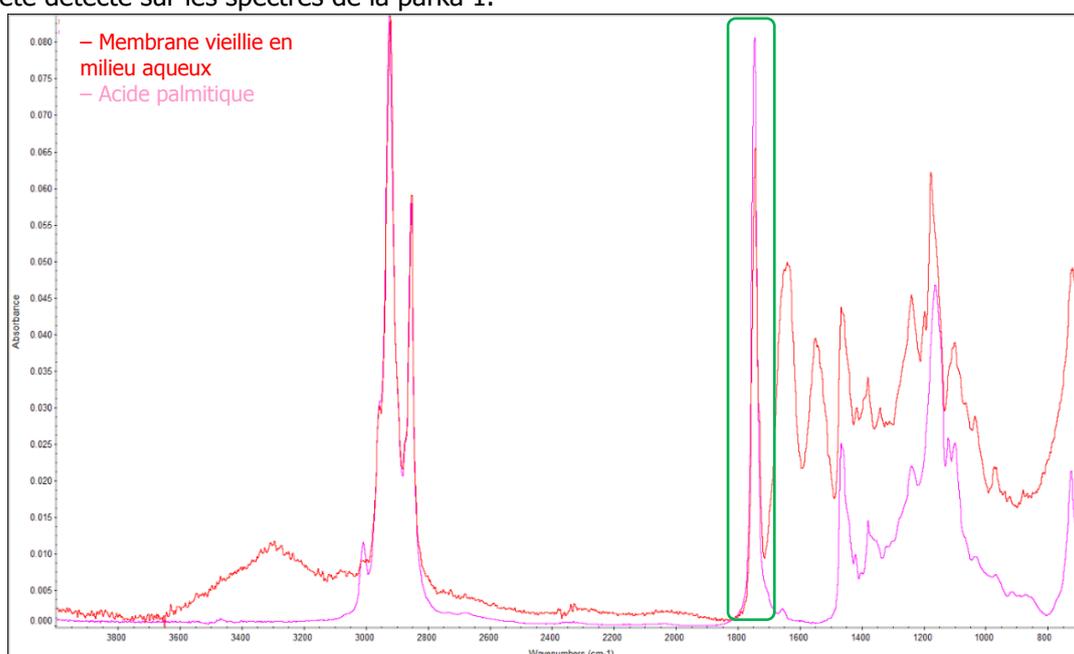
Alors que l'échantillon de référence de membrane « neuve » présente un ratio d'hydrolyse de 1,4, ceux des prélèvements 1A à 5A se situent entre 1,9 et 3,5. De même, l'indice de dénaturation de l'échantillon de référence est de 86, alors qu'ils se situent entre 88 et 111 pour le reste du corpus. Les parkas 1, 2, 4 et 5 présentent un léger épaulement caractéristique d'un processus d'oxydation du collagène (Graphique 14).

Par comparaison, le ratio de la membrane vieillie est de 2,3, son indice de dénaturation est de 105 et elle présente un épaulement sur la bande Amide I.



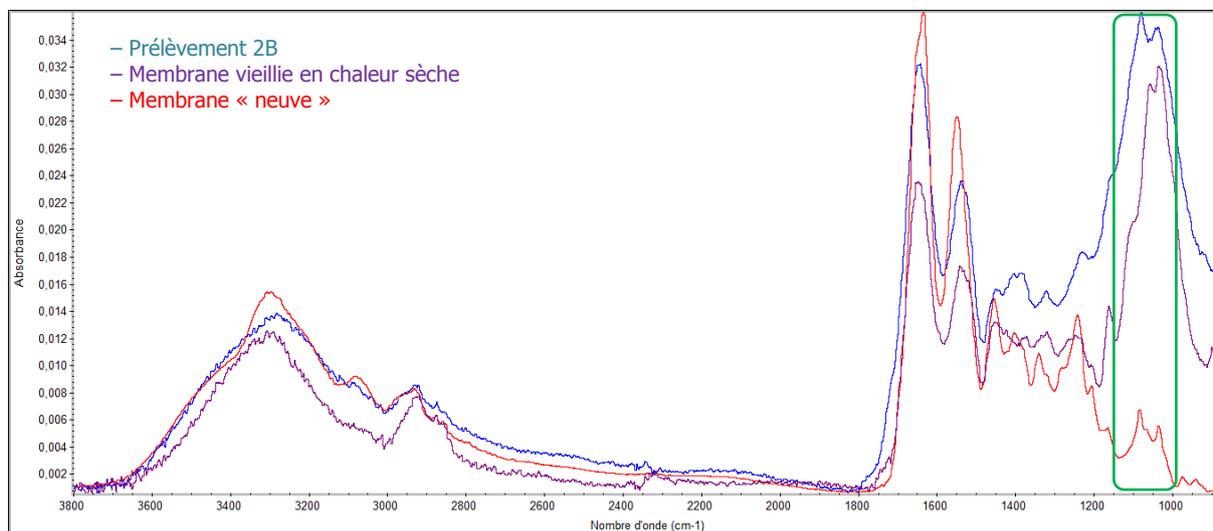
Graphique 14 Superposition des spectres IRTF-RTA du prélèvement 2A et de la membrane « neuve », mettant en évidence un épaulement (encadré vert) sur la bande carbonyle du pic de l'Amide I – caractéristique d'un processus d'oxydation

Nous ne retiendrons pas les valeurs obtenues avec l'échantillon de membrane vieillie en milieu aqueux, qui sont relativement proches de celles de la membrane neuve – ce qui laisse penser que la méthode de vieillissement utilisée n'a pas été assez efficace. Toutefois, ce test nous a permis de mettre en évidence la présence d'un acide gras saturé, de type acide palmitique (pics caractéristiques à 1740-1720 cm^{-1}), qui n'est pas apparu lors du test de vieillissement en chaleur sèche (Graphique 15). Il a aussi été détecté sur les spectres de la parka 1.



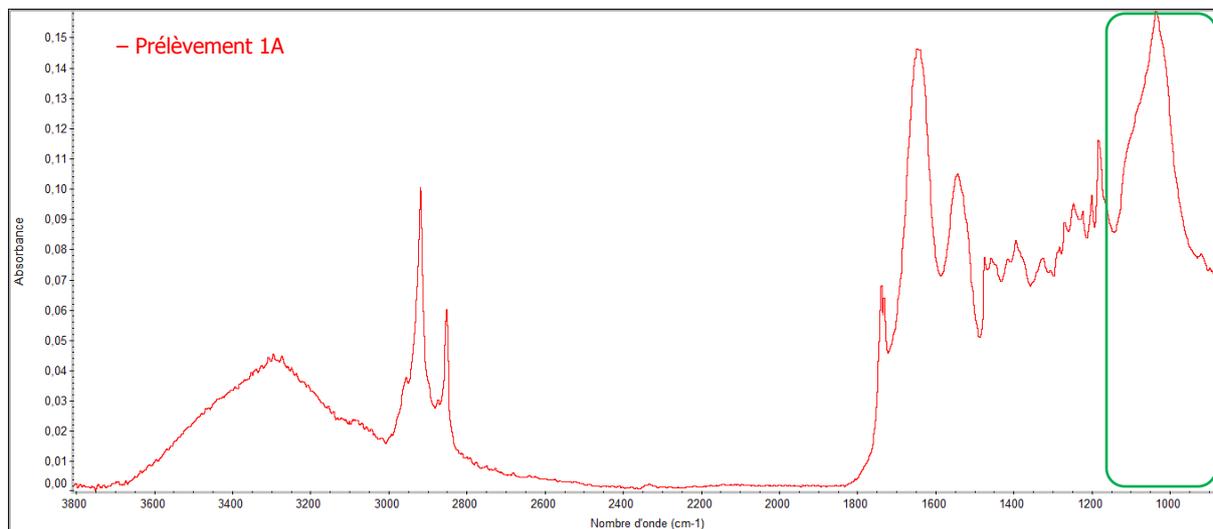
Graphique 15 Superposition de spectres IRTF-RTA mettant en évidence la correspondance des pics 1740-1720 cm^{-1} (encadré vert) sur le spectre de l'échantillon de membrane vieillie en milieu aqueux et sur le spectre de référence de l'acide palmitique

Les spectres de chaque prélèvement se caractérisent aussi par l'augmentation des fréquences γ C-H (bandes 2920-2850 cm^{-1}) et γ C-O (1082, 1032 cm^{-1}) –cette dernière étant plus spécifique aux prélèvements des zones dégradées (Graphique 16). L'augmentation de la fréquence γ C-O est aussi apparue sur le spectre de la membrane vieillie en chaleur sèche alors que celle-ci n'est plus visible sur celui de la membrane vieillie en milieu aqueux.



Graphique 16 Superposition de spectres IRTF-RTA mettant en évidence l'augmentation de la fréquence γ C-O (1082, 1032 cm^{-1}) sur le spectre de l'échantillon de membrane vieillie en milieu aqueux et sur le spectre de référence de l'acide palmitique

Des silicates ont été détectés sur les spectres de la parka 1 (prélèvement 1A, Graphique 17) et de la parka 2 (prélèvement 2A).



Graphique 17 Spectre IRTF-RTA du prélèvement 2A, mettant en évidence le pic caractéristique des silicates (1030 cm^{-1})

e. Mesure de la température de rétraction par la méthode Micro Hot Table

Principe

La température de rétraction (*shrinkage Temperature*, Ts) du collagène désigne l'intervalle de températures auxquelles sa structure hélicoïdale est dénaturée et irréversiblement dégradée. Ce processus implique l'effondrement de la molécule de tropocollagène, suite à la rupture des liaisons inter et intramoléculaires qui maintenaient les trois chaînes peptidiques par l'effet combiné de la chaleur et de l'eau. A terme, la molécule se transforme en gélatine, c'est-à-dire en un mélange complexe non organisé de chaînes polypeptidiques plus petites²³⁴.

Matériaux	Ts (°C)
Collagène non-réticulé	35
Collagène réticulé et intact (peau fraîche)	66
Peau de mammifère brute	58-64
Peau mise à tremper, séchée, étirée et grattée	65-70
Peau séchée, étirée et grattée	+/- 70

Tableau 26 Exemples de température de rétraction de la peau et du cuir²³⁵.

Grâce à la méthode *Micro Hot Table*, établie par M. René Larsen (2002), il est possible de mesurer la Ts des matériaux à base de collagène. Ceci permet d'estimer leur stabilité physico-chimique ainsi que leur état de dégradation, sans pourtant préciser le processus d'altération en jeu. Cette stabilité décroît proportionnellement à l'augmentation du niveau de détérioration. La Ts est aussi utilisée afin de prévenir les dégradations liées à l'utilisation d'eau lors de traitements ou induites par une exposition à des taux d'hygrométrie élevés²³⁶.

Cette méthode recommande d'utiliser 0,3 mg de prélèvement par objet. Une quantité inférieure peut être utilisée, seulement, afin que les résultats restent représentatifs de l'état de dégradation de l'objet, il est important de prélever des fibres aux endroits les plus détériorés²³⁷.

