



**Identification et caractérisation de biocides résiduels sur des
objets africains conservés au Musée d'ethnographie de
Neuchâtel**

Mémoire présenté par :

Gonnon Astrid

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO in Conservation

Orientation objets archéologiques et ethnographiques

Année académique 2014-2015

Remise du travail : *20.07.2015*

Jury : *24-25.08.2015*

Nombre de pages : *149*

Engagement

« J'atteste que ce travail est le résultat de ma propre création et qu'il n'a été présenté à aucun autre jury que ce soit en partie ou entièrement. J'atteste également que dans ce texte toute affirmation qui n'est pas le fruit de ma réflexion personnelle est attribuée à sa source et que tout passage recopié d'une autre source est en outre placé entre guillemets. »

A Neuchâtel, le 20.07.2015

Remerciements :

Je tiens à remercier le Musée d'ethnographie de Neuchâtel et tous les membres du personnel pour leur accueil chaleureux et pour avoir mis tout en œuvre pour que ce travail se déroule dans les meilleures conditions possibles.

J'adresse également un remerciement particulier à Mme Magali Stoller, conservatrice-restauratrice et responsable de mon encadrement au Musée d'ethnographie de Neuchâtel, pour ses nombreux conseils, ses relectures et ses encouragements.

Mes remerciements sincères s'adressent à Mme Armelle Vallat, Docteure en chimie au sein de la plateforme de chimie analytique de l'Institut de chimie de l'Université de Neuchâtel, pour m'avoir donné l'opportunité de réaliser ces analyses GC-MS, sa disponibilité, ses explications et son enthousiasme pour ce sujet.

Je remercie spécialement Mme Marie Wörle, responsable du laboratoire de recherche en conservation au Musée national suisse, pour son aide tout au long de mes recherches, pour ses recommandations et sa disponibilité, et M. Erwin Hildbrand, assistant de laboratoire et chercheur en conservation au Musée national suisse, pour nous avoir gracieusement fourni les standards nécessaires à la réalisation de ces analyses GC-MS et pour tous ses renseignements.

Je tiens également à remercier toutes les personnes qui, grâce à leur aide et les informations qu'ils m'ont fournies, ont participé à la réalisation de ce travail :

M. Régis Bertholon, responsable de filière de la He Arc Conservation-Restauration et enseignant référent de ce mémoire, pour son encadrement et ses conseils.

M. Tobias Schenkel, enseignant à la He Arc Conservation-Restauration et membre de jury du Bachelor, pour m'avoir permis d'effectuer ces analyses FRX et m'avoir aidé à les interpréter, ainsi que M. Thierry Jacot et M. Valentin Boissonnas, enseignants à la He Arc Conservation-Restauration et membres de jury du Bachelor, pour leurs conseils avisés et leur encadrement.

Mme Laura Brambilla, adjointe scientifique au bureau de la Recherche appliquée et du Développement à la He Arc Conservation-Restauration, Mme Edith Joseph, adjointe scientifique à la He Arc Conservation-Restauration, et M. Christian Binet, enseignant à la He Arc Conservation-Restauration, pour leurs renseignements sur les méthodes d'analyses et leurs conseils.

M. Roland Kaehr, ancien conservateur adjoint au Musée d'ethnographie de Neuchâtel et véritable mémoire vivante de l'institution, M. Michel Burri, gérant d'une entreprise de désinfection, désinsectisation et dératisation à Neuchâtel et Mme Judith Huber, étudiante à la Staatliche Akademie der Bildenden Künste de Stuttgart, pour leurs témoignages et les précieuses informations qui ont permis de faire aboutir ces investigations.

M. Patrick Gerber, hygiéniste-inspecteur du travail du canton de Neuchâtel, M. Christian Voirol, professeur et responsable de la Recherche appliquée et du Développement à la He Arc Santé ainsi que Mme Isabelle Ryser, chargée de sécurité, et M. Maurice Binggeli, responsable du système santé et sécurité au travail de la ville de Neuchâtel, qui, par tous leurs renseignements et leurs conseils m'ont guidée et éclairée sur les questions de santé et sécurité au travail.

M. Yves Fischer, directeur suppléant de l'Office fédéral de la Culture et M. Jacques Bujard, conservateur cantonal et chef de l'Office du Patrimoine et de l'Archéologie du canton de Neuchâtel pour leurs renseignements.

M. Yann Chaudier, Docteur en chimie, pour ses conseils et ses relectures.

J'adresse toute ma gratitude à mes parents et à mon frère pour m'avoir toujours soutenue et encouragée à continuer dans cette voie.

Pour finir, un grand merci à toute la « 3BA » pour ces trois belles années passées ensemble, le soutien en toutes circonstances, la bonne humeur et l'amitié, ainsi qu'à Ana, Momo, Clément et tous mes amis franc-comtois et du sud de la France pour leur présence dans les bons et les mauvais moments, leur soutien moral et leurs encouragements.

Sommaire

Résumé	5
Abstract.....	6
Introduction générale	7
Partie 1 : Présentation du Musée d'ethnographie de Neuchâtel et du corpus de l'étude	9
1. Le Musée d'ethnographie de Neuchâtel et ses collections	9
1.1 Repères historiques du musée	9
1.2 Situation de la réserve Afrique	10
1.3 Présentation du corpus de l'étude.....	12
Partie 2 : Identification et caractérisation des biocides résiduels	16
2. Documentation des biocides résiduels et de l'état de la collection	16
2.1 Evaluation de l'état de conservation de la collection Afrique et du corpus de l'étude	16
2.2 Recherches de données historiques	17
2.2.1 Utilisation des biocides inorganiques dans les collections ethnographiques	17
2.2.2 Utilisation des biocides organiques dans les collections ethnographiques	19
2.3 Identification des biocides résiduels au sein du corpus de l'étude	25
2.3.1 Identification des composés à base d'arsenic et de mercure	25
2.3.2 Identification des biocides organochlorés	28
2.3.3 Interprétation des résultats et confrontation avec les données historiques.....	34
Partie 3 : Présentation des risques et propositions de recommandations pour la gestion des objets	37
3. Risques pour la conservation des objets et pour le personnel usager	37
3.1. Présentation des risques pour la conservation des collections.....	37
3.1.1 Influence des biocides sur la conservation des matériaux	37
3.1.2 Discussion sur le nettoyage à sec et avec aspiration.....	39
3.2 Risques pour le personnel usager et propositions de recommandations pour le stockage, l'exposition, le prêt et la manipulation des objets	40

3.2.1 Présentation des risques toxicologiques	41
3.2.2 Propositions d'amélioration des solutions de stockage de la réserve Afrique ...	44
3.2.3 Recommandations pour le prêt et l'exposition	47
3.2.4 Recommandations pour la manipulation	48
Synthèse / discussion	51
Conclusion générale.....	52
Liste des références bibliographiques	54
Liste des communications personnelles écrites et orales.....	60
Liste des figures	61
Liste des tableaux	62
Liste des graphiques	63
Liste des abréviations et sigles	63
Liste des crédits photographiques et des illustrations	65
Glossaire	66
Annexes.....	72
Annexe 1 : Figures	72
Annexe 2 : Tableaux	74
Annexe 3 : Graphiques.....	83
Annexe 4 : Schémas	84
Annexe 5 : Protocoles	85
Annexe 6 : Fiches de constat d'état et de prélèvements	92
Annexe 7 : Documents complémentaires	138
Annexe 8 : Liste de fournisseurs des matériaux et équipements recommandés	149

Résumé

Bien qu'ancienne, l'utilisation de biocides organiques et inorganiques dans les collections ethnographiques est longtemps restée une pratique peu documentée. Elle a néanmoins permis la sauvegarde et la transmission d'un grand nombre d'objets jusqu'à nos jours.

Ces substances peuvent migrer, des années plus tard, à la surface des objets sous forme de cristallisations ou gazeuses. Parce que leur toxicité peut s'avérer élevée, leur présence dans les collections implique de nouveaux risques d'ordre sanitaires et conservatoires. Ce travail a pour objectifs d'identifier et de caractériser des biocides résiduels, observés sur des objets conservés au Musée d'ethnographie de Neuchâtel, ainsi que de formuler des recommandations permettant d'améliorer la gestion de ce patrimoine contaminé.

Le recours à des investigations scientifiques, complétées par des analyses instrumentales, est l'une des méthodes permettant d'apporter des informations pour leur documentation et de formuler des solutions pour réduire ces risques. Nous avons constitué un corpus de 15 objets, choisis selon des critères définis et nous avons centré notre travail d'identification sur 3 biocides : l'arsenic, le mercure et le Dichlorodiphényltrichloroéthane (DDT). Puis nous avons établi un protocole d'analyse par spectrométrie de fluorescence X (FRX) et un protocole de prélèvement et d'analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS) permettant également l'étude des phénomènes de cristallisation.

Ces analyses nous ont permis de confirmer la présence de DDT sur 69 % des objets étudiés. Quelques métabolites (DDD, DDE et DDMU) sont aussi présents sur 15 à 23% de ce corpus. Les analyses qualitatives ont montré que ces biocides ne sont pas présents uniquement dans les zones de cristallisations, tandis que les analyses semi-quantitatives ont révélé que les quantités de biocides sont plus élevées dans les prélèvements de cristallisations que dans les zones ne présentant pas de résidus visibles. A l'inverse, ces analyses ne nous ont pas permis de mettre en évidence la présence de biocides inorganiques.

Nous avons enfin formulé des recommandations pour le stockage, le prêt, l'exposition et la manipulation des objets contaminés en privilégiant la mise en place de mesures de protection collectives puis individuelles. Ces mesures collectives visent essentiellement à réduire les risques toxicologiques et la contamination des autres objets par la sensibilisation du personnel et l'isolement des objets contaminés. La méthode de décontamination partielle par nettoyage à sec à l'aide d'une aspiration est également abordée.

Abstract

The use of organic and inorganic biocides in ethnographical collections stayed for a long time a little documented practice. Nevertheless, it allowed the protection and the transmission of a large number of objects until our days.

These substances can migrate, years later, on the surface of objects as crystallizations or gas. Because their toxicity can be high, their presence in collections implies new sanitary and protective risks. This work's objective is to identify and to characterize residual biocides, observed on objects of the Museum of ethnography, Neuchâtel's collection, as well as to formulate recommendations to improve the management of this contaminated heritage.

The resort to scientific investigations, completed by instrumental analyses, is one of the methods that can give informations for their documentation and to formulate solutions to reduce these risks. We selected a corpus of 15 objects, chosen according to defined criteria and we centered our work of identification on 3 biocides : arsenic, mercury and Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT). Then we set up a protocol of analysis by spectrometry of X-ray fluorescence (FRX) and a protocol of sampling and analysis by gas-chromatography-mass spectrometry (GC-MS) which also allow the study of the crystallization phenomena.

These analyses confirmed us the presence of DDT on 69 % of the studied objects. Some metabolites (DDD, DDE and DDMU) are also present on 15 to 23 % of this corpus. The qualitative analyses showed that these biocides aren't present only in the crystallizations areas, whereas the semi-quantitative analyses revealed that the quantities of biocides are higher in the samples of crystallizations than in areas not presenting visible residues. On the contrary, these analyses did not allow us to highlight the presence of inorganic biocides.

We finally formulated recommendations for the storage, lend, exhibition and manipulation of contaminated objects by favoring the setting up of collective then individual protective measures. These collective measures aim mainly at reducing the toxicologic risks and the contamination of the other objects by consciousness-raising of the staff and isolation of the contaminated objects. Partial decontamination methods by dry cleaning and aspiration is also approached.

Introduction générale

Les collections ethnographiques rassemblent des objets qui n'ont généralement pas été conçus pour perdurer dans le temps. En effet, ceux-ci sont majoritairement constitués de matériaux organiques, d'origine animale et végétale, qui présentent une grande sensibilité aux agents de dégradation biologiques : microorganismes, insectes et rongeurs.