L'évolution du comportement des fibres de collagène est mesurée comme suit :

Pas d'activité → A1 → B1 → C → B2 → A2 → rétraction complète.

Intervalles A1/A2 : rétraction sporadique d'une fibre, où le début de A1 correspond à Ti (premier mouvement de rétraction observé) et la fin de A2 à Tf (dernier mouvement de rétraction observé).

Intervalles B1/B2 : rétraction plus occasionnelle d'une fibre, immédiatement suivie du mouvement d'une autre fibre.

Intervalle C : au moins 2 fibres montrent une rétraction simultanément et continuellement, puis la majorité des fibres est en mouvement. La température de départ de cet intervalle est la température de rétraction, notée Ts.

²³⁴ Chahine, 2013, p.40

²³⁵ Schmidt et al., 1993, p.185-86 ; Chahine, 2013, p.42

²³⁶ Larsen et al., 2002, p.55

²³⁷ Idem

L'intervalle total de la rétraction des fibres est exprimé par $\Delta T = T_i - T_f$. La valeur ΔT permet d'évaluer l'homogénéité du processus de dégradation de fibres de collagène dans un prélèvement. Plus il est faible, plus la stabilité des fibres est uniforme.

L'évaluation de l'état de stabilité physico-chimique est ensuite permise par la comparaison des valeurs obtenues avec une échelle de dégradation préalablement définie. Ne disposant pas de valeurs de références spécifiques aux membranes protéiques, nous avons défini 3 états de stabilité, en nous basant sur les données de T_s du tableau 26.

Etats de stabilité	T_i	T_s
Bon	> 55°C	> 60°C
Partiellement dégradé	> 35°C à \leq 55°C	> 40°C à \leq 60°C
Dégradé	\leq 35°C	\leq 40°C

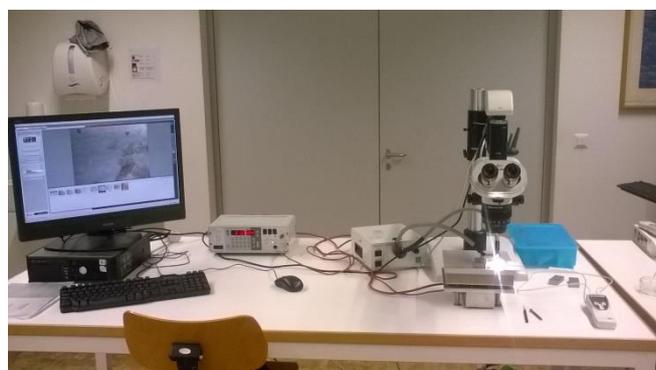
Tableau 27 Etat de stabilité des membranes selon leur température de rétraction. Un bon état correspond à une peau mise à tremper, séchée, étirée et grattée (selon les procédés Inuits) et un état dégradé correspond à du collagène non-réticulé

Equipement

- Microscope Leica® Wild M420 (grossissement x40) avec Macrozoom 5:1 équipé d'une caméra Leica® DFC 420 reliée à un ordinateur
- Source lumineuse Intralux® 6000-1
- Platine chauffante avec programmateur de vitesse de chauffe
- Lame porte-objet en verre à concavité reliée à une sonde thermique et lamelle couvre-objet
- Matériel pour le défibrage des prélèvements : aiguilles, brucelles
- Eau déminéralisée

Conditions opératoires

Les mesures ont été réalisées à la Haute école des arts de Berne les 19 et 20.04.2017. Les équipements ont été mis à disposition par Mme Elke Mentzel (conservatrice-restauratrice de parchemin et cuir, et enseignante à la Haute école des arts de Berne).



La précision des résultats obtenus avec cette méthode est de $\pm 2^\circ\text{C}$. Afin de pouvoir évaluer la reproductibilité des résultats ainsi que de compenser les éventuelles erreurs de manipulation et leurs incertitudes, nous avons réalisé les mesures 3 fois.

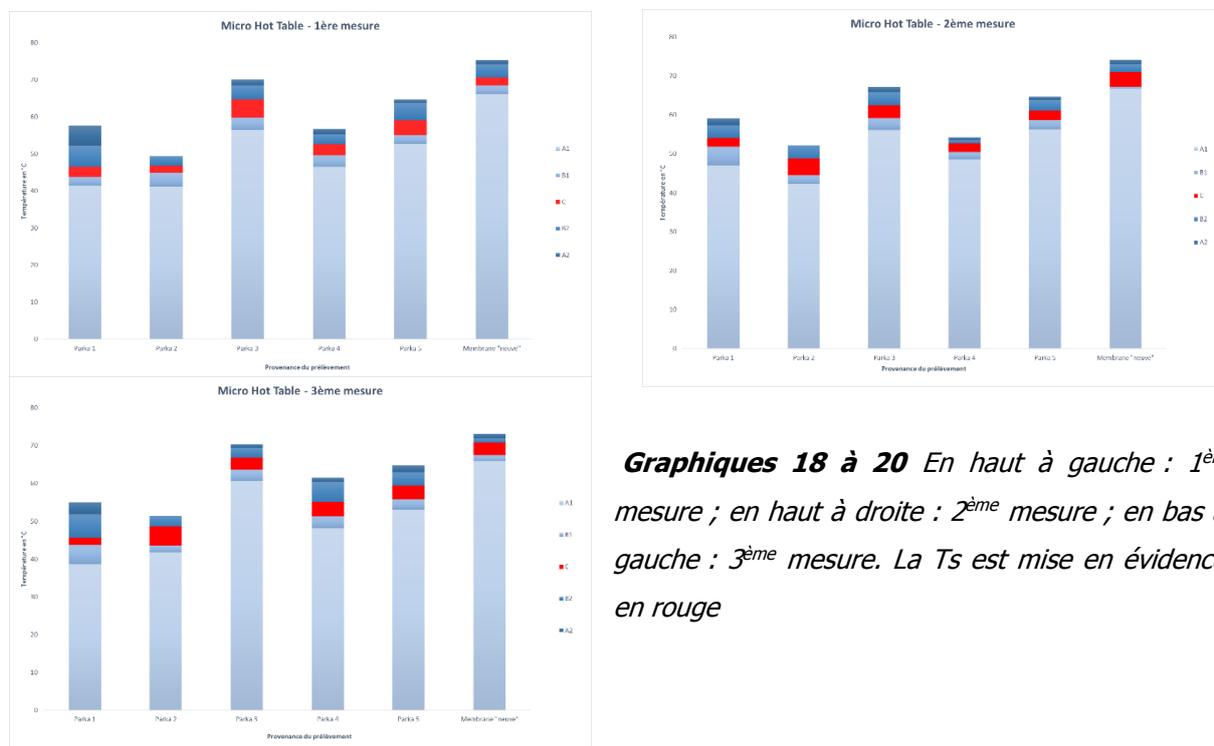
Fig.222 Vue du dispositif d'analyse par MHT

Protocole

- Allumer les appareils de chauffe et d'observations (ordinateur, microscope et système de chauffage de la platine). Démarrer le programme de visualisation en temps réel sur l'ordinateur.
- Brancher la sonde thermique à la lame porte-objet.
- Placer la lame porte-objet sur la platine chauffante puis déposer le prélèvement dans la concavité. Ajouter de l'eau déminéralisée jusqu'à la remplir complètement.
- Programmer la platine chauffante à une température de début de chauffe de 30°C et à une vitesse de 2°C/min.
- Lancer la minuterie de la platine chauffante et allumer la sonde thermique. Pendant 10 minutes la température monte jusqu'à 30°C. Défibrer l'échantillon et enlever les bulles d'air avec une aiguille.
- Couvrir la concavité avec une lamelle couvre-objet.
- Observer le processus de rétraction et déterminer la température initiale (Ti), la température de rétraction (Ts) et la température finale (Tf).

Résultats

Valeurs de températures initiale (Ti), de rétraction (Ts) et finale (Tf) obtenues pour chaque mesure :



Graphiques 18 à 20 En haut à gauche : 1^{ère} mesure ; en haut à droite : 2^{ème} mesure ; en bas à gauche : 3^{ème} mesure. La Ts est mise en évidence en rouge

- *Moyenne des valeurs de températures initiale (Ti), de rétraction (Ts) et finale (Tf) :*

Objet	Ti	Ts	Tf	ΔT
Parka 1 (1A-1B)	42,4	48,8	57,2	14,9
Parka 2 (2A-2B)	41,8	48	51	9,2
Parka 3 (3A-3B)	57,7	64,6	69,2	11,4
Parka 4 (4A-4B)	47,7	53,5	57,5	9,77
Parka 5 (5A-5B)	54	59,8	64,7	10,6
Membrane « neuve »	66,2	70,8	74,2	8

Tableau 28 Les valeurs indiquées sont en °C et ont été obtenues à partir des moyennes des 3 mesures effectuées pour chaque objet du corpus

- *Commentaires des résultats obtenus*

Les valeurs de Ts vont de 48°C pour la parka 2 à 59,8°C pour la parka 5. Pour chaque objet, la température initiale est proche de la Ts – moins de 7°C d'écart. Par comparaison, l'échantillon de référence présente une Ts moyenne de 70,8°C et un écart de 4,6°C entre la Ti et la Ts. Sa Ts est proche de celles des peaux Inuits.

D'après les valeurs établies préalablement pour définir l'état de stabilité physico-chimique des membranes, l'échantillon de membrane « neuve » et la parka 3 présentent un bon état alors que les parkas 1, 2, 4 et 5 sont partiellement dégradées. Aucune n'est totalement dégradée.

L'intervalle total de rétraction (ΔT) est assez similaire entre les objets, s'étendant de 9,2 à 14,9°C. Les parkas 2 et 4 présentent un $\Delta T < 10^\circ\text{C}$ – tout comme l'échantillon de référence qui présente un ΔT de 8°C, ce qui montre une relative uniformité de l'état de dégradation des fibres de collagène. A l'inverse les parkas 1, 3 et 5 présentent un $\Delta T > 10^\circ\text{C}$, significatif de fibres de collagène dans un état plus hétérogène. Enfin, la parka 2 n'a pas présenté d'intervalle A2, ses fibres s'étant gélatinisées durant le processus de rétraction (Graphiques 18-20).

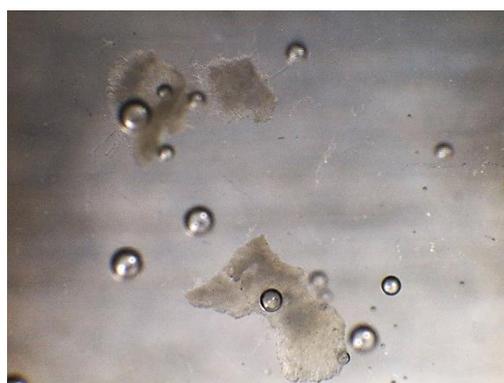


Fig.223-224 Prélèvement de la parka 2 avant procédure de MHT (à gauche) et après procédure et gélatinisation (à droite)

f. Mesure du pH

Principe

Le potentiel hydrogène (pH) est la mesure de l'activité chimique des ions hydrogène H^+ en solution aqueuse. Elle dépend de la concentration des ions H^+ et OH^- et est définie par :

$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+]$, où $[\text{H}^+]$ représente la concentration, exprimée en mol. L⁻¹.

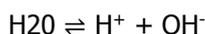
Le pH caractérise la nature acide, basique ou neutre d'une solution aqueuse, exprimée de 0 à 14.

Une solution de pH 7 est dite neutre.

Une solution de pH < 7 est dite acide.

Une solution de pH > 7 est dite basique²³⁸.

Cette échelle est fondée sur le produit ionique de l'eau (K_w) soit 10⁻¹⁴ (mol. L⁻¹), exprimé tel que :



$$K_w = [\text{H}^+] \times [\text{OH}^-] = 10^{-14} \text{ (mol. L}^{-1}\text{)}$$

La mesure à l'aide d'un pH-mètre repose sur l'utilisation d'une électrode de verre, une électrode de référence et d'un convertisseur numérique. Elle est basée sur le rapport entre la concentration en ions H⁺ et la différence de potentiel électrochimique qui s'établit dans l'électrode de verre. La différence de potentiel est mesurée telle que : $\Delta E = E_{\text{verre}} - E_{\text{ref}}$, où E représente les électrodes. La valeur numérique du pH est affichée sur un boîtier électronique.

Cette mesure est permise par l'emploi de gels d'agarose, disposés sur la surface de l'objet dont on souhaite connaître le pH. L'agarose est un polysaccharide purifié d'agar-agar, servant à faire des gels aqueux rigides. Il présente une très bonne capacité de rétention d'eau et une faible teneur en ions ce qui favorise les échanges ioniques avec les matériaux.

Nous n'avons pas trouvé de valeurs de référence pour le pH des membranes protéiques. Toutefois, comme le pH de l'intestin grêle in vivo se situe entre 6,2 et 7,3, nous pouvons estimer qu'une membrane fraîchement préparée présentera un pH sensiblement équivalent (selon le pH de la solution ayant servi à tremper les membranes)²³⁹.

Équipement

- pH-mètre *Horiba Laquatwin*[®] *pH Meter B-712*
- Gel d'agarose dans l'eau déminéralisée (m/v, 5%)
- Solutions tampons étalon à pH 7 et à pH 4 fournies par *Horiba Laquatwin*[®]
- Eau déminéralisée
- Outils non métalliques

Conditions opératoires

La mesure du pH a été réalisée le 12.04.2017, dans les réserves du MHB. Nous avons utilisé un appareil de pH-mètre *Horiba Laquatwin*[®] *pH Meter B-712*, calibré à pH 4 et pH 7 et de l'agarose préparée à 5% dans de l'eau déminéralisée, fournis par Mme Elke Mentzel et Mme Carmen Effner (conservatrices-restauratrices de papier, parchemin et cuir, et enseignantes à la Haute école des arts de Berne). La

²³⁸ Kite et Thomson, 2006, p.61

²³⁹ Bernier et al., 2017 [En ligne]

précision du pH-mètre est de 0,1 pH. Nous avons réalisé 5 mesures par objet, sur des zones choisies pour leur représentativité.



Fig.225 pH-mètre Horiba Laquatwin® (en bleu, à droite) utilisé pour effectuer les mesures de pH et vue du dispositif sur la membrane de la parka 4



Fig.226 Cube de Plexiglas® placé sur le gel afin de favoriser le contact en apportant un poids supplémentaire

Protocole

- Découper des morceaux de gel d'agarose à l'aide d'outils non métalliques. Les gels doivent être suffisamment larges pour promouvoir un bon contact avec la surface à analyser et avec les électrodes de l'appareil de mesure.
- Tester l'innocuité du gel sur la surface de l'objet durant le même temps que celui choisi pour l'analyse.
- Etalonner l'appareil de mesure au moyen de deux solutions tampon (pH 4, 7).
- Placer le gel d'agarose sur la surface de l'objet en s'assurant qu'il y a un contact suffisant pour favoriser l'échange ionique (au besoin, placer un poids sur le gel) et le laisser durant 10 minutes.
- Allumer le pH mètre.
- Avant de procéder aux mesures du pH des objets, mesurer le pH du gel ainsi que le pH de l'eau déminéralisée.
- Placer le gel dans la zone d'analyse du pH-mètre en veillant à ce qu'il soit bien en contact avec les deux électrodes. Au besoin rajouter une goutte d'eau déminéralisée.
- Lancer la mesure.
- Attendre jusqu'au signal de fin de mesure pour collecter les résultats.
- Rincer la sonde à l'eau déminéralisée entre chaque mesure.

Résultats

Objets	A	B	C	D	E	Moy
Gel	7,34	7,18	7,09			
Eau	6,95					
Parka 1	5,9	6,4	6,8	6	6	6,2
Parka 2	6,4	5,6	5,5	5,5	5,6	5,7
Parka 3	6,8	5,9	7,2	5,6	5,9	6,3
Parka 4	6,6	5,2	6,4	6,8	6,3	6,3
Parka 5	6,4	6,4	6,6	6,6	6,8	6,6

Tableau 29 Valeurs de pH obtenues. Pour chaque objet du corpus, les différentes zones sont désignées par les lettres A à E

- *Commentaires des résultats obtenus*

Avec une moyenne de 5,7, la parka 2 présente les valeurs de pH les plus basses. Cette valeur se situe en dessous de notre seuil de référence.

Les autres objets du corpus présentent des valeurs de pH comprises dans notre plage de valeur de références. Les parkas 1, 3 et 4 montrent des valeurs moyennes identiques, se situant à 6,2 et 6,3, tandis que la parka 5 présente le pH le plus élevé du corpus, dont la valeur moyenne est de 6,6.

g. Protocole pour l'observation en microscopie électronique à balayage

Principe

La microscopie électronique à balayage (MEB) repose sur le même principe que la microscopie optique, hormis que le rayon incident est un faisceau d'électrons primaires. Cette méthode d'observation utilise en plus le principe des interactions électrons-matière. Ainsi, lorsque le faisceau d'électrons balaye la surface de l'échantillon, celui-ci réagit en réémettant des particules du rayonnement (électrons secondaires, électrons rétrodiffusés, électrons Auger ou rayons X) qui apportent différentes d'informations sur la matière analysée. Les électrons secondaires naissant de l'interaction entre les électrons du faisceau incident et les électrons des couches électroniques des atomes nous permettent d'obtenir des renseignements sur la topographie de l'échantillon avec beaucoup de précision, une grande profondeur de champ, mais en noir et blanc ²⁴⁰. Enfin, grâce à l'utilisation de supports spécifiques, cette méthode permet une observation facilitée des coupes transversales des prélèvements.

Conditions opératoires

Les observations ont été menées au sein du Parc technologique et industriel Néode SA, le 12.04.2017 avec M. Stephan Ramseyer (collaborateur technique, spécialisé en Ingénierie des surfaces). Elles ont été réalisées à une énergie de 10kV et en imagerie par électrons rétrodiffusés (BSE). Les prélèvements ont été métallisés avec de l'or palladium (appliqué en 3 couches).

Protocole à suivre pour l'observation MEB

- Préparer les prélèvements : mise sur support d'observation et métallisation à l'or palladium par vaporisation.
- Définir les paramètres d'observation du MEB.
- Placer le prélèvement dans la chambre d'analyse du MEB.
- Faire le vide dans la chambre d'analyse.
- Procéder à l'observation et à la documentation du prélèvement.

²⁴⁰ Wainwright, 2011 [En ligne]

VII. Etat de l'art, choix des traitements testés et présentation des résultats

Publi cations	Nettoyage mécanique	Nettoyage physico-chimique	Nettoyage chimique	Humidification et remise en forme	Adhésifs testés	Supports de doublage testés	Support de stockage ou d'exposition
Clive-Powell, 2015 [En ligne]				Enceinte saturée Durée totale : 5 jours HR : 80% Rembourrage : Reemay®			
Elarbi, 2014	Avec aspiration Brosses douces Eponge sans latex	Eau : Ethanol (30 : 70 v/v)		Enceinte saturée HR : 90% Rembourrage : poches en polyéthylène thermo-soudées et gonflées progressivement	Jade® 403	Papier Japon Gampi Mise en teinte à l'aquarelle	Support de stockage et d'exposition : mousse de Plastazote® thomosoudée, recouverte de ouate de polyester et de Tyvek®
Sáiz Gómez et al., 2014		Eau désionisée et éthanol (IMS) : 1:1 v/v papier buvard sans acide pour limiter auréoles et protéger ornements		Enceinte saturée HR : 70% puis 90% puis 50% Durée : jusqu'à la création du support Localisée pour zones très froissées : humidificateur ultrasonique appliqué à travers un Gore-Tex®	Kluce® G (20%) dans eau désionisée et IMS (50 :50 v/v) Vinamul® 3252 pour sécuriser les bords des doublages fixés aux coutures	Kasenshi Liquitex® acrylique dilué dans eau désionisée Crêpeline de soie teintée Papier Kozo	Tissu bougran autocollant bandes de lin dans amidon de blé Lineco® 5% (eau, w/v) et vernis de Paraloid® B72 10% (acétone, w/v) Rembourrage : ouate de polyester et jersey de coton élastique Couche de contact : soie <i>habutai</i> non teinte de poids moyen Maintien du volume : calicot de coton avec double anneau de Rigilene®, recouverts d'ouate de polyester (fixés avec scotch crêpe) Base : contreplaqué recouvert de Marvelseal® 360 OU anneau en carton nid d'abeille non acide
Tully 2013 [En ligne]							Exposition Corps : mannequin en polystyrène matelassé à la forme désirée et recouvert de papier mâché qualité conservation, applicable avec eau Bras : armatures d'aluminium fixées au corps par écrous et rondelles, rembourrage de ouate Capuche : anneau de papier mâché autocollant