Diverses stratégies ont été mises en place à travers les époques pour protéger ces collections de la biodégradation*¹ et permettre leur transmission jusqu'à nos jours. Parmi celles-ci, l'utilisation de biocides a longtemps été une pratique fréquente dans les institutions patrimoniales. Les biocides sont des substances utilisées pour détruire certains organismes vivants, tels que les insecticides et les fongicides. Ils ont été employés plus ou moins massivement depuis le XVIIIe siècle et peuvent persister, selon leur nature, durant de longues périodes dans les collections. Aujourd'hui, l'utilisation d'une grande majorité d'entre eux est proscrite, en raison de leur toxicité pour la santé humaine et l'environnement.

Les collections du Musée d'ethnographie de Neuchâtel, dont les origines remontent à la fin du XVIIIe siècle, ne font pas exception et illustrent bien l'histoire de ces pratiques. La présence de biocides résiduels dans ses collections est aujourd'hui problématique, notamment à cause de leur capacité à migrer, quelques années ou décennies plus tard, à la surface des objets en formant des efflorescences cristallines ou bien sous forme gazeuse. Ils ont ainsi une incidence sur l'intégrité matérielle et immatérielle des collections. Selon leur volatilité, ils peuvent également contaminer d'autres objets et leur environnement.

Leur présence dans les collections représente donc non seulement un risque pour la conservation à long terme de celles-ci, mais aussi pour la santé des personnes amenées à être fréquemment en contact, telle que les conservateurs-restaurateurs, les chercheurs ainsi que les institutions souhaitant les emprunter pour des expositions.

Selon le Code de déontologie de l'ICOM, la mission première d'un musée est d'assurer la protection, la documentation, la promotion et la transmission du patrimoine culturel de l'humanité grâce au développement d'une politique de gestion raisonnée². Dans le cadre de cette mission, ce travail a pour objectifs d'identifier et de caractériser les biocides résiduels observés sur des objets de ces collections, ainsi que de formuler des recommandations soutenant la mise en place d'une politique de gestion adaptée aux spécificités des objets contaminés par des biocides, tant du point de vue de la santé et la sécurité au travail que de leur conservation à long terme.

Dans ce but, nous avons choisi de centrer notre travail sur la collection Afrique, dont les locaux de stockage vont prochainement être réaménagés, et plus particulièrement sur un corpus d'objets choisis

¹ Tous les mots signalés pour un astérisque sont définis dans le glossaire, p.66-71

² ICOM, 2012 [En ligne]

selon des critères pré définis. L'histoire du musée, les spécificités de cette collection ainsi que du corpus seront présentées dans la première partie de ce travail.

Nous avons ensuite mené une enquête scientifique, basée sur l'étude de ces objets, de la documentation écrite (archives, littérature spécialisée, documentation scientifique) et orale (entretien avec des intervenants actuels et anciens) relative à l'emploi de biocides dans les musées d'ethnographie et au Musée d'ethnographie de Neuchâtel. Suite à ces investigations, nous avons focalisé notre travail sur l'arsenic, le mercure et le DDT. Ceci nous a alors permis d'élaborer une méthodologie d'analyse scientifique adaptée à leur identification et à l'étude des phénomènes de cristallisation à la surface des objets contaminés. Nous présenterons dans une deuxième partie les résultats de cette enquête ainsi que des analyses instrumentales menées pour l'identification et la caractérisation de ces biocides résiduels.

Enfin, nous présenterons dans une dernière partie les risques pour la conservation des collections et la santé des collaborateurs ainsi que les recommandations formulées pour les réduire et en améliorer la gestion à long terme.

Partie 1 : Présentation du Musée d'ethnographie de Neuchâtel et du corpus de l'étude

1. Le Musée d'ethnographie de Neuchâtel et ses collections

1.1 Repères historiques du musée

L'histoire du Musée d'ethnographie de Neuchâtel (MEN) commence en 1795 lorsque le général Charles Daniel de Meuron lègue sa collection à la ville de Neuchâtel. Dans la lignée des Cabinets de curiosités* du XVIIIe siècle, elle est composée d'une majorité de *naturalia** et de quelques *artificialia** (provenant d'Afrique, d'Asie ou encore de la troisième expédition de James Cook sur les Iles Sandwich et Hawaii)³. En 1835, le Cabinet est transféré au Collège latin, sous l'impulsion de Louis Coulon (1804-1894), directeur des musées depuis 1829. Les collections sont alors divisées en collection d'histoire naturelle (donnant naissance au Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel) et en collection d'objets ethnographiques⁴. Une salle du musée est consacrée aux artefacts « *ethnographica* » : armes, instruments et vêtements, présentés en tant que représentants des diverses productions humaines⁵. Après plusieurs déménagements et partages, les collections sont définitivement transférées en 1904 à la Villa Pury, sous la direction de Charles Knapp (1855-1921), conservateur de 1892 à 1921. Cette dernière avait été léguée en 1902 aux autorités communales par James Ferdinand de Pury, à la condition formelle que la Villa accueille le nouveau Musée d'ethnographie. Inauguré le 14 juillet 1904, les collections y sont encore actuellement exposées et conservées⁶.

Le fond du musée est composé de près de 50 000 objets, dont la moitié environ est représentée par les collections africaines. Il comprend aussi des collections asiatiques, inuites et océaniques, ainsi que des instruments de musique extra-européens et des objets d'Egypte ancienne. Enfin, les collections comportent depuis 1984 une série d'objets industriels, reflétant la globalisation mondiale⁷.

Le MEN, dirigé par Marc-Olivier Gonseth depuis 2006, se compose désormais de trois bâtiments : la Villa de Pury, la Black Box et l'Octogone (Cf. Fig. 1,



Fig. 1 Musée d'ethnographie de Neuchâtel.

³ Kaehr et Sierro, 2005, p.21

⁴ Ibidem, p.23

⁵ Ibid., p.24

⁶ Ibid., p.31

⁷ Les collections du MEN, 2014 [En ligne]

p.9), qui datent respectivement de 1870-1871, 1954-1955 et 1984-1986⁸. Le musée possède enfin, outre la réserve Afrique où sont conservés les objets étudiés dans le cadre de cette étude, deux autres lieux de stockage externalisés.

Afin de résoudre les problèmes de conservation liés à la vétusté des infrastructures d'exposition et de stockage, l'ensemble du MEN bénéficie d'une campagne d'assainissement et de rénovation. Amorcée depuis 2015 dans la villa de Pury, elle autorisera une mise aux normes en vue de l'amélioration des conditions de conservation muséales. Dans ce même but, un second projet de rénovation des locaux de la Black Box sera déposé d'ici fin 2015. Celui-ci comprendra notamment le réaménagement de la réserve Afrique et aura pour finalité d'offrir de nouvelles conditions de conservation à long terme tout en augmentant sa capacité de stockage.

1.2 Situation de la réserve Afrique

La réserve Afrique, dite « réserve Gabus », se situe au sous-sol de la Black Box. Inspirée d'un voyage d'étude de Jean Gabus, son but était de stocker les collections dans un minimum d'espace, tout en restant facilement accessibles pour l'étude et en vérifier l'état de conservation⁹. D'une surface de 340m², l'espace a été conçu comme visitable et organisé pour permettre à la fois la conservation à long terme des objets et leur mise en exposition (Cf. Fig. 2, p.10 et Fig. 4, p.11). Pour ce faire, 3 types de modules de stockage ont été mis à disposition pour accueillir initialement un minimum de 50 000 objets, comme des panneaux verticaux et mobiles, s'ouvrant et se consultant comme les pages d'un livre¹⁰.



Fig. 2 Croquis représentant les magasins de la réserve Afrique.

⁸ Historique du MEN, 2014 [En ligne]

⁹ Sierro, 2005, p.312

¹⁰ Ibid., p.322



Les collections qui y sont conservées illustrent la tradition africaniste marquée du musée, influencée par les dons des missionnaires et explorateurs neuchâtelois ainsi que par les nombreuses missions ethnographiques organisées par l'institution au cours du XXème siècle¹¹.

Les plus anciennes acquisitions datent de la fin du XVIIIe et du XIXème siècle¹² (Cf. Fig. 3, p.11). Les fonds se sont ensuite enrichis durant le XXème siècle, et plus particulièrement grâce à l'acquisition de collections provenant de République démocratique du Congo, d'Angola, du Sahara et du Gabon. A cela s'ajoute, des objets provenant d'Afrique de l'Ouest (notamment le Ghana, le Nigéria) et d'Afrique centrale, ainsi que d'Afrique australe et Madagascar¹³.

Fig. 3 Défense sculptée du Loango, don de James-Ferdinand de Pury (XIXe siècle).

La collection Afrique incarne parfaitement la problématique intrinsèque à la conservation des collections ethnographiques¹⁴. Elle est composée d'objets majoritairement constitués de matériaux organiques, et plus spécifiquement de bois ou de matériaux lignifiés*, comme des vanneries, ainsi que des matériaux cellulosiques variés (textiles, tapis, éléments en fibres végétales diverses) (Cf. Fig.4, p.11). De nombreux objets sont également composés de



Fig. 4 Vue actuelle de la réserve Afrique et de ses panneaux mobiles, illustrant la prédominance des matériaux organiques d'origine végétale.

matériaux organiques d'origine animale, comme des plumes, des fourrures et des cuirs ainsi que de la corne, de l'os et de l'ivoire. On trouve enfin des objets constitués de matériaux inorganiques, et notamment des métaux, des terres crues et du matériel lithique.

La prédominance des matériaux organiques d'origine végétale et animale rend ces collections particulièrement sensibles aux attaques biologiques de microorganismes, d'insectes kératophages* ou xylophages* et de rongeurs, pour qui elles constituent un substrat de prédilection pour leur

¹¹ Les collections Afrique, 2014 [En ligne]

¹² Kaehr et Sierro, 2005, p.22

¹³ Les collections Afrique, 2014 [En ligne]

¹⁴ Rolland-Villemot, 1998, p.15

développement¹⁵. Les dommages causés par les attaques d'insectes sont les plus problématiques, puisqu'ils peuvent induire la destruction de la structure d'un objet, dégrader sa surface et détruire ses caractéristiques esthétiques ou symboliques importantes¹⁶.

1.3 Présentation du corpus de l'étude

La présence de biocides issus d'anciens traitements de désinfestation pose aujourd'hui des problèmes en raison de leur rémanence* et de leur impact sur l'intégrité matérielle et immatérielle des objets¹⁷. En effet, ces substances qui recristallisent sur leur surface induisent, d'une part, une modification de leurs aspects et de leurs valeurs culturelles et constituent, d'autre part, un risque sanitaire pour les divers intervenants travaillant auprès de ces collections.

Dans ce contexte, l'identification et la caractérisation de biocides résiduels observés sur des objets conservés dans la réserve Afrique permettront de répondre utilement au besoin de formuler des recommandations permettant d'améliorer la gestion des objets contaminés, tant du point de vue sanitaire que pour leur conservation à long terme.

Justification du choix du corpus

Nous avons établis plusieurs critères de sélection en concertation avec Mme Magali Stoller, conservatrice-restauratrice encadrant ce travail au sein du MEN, et Mme Armelle Vallat, collaboratrice scientifique en charge des analyses de chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS). Suivant leurs indications, nous avons formé un corpus représentatif des collections Afrique mais permettant aussi de faciliter la réalisation des analyses et l'exploitation des informations recueillies.

Nous avons ainsi sélectionné 2 objets pour effectuer les analyses de spectrométrie de fluorescence X (FRX), ainsi que 13 objets pour réaliser les analyses GC-MS (Cf. Tableau 1, p.13).