Publi cations	Nettoyage mécanique	Nettoyage physico-chimique	Nettoyage chimique	Humidification et remise en forme	Adhésifs testés	Supports de doublage testés	Support de stockage ou d'exposition
Horelick et al., 2011 [En ligne]					BEVA® 371 (formule originale) dans HC BEVA® Film appliqué à 70°C Lascaux® 498/360 HV (en mélange 3:1) Colle d'amidon de blé Jade® 403	Peau de baudruche	
Alembik, 2010	Dépoussiérage avec aspiration, avec gaze et pinceau doux (poils de chèvre)	Eau-éthanol (50:60) éponges Blitz-Fix®		Localisée avec Sympatex® ou le Gore-Tex® et mise sous poids Enceinte saturée	Méthocel® Kluce!® G dans eau-éthanol (50/50) + glycérine 1% Colle d'esturgeon Colle d'amidon de blé + Plectol® B500 à hauteur de 1%. Jade® 403 Lascaux® 498 HV Lascaux® 360 HV Lascaux® 498 HV et Lascaux® 360 HV (3:1)	Papier Japon Gampi teintées à l'aide d'acrylique Gaze de soie Non-tissé polyamide Cerex® préservatifs Naturalamb® Peau de baudruche petites zones : système d'aimants grandes zones : sachets de Tyvek® remplis de sable pourront maintenir et coussin de bourre de polyester à l'intérieur du vêtement fils de Paraloid® B72 réactivés à l'acétone	Feuilles de Melinex® pour les manches
Carrie, 2010 [En ligne]	Méthode sèche	Salive artificielle dans eau tiède pour les zones incrustées RINCAGE		Enceinte saturée HR : 80% en quelques heures contenant avec éponges et bandes de buvard non acide			
Carrie, 2009 [En ligne]	Pinceaux doux éponge cosmétique sans latex (Swisspers®) avec aspiration			Enceinte saturée HR : 52% à 94% en 6h	Methylcellulose 5% et Jade® 403 (1:3)	Papier Japon Liquitex® acrylique	

Publi cations	Nettoyage mécanique	Nettoyage physico-chimique	Nettoyage chimique	Humidification et remise en forme	Adhésifs testés	Supports de doublage testés	Support de stockage ou d'exposition
Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne]				Enceinte saturée HR : 80% pendant 7h Rembourrage : filets en nylon froissés Complété par humidification localisée avec humidificateur ultrasonique (dans l'enceinte) : zones non accessibles ou délicates	Vinamul® 3252 - eau distillée (50% v/v), au pinceau doux Colle d'esturgeon - eau distillée (5% w/v)	Peau de baudruche Papier Japon Kozo Teinté à l'acrylique	Stockage Ouate de polyester couvert de soie Rouleau de Melinex® recouvert de maille de polyester Feuilles de Plastazote® thermocollées et couvert d'une feuille de Bondina® (30g) de chaque coté (coté brillant vers l'extérieur) thermocollée Housse de Tyvek® et Velcro® Exposition Tube de Perspex® dans les bras et suspendu en l'attachant avec des fils Capuche : Rigilène® 12 mm blanc attaché au tube de Perspex®
Gottsmann, 2009 [En ligne]	Avec aspiration brosses douces éponge latex douce	Eau désionisée avec éponge Blitz-Fix® et brosses papier absorbant non acide Cheveux et fils : eau désionisée et tensio actif non ionique (Kieralon®) Rinçage : eau désionisée Séchage : mise sous poids et papier absorbant		Enceinte saturée HR : 85% Durée : 2 jours puis acclimatation à 55% durant 3 jours Complété avec humidificateur ultrasonique Rembourrage : sac interne en Tyvek® et papier de soie non acide	Methocel® 4AM 2% (eau désionisée, p/v)	Papier Japon qualité moyenne Mis en teinte à l'aquarelle	Corps : Bande de papier non-acide autocollant (colle animale), recouvert de ouate de polyester et de Molleton de coton Manches : ouate de polyester recouvre de Molleton de coton et attaché avec Velcro®

Publications	Nettoyage mécanique	Nettoyage physico-chimique	Nettoyage chimique	Humidification et remise en forme	Adhésifs testés	Supports de doublage testés	Support de stockage ou d'exposition
Jackson et Hugues, 2009 [En ligne]		Eau distillée et IMS (50:50) avec bâtonnet ouaté légèrement imbibé IMS Salive Eponge en caoutchouc vulcanisé et White spirit		Membrane fine : localisée SympaTex®, buvard non acide et Melinex® Membrane épaisse : enceinte saturée HR : 70% Durée : 3 jours puis acclimatation après réalisation du support Rembourrage : papier de soie non acide	Klucel® G 5% dans eau distillée (w/v) Klucel® G 5% dans IMS (w/v) Klucel® G 10% dans IMS (w/v) Colle amidon de blé Paraloid® B72 Alginate de sodium et Marante (arrow-root) dans eau distillée	Intestins de vache, cochon et agneau peau de saucisse peau de baudruche peau de saucisse synthétique Papier Japon Kozo 19 g/m ²	Grande parka Structure : Rigilène® et Plastazote® Forme et support : Calicot couleur crème Nuque : Calicot noir et Velcro Parka courte Rouleau de ouate de polyester enroulé autour d'une goupille en bois et couvert de Calicot de coton et rembourrée d'ouate de polyester Structure avec bandes de Plastazote® incorporées aux coutures du Calicot
Cevoli et al., 2006		Salive artificielle			BEVA® Film Mowilith® DMC2	Bolloré 12g/m ²	
Dumka, 2006					Jade® 403 Mélange Lascaux® 360 HV et 498 HV BEVA® 371 50% (toluène) sprayée jusqu'à épaisseur désirée sur le doublage BEVA® Film, à 70°C avec papier siliconé	Peau de caribou Cerex® avec aimant pour petites zones Liquitex® acrylique	
Dumka, 1992			Mise en bain dans l'eau déminéralisée avec brossage de la surface. Surfactant non-ionique Triton X-100 (0,1%, m/v). Rinçage : eau déminéralisée en flux continu. Durée : 4 heures.	Eau déminéralisée liquide pulvérisée en gouttes puis brossée sur la surface. Rembourrage : papier de soie non-acide.	Paraloid® B72 (5%)/Klucel® G (2,5%) dans l'éthanol (petites déchirures). PVAc (Archivart®) en émulsion (grandes déchirures).	Baudruche Peau de mouton prophylactique Boyaux de porc et de bœuf naturels	Support de stockage : coussins de fibres de polyester, recouverts de mousseline non blanchie pour le corps et de coton extensible pour les manches et la capuche. Plateau en polypropylène cannelé (Coroplast®) couvert de mousseline. Support d'exposition : portant en Plexiglas® inséré dans les coussins et fixés à un plateau incliné recouvert d'un textile.

Publi cations	Nettoyage mécanique	Nettoyage physico-chimique	Nettoyage chimique	Humidification et remise en forme	Adhésifs testés	Supports de doublage testés	Support de stockage ou d'exposition
Morrison, 1986	Avec aspiration Brosses douces		Mise en bain dans l'eau déminéralisée avec brossage périodique de la surface. Surfactant non-ionique : Synperonic® N. Durée du traitement : 24h. Rinçage : en immersion dans l'eau. Plusieurs bains.	Imprégnation en bain : eau déminéralisée et PEG 400 (10%), durant 50h. Mis à sécher sur un plan incliné durant 1h30, en diminuant la vitesse d'évaporation en couvrant la surface avec du film alimentaire. Rembourrage : papier de soie non acide.	Klucel® G Klucel® G dans solvant aromatiques (1%) et Paraloid® B72 dans l'acétone (30:70) Klucel® G 1% dans Vinamul® 6815 dans l'eau (30:70) Pliantex® Paraloid® : B48N, B82 Vinamul® 6815 Mowilith® DMC2 Gélatine	Gaze de nylon Peau de saucisse Peau de poisson Baudruche Intestin de bœuf Papier de soie Peau de mouton prophylactique	
Fenn, 1984				Immersion dans un bain eau/éthanol	Klucel® G + 1% glycérine (ou PEG 300) PVAc (CM Bond® M2, Elvace® 1874)		

Tableau 30 Présentation des traitements de conservation-restauration des parkas en membranes protéiques et des cuirs Inuits recensés dans la littérature

Réalisation des éprouvettes de membranes intestinales

Afin de pouvoir réaliser nos différents tests de nettoyage et de collage, nous avons réalisé des éprouvettes de membranes protéiques en intestin grêle de bœuf. Le bœuf est l'un des mammifères terrestres dont le système digestif se rapproche le plus de celui des Pinnipèdes²⁴¹. Les éprouvettes ont été réalisées en essayant de suivre fidèlement le processus de façonnage Inuit (Fig.227).



Fig.227 Lavage et trempage, gonflage et séchage en extérieur, à basse température et dans un endroit ombragé (préparée au mois de mars 2017)

Tests de solubilité des éprouvettes

Suite à l'étude des traitements de nettoyage de parkas, nous avons évalué la réactivité de la membrane protéique aux différentes familles de solvants (Fig.228).

Les solvants choisis sont ceux parmi les plus cités et qui présentent le moins de risque sanitaire pour l'intervenant. Nous les présentons par ordre décroissant de polarité (Tableau 31).

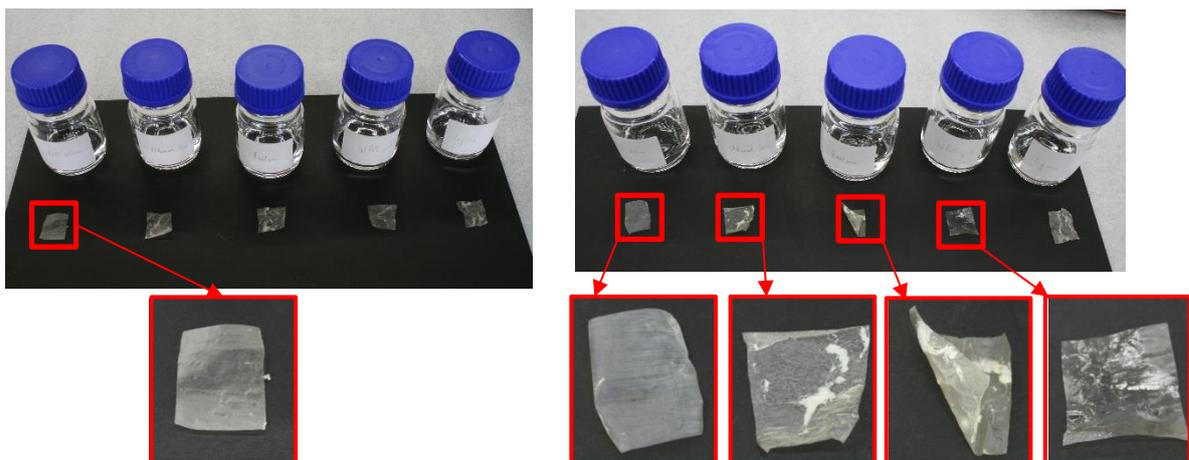


Fig.228 A gauche : vue d'un échantillon de membrane avant test de solubilité. A droite : vue des différents échantillons après 24 heures en immersion dans de l'eau déminéralisée, de l'éthanol 98%, de l'acétone, du white spirit et de la ligroïne (de gauche à droite)

²⁴¹ Alembik, 2010, p.45

Temps et mode d'application	Solvants organiques				
	<i>Eau déminéralisée</i>	<i>Ethanol 98%</i>	<i>Acétone</i>	<i>White spirit</i>	<i>Ligroïne</i>
5 minutes, en immersion	Ramollissement Conservation de la résistance à la traction Faible blanchiment	Ramollissement Conservation de la résistance à la traction, Faible blanchiment	Aucun effet	Aucun effet	Aucun effet
20 minutes, en immersion	Idem	Conservation de la flexibilité Faible blanchiment	Forte rétraction Conservation de la flexibilité	Augmentation de la flexibilité et de la translucidité	Idem
1h, en immersion	Idem	Idem	Augmentation de la rétraction Perte de la flexibilité Cassant	Idem	Faible raidissement
24h, en immersion	Idem	Faible rétraction et raidissement	Augmentation de la rétraction et du raidissement	Idem	Augmentation du raidissement

Tableau 31 Résultats des tests de solubilité dans les différents solvants organiques choisis

Bilan : L'eau et l'éthanol 98% sont les solvants qui ont eu le moins d'effets altérant – causant principalement un ramollissement et un faible blanchiment. A l'inverse, l'acétone a causé une forte rétraction. Nous supposons que celle-ci est due à la solubilisation des graisses constitutives de la membrane.