¹⁵ Kigawa et Strang, 2013 [En ligne]

¹⁶ Odegaard, 2005, p.15-18

¹⁷ Odegaard *et al.*, 2006, p.42

N°	Dénomination de l'objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance
Objets sélectionnés pour les analyses XRF				
1	Coiffe	III.C.2505	1921	République démocratique du Congo
2	Outre à baratter	82.4.2	1982	Nigéria
Objets sélectionnés pour les analyses GC-MS				
1	Cimier avec calotte	III.B.70	1920	Mali
2	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo
3	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun
4	Masque zoomorphe	56.13.1	1956	Cote d'ivoire
5	Statuette féminine	60.7.24	1960	Cote d'ivoire
6	Masque polychrome	65.17.1	1965	République Démocratique du Congo
7	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin
8	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria
9	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie
10	Natte pour essorer le fromage	82.4.6	1982	Niger
11	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigéria
12	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie
13	Mortier en bois	03.2.1	2003	Niger

Tableau 1 Tableau récapitulatif des objets constituant le corpus de l'étude, présentés selon leur date d'entrée dans les collections et leur provenance.

Nous avons d'abord choisi des objets montrant des traces manifestes de la présence de biocides, comme des cristallisations* (Fig. 5, p.13). Afin d'améliorer nos chances de détecter des biocides résiduels, notamment lors des analyses GC-MS, nous avons privilégié le choix d'objets présentant des cristallisations étendues et/ou volumineuses. Ainsi, nous avons effectué des prélèvements plus



Fig. 5 Cristallisations de biocides sur le masque polychrome (65.17.1).

conséquents, où la quantité de biocides était probablement plus élevée, et donc susceptible de se situer au-dessus du seuil de détection de l'appareil.

Les objets ont ensuite été choisis selon leur date d'entrée dans les collections, dans le but de couvrir une période temporelle étendue, mais aussi selon leur provenance. Nous avons enfin privilégié le choix d'objets présentant des traces d'infestations anciennes (présence de trous d'envol, d'exosquelette, etc.).

Concernant l'identification de biocides inorganiques, nous avons opté pour des objets qui, selon notre enquête préalable, nous paraissaient le plus susceptibles d'avoir subi des traitements de ce type.

Afin d'optimiser l'utilisation de la GC-MS, nous avons choisis uniquement des objets composés de bois ou de matériaux lignifiés (Cf. Annexe 7, p.138). Etant le matériau constitutif majoritaire de cette collection, ceci nous a permis d'élaborer un corpus le plus représentatif possible. De plus, le bois et les matériaux lignifiés subissent généralement moins de traitements lors du façonnage des objets, à l'inverse d'autres matériaux très transformés comme les cuirs dont le façonnage implique l'apport de nombreuses substances (tanins, colorants, stabilisants, etc.)¹⁸. Ces diverses préparations peuvent favoriser la production d'un bruit de fond important sur les spectres obtenus après analyses et perturber non seulement leur lecture mais aussi l'interprétation des résultats.

Valeurs culturelles des objets du corpus

L'objet ethnographique permet de faire « connaître et comprendre la société, la nature, l'histoire et la culture d'une population, définie par une identité linguistique et anthropologique, exprimée dans une communauté de traits matériels et spirituels »¹⁹.

Collectés ou acquis en tant que reflets de la vie quotidienne de nombreuses cultures, les objets qui constituent cette sélection présentent de nombreuses fonctions et sont porteurs de valeurs culturelles multiples.

En tant que témoins d'un stade de la création humaine, utilisés dans un cadre socioculturel spécifique, ils sont d'abord porteurs d'une valeur de recherche historique²⁰. Ces objets témoignent notamment de l'importance de la sculpture en tant que dominante majeure de l'expression culturelle en Afrique et nous renseignent sur le rapport que ces groupes humains entretiennent avec leurs divinités et le monde les environnant, où les relations sont maintenues à travers les symboles et les rites secrets initiatiques²¹.

Ils sont aussi porteurs d'une valeur d'ancienneté, qui se manifeste par la présence d'altérations liées à leur utilisation et à la dégradation naturelle de leurs matériaux constitutifs. Ces indices suggèrent qu'ils appartiennent à une époque passée et lointaine²². A travers leurs formes, leurs dimensions et leur

¹⁸ Chahine, 2013, p.11-12

¹⁹ Rolland Villemot, 1998, p.15-16

²⁰ Appelbaum, 2007, p.102-103

²¹ Lehuard, 1999, p.47

²² Appelbaum, 2007, p.104

technologie de façonnage, ils témoignent d'une volonté de création artistique et sont donc porteurs d'une valeur artistique. Ils ont été fabriqués comme le support d'une expérience visuelle cherchant à nous faire ressentir des émotions, qui se manifeste lorsqu'ils sont exposés au regard des autres²³. Enfin, certains objets, par leur fonction d'apprentissage et leur dimension ludique, sont également porteur d'une valeur pédagogique²⁴.

²³ Appelbaum, 2007, p.104

²⁴ Idem

Partie 2 : Identification et caractérisation des biocides résiduels

2. Documentation des biocides résiduels et de l'état de la collection

2.1 Evaluation de l'état de conservation de la collection Afrique et du corpus de l'étude

La collection Afrique étant actuellement en cours de déménagement, nous n'avons pas pu estimer son état de conservation général. Cependant, une grande partie des objets restant a montré des signes d'infestations anciennes, comme des lacunes au niveau des plumes, des trous d'envol et des galeries, attestant de l'activité d'insectes kératinophages et xylophages. Ceci nous a été confirmé par M. Roland Kaehr (conservateur adjoint au MEN pendant 40 ans) et M. Michel Burri²⁵, qui nous ont indiqué avoir pris des dispositions pour lutter contre des anthrènes, des attagènes, des vrillettes du pain et des mites des vêtements.

Les objets de notre corpus se présentent globalement dans un bon état de conservation, ce qui selon leur ancienneté peut être révélateur d'un traitement avec un biocide persistant*²⁶. La consultation des archives du musée ne nous a toutefois pas permis d'obtenir des informations à ce sujet. De plus, sur 15 objets sélectionnés, 14 arborent des cristallisations diverses sur leur surface, pouvant attester de la présence de biocides résiduels. Afin de faciliter leur documentation et leur observation, nous avons établis 7 critères de description : couleur*, brillance*/matité*, extension* (localisée ou étendue), aspect visuel*, dureté*, texture* et adhérence* (Cf. Annexe 6 : Fiches de constat d'état et de prélèvements, p.92-137). Nous avons utilisé deux types de lumière blanche : une lumière ambiante, dite normale, et une lumière rasante, à l'aide d'un éclairage supplémentaire et dirigé vers la surface de l'objet. Nous avons également effectué ces observations à l'aide d'une loupe compte-fil (grossissement x10) et d'une lame de scalpel en acier. A l'issue de ces observations, nous avons identifié plusieurs types de cristallisations : des voiles*, des concrétions* plus ou moins volumineuses (Cf. Fig. 6 et 7, p.16) et des cristaux isolés* (cf. Annexe 1 : Fig. 25, p.72), tous répartis de façon hétérogène sur la surface des objets.



Fig. 6 Voiles de biocides s'étant développés sur la surface du cimier avec calotte (III.B.70).



Fig. 7 Concrétions de biocides formés sur la surface du cimier avec calotte (III.B.70).

²⁵ M. Burri est gérant d'une entreprise de désinfection, désinsectisation et dératisation à Neuchâtel.

²⁶ Poulin, 2004, p.12

Enfin, 7 objets présentent des signes d'infestations anciennes (trous d'envol, galeries, plumes dégradées, etc.). Nous avons aussi trouvé des exosquelettes d'anthrènes et d'attagènes sur 2 d'entre eux (Cf. Fig. 8, p.17 et Annexe 1 : Fig. 26, p.72).



Fig. 8 Exosquelette d'une larve d'anthrène retrouvé sur la natte pour essorer le fromage (82.4.6).

2.2 Recherche de données historiques

De tous temps, l'homme a mis en place des procédés pour ralentir la biodégradation des biens culturels. Parmi ces procédés, les biocides ont été les plus couramment utilisés mais aussi ceux qui ont le plus évolués, parallèlement aux avancées scientifiques et technologiques modernes²⁷. Ces produits se caractérisent notamment par leur rémanence, calculée en durée de demi-vie*. Plus celle-ci est longue et plus le produit est persistant²⁸.

La difficulté majeure pour ce type de collection est l'absence de documentation des traitements effectués sur les objets, combinée à la variabilité des produits possiblement utilisés. En effet, l'utilisation de pesticides* a longtemps été considérée comme une activité commune, c'est pourquoi elle a peu bénéficié d'une documentation spécifique²⁹.

2.2.1 Utilisation des biocides inorganiques dans les collections ethnographiques

Entre la fin du XVIIIe et le XIXe siècle, la gestion des infestations biologiques était principalement effectuée à l'aide de biocides inorganiques, dont les plus connus sont les préparations à base de mercure, d'arsenic, de plomb et de brome³⁰.

Les témoignages concernant l'utilisation de pesticides dans les collections du MEN nous permettent de remonter à l'époque de Théodore Delachaux (conservateur de 1921 à 1945)³¹. Néanmoins, il est fort probable que les collections aient pu bénéficier de traitements plus anciens. En effet, les fonds de collection du musée partagent une histoire commune avec celles du Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel. Conservées dans les mêmes locaux, elles ont alors pu bénéficier des mêmes attentions

²⁷ Kearney, 2001, p.44-45

²⁸ Odegaard et Sadongei, 2005, p.14

²⁹ Ibid., p.11

³⁰ Pfister, 2008, p.17-18

³¹ Kaehr, 04.05.2015, communication orale

concernant leur protection et leur désinfection. En outre, un travail de détection et d'identification de biocides a récemment révélé la présence d'arsenic sur 94% d'un corpus de 32 de spécimens naturalisés actuellement conservés au musée, et dont les plus anciens datent du milieu du XIXe siècle³². Ce passé commun nous a également été signalé par M. Kaehr, qui nous a signifié la probabilité d'avoir utilisé des biocides à base d'arsenic.

Utilisation des biocides à base d'arsenic dans les collections ethnographiques

L'arsenic (As ; Z=33) est un élément métalloïde qui se présente sous la forme de cristaux friables de couleur gris acier et inodores³³. Il est très répandu dans les minerais métalliques tels que le sulfure d'arsenic (orpiment As_2S_3 , réalgar As_2S_2) ou encore les arséniosulfures (mispickel FeAsS). Il peut laisser des dépôts poudreux ou cristallins blancs pouvant s'accumuler dans les fissures, les fentes ou les coutures, mais bien souvent ses dépôts ne sont pas spécialement localisés³⁴.

Son utilisation dans le domaine patrimonial remonte au XVIIIe siècle. Il entrait dans la composition de préservatifs, employés dans la préparation des spécimens naturalisés, mais aussi dans la fabrication de biocides³⁵. Les composés d'arsenic ont été utilisés en tant qu'insecticide et insectifuge* dans tous types de collections et indifféremment sur une large variété de matériaux³⁶. Ils ont été employés sous forme de pâte, directement appliqués sur l'intérieur des peaux et sur les os des spécimens naturalisés. Ils pouvaient être utilisés sous forme liquide, comme la liqueur de Fowler (KH_2AsO_4) ou l'arsenic acide (H_3AsO_4) (Cf. Fig. 9, p.18), appliqués par imprégnation à l'aide d'un pinceau ou par immersion, ou bien sous forme de poudre de sels d'arsenic (sels de Macquer (KH_2AsO_4)) directement saupoudrée sur les objets. Enfin, l'emploi de fumigations* arsenicales, jugées efficaces contre les teignes, était couramment pratiqué pour le traitement de Cabinets ou d'espace de stockage et d'exposition, imprégnant alors jusqu'au mobilier³⁷.

Bien que son utilisation fût interdite dès 1960 en raison de sa forte toxicité, l'arsenic ne fut progressivement remplacé qu'à partir des années 1970 et finalement utilisé jusque dans les années 1990 dans certains musées³⁸.



Fig. 9 Flacon d'arsenic acide sous forme solide

³² Dangeon, 2014, p.26-27

³³ Ibid., p.23

³⁴ Péquignot, 2006, p.4

³⁵ Idem

³⁶ Shugar et Sirois, 2012, p.313

³⁷ Péquignot, 2006, p.5

³⁸ Dangeon, 2014, p.24

Utilisation des biocides à base de mercure dans les collections ethnographiques

Le mercure (Hg ; Z=80) est l'unique métal liquide dans les conditions normales de température et de pression. Il se présente sous la forme d'un liquide blanc argenté, brillant, inodore, très dense et mobile³⁹. Il existe aussi sous formes de sels organiques et inorganiques (minéral avec oxyde, chlorure et sulfure de mercure, etc.)⁴⁰.

Il a principalement été utilisé dans les collections ethnographiques en tant qu'insecticide et fongicide, sous forme de chlorure mercurique (HgCl_2 ou « sublimé corrosif »)⁴¹ (Cf. Fig. 10, p.19). Celui-ci se compose de cristaux blancs, nacrés ou incolores et est volatile à température ambiante⁴². Il est soluble dans de nombreux solvants organiques, notamment les alcools et les cétones⁴³. Il peut se transformer en chlorure mercureux (Hg_2Cl_2) lors de sa réduction et libérer des vapeurs de mercure élémentaire⁴⁴.

Il a été employé depuis le XVIIIe siècle et jusque dans les années 1980 sous forme liquide, en solution dans de l'alcool, pour la protection des plumes, des peaux et des fourrures⁴⁵. Il pouvait être appliqué par imprégnation, badigeon ou par immersion de l'objet⁴⁶. Son usage était aussi préconisé pour le traitement d'objets subissant une infestation, il était alors injecté dans les galeries d'insectes⁴⁷. Des recettes anciennes recommandaient également de l'appliquer avec une petite quantité de naphta*, afin de prévenir les risques de recristallisation de sels. Il a parfois été dispersé en poudre sur les objets, dans les armoires et les tiroirs de stockage⁴⁸. Il pouvait enfin être employé en mélange avec de l'arsenic pour obtenir un biocide plus efficace⁴⁹.



Fig. 10 Flacon rempli d'une solution de chlorure mercurique

Son utilisation est interdite depuis 1998 à cause de sa toxicité pour l'homme et l'environnement⁵⁰.

2.2.2 Utilisation des biocides organiques dans les collections ethnographiques

Notre enquête nous a permis d'identifier l'utilisation de plusieurs types de biocides organiques durant le XXe siècle, reflétant dans le même temps l'évolution des usages dans les musées. En effet, dès la fin

³⁹ INRS, 2014, p.1-2.

⁴⁰ Dangeon, 2014, p. 30

⁴¹ ICC-CCI, 2002, p.1

⁴² Pfister, 2008, p.20-21

⁴³ INRS, 2014, p.1-2.

⁴⁴ Pfister, 2008, p.20-21

⁴⁵ Idem

⁴⁶ Golberg, 1996, p.26

⁴⁷ Augusti, 1954, p.127

⁴⁸ Golberg, 1996, p.26

⁴⁹ Dangeon, 2014, p. 30

⁵⁰ Idem

du XIXe siècle, l'utilisation des pesticides chimiques de synthèse se généralise dans les collections patrimoniales, ceci en raison du développement de la chimie appliquée au domaine agroalimentaire⁵¹. M. Kaehr a pu nous affirmer l'utilisation de « *Neocide®* Trix rouge » (*J.R. Geigy AG*), un insecticide à base de DDT, pour le traitement d'objets infestés jusqu'à la fin des années 1970 et probablement avant (Cf. Fig. 11, p.20). Aussi, en raison de leur forte toxicité et de leur longue persistance, nous avons choisi de centrer notre étude sur la détection des composés organochlorés, et plus particulièrement sur le DDT.



Fig. 11 Pulvérisateur à main de la marque *Neocide®* « Trix », semblable à celui qui a été utilisé au MEN.

Utilisation du DDT dans les collections ethnographiques

Le DDT ($C_{14}H_9Cl_5$; $M^*=354,5 \text{ g.mol}^{-1}$) est un produit chimique d'origine synthétique qui se présente sous forme de cristaux incolores ou de poudre blanche, insipide et inodore ou légèrement aromatique⁵². Très hydrophobe*, il présente toutefois une bonne solubilité dans la plupart des solvants organiques, les graisses et les huiles⁵³.

⁵¹ Kearney, 2001 p.44-45

⁵² Pfister, 2008, p.21-22

⁵³ Société Chimique de France, 2014 [En ligne]



Fig. 12 Pulvérisation de DDT par l'armée américaine pour lutter contre la malaria (1945).

Synthétisé par le chimiste autrichien Othmar Zeidler en 1874, ses propriétés insecticides ne sont découvertes qu'en 1939 par Paul Hermann Müller, chimiste suisse⁵⁴. Il existe sous forme de 2 isomères*, le p,p'-DDT et l'o,p'-DDT. Sa durée de demi-vie dans la nature est d'environ 20 ans, mais sa persistance peut s'avérer plus élevée dans les environnements froids, non aérés et sombres⁵⁵. Il a été le moyen de lutte agricole et domestique le plus populaire pour combattre les insectes ravageurs durant les années 1950 à 1970⁵⁶ (Cf. Fig. 12, p.21).

Il a été commercialisé sous divers noms, comme le *Neocide*® « Trix », le *Flytox*®, ou encore le *Zerdane*®⁵⁷ (Cf. Fig. 13, p.21). Signalons enfin que le DDT est un Polluant Organique Persistant (POP), dont la liste a été définie durant la *Convention de Stockholm* (2001)⁵⁸, entrée en vigueur en 2004. Celle-ci a permis de fournir un cadre international, fondé sur le principe de précaution, visant à réduire ou à éliminer l'utilisation de 12 substances nocives pour la santé humaine et l'environnement. Les POPs sont des produits chimiques toxiques, persistants, bioaccumulables* et mobiles* sur de grandes distances⁵⁹.

De nombreuses publications ont recommandé l'usage du DDT pour lutter contre les infestations biologiques en milieu patrimonial. Il a été utilisé sous sa forme liquide et appliqué en pulvérisation à effet rémanent* sur les objets, les structures de stockage et d'exposition ainsi que les archives⁶⁰. L'emploi d'une solution de DDT dans du kérosène était ainsi recommandée pour « imprégner la surface des bois et les bords des panneaux peints ». Il était alors injecté dans les trous d'envol et les aspérités des objets⁶¹. Il a aussi été employé dilué dans un



Fig. 13 Ancienne publicité pour le *Neocide*® « Trix » (1955).

⁵⁴ Société Chimique de France, 2014 [En ligne]

⁵⁵ Ricking et Schwarzbauer, 2012, p.320

⁵⁶ Szulczynska, 2000 [En ligne]

⁵⁷ Odegaard et Sadongei, 2005, p.27-30

⁵⁸ Egalement nommés les *Dirty Dozen* (« Douze salopards »), ils comprennent 8 pesticides (l'aldrine, le chlordane, le DDT, le dieldrine, l'endrine, l'heptachlore, le mirex, le toxaphène), 2 produits chimiques industriels (les polychlorobiphényles (PCB), l'hexachlorobenzène) et 2 sous-produits de processus chimiques industriels (les dioxines et les furanes).

⁵⁹ Stockholm Convention, 2008 [En ligne]

⁶⁰ Pleinderleith et Werner, 1979, p.52

⁶¹ Augusti, 1954, p.127

« distillat de paraffine inodore », afin d'éviter les problèmes de coloration dus à l'emploi d'un autre solvant et pulvérisé directement sur les cuirs et les peaux⁶². Il pouvait être utilisé en solution avec d'autres insecticides, comme le lindane, le pyrèthre ou l'acide cyanhydrique. Il a également été appliqué sous forme de poudre⁶³. Enfin, il a été parfois utilisé sous forme liquide, placé dans des contenants fixés à l'intérieur des boîtes de stockage ou des vitrines⁶⁴. Toutefois, ceci devait être assez inefficace en raison de sa faible volatilité⁶⁵.

Le DDT a servi à grande échelle entre la Seconde Guerre mondiale et 1972, date à laquelle son utilisation a été interdite. Cependant, il fut encore un des composants majeurs des insecticides jusque dans la fin des années 1980⁶⁶.

Composés organochlorés issus de la dégradation du DDT

On dénombre 10 sortes de métabolites* issus du processus de dégradation du DDT (Cf. Annexe 2 : Tableau 6, p.74)⁶⁷. Nous nous sommes centrés sur trois d'entre eux : le DDD, le DDE et le DDMU, que nous avons pu identifier sur les prélèvements analysés. Ils sont issus de la transformation de la partie aliphatique de la molécule de DDT formant des intermédiaires déshalogénés* avec ou sans doubles liaisons⁶⁸.

Le DDD ($C_{14}H_{10}Cl_4$; $M=320,04 \text{ g.mol}^{-1}$) est le principal métabolite du DDT formé en milieu anaérobie* (Cf. Fig. 14, p.22). Il existe sous trois formes isomériques (o,p' ; p,p' et m,p'). Il est mentionné pour la première fois en 1946 en Angleterre et il est parfois cité sous le nom de *Rothane*[®] ou de *Mitotane*[®]⁶⁹. Il présente des propriétés physico-chimiques similaires au DDT mais est considéré comme moins toxique. Il entrait auparavant dans la composition d'insecticides à base de DDT.

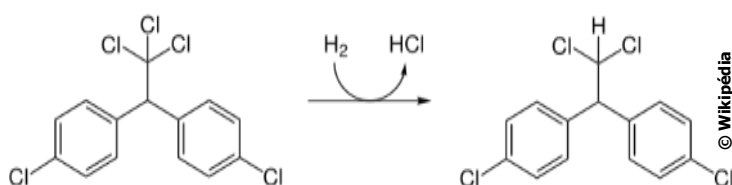


Fig. 14 Réaction de formation du DDD à partir du DDT

Le DDE ($C_{14}H_8Cl_4$; $M=318,03 \text{ g.mol}^{-1}$) est issu de la déshydrohalogénéation* du DDT (Cf. Fig. 15, p.23). Il est son principal métabolite produit en conditions aérobies* et il présente des propriétés physiques et

⁶² Pleinderleith et Werner, 1979, p.31

⁶³ Szulczynska, 2000 [En ligne]

⁶⁴ Golberg, 1996, p.27

⁶⁵ Pfister, 2008, p.21

⁶⁶ Schmidt, 2001, p.92

⁶⁷ Ricking et Schwarzbauer, 2012, p.318

⁶⁸ Ibid., p.317

⁶⁹ Mish, 1988, p.179

chimiques similaires. Il existe sous 2 formes isomériques (o,p' et p,p'-DDE). Il entrainait aussi dans la composition de pesticides à base de DDT⁷⁰.



Fig. 15 Réaction de dégradation du DDT permettant la formation du DDE

Le DDMU ($C_{14}H_9Cl_3$; $M=283.58 \text{ g.mol}^{-1}$) se forme lors de la déchloration* réductrice du DDE, dans des conditions anaérobies⁷¹ (Cf. Fig. 16, p.23). Il existe sous trois formes isomériques (m,p' ; p,p' et o,p'-DDMU) qui présentent également des propriétés physico-chimiques semblables au DDT⁷².

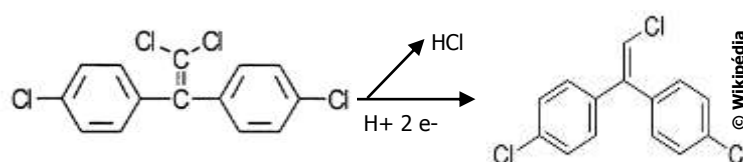


Fig. 16 Réaction de dégradation du DDE en DDMU

Autres biocides organiques identifiés lors de l'enquête

Nous avons pu aussi identifier, par le biais de témoignages écrits (Cf. Annexe 7 : Fig. 34 à 36, p.139-141) et oraux, l'emploi de plusieurs autres biocides au sein des collections. Vous trouverez en Annexe 2, un tableau récapitulatif des différents biocides organiques identifiés lors de cette enquête (Tableau 7, p.75-77).