Avantages et inconvénients des méthodes de nettoyage

Le tableau 32, ci-dessous, présente les avantages et les inconvénients des 3 principales méthodes de nettoyage des parkas.

	Méthodes mécaniques	Méthodes de traitement Méthodes physico-chimiques	Méthodes chimiques
<i>Avantages</i>	Retrait des particules volatils et adhérentes Pas d'abrasion Ne nécessite pas de solvants Facilement adaptable à la morphologie de la surface Lavable et réutilisable Ne laisse pas de résidus	Nécessite moins de pression Possibilité de mélanger les solvants pour adapter le mouillage, la pénétration et l'évaporation Ramollissement locale des membranes et meilleure résistance mécanique	Rapidité de traitement Homogénéité du résultat Assouplissement et remise en forme des membranes

	Méthodes mécaniques	Méthodes de traitement Méthodes physico-chimiques	Méthodes chimiques
<i>Inconvénients</i>	Risque de rupture et de déchirure dû à la pression et frottements répétés Temps de traitement long selon la taille de l'objet	Moins de contrôle et de sélectivité Risque de dénaturation des protéines si T°C eau > Ts Risque de réticulation en cas de solubilisation des graisses Risque de formation d'auréoles Risques de déformations en cas de séchage non contrôlé Salive synthétique = rinçage	Absence de contrôle et de sélectivité Risque de dénaturation des protéines si T°C eau > Ts Risque de réticulation en cas de solubilisation des graisses Nécessite un à plusieurs rinçages

Tableau 32 Synthèse des avantages et inconvénients des différentes méthodes de nettoyage recensées dans la littérature

Les méthodes mécaniques ont l'avantage de limiter les abrasions et ne pas nécessiter de solvant, ce qui offre une meilleure sélectivité des dépôts retirés. Mais selon la finesse et fragilité de la membrane, elles peuvent induire des ruptures et des déchirures.

Les méthodes physico-chimiques permettent d'optimiser la durée du traitement grâce à la plus grande surface de nettoyage des éponges et à l'apport de solvant, tout en apportant moins de pression. Cependant, elles sont moins sélectives que les méthodes mécaniques. De nombreux auteurs notent que l'emploi d'un solvant permet de ramollir localement la membrane et d'augmenter sa résistance mécanique²⁴². Les zones froissées et les plis s'aplanissent, facilitant ainsi l'accès aux particules de saleté incrustées tout en permettant une remise en forme préliminaire²⁴³. L'utilisation d'un papier buvard sans acide sous la zone nettoyée permet d'absorber l'excédent de solvant et de limiter les risques de migration et de formation d'auréoles.

Les méthodes chimiques étaient appréciées pour leur efficacité en termes d'état de surface après traitement et de rapidité d'exécution, ainsi que parce qu'elles permettaient d'assouplir les membranes avant leur remise en forme²⁴⁴. Elles étaient souvent suivies d'un traitement de lubrification. Toutefois, du fait de l'absence de contrôle et de sélectivité, elles ne sont plus employées aujourd'hui.

Tests de nettoyage des dépôts adhérents

Les méthodes de nettoyage testées ont été choisies pour leur compatibilité physico-chimique avec les membranes, leur facilité de mise en œuvre, leur accessibilité et les faibles risques sanitaires qu'elles induisent.

Les solvants de nettoyage ont été choisis à l'issue de tests de solubilité réalisés avec les éprouvettes de membranes préparées préalablement.

²⁴² Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne]

²⁴³ Carrlee 2010 [En ligne]

²⁴⁴ Morrison, 1986, p.18-19 ; Dumka, 1992, p.19

Nos critères d'évaluation de l'efficacité de ces méthodes pour le nettoyage de la parka 4 sont les suivants :

- Pression nécessaire : + : faible ; +/- : moyenne ; - : forte.
- Nombre de frottements nécessaires : + : 1 à 5 passage ; +/- : entre 5 et 10 passages ; - : plus de 10 passages.
- Rapidité de traitement : + : rapide ; +/- : moyennement rapide ; - : lent.
- Retrait du dépôt : + : bon ; +/- : moyen ; - : mauvais.
- Bilan : + : efficace ; +/- : peu efficace ; - : inefficace.

Moyen/solvants	Pression	Frottements	Rapidité	Retrait du dépôt	Bilan
Méthodes mécaniques					
<i>Bâtonnet ouaté sec</i>	+/-	-	-	-	-
<i>Eponge sans latex sèche</i>	+	+/-	+	+	+
Méthodes physico-chimiques					
<i>Eau déminéralisée, froide au bâtonnet ouaté</i>	+	+	+	+	+
<i>Eau déminéralisée, à 40°C au bâtonnet ouaté</i>	+	+	+	+	+
<i>Ethanol 98% au bâtonnet ouaté</i>	+	-	+/-	-	-
<i>Eau déminéralisée-éthanol 98 % (50 : 50 v/v), au bâtonnet ouaté</i>	+	+/-	+	+/-	+/-
<i>Eau déminéralisée-éthanol 98 % (50 : 50 v/v), à l'éponge P.V.A.</i>	+	+/-	+	+	+
<i>Eau déminéralisée-éthanol 98 % (50 : 50 v/v), à l'éponge sans latex</i>	+	+	+	+	+
<i>Salive synthétique, au bâtonnet ouaté</i>	+	+	+/-	+	+

Tableau 33 Evaluation de l'efficacité des méthodes de nettoyage testées

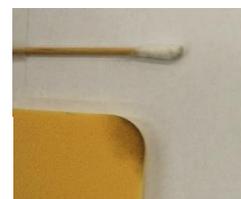
Les bâtonnets ouatés ont été appliqués par roulage sur les zones de test tandis que les éponges ont été utilisées par frottements.

Bilan : Les tests réalisés avec un bâtonnet ouaté ont été les moins efficaces, induisant plus de passage sur la membrane, un retrait des dépôts moyen à mauvais et un temps de traitement plus long. A l'inverse, les tests effectués avec l'éponge sans latex ont été les plus efficaces, permettant un retrait optimal des dépôts avec une faible pression et un nombre généralement réduit de frottement, ce qui induit un temps de traitement relativement plus court.

Tests mécaniques

Bâtonnet ouaté sec

Eponge sans latex sèche



Tests physico-chimiques

Eau déminéralisée, froide

Eau déminéralisée, à 40°C

Ethanol 98%

Eau : éthanol 98% (50 : 50, v/v)

Salive synthétique

Eau : éthanol 98% (50 : 50, v/v)

Eau : éthanol 98% (50 : 50, v/v)



Fig.229 Vue des matériaux après tests

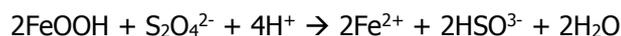
Hormis pour le test avec la salive qui nécessite un rinçage, l'utilisation de solvants a globalement permis d'accélérer le temps du nettoyage. Toutefois, le retrait des dépôts s'avère déjà suffisamment efficace grâce aux méthodes mécaniques.

Tests de nettoyage des taches de fer

Ne connaissant pas la composition exacte de ces taches de fer, nous avons choisi de tester 2 solutions de complexants : le triammonium citrate (TAC) et une solution de dithionite de sodium (SDT)/TAC, à l'aide de gel d'agar-agar (AgarArt®, 2% dans l'eau déminéralisée). Les solutions ont été tamponnées à pH 6, c'est-à-dire au même pH que l'objet, afin de réduire les risques de dégradations dues à des pH acides ou basiques.

Le TAC (ou acide citrique) est un acide faible pouvant complexer des ions métalliques avec une affinité proche (constantes de formation (Kf) entre 3 et 6) et entre un pH 4,5 et 8,5²⁴⁵. La constante Kf du complexe TAC-Fe(II) est de 3,08, ce qui en fait un complexe moyennement stable, soluble et capable de se dissocier facilement. Aussi pour qu'un complexe citrate-fer se forme, il faut que le Kf des complexes acides aminés-Fe(II) soit plus faibles.

Le SDT (Na₂S₂O₄) est un composé capable de réduire le Fe(III) en Fe(II), plus soluble²⁴⁶. L'ion dithionite (S₂O₄²⁻) est l'espèce active qui réagit avec les ions oxyhydroxydes de Fer, selon la réaction de réduction suivante :



Le HSO₃⁻, qui est un des produits de cette réaction, peut se décomposer en sulfure d'hydrogène (H₂S), reconnaissable à sa teinte jaunâtre. S'il est mal rincé, ce composé est susceptible de réagir avec le Fe²⁺ et de précipiter en d'autres produits de corrosion du fer comme le sulfure de fer – qui est faiblement soluble²⁴⁷.

Nous avons ensuite reproduit des taches de fer sur des éprouvettes (Fig.230-231). Pour se faire, nous avons enfilé un fil de fer au travers des éprouvettes et frotté des oxydes de fer réduits en poudre sur leur surface. Nous les avons ensuite vieilli artificiellement dans une étuve à 40°C, saturée à 100% d'humidité relative, pendant 5 jours.



Fig.230 Vue des éprouvettes après vieillissement artificiel



Fig.231 Détail des taches de fer sur l'une des éprouvettes

²⁴⁵ Wolbers, 2013, p.125

²⁴⁶ Selwyn et Tse, 2008, p.61-62

²⁴⁷ Ibid., p.67

Le tableau 34, ci-dessous, présente les résultats de nos tests selon leur concentration, leur temps d'application et les effets constatés. Entre chaque temps d'application, la surface de la tache a été nettoyée en roulant un bâtonnet ouaté imbibé d'eau déminéralisée.