Des boules de naphthalène ont été utilisées durant les mandats de M. Delachaux (1921-1945) et M. Gabus (1945-1978). Elles étaient disposées à proximité ou sur des objets infestés, notamment des peaux et des fourrures⁷³. Un petit pot et un bidon contenant une grande quantité de ce produit ont été retrouvés dans le musée (Cf. Fig. 17, p.24 et Annexe 1 : Fig. 27, p.72) et ils étaient aussi accompagnés de Paradichlorobenzène (PDCB) (Cf. Fig. 18, p.24). Ces deux composés, de la famille des hydrocarbures aromatiques et halogènes, sont utilisés communément en tant que fumigants* passifs et insectifuges. Ils se subliment tous deux à température ambiante et sont reconnaissables à leur forte odeur de goudron⁷⁴.

⁷⁰ Ricking et Schwarzbauer, 2012, p.318

⁷¹ Barragán-Huerta *et al.*, 2007, p.1

⁷² Ricking et Schwarzbauer, 2012, p.318

⁷³ Kaehr, 04.05.2015, communication orale

⁷⁴ Pfister, 2008, p.24



Fig. 17 Pot de naphthalène retrouvé dans le musée.



Fig. 18 Paquet de Paradichlorobenzène retrouvé dans le musée

L'étude d'un document d'archive datant de 2005 nous a permis d'identifier l'emploi de Dichlorvos (DDVP) et de Chlorpyrifos (DDNP) (Cf. Annexe 7, Fig.34, p.139), ce qui nous a aussi été confirmé lors d'un entretien avec M. Burri (en charge de la réalisation de ces traitements en 1998). Ces biocides organophosphorés ont été introduits pour remplacer les composés organochlorés. Ils présentent une persistance moindre que ces derniers mais peuvent laisser des produits de dégradation sur les objets⁷⁵. Le DDVP a été utilisé sous forme liquide (en solution dans un solvant organique) et pulvérisé dans la réserve Afrique de la même manière qu'une fumigation mais à froid. Le DDNP a été utilisé sous forme solide (microcapsules) en tant que fumigant passif⁷⁶. L'étude de ce document d'archive nous a enfin permis d'identifier l'utilisation d'un insecticide de la famille des Carbamates et Thiocarbamates (le *D-Stop radikal spray*®) ainsi que d'un composé de la famille des Pyréthrénoïdes (le *Permax Combi*® 250) qui a été employé par M. Burri en 2002. Un pulvérisateur à main (contenant des résidus de ce produit) a été retrouvé dans le musée, confirmant l'emploi de cet insecticide à l'interne (Cf. Annexe 1 : Fig. 28, p.72).

En raison de leur toxicité parfois élevée et de leurs effets sur la santé, l'environnement et les matériaux constitutifs des biens culturels, ces produits ne sont plus utilisés pour traiter les objets infestés ni pour prévenir des risques d'infestation. Actuellement, le musée favorise les traitements préventifs (inspections, piégeage) et curatifs (congélation).

⁷⁵ Dawson, 1992, p.19

⁷⁶ Burri, 26.05.2015, communication orale

2.3 Identification des biocides résiduels au sein du corpus de l'étude

2.3.1 Identification des composés à base d'arsenic et de mercure

Justification de la méthode choisie :

Il existe actuellement un large panel d'analyses disponibles pour la détection des biocides inorganiques (Cf. Annexe 2 : Tableau 8, p.77). Celles-ci se distinguent principalement par leur but (analyse qualitative ou quantitative), mais aussi par leur accessibilité et leur coût. En ce qui concerne cette étude, notre choix s'est tourné vers la spectrométrie de fluorescence X (FRX).

Nous avons écarté la réalisation des spots tests permettant la mise en évidence de l'arsenic⁷⁷. Bien que facilement accessibles et de faible coût, ils restent moins fiables car ils ont tendance à donner des faux positifs ou des faux négatifs⁷⁸. Enfin, ce test produit de l'arsine (AsH_3), un gaz hautement toxique, lors de la réaction de détection de l'arsenic. Il existe également une autre méthode de détection du mercure, facile à mettre en œuvre et abordable, qui est l'identification par fluorescence UV*. Cette technique repose sur la capacité de fluorescence du mercure⁷⁹. Néanmoins, elle peut générer des dégradations sur les matériaux sensibles aux effets des rayonnements UV (comme les plumes et le cuir). De plus, la présence de substances susceptibles de fluorescer, comme les huiles et les graisses issues du contexte d'origine des objets mais aussi des résidus de colles et d'anciennes restaurations la rendent moins fiable⁸⁰.

Nous avons opté pour la FRX car c'est une technique d'analyse élémentaire, aujourd'hui considérée comme une méthode standard pour la détection de métaux lourds dans les collections patrimoniales⁸¹. Elle permet d'effectuer des analyses ponctuelles et non invasives⁸². Elle offre une bonne fiabilité et une précision appréciable, tout en étant facilement accessible⁸³. En effet, la Haute école Arc possède un spectromètre de fluorescence X qu'il nous est possible d'utiliser gratuitement. En outre, c'est une méthode rapide de mise en œuvre (1 minute) et qui permet l'identification simultanée de plusieurs éléments⁸⁴.

Présentation de l'analyse et des résultats obtenus :

Les analyses ont eu lieu à la Haute école Arc (le 20 avril 2015), sous l'encadrement de M. Tobias Schenckel (enseignant de la He-Arc CR et responsable de l'appareil de FRX).

Elles ont été effectuées dans le but de mettre en évidence des composés d'arsenic et de mercure sur deux objets du corpus d'étude (Cf. Tableau 1, p.13). Dans ce but, nous avons procédé à des

⁷⁷ Odegaard et Sadongei, 2005, p.65

⁷⁸ Dangeon, 2014, p.25

⁷⁹ Ibid., p.31

⁸⁰ Mounier *et al.*, 2011, p.20-21

⁸¹ Shugar et Sirois, 2012, p.313

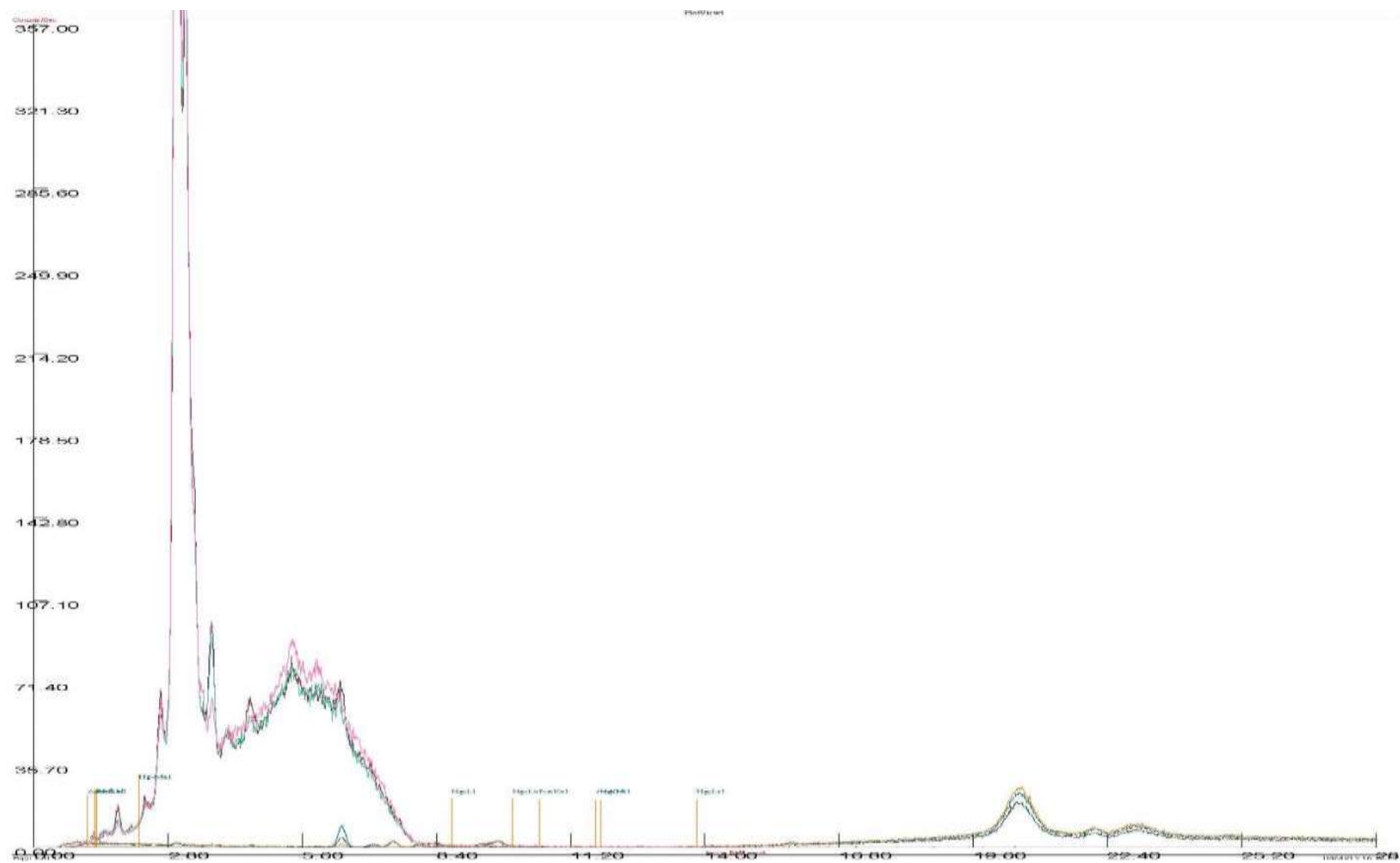
⁸² Sirois *et al.*, 2010, p.30

⁸³ Shugar et Sirois, 2012, p.313

⁸⁴ Sirois et Sansoucy, 2001, p.52

prélèvements par frottement d'un bâtonnet ouaté sur la surface des objets, sur une zone d'environ 10 cm de long. Le protocole d'analyse FRX se trouve en Annexe 5, p.85-86.

Après l'étude des spectres obtenus (cf. Graphe 1, p.27), nous pouvons dire qu'aucun des deux prélèvements n'ont été détectés positifs à l'arsenic ou au mercure. En effet, ces spectres ne présentent pas de pics d'émissions caractéristiques des substances recherchées (As et Hg). Ceux-ci auraient dû apparaître au niveau des raies orange, visibles sur les spectres. Nous pouvons enfin observer une bonne corrélation entre les 3 spectres obtenus (ils présentent tous trois le même pic caractéristique de l'argon (Ar) et le même bruit de fond typiquement obtenu avec ce type d'appareil).



Graph 1 Superposition des spectres de FRX obtenus lors de l'analyse des deux échantillons et du blanc © HECR Arc, AG.

2.3.2 Identification des biocides organochlorés

Justification de la méthode choisie

De nombreuses techniques sont actuellement disponibles pour la détection des biocides organiques (Cf. Annexe 2 : Tableau 9, p.78). Bien qu'il s'agisse d'une méthode adaptée à la détection de biocides organiques et facilement accessible, puisqu'elle est disponible au sein de la Haute école, nous avons écarté la Spectrométrie infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR). En effet, la probabilité élevée de nous trouver face à un mélange de plusieurs composés organiques implique la formation d'interférences importantes et d'un bruit de fond élevé. La lecture des spectres obtenus risquerait d'être alors perturbée, rendant l'identification d'un composé probablement impossible⁸⁵. Enfin, la FTIR qui est une analyse qualitative, ne nous permettrait que d'identifier certains composés⁸⁶. Or nous cherchons également à étudier les phénomènes de cristallisations de ces biocides en procédant à leur quantification.

Pour ces raisons, nous avons choisi d'effectuer une chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS). Cette méthode d'analyse qualitative et quantitative est utilisée pour l'étude de composés complexes (verniss, colles, résines, etc.) et des biocides organiques⁸⁷. Grâce à sa limite de détection basse, elle permet de détecter et de quantifier des substances présentes en très petites quantités, voire en traces*, et ce dans des mélanges de composition inconnue⁸⁸. Ceci en fait une méthode d'analyse recommandée pour l'identification de biocides dans des collections où les traitements ont peu ou pas été documentés⁸⁹. Enfin, le DDT et ses molécules associées présentent un point d'ébullition inférieur à 300°C, ce qui rend cette méthode adaptée à leur détection⁹⁰.

Notons que c'est une méthode d'analyse chronophage et destructive, qui suppose d'avoir une réflexion, à la fois déontologique et scientifique, sur le prélèvement d'échantillons effectués sur des biens culturels⁹¹. Il doit être réalisé en accord avec l'autorité en charge de la collection⁹². Ces prélèvements devraient être très petits et localisés dans des endroits non visibles, et ils doivent faire partie de la documentation de l'objet⁹³. D'autre part, ils doivent répondre aux exigences de la méthode d'analyse choisie et doivent être discutés avec le collaborateur scientifique afin d'être représentatif de ce qu'on désire étudier⁹⁴ (Cf. Annexe 5 : Protocole 2, p.87-88).

⁸⁵ Informations obtenues auprès de Laura Brambilla, adjointe scientifique au bureau Ra&D de la Haute école Arc et chargée des analyses FTIR.

⁸⁶ Dangeon, 2014, p.34

⁸⁷ Sirois et Sansoucy, 2001, p.58

⁸⁸ Palmer, 2001, p.35

⁸⁹ Sirois et Sansoucy, 2001, p.39

⁹⁰ Palmer, 2001, p.34

⁹¹ Sirois et Sansoucy, 2001, p.54

⁹² Caldararo *et al.*, p.60

⁹³ Pfister, 2008, p.35

⁹⁴ Palmer, 2001, p.26

Présentation de l'analyse et des résultats obtenus

Dans le cadre de ce travail de Bachelor, nous avons effectué les analyses GC-MS au sein de la plateforme de chimie analytique de l'Institut de chimie de l'Université de Neuchâtel, en collaboration avec Mme Armelle Vallat. Nous avons utilisé un Chromatographe GC 7890B couplé à un spectromètre de masse 5977A MSD (*Agilent Technologies*®), et les analyses ont été menées en mode TIC*, avec une limite de détection des composés recherchés de 25 ng/mL.

Les objectifs de ce travail sont l'identification de biocides organiques résiduels ainsi que l'étude de leur quantification et de leur répartition à la surface des biens culturels, afin de comprendre ces phénomènes de cristallisations. Dans ce but, nous avons élaboré une méthodologie d'analyse se déroulant en trois phases (Cf. Annexe 5 : Protocole 3, p.88-91).

La première campagne d'analyse a eu pour but de détecter la présence de biocides et d'identifier leur famille chimique afin de pouvoir choisir des spectres de références et des standards adéquats pour poursuivre le travail d'identification et de quantification. Les prélèvements ont été effectués sur 9 objets, choisis selon leur date d'entrée dans les collections et parce qu'ils présentaient des cristallisations nombreuses ou volumineuses.

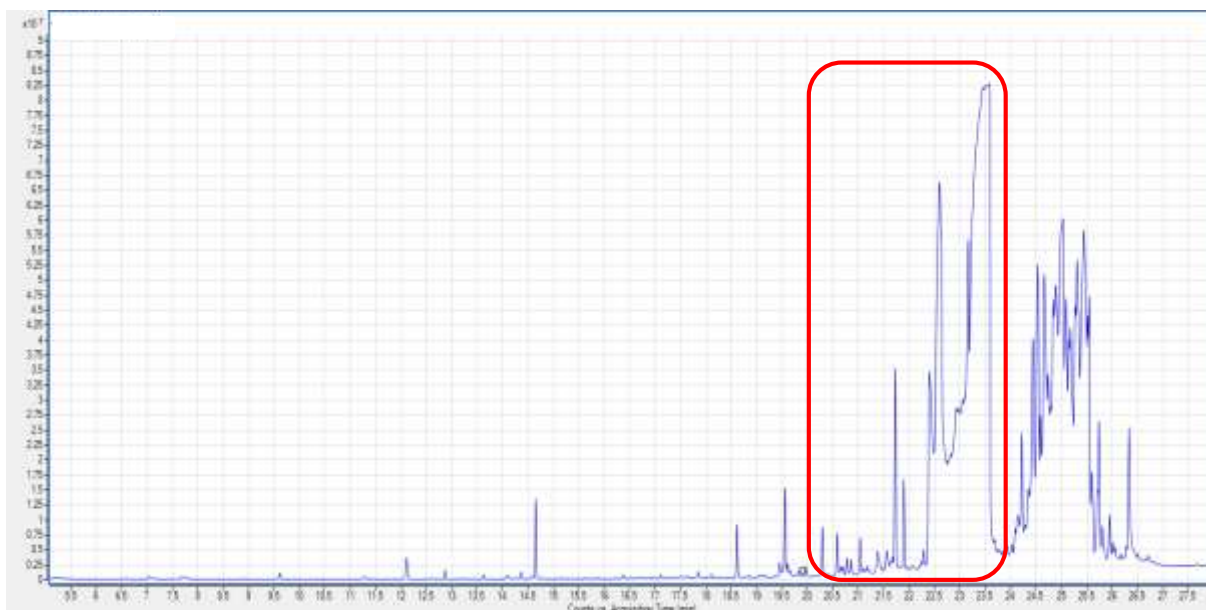
La deuxième campagne d'analyse a eu pour but de quantifier les biocides recristallisant à la surface d'un objet, ceci afin de pouvoir interpréter ces phénomènes de cristallisations. Nous avons choisi un masque en bois polychrome, qui présentait des cristallisations nombreuses et réparties de façon hétérogène. Les prélèvements ont été effectués dans des zones présentant des voiles et des concrétions volumineuses ainsi que dans des zones ne présentant pas visiblement de résidus de biocides.

Pour finir, la troisième campagne d'analyse a été effectuée d'abord pour identifier précisément les composés présents sur les objets du corpus, puis pour nous permettre d'étudier ces phénomènes de cristallisations hétérogènes en quantifiant les biocides identifiés selon les zones prélevées. Pour se faire, un prélèvement par zone distincte a été réalisé et analysé pour chaque objet. Les prélèvements ont été effectués sur 12 objets.

Les emplacements des prélèvements effectués lors de chaque campagne sont documentés en Annexe 6, p.92-137.

Les résultats de ces analyses (tableaux de résultats et chromatogrammes) sont disponibles dans les annexes complémentaires.

A l'issue de ces analyses, nous avons pu confirmer la présence de DDT, de 3 métabolites du DDT (DDE, DDD et DDMU), ainsi que 3 molécules organochlorées non identifiées ($C_{14}H_9Cl_5$, $C_{14}H_8Cl_4$ et $C_{14}H_{10}Cl_4$) (cf. Annexe 2 : Tableau 10, p.77 et Graphe 2, p.30). Notons que ces molécules présentent des formules brutes* identiques à celles du DDT et de ses métabolites.



Graph 2 Spectre de GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 1 effectué sur le masque polychrome (2^e phase GC-MS). L'encadré rouge indique les aires de pics des composés organochlorés identifiés © HEAR Arc, AG.

Leur identification a été réalisée par comparaison de leurs spectres de masse dans une banque de données (*NIST Atomic Spectra Database*⁹⁵) et par injection de produits de référence du DDT ainsi que du lindane, du PCP et du perméthrin qui nous ont été gracieusement fournis par M. Erwin Hildbrand⁹⁵. L'acquisition de ce standard nous a également permis d'établir une courbe d'étalonnage du DDT, nécessaire aux calculs des concentrations des substances identifiées et à leur conversion en masse d'extrait unité* (µg/mg) (Cf. Annexe 3 : Graph 7, p.83). Les autres composés étudiés étant très proches chimiquement du DDT, nous avons conservé cette courbe d'étalonnage pour leur quantification. Enfin, nous avons pu écarter de notre travail le lindane, le PCP et le perméthrin, qui n'ont pas été détectés dans les prélèvements.

L'étude des spectres obtenus nous a également permis de détecter de nombreux composés à base de phtalates, d'ester et d'acides gras (Cf. Graph 3, p.31). Cependant, nous avons choisi de les écarter de notre étude car leur présence ne peut pas uniquement être révélatrice de l'utilisation de biocides. En effet, ils peuvent être issus d'anciens traitements de conservation, à la présence de composés naturellement présents dans le bois constitutifs des objets ou encore à des substances appliquées sur ces derniers lors de leur utilisation dans leur contexte d'origine⁹⁶.

⁹⁵ M. Hildbrand est assistant de laboratoire et chercheur en conservation au sein du Musée national suisse de Zurich.

⁹⁶ Pearlstein, 1986, p. 85-86 ; Poulin *et al.*, 2014, p.73-74



Graph 3 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 9 effectué sur la statuette féminine (1^{ère} phase GC-MS). L'encadré vert indique les aires de pics des composés d'ester et acides gras ; l'encadré rouge indique celles des phtalates © HEAR Arc, AG.

Ainsi, les analyses qualitatives nous montrent que 69 % des objets du corpus présentent des résidus de DDT sur leur surface (Cf. Tableau 2). Le DDD a été détecté sur 23 % d'entre eux. Le DDE et le DDMU ont été identifiés sur 15 % des objets. Enfin, 23 % présentent des résidus de molécules organochlorées non identifiées (Cf. Annexe 3 : Tableau 11, p.81-82).

	DDT	DDE	DDD	DDMU	molécules organochlorées non identifiées
nombre d'objets	9	2	3	2	3
% du corpus étudié	69 %	15 %	23 %	15 %	23 %

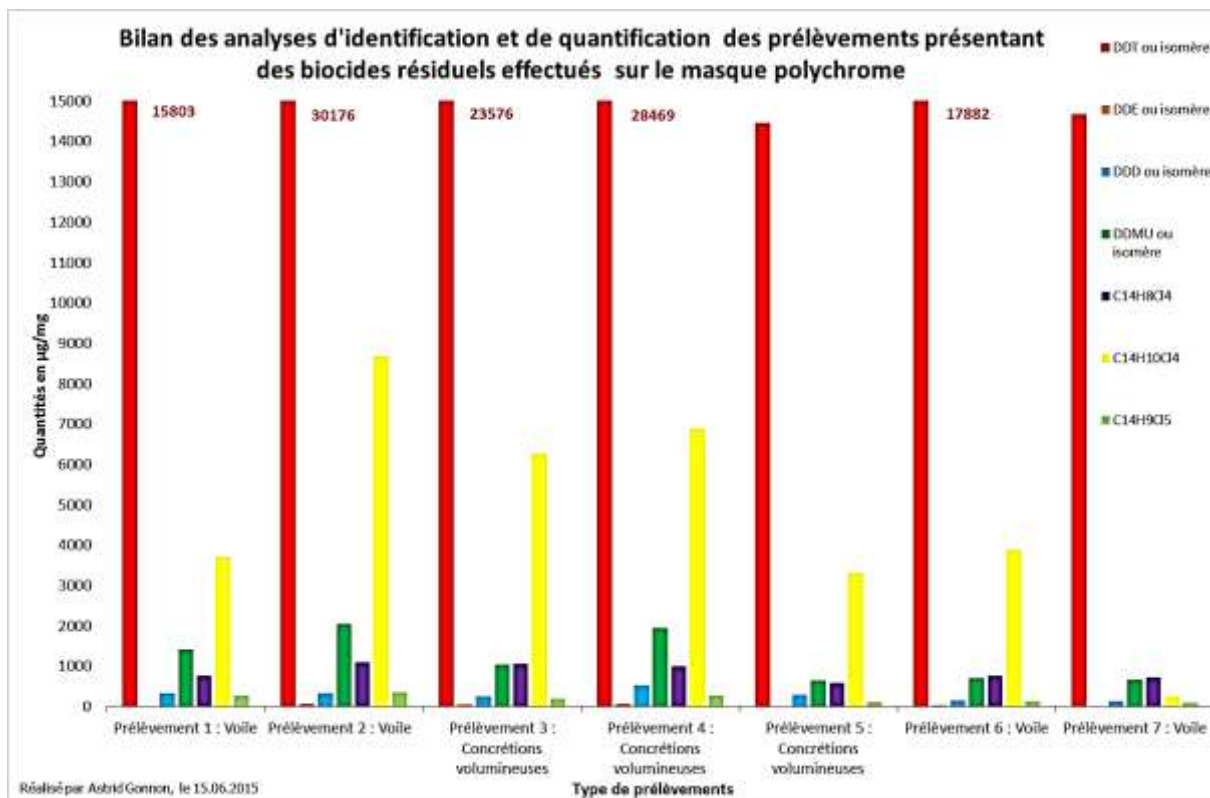
Tableau 2 Nombres d'objets positifs à la détection de biocides organochlorés et pourcentage correspondant sur le corpus étudié.