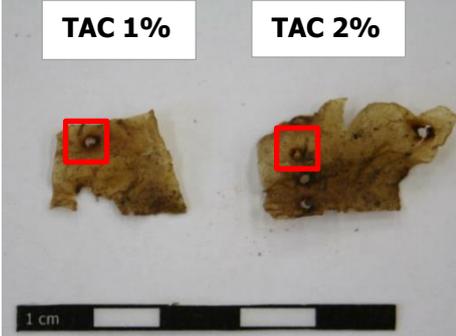
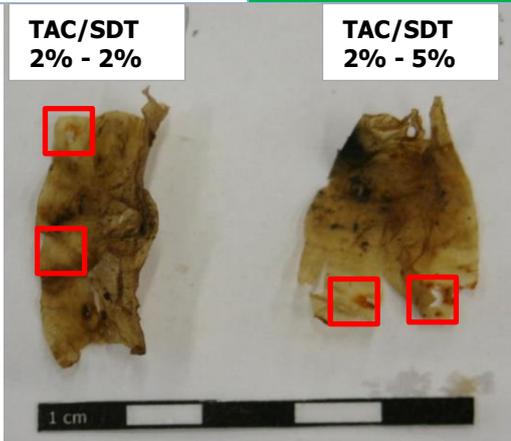
Composé et concentration	Temps d'application	Effet constaté	Bilan d'efficacité
<i>Citrate, 1% (0,05 M) pH 6</i>	5 minutes 10 minutes	Ramollissement de la membrane	Inefficace
<i>Citrate, 2% (0,1 M) pH 6</i>	5 minutes 10 minutes 20 minutes	Faible solubilisation du dépôt au bout de 30 minutes Ramollissement de la membrane	Peu efficace
			
<i>SDT 2% (0,1M) et citrate 2% (0,1M) pH :6-7</i>	5 minutes 10 minutes 20 minutes	Faible solubilisation du dépôt au bout de 10 minutes Eclaircissement de couleur de la tache au bout de 30 minutes Ramollissement de la membrane	Efficace mais temps de traitement long
<i>SDT 5% (0,3 M) et citrate 2% pH 6</i>	5 minutes 10 minutes 20 minutes	Effets similaires au précédent	Idem
			

Tableau 34 Résultats des tests des différents gels selon leur concentration, leur temps d'application et les effets constatés

Nous avons opté pour l'utilisation de gels d'agar-agar, qui est un polysaccharide complexe composé principalement d'agarose et d'agaropectine. Comme il est rigide, il permet de faire des gels découpables et qui présentent une forte rétention d'eau, ce qui apporte un bon contrôle de l'apport d'humidité. Comme elle ne possède pas de pouvoir adhésif, elle ne pose pas de problèmes de consolidation des dépôts et ne laisse pas de résidus²⁴⁸.

Bilan : Ces tests nous ont permis de constater que, même en augmentant la concentration de TAC, ce complexant s'avérait peu efficace pour le nettoyage des taches (Fig.232-233). Celui-ci a pu être optimiser par l'ajout de SDT, dont l'action a visuellement été efficace dès 0,1 M (2%) (Fig.234-235). L'augmentation de sa concentration n'a pas permis d'améliorer les effets combinés du réducteur et du complexant. Enfin, globalement, les temps de traitement nécessaires pour percevoir un effet complexant sont longs (30 minutes).

Humidification et remise en forme

	Méthodes de traitement		
	Contact direct avec l'eau liquide	Utilisation de vapeur d'eau : méthode localisée	Utilisation de vapeur d'eau : méthode en enceinte saturée
<i>Mise en œuvre</i>	Bains de solvant (eau, alcools) Pulvérisation d'eau sur la surface et brossage de la surface	Apport de vapeur d'eau par micro diffusion à travers une membrane imperméable à l'eau liquide	Apport de vapeur d'eau dans un environnement clos et étanche Utilisation de contenants et matériaux absorbants imbibés, matériaux tampons, appareil d'humidification électrique automatisé
<i>Avantages</i>	Lubrification homogène Rapidité de traitement	Apport d'eau liquide limité Traitement progressif et ponctuel Peut être utilisée en complément d'une enceinte saturée (zones faiblement accessibles et délicates)	Apport d'humidité homogène et contrôlé Rapidité de traitement Contraintes réduites
<i>Inconvénients</i>	Absence de contrôle et de sélectivité Risque de dénaturation des protéines Risque de réticulation en cas de solubilisation des graisses	Pas de visibilité durant le traitement Risque de formation d'auréoles Création de contraintes entre la zone humidifiée et les zones adjacentes Temps de travail long	Risque de formation d'auréoles Risque de développement microbiologique Peut induire des chocs climatiques

Tableau 35 Synthèse des différentes méthodes d'humidification recensées dans la littérature, présentées selon leurs avantages et inconvénients

²⁴⁸ C.T.S France, 2016, p.1-2

Le tableau 35 présente la mise en œuvre, les avantages et les inconvénients des 3 principales méthodes d'humidification des parkas.

La remise en forme se fait progressivement, à l'aide de matériaux de rembourrage inertes et non abrasifs – tels que du papier de soie non acide, du non tissé de polyester, du tulle de nylon ou encore des poches en feuilles de polyéthylène thermosoudées et gonflées²⁴⁹.

Etant donné l'absence de contrôle et de sélectivité des méthodes d'humidification en bain, nos tests se sont centrés uniquement sur l'utilisation d'eau vapeur.

Tests d'humidification localisée

L'humidification par la vapeur d'eau repose sur l'équilibre établi entre l'humidité relative du milieu et celle contenue dans le matériau. A une température donnée, chaque matériau a une teneur en humidité spécifique selon l'hygrométrie du milieu²⁵⁰. Pour rompre cet équilibre, et augmenter la teneur en eau du matériau, à température ambiante, il faut donc apporter de l'humidité au milieu.

Comme les membranes sont non tannées, le nombre de groupes polaires et hydrophiles est accru²⁵¹. L'eau peut s'y fixer grâce aux fonctions hydroxyles et amines du collagène, et agir comme « plastifiant » en s'insérant entre les fibres. Aussi, plus elles sont dégradées, plus leur hygroscopicité et leur capacité d'absorption augmentent tandis que leur capacité de désorption diminue^{252,253}. La présence de sels hygroscopiques participe aussi favorablement à ce phénomène.

Enfin, le pH de l'objet est déterminant pour la réalisation du traitement. S'il se situe en dessous de 4 ou au-dessus de 10, l'augmentation de l'humidité peut favoriser l'hydrolyse des chaînes polypeptidiques et leur dénaturation²⁵⁴.

Un test d'humidification localisée a été réalisé sur 2 zones discrètes mais présentant des caractéristiques représentatives de l'ensemble, l'une se situant sur un pli peu marqué et facile d'accès et l'autre présentant un pli fort nécessitant une mise en œuvre plus complexe (Fig.237, ci-après).

Du Gore-Tex® est disposé sur le pli à remettre en forme, puis une feuille de papier buvard non acide humecté d'eau déminéralisée est placée sur la partie feutrée. Le tout est recouvert de Saran®²⁵⁵ afin de ralentir l'évaporation de l'eau et favoriser la saturation en vapeur d'eau (Fig.236, ci-après).

²⁴⁹ Elarbi, 2014, p.98

²⁵⁰ Chahine, 2013, p.256

²⁵¹ Sully, 1992, p.51

²⁵² La conséquence de la rupture des chaînes peptidiques est la libération de sites polaires et donc l'augmentation de la capacité du collagène à fixer de l'eau

²⁵³ Chahine, 2013, p.258-259

²⁵⁴ Sully, 1992, p.51

²⁵⁵ Film étirable en polyéthylène transparent.

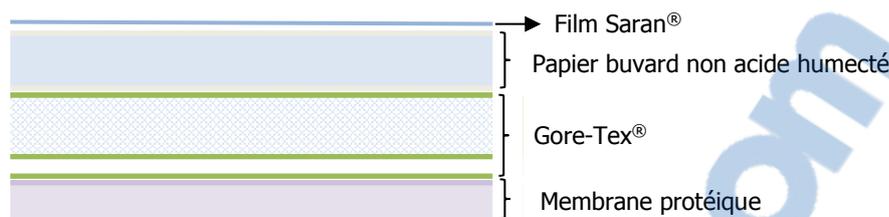


Fig.236 Schéma de mise en œuvre de la méthode d'humidification localisée

L'eau vapeur est amenée par micro diffusion à travers le Gore-Tex®. Ce matériau est constitué d'une membrane poreuse en polytétrafluoroéthylène (PFTE) laminée sur une feuille de non-tissé de polyester. Grâce à ses pores de 0,2 µm, il reste perméable à la vapeur d'eau mais pas à l'eau liquide²⁵⁶.

N°test	Temps de traitement	Bilan
Zone 1	Début de la remise en forme : 30 minutes Fin de la remise en forme : 1 heure	E : +/- T : +/- Nécessite une mise sous poids
Zone 2	Début de la remise en forme : 20 minutes Fin de la remise en forme : 45 minutes.	E : + T : +/- Formation de contraintes au niveau des zones non humidifiées

Tableau 36 Bilan des tests d'humidification localisée

Efficacité (E): + : efficace ; +/- : peu efficace ; - : inefficace
 Temps de traitement (T) : + : rapide ; +/- : moyen ; - : long

Fig.237 Tests d'humidification localisée : vue avant, pendant et après traitement



Vue de la zone 1 avant test d'humidification



Vue de la zone 1 pendant le test d'humidification



Vue de la zone 1 après test d'humidification



Vue de la zone 2 avant test d'humidification



Vue de la zone 2 pendant le test d'humidification



Vue de la zone 2 après test d'humidification

²⁵⁶ Hennion, 2013, p.99

Ces tests ont permis de confirmer la réactivité de la membrane à l'humidité et l'efficacité de ce traitement. Toutefois nous avons aussi pu constater la formation de contraintes entre les zones humidifiées et celles non traitées autour.

D'après leurs temps de réalisation, nous avons aussi pu évaluer le temps de travail pour remettre en forme la totalité de l'objet – estimé à plusieurs semaines. Cette méthode s'avère finalement trop chronophage pour traiter l'ensemble de l'objet et le nombre important de plis à traiter laisse supposer une gestion complexe des contraintes.

Tests d'adhésifs et de support de doublage pour la consolidation des coutures, trous et déchirures

Principe de la consolidation par doublage

Les membranes sont des matériaux souples et sujets aux variations dimensionnelles. L'adhésif choisi doit donc être flexible et ne doit pas induire de contraintes lors de la formation du film. Il doit présenter une température de transition vitreuse (Tg)* basse et une force d'adhésion moins importante que la cohésion physico-chimique des membranes, pour ne pas susciter de déchirures en cas de variations volumétriques ou de spoliations mécaniques. Il doit enfin présenter un pH neutre ou de 6 afin de ne pas favoriser de processus d'hydrolyse acide.

L'adhésif est d'abord appliqué sur la membrane, puis le doublage est amené par-dessus. Ce mode d'application facilite la mise en œuvre et améliore sa retraitabilité. En cas de retrait, le doublage ne peluchera pas, car le film d'adhésif se forme préférentiellement sur celui-ci²⁵⁷. Dans le cas de grandes zones, ceci permet de travailler par application progressive d'adhésif et d'ajuster la longueur, la forme et la tension du doublage²⁵⁸. Cette méthode permet aussi d'humidifier localement les bords des déchirures afin de les remettre en forme et les rend moins cassants²⁵⁹.

Une recherche a répertorié les adhésifs employés pour la consolidation des parkas d'été depuis les années 1980²⁶⁰. Cette recherche s'appuie sur la littérature disponible, les archives de ces deux institutions et sur un appel aux restaurateurs via la *Conservation Online DistList* et l'*American Institute for Conservation Object Specialty Group List Serv*. Les résultats ont permis de recenser de nombreux adhésifs, souvent employés en mélange.

Le tableau 37 ci-dessous présente les adhésifs les plus récurrents pour le traitement des parkas. Le second tableau présente les supports de doublage les plus utilisés pour la consolidation des membranes (Tableau 38, p.193).

²⁵⁷ Alembik, 2010, p.131

²⁵⁸ Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne]

²⁵⁹ Jackson et Hugues, 2009 [En ligne]

²⁶⁰ Horelick et al., 2011 [En ligne]

Tableau 37 Présentation des adhésifs utilisés pour la consolidation des parkas, recensés dans la littérature et présentés selon leur composition, leurs noms commerciaux, leurs propriétés spécifiques, leur retraitabilité, leurs avantages et inconvénients

	Acétate de polyvinyle (PVAc)	Ethers de cellulose	Acryliques
<i>Composition</i>	Copolymère d'éthylènevinylacétate, résine à base de cyclohexanone, d'ester phtalique de l'acide hydroabiétique, paraffine, plastifiant ²⁶¹	-Homopolymère d'acétate de polyvinyle -Copolymère d'éthylènevinylacétate - Copolymère d'alcool et d'acétate de polyvinyle	Ethyl-, méthyl-, hydroxypropyl-cellulose, etc.
<i>Noms commerciaux</i>	BEVA [®] 371 <i>Original Formula</i> , BEVA [®] Film	- Mowilith [®] Archivart [®] - Jade [®] , Vinamul [®] - CM [®] Bond, CM [®] -2	Dispersions acryliques : - Copolymère d'éthylhexylacrylate et d'éthylacrylate - Copolymère de méthacrylate de méthyl et d'acrylate de butyle
<i>Propriétés spécifiques</i>	pH 7, Tg : 68°C Température d'utilisation optimale est de 66°C (dès 40-45°C) Film transparent, brillant, flexible, résistant à la traction	Viscosité, solubilité et flexibilité variables selon le poids moléculaire, la présence d'additifs et le fabricant pH 4-8 Force de collage élevée Tg entre 17 et 30°C Film souple, transparent, brillant ²⁶⁴	Methocel [®] , Tylose [®] , Klucel [®] Viscosité, force de collage et flexibilité variables selon le poids moléculaire Film souple, mat, transparent Forte viscosité mais adhésivité plus faible que les PVAc Film souple, incolore, transparent et faiblement brillant Tg -31°C pour Lascaux [®] HV303 et 13°C pour Lascaux [®] HV498
			Solutions acryliques : Homopolymère de méthacrylate de butyle Plexisol [®] P550 ²⁶³ Force de collage moyenne pH 6-7 Tg : 25°C Film incolore, transparent, souple

²⁶¹ C.T.S France, 2017

²⁶² La Lascaux[®] HV360 n'est plus commercialisée et a été remplacée par la Lascaux[®] HV303 qui présente sensiblement les mêmes propriétés.

²⁶³ Anciennement Acryloid F-10.

²⁶⁴ American Institute for Conservation of Art and Historic Works, 2017 [En ligne]

<i>Retraitabilité</i>	Chaleur, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques ²⁶⁵	Eau, alcool, cétones, esters, chaleur ²⁶⁶	Eau, alcools	Eau jusqu'à 24h après leur application. Puis cétones, alcools et hydrocarbures aromatiques	Cétones, esters, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques ²⁶⁷
<i>Avantages</i>	Adhésif sans apport d'eau Recommandé pour la consolidation et le collage de surfaces grasses et cireuses ²⁶⁸	Adhésifs en émulsions adaptés aux consolidations de surface et collages Stabilité physico-chimique des copolymères à long terme (pH neutre, films souples, jaunissement faible) ²⁶⁹	Limite ou évite l'apport d'eau (employé dans l'éthanol) Résistants à la lumière Possibilité de modifier la viscosité et la force de collage en jouant sur leur concentration	Utilisées en mélange (1 : 3, v/v) pour allier leurs propriétés : film flexible, résistant à la traction et non poisseux Recommandés pour le doublage des toiles, des textiles et des cuirs ²⁷⁰	Alternative aux dispersions acryliques en solution aqueuse
<i>Inconvénients</i>	Applicable à chaud	Instabilité physico-chimique des homopolymères (acidification, jaunissement, dégagement de COV, réticulation et fragilisation)	Force de collage faible Hygroscopique Assombrissement des surfaces Sensible aux effets des micro-organismes et à l'hydrolyse ²⁷¹	pH faiblement basique (8-9)	Poisseux après séchage

²⁶⁵ Kronthal et al. 2003, p.343

²⁶⁶ Alembik, 2010, p.131-132

²⁶⁷ Lardet, 2014 [En ligne]

²⁶⁸ Fenn, 1984, p.138

²⁶⁹ Down, 2015, p.47

²⁷⁰ Lascaux Colors & Restauo, 2017 [En ligne]

²⁷¹ American Institute for Conservation of Art and Historic Works, 2017 [En ligne]

Les copolymères de PVAc présentant les meilleures performances de stabilité sont la Jade[®] 403, le BEVA[®] 371 et la Mowilith[®] DMC2 – les deux premiers jaunissent peu tandis que le dernier jaunit, s'acidifie faiblement et libère des composés organiques volatils. Les homopolymères et les copolymères acryliques présentent la même stabilité physico-chimique. Le Plexisol[®] P550 et le Lascaux[®] HV303 sont les adhésifs qui montrent les meilleures performances à long terme. Ils conservent une bonne stabilité chimique (faible réticulation), garantissant leur retraitabilité à long terme. Toutefois, s'ils sont soumis à la lumière, le premier jaunit faiblement et devient cassant tandis que le second perd en cohésion, devient faiblement acide et jaunit légèrement²⁷².

Tableau 38 Supports de doublage utilisés pour la consolidation des parkas, recensés dans la littérature et présentés

	Supports d'origine animale	Supports d'origine végétale	Supports synthétiques ²⁷³
<i>Produits, nom de marque</i>	Feuilles d'intestin de mouton, de cochon et d'agneau Boyau de saucisse (naturelle ou synthétique) Feuilles de baudruche ²⁷⁴	Papier Japon Kozo (Mûrier à papier) Papier Japon Gampi (<i>Wikstremia sikokiana</i>)	Non-tissé de polyester (Hollytex [®]) Non-tissé de polyamide (Cerex [®])
<i>Propriétés spécifiques</i>	Nature protéique et propriétés physico-chimiques similaires à celles des membranes Translucides, fins, souples, résistant à la traction	Blancs à bruns clairs, satinés, souples et fins pH 6-8,6 ²⁷⁵	Fins, légers, chimiquement inertes et résistants aux acides, aux agents oxydants et aux solvants
<i>Avantages</i>	Comportement thermo-mécanique similaire à celui des membranes Compatibles avec les propriétés optiques des membranes Bonne stabilité physico-chimique à long terme ²⁷⁶	Adaptés au doublage de quasiment tous les substrats Résistance à la pliure et la déchirure Bonne stabilité physico-chimique à long terme Faible jaunissement Faciles à mettre en œuvre Peuvent être frangés	Polyester : translucide, surface lustrée, stable à la lumière et faible sensibilité aux variations thermo-hygrométriques
<i>Inconvénients</i>	Hygroscopiques Sensibles à la déchirure, la perforation et au jaunissement Ne peuvent pas être frangés	Hygroscopiques	Polyamide : hydrophile et sensible aux variations thermo-hygrométriques Ne peuvent pas être frangés

²⁷² Down, 2015, p.47-48

²⁷³ Landry, 2014, p.141

²⁷⁴ Fabriquées à partir du tissu le plus externe du gros intestin du bœuf.

²⁷⁵ Papiers Japon, 2017 [En ligne]

²⁷⁶ Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne]

Comme ils présentent des propriétés thermomécaniques similaires à celles des membranes, les supports d'origine animale sont particulièrement adaptés au doublage des parkas. Cruickshank et Sáiz Gómez (2009, [En ligne]) signalent d'ailleurs que des consolidations, réalisées au début des années 1980 sur des parkas conservées au British Museum, remplissaient toujours convenablement leur fonction en 2009, démontrant une bonne compatibilité et stabilité physico-chimique. Toutefois, ces matériaux sont moins faciles à mettre en œuvre et ne peuvent être frangés.

Le papier Japon est le matériau de doublage d'origine végétale le plus couramment utilisé pour le traitement des parkas. Le papier Japon Kozo, avec des fibres longues de 5 à 20 mm en moyenne, est le plus utilisé et le plus résistant. Le papier Gampi, composé de fibres de 3 à 5 mm de long, se caractérise par sa teinte jaune pâle et sa surface lustrée. Ces papiers sont reconnus pour leur stabilité physico-chimique dans le temps et leur faible jaunissement. Ils sont aussi faciles à mettre en œuvre.

Tests des adhésifs et supports de doublage sélectionnés

La température de rétraction initiale (Ti) de la parka étant de 47,7°C, l'emploi de BEVA® est proscrit. A l'inverse, les autres PVAc, les éthers de cellulose et les dispersions acryliques peuvent être utilisées sans risque de dénaturer les fibres de collagène de la parka.

L'eau, l'éthanol et le white spirit, qui ont eu le moins d'effets altérant durant les tests de solubilité, seront les solvants de dilution des adhésifs testés. Ils ont aussi l'avantage d'avoir une vitesse d'évaporation plus faible que les autres solvants testés, limitant la formation de bulles durant le séchage. Ils se caractérisent par une mouillabilité supérieure, ce qui améliore l'étalement de l'adhésif sur la surface et favorise la formation d'un film homogène.

Nous avons sélectionné les adhésifs suivants :

- Le mélange Lascaux® HV 303 et HV 468 (1 : 3, v/v) et la Jade® 403, qui sont des adhésifs en phase aqueuse.
- La Klucel® G 5% avec 1% de glycérine (m/v), employée dans un mélange d'eau déminéralisée-éthanol 98% (50 : 50, v/v) afin de limiter l'apport d'eau tout en induisant une meilleure mouillabilité et une évaporation plus rapide de celle-ci.
- Le Plexisol® P550, qui nous permet d'éviter d'apporter de l'eau sur la membrane.

Les supports de doublage sélectionnés pour les tests sont les suivants :

- Papier Japon Kozo (9 et 17 g/m²).
- Papier Japon Gampi (12 et 20 g/m²).
- Feuille de boudruche.

Afin de pouvoir comparer les effets provoqués par les adhésifs et les doublages, les tests ont été réalisés sur des éprouvettes de membranes de dimensions identiques (7 cm x 12 cm), présentant une déchirure longitudinale de 5 cm. Les supports de doublage ont été découpés en bandes 2 cm x 5 cm. Les adhésifs ont été appliqués sur les éprouvettes et les supports de doublage ont été disposés ensuite par-dessus.