Nous avons aussi remarqué que certains objets, qui présentaient pourtant de nombreux indices portant à croire à la présence de biocides organochlorés n'ont pas obtenu de résultats positifs à la détection de ces composés.

Par le biais des analyses semi-quantitatives, nous avons mis en évidence que la répartition de ces biocides résiduels n'est pas homogène sur les objets et qu'ils ne sont pas présents uniquement au niveau des zones de cristallisations. Elles nous montrent que les biocides doivent être présents dans des

quantités suffisamment élevées pour pouvoir amorcer un processus de cristallisation (Cf. Annexe 3 : Schéma 1 et 2, p.84). L'étude comparative des concentrations de biocides identifiés, a été permise par leur conversion en une valeur d'unité commune, la masse d'extrait unité.

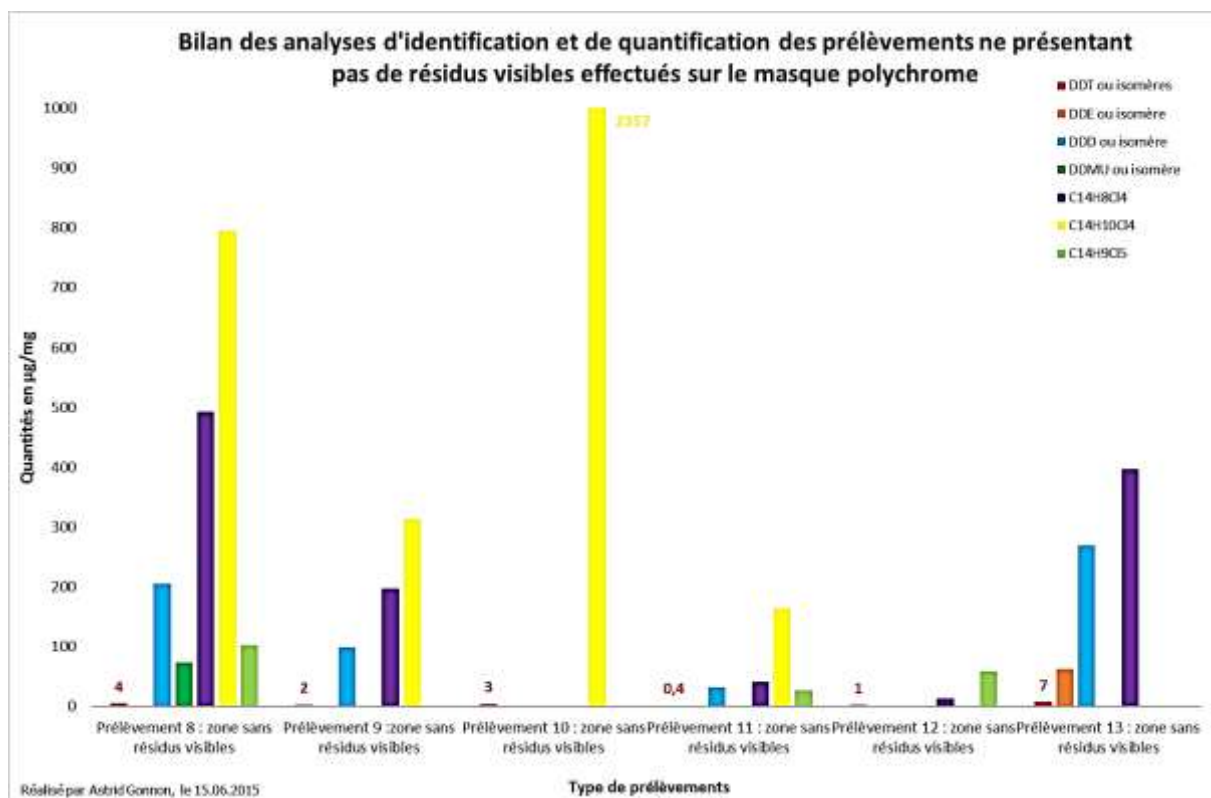
Les quantités de biocides résiduels sont généralement plus élevées lorsque ceux-ci sont visibles, sous forme de voiles ou de concrétions (Cf. Graphe 4, p.32).



Graphe 4 Bilan des analyses d'identification et de quantification des prélèvements de biocides résiduels effectués sur le masque polychrome (65.17.1).

Ainsi, le masque polychrome est l'objet qui présente le plus de composé organochlorés sur sa surface. Ces derniers ont pu tous être identifiés sur les prélèvements issus de cet objet. Le DDT (présent à des quantités allant de 14 451 à 30 176 µg/mg) et la molécule C₁₄H₁₀Cl₄ (présente dans des quantités de 263 à 8684 µg/mg) sont les deux composants majoritaires des cristallisations prélevées. Les autres composés ne sont présents qu'à des quantités inférieures à 2000 µg/mg.

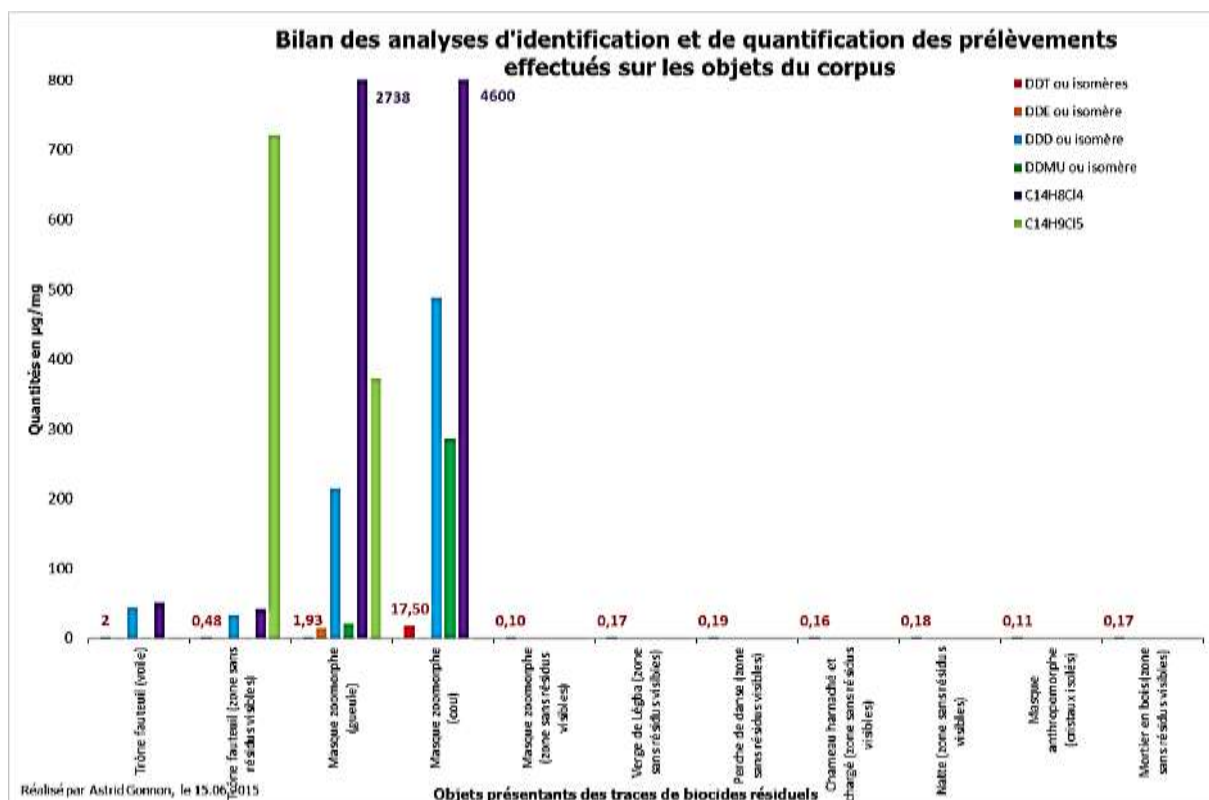
Des résidus de biocides ont aussi été détectés, en faibles quantités voir à l'état de traces, dans des prélèvements où il n'y avait pas de preuves visibles de leur présence (Cf. Graphe 5, p.33).



Graph 5 Bilan des analyses d'identification et de quantification des prélèvements ne présentant pas de résidus visibles effectués sur le masque polychrome (65.17.1).

Ainsi, les molécules de $C_{14}H_{10}Cl_4$ (quantifiée entre 163 et 2357 $\mu g/mg$), de $C_{14}H_8Cl_4$ (quantifiée entre 13 et 492 $\mu g/mg$) et de DDD (quantifiée entre 31 et 267 $\mu g/mg$) sont les composants majoritaires des résidus de biocides prélevés dans ces zones. Les molécules de $C_{14}H_{10}Cl_4$ et de $C_{14}H_8Cl_4$ sont respectivement 3,7 et 2,2 fois moins présentes que dans les prélèvements effectués dans les zones de cristallisations. Le DDT a été détecté dans tous les prélèvements, dans des quantités allant de 0,4 à 7 $\mu g/mg$, ce qui représente des quantités 4000 à 30 000 fois moins élevées que dans les prélèvements effectués dans les zones de cristallisations.

Les objets anciens sont ceux qui présentent le plus de composés organochlorés. Ainsi, outre le masque polychrome, 2 objets présentent plusieurs types de résidus de biocides (Cf. Graph 6, p.34).



Graph 6 Bilan des analyses d'identification et de quantification des biocides résiduels sur les objets du corpus.

Il s'agit du trône fauteuil et du masque zoomorphe, dont les prélèvements ont détectés des composés similaires (DDT, DDD, C₁₄H₈Cl₄, et C₁₄H₉Cl₅) mais dans des quantités plus élevées pour le masque zoomorphe. On constate aussi que la quantité de biocides sur le trône fauteuil est plus élevée dans la zone ne présentant pas de résidus visibles. A l'inverse, sur le masque zoomorphe, les quantités sont plus élevées dans les zones de cristallisation. Enfin, du DDT a été détecté sur 6 autres objets, majoritairement sur des prélèvements effectués dans des zones ne présentant pas de résidus visibles. Cependant, il n'a été détecté qu'à l'état de trace.

2.3.3 Interprétation des résultats et confrontation avec les données historiques

Suite à notre enquête, nous avons émis l'hypothèse que nous nous trouvions en présence de biocides inorganiques (arsenic et mercure) et organiques (DDT).