Support de doublage	Lascaux® HV							
	303 et HV 468		Plexisol® P550		Klucel® G 5%		Jade® 403	
<i>Baudruche</i>	M	-	M	+	M	-	M	-
	C	+	C	+	C	+	C	+
	V	+	V	+/-	V	+	V	+
	R	+	R	+	R	+	R	+/-
	Bilan	+	Bilan	+	Bilan	+	Bilan	+
<i>Papier Japon Kozo (9 et 17 g/m²)</i>	M	+	M	-	M	+	M	+/-
	C	+	C	+	C	+/-	C	+/-
	V	+/-	V	-	V	-	V	+/-
	R	+/-	R	+	R	+	R	+/-
	Bilan	+	Bilan	+/-	Bilan	+	Bilan	+/-
<i>Papier Japon Gampi (12 et 20 g/m²)</i>	M	+/-	M	-	M	+	M	+/-
	C	+	C	+	C	+	C	+
	V	+/-	V	+/-	V	-	V	+/-
	R	+	R	+	R	+	R	+/-
	Bilan	+	Bilan	+	Bilan	+	Bilan	+/-

Tableau 39 Bilan des tests de consolidations réalisés sur les éprouvettes

Légende :

M : Mise en œuvre : + : facile ; - : difficile

C : Comportement mécanique après séchage : + : flexible ; +/- : faible rigidité ; - : forte rigidité

V : Visibilité : + : peu visible +/- : visible ; - : trop visible

R : Retraitabilité : + : bonne, ne laisse pas de résidus ; +/- : partielle, laisse des résidus ; - : mauvaise, désagrègement du doublage, impossibilité de retirer l'adhésif

Bilan : Le mélange de Lascaux® et la Klucel® G sont les adhésifs qui ont obtenu les meilleurs bilans. Néanmoins, le mélange de Lascaux® s'est parfois avéré plus difficile à mettre en œuvre et à retirer et le film formé était généralement brillant. A l'inverse, la Klucel® G a formé des films mates, facilement applicables et retraitables et avec un comportement mécanique adapté (Fig.238). Bien que leur mise en œuvre ait souvent été peu aisée, les doublages en feuilles de baudruche ont obtenu les meilleurs résultats de compatibilité mécanique, visuelle et de retraitabilité.

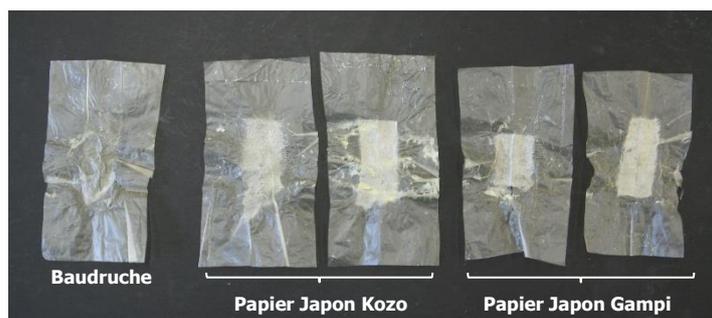


Fig.238 Résultats de tests de consolidation avec la Klucel®G

Réalisation du support de stockage et d'exposition

Hormis les parkas exposées temporairement (durée maximale de 3 mois) (Fig.240), tous ces vêtements sont conservés les bras ouverts après leur remise en forme. Cette position favorise un maintien durable du patron en T et réduit les risques de dégradations mécaniques qu'impliquent une absence prolongée de soutien.



Fig.239 Support d'exposition et de stockage à long terme 2010 © Musée du Quai Branly-Jacques Chirac



Fig.240 Support temporaire bras tombant © Scott Polar Research Institute, Cambridge 2012



Fig.241 Support de stockage © British Museum, Cruickshank et Sáiz Gómez, 2009 [En ligne]



Fig.242 Support de stockage © Pitt Rivers Museum, Jackson et Hughes, 2009 [En ligne]

Ces supports sont réalisés avec des matériaux légers et inertes chimiquement (mousse de polyéthylène, ouate de polyester). Les surfaces des objets sont protégées du contact direct par des matériaux non abrasifs, comme des tissus variés (calicot, molleton), du non tissé de polyéthylène (Tyvek®) ou de polyester. Seul les supports d'exposition temporaire s'adaptent à la translucidité du matériau en proposant des solutions de maintien en Plexiglas®, mais ceux-ci s'avèrent peu adaptés au soutien des objets à long terme et sont coûteux.

VIII. Indications pour l'installation du support et de l'objet

Instructions en français

Installation du support de stockage/exposition dans l'objet



Insérer chaque bras. Le bras « A » correspond au bras dextre et le « B » au bras senestre.



Insérer les coussins « A » et « B » dans chaque bras.



Insérer le support de la capuche



Insérer le support du corps. Veiller à positionner la face « FRONT » vers l'avant.



Accrocher les Velcro® correspondant ensemble. Insérer les extrémités du support de la capuche dans les encoches prévues.



Placer les coussins « A » et « B » aux emplacements correspondant (arrière, flanc, épaule)



Placer la partie inférieure du support entre les équerres de fixation du socle d'exposition et stabiliser l'ensemble avec les vis de serrage.



A l'aide d'une deuxième personne, fixer la partie supérieure du support d'exposition sur son socle.

Installation l'objet dans la boîte de transport/stockage



Installer le calage dans la manche senestre et dans le poignet dextre.



Installer les cales sur chaque paroi.



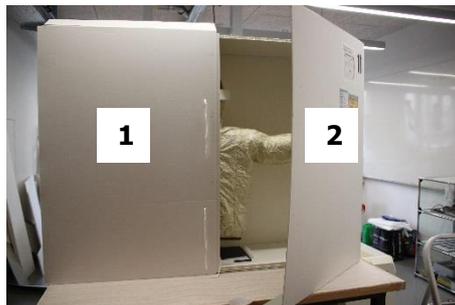
Installer l'objet dans la boîte en calant la base sur la mousse prévue à cet effet.



A l'aide de 2 autres personnes, disposer en même temps le calage du bras senestre et le bras dextre dans les calages prévus à cet effet.



Installer les calages de la capuche.



Fermer le volet droit puis le gauche.

Instructions en allemand

Anbringen des Aufbewahrungs- / Ausstellungssupports im Objekt



Beide Arme einfügen. Der Arm „A“ entspricht dem rechten Arm und „B“ dem linken Arm.



Die Kissen „A“ und „B“ unter jedem Arm einfügen.



Einfügung des Supports der Kapuze.



Einfügung des Supports für den Körper. Die Seite „FRONT“ muss dabei nach vorn ausgerichtet sein.



Die zusammengehörenden Klettverschlüsse zusammenfügen. Einfügung der Extremitäten des Kapuzensupports in die vorgesehenen Kerben.



Die Kissen „A“ und „B“ an den entsprechenden Stellen setzen (Rückseite, Flanke, Schulter).



Die Supportunterseite zwischen die Befestigungswinkel des Ausstellungssockels positionieren und das Ganze mit den Schrauben befestigen.

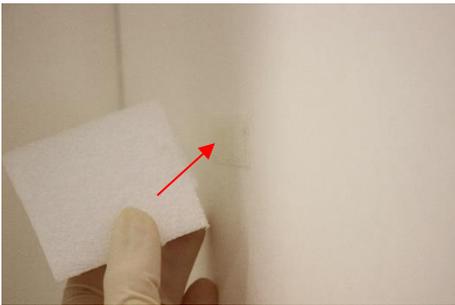


Den oberen Teil des Ausstellungssupports mit Hilfe einer Zweitperson am Sockel befestigen.

Einrichtung des Objekts in der Transport- / Lagerungsschachtel



Die Polsterung im linken Ärmel und am rechten Handgelenk anbringen.

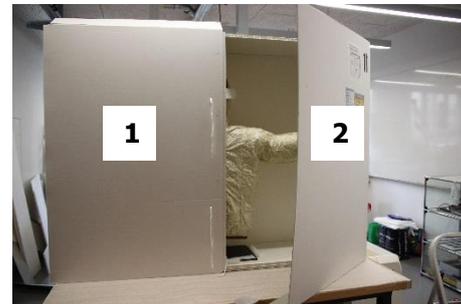


Die Polster an jeder Seitenwand anbringen.

Das Objekt in der Schachtel versorgen indem der Sockel im dafür vorgesehenen Schaumstoff eingefügt wird.



Unter Mithilfe von 2 Personen die Polster des linken und des rechten Arms gleichzeitig auf der hierfür vorgesehenen Polsterung lagern.



Die Polsterungen für die Kapuze anbringen.

Den rechten und linken Flügel schliessen.

IX. Liste des produits utilisés et fournisseurs

Fournisseurs	Produits	Adresse du fournisseur
Boucherie Papaux SA	Intestins de bœuf (boyaux de cervelas)	Route de la Gruyère 9, CH-1723 Marly
ReactoLab SA	Solvants organiques	http://www.reactolab.ch/
Plastimea	Eponge cosmétique sans latex	https://www.plastimea.com/
Kremer Pigmente	Eponge P.V.A. Winsor & Newton® CRETACOLOR®	https://www.kremer-pigmente.com/fr
C.T.S. Srl	Salive synthétique Gel d'agar-agar AgarArt® KluCEL® G Plexisol® P550	http://www.ctseurope.com/fr/index.php
Sigma Aldrich	Triammonium citrate Dithionite de sodium	https://www.sigmaaldrich.com/
Stouls	<i>Gore-Tex</i> ® Papier buvard sans acide Papier Japon Kozo Papier Japon Gampi <i>Hollytex</i> ® Ouate de polyester	http://www.stouls.com/index.php
Oekopack Conservus AG	Carton nid d'abeille 13 et 8 mm d'épaisseur	https://www.oekopack.ch/home.html?L=2
KLUG Conservation	Papier gommé neutre et sans réserve alcaline	https://www.klug-conservation.fr/

Talas	Jade® 403	http://www.talasonline.com/
William Cowley	Feuille de baudruche	http://www.williamcowley.co.uk/
Dow® Chemical Company	<i>Saran®</i>	http://www.dow.com/en-us
3 M	<i>Velcro®</i>	https://www.3mshop.ch/fr
Mercerie 29	<i>Rigiband®</i> Rubans de polyester	29 Grande Rue, FR-25500 Morteau
Kaufmann et fils SA	Aluminium Visserie	http://www.kaufmann-fils.ch/
Jallut	<i>Dupli-Color®</i> <i>Knuchel Farber®</i>	http://www.jallut.ch/
Essentra Components™	Rivets en nylon	https://www.essentracomponents.fr/
Magasin Centrakor	Montants métalliques et de connections en polypropylène <i>IDspace®</i>	9 Chemin des Pierres FR-25500 Morteau
Magasin Mr. Bricolage	Bâches de polyéthylène transparent	10 Avenue Charles de Gaulle FR-25500 Morteau