Les analyses FRX ne nous ont pas permis de mettre en évidence la présence de composés d'arsenic et de mercure sur les prélèvements effectués. Cependant, ceci ne nous permet pas d'affirmer que les autres objets conservés dans cette collection ne présentent pas de traces de biocides inorganiques. En effet, ces résultats peuvent s'expliquer par le fait que les objets choisis n'en contenaient pas ou bien que notre méthode de prélèvements n'a peut-être pas permis de relever des résidus. De plus, de

nombreux éléments peuvent perturber les résultats d'une analyse FRX. Il s'agit principalement de la quantité des éléments recherchés, des modes d'application des biocides et de la nature, la densité et l'épaisseur du matériau testé. La source d'émission de rayons X ainsi que les paramètres d'analyse utilisés pour collecter les données peuvent également influencer les résultats obtenus. Enfin, certains éléments chimiques (comme le soufre, le silicium, le calcium et le fer), typiquement présents dans la composition de nombreux matériaux ethnographiques, peuvent participer à la formation d'un important bruit de fond⁹⁷.

Des investigations scientifiques devraient donc encore être menées sur d'autres objets afin de conclure à la présence de composés de mercure et d'arsenic dans les collections du MEN.

Les analyses GC-MS nous ont permis de confirmer la présence de DDT et de ses métabolites sur les objets de ce corpus. Celle-ci peut s'expliquer notamment par leur faible pression de vapeur ($2,5 \times 10^{-5}$ Pa à 20°C pour le DDT)⁹⁸ qui, combinée à leur stabilité chimique, leur forte rémanence et à des conditions de conservation favorables, rend le processus de dégradation de ces molécules plus lent⁹⁹. La présence de ces métabolites et des molécules organochlorées non identifiées peut s'expliquer par deux raisons. Premièrement, il est probable que ces composés se soient formés suite à la dégradation du DDT au cours du temps, après à une exposition à des conditions environnementales propices (changement du pH, variations du taux d'humidité relative, exposition à des rayonnements UV, etc.)¹⁰⁰. Ainsi bien que non identifiées, ces composés impliquent de prendre des dispositions similaires à celles du DDT et de ses métabolites. Deuxièmement, le DDT technique est généralement composé d'un mélange de différents isomères et de métabolites présents en impuretés¹⁰¹. En effet, à des fins de rentabilisation, les firmes commercialisaient des mélanges de composition variable mais offrant des propriétés similaires¹⁰².

De plus, la législation entourant l'emploi du DDT n'ayant interdit son utilisation qu'à partir de 1972, il semble donc logique de trouver des résidus importants sur des objets datant d'avant cette date. Les autres objets qui ont montré des traces de ces composés sont entrés dans la collection ultérieurement (entre 1967 et 2003). De là, plusieurs hypothèses s'offrent à nous pour expliquer leur présence. Nous savons, d'après nos investigations, que le DDT a été utilisé dans les collections du MEN jusqu'à son remplacement progressif à la fin des années 1970. Plus tardivement, certaines firmes ont commercialisé des insecticides contenant de faibles concentrations de DDT, prolongeant son utilisation jusque dans les années 1990-2000¹⁰³. Pour finir, des résidus de biocides contenus sur d'autres objets situés à

⁹⁷ Shugar et Sirois, 2012, p.323

⁹⁸ Unger *et al.*, 2001, p.194

⁹⁹ Glastrup, 1987, p.60

¹⁰⁰ Unger *et al.*, 2001, p.259

¹⁰¹ INERIS, 2007, p.3-4

¹⁰² Mouchet, 1994, p.257-258

¹⁰³ Unger *et al.*, 2001, p.195

proximité ont pu contaminer la surface des prélèvements, perturbant alors les résultats obtenus lors de l'analyse.

La répartition irrégulière de ces biocides à la surface des objets et leur quantité variable trouvent leur origine dans l'hétérogénéité des processus d'application, ne permettant qu'une faible maîtrise des quantités appliquées ou de leur propagation dans la matière¹⁰⁴. De plus, selon la volatilité du solvant utilisé, ces biocides vont avoir un pouvoir de pénétration plus ou moins faible (la majorité se trouvant dans les 2 premiers millimètres), ce qui aura également une influence sur leur migration et leur quantité à la surface des objets¹⁰⁵. Ainsi, s'ils sont peu ou pas du tout fixés dans le bois, ils peuvent migrer en étant successivement déplacés par l'eau due aux variations de l'humidité relative et de l'humidité contenue dans le bois¹⁰⁶. Nous pouvons aussi supposer que la migration et l'accumulation de biocides dans des zones préférentielles peut être influencées par les propriétés physiques spécifiques du bois, sa géométrie interne (Cf. Annexe 7, p.138) et son état de conservation (présence de galeries, de trous d'envol, dégradation des fibres). A cela s'ajoute l'état de surface de l'objet, qui selon qu'elle soit plutôt mate, rugueuse ou présentant des aspérités, peut aussi favoriser l'accumulation de biocides et la formation de cristallisation en constituant un point d'amorce propice¹⁰⁷.

Pour finir, certains prélèvements effectués sur des zones présentant pourtant des indices de la présence de biocides (comme des voiles ou des concrétions) n'ont pas obtenu de résultats positifs pour la détection de ces composés. Cette incohérence dans les résultats attendus peut être due à des prélèvements où la quantité des composés a pu diminuer suffisamment pour passer en dessous du seuil de détection de l'appareil ou encore par la prise de prélèvements qui n'en contenaient pas¹⁰⁸.

¹⁰⁴ Palmer *et al.*, 2006, p.24

¹⁰⁵ Wörle *et al.*, 2012, p.211

¹⁰⁶ Unger *et al.*, 2001, p.259

¹⁰⁷ Ecoles des Mines d'Albi-Carmaux, Paris et Saint-Etienne, 2009 [En ligne]

¹⁰⁸ Palmer *et al.*, 2006, p.30-31

Partie 3 : Présentation des risques et propositions de recommandations pour la gestion des objets

La présence de biocides résiduels dans la collection Afrique pose des problèmes pour sa conservation à long terme mais aussi d'ordre sanitaire, notamment pour les chercheurs, les conservateurs-restaurateurs ou encore les stagiaires qui sont amenés à manipuler fréquemment ces objets. Afin de réduire ces risques, il est possible d'agir sur la source du danger, soit directement par sa décontamination* ou son isolement, ou soit indirectement par la protection des usagers¹⁰⁹.

3. Risques pour la conservation des objets et pour le personnel usager

3.1. Présentation des risques pour la conservation des collections

3.1.1 Influence des biocides sur la conservation des matériaux

Bien que l'emploi de pesticides puisse provoquer aujourd'hui des dégradations sur les objets, nous devons souligner qu'ils sont aussi à l'origine de leur sauvegarde et leur transmission. En effet, leurs propriétés insecticides et insectifuges ont permis de préserver ce patrimoine d'altérations dues aux nuisibles¹¹⁰.

En outre, le manque de documentation relative à ces anciens traitements rend parfois difficile la distinction entre les altérations dues à la présence de biocides, de celles causées par d'autres agents de dégradations*¹¹¹. Certaines dégradations peuvent aussi être dues à un effet cumulatif lié à la répétition de traitements¹¹².

Nous avons choisi de présenter les dégradations que ces biocides sont susceptibles de provoquer sous la forme d'un tableau. Les informations indiquées ci-dessous sont principalement issues des travaux de Pfister, 2008 ; Dawson, 1992 et Unger *et al.*, 2001.

¹⁰⁹ Pfister, 2008, p.65

¹¹⁰ Ibid., p.55

¹¹¹ Tello, 2006, p.34

¹¹² Pfister, 2008, p.56

Biocides	Dégradations
<i>Arsenic</i>	Formation d'efflorescences minérales prenant l'aspect de dépôts poudreux ou cristallins blancs et s'accumulant préférentiellement dans les crevasses, les fissures et les coutures ¹¹³ . Souvent confondues avec des efflorescences de DDT. Elles peuvent perturber la lisibilité de l'objet. Coloration des plumes blanches ou vertes en brun suite à l'utilisation de sels d'arsenics saupoudrés ¹¹⁴ .
<i>Mercure</i>	Formation de taches gris noir sur les étiquettes et les papiers. Assombrissement et rigidification des peaux, sans toutefois altérer les couleurs des plumes. Influence sur le développement de processus de corrosion.
<i>DDT et métabolites</i>	Formation d'efflorescences prenant l'aspect de cristaux plus ou moins volumineux ou de voiles incolores à blancs et brillants, pouvant perturber la lisibilité de l'objet. Production d'acide chlorhydrique et de chlore lors du processus chimique de décomposition du DDT en DDE, DDD ou DDMU : l'acide chlorhydrique peut attaquer et dégrader la plupart des matériaux organiques et les métaux ; le chlore peut former des sels corrosifs, susceptibles de dégrader les métaux ¹¹⁵ . Décoloration de l'encre bleue après une exposition de 72 heures.
<i>Naphtalène</i>	Possibles recristallisations sur la surface des objets en cas de chute de la température. Ramollissement de certaines résines naturelles. Dissolution des graisses et dégradation le collagène. Formation de tâches brun rouge suite à une décomposition par oxydation bactérienne.
<i>Paradicholobenzène (PDCB)</i>	Dissolution et dégradation des graisses, des cires, des gommes et du collagène contenu dans les cuirs et les peaux. Décolorations irréversibles des plumes et des poils par une réaction d'oxydation avec du chlore gazeux formé lors de sa sublimation. Possible décoloration de l'encre, jaunissement du papier et modifications chromatiques sur certains pigments (blanc de zinc, lithopone, outremer et certains rouges).
<i>Dichlorvos (DDNP)</i>	Corrosion des métaux. Incompatibilité avec les matériaux alcalins ¹¹⁶ . Dégradation du collagène par des réactions d'oxydation, migration des graisses et des huiles à la surface des cuirs et des peaux, causant l'assombrissement des surfaces et les rendant poisseuses.
<i>Chlorpyrifos (DDVP)</i>	Corrosion des alliages cuivreux (notamment le laiton). Décoloration de certains colorants.
<i>Perméthrine</i>	Faible corrosion de l'acier, du cuivre et de l'aluminium.
<i>Propoxur</i>	Ne semble pas provoquer de dégradations.

Tableau 3 Dégradations des matériaux des biens culturels provoquées par la présence de biocides résiduels.

¹¹³ Knapp, 2000 [En ligne]

¹¹⁴ Dangeon, 2014, p.43

¹¹⁵ Goffard, 2009 [En ligne]

¹¹⁶ INRS, 2007, p.1

3.1.2 Discussion sur le nettoyage à sec et avec aspiration



Le MEN dispose d'enceintes en polypropylène* transparent, qui ont été modifiées pour être adaptées au nettoyage à sec avec une aspiration (Cf. Fig. 19, p.39). Elles ont été réalisées au musée et montrent qu'il est possible, avec peu de moyens, de mettre en place des solutions efficaces et sécurisées pour la gestion des objets contaminés.

Fig. 19 Enceinte de nettoyage pour la décontamination des objets. Un orifice latéral permet l'insertion d'une aspiration, les deux orifices à l'avant permettent le passage des mains.

Cette technique de décontamination partielle appartient au domaine de la conservation curative¹¹⁷. Elle permet de retirer les résidus sur la surface des objets ainsi que de réduire la quantité de particules en suspension dans l'air, susceptibles de contaminer les objets à proximité ainsi que les locaux.

En outre, l'atténuation ou l'élimination des biocides sur les objets contaminés peut influencer leur conservation à long terme. Des solutions de substitution devront donc être envisagées avant toute intervention afin de maintenir leur protection contre les nuisibles. Enfin, à l'instar des autres traitements de nettoyage, cette méthode de décontamination est irréversible. Elle n'est pas sans risque de provoquer d'autres altérations et doit faire l'objet d'une réflexion préalable sur ses tenants et ses aboutissants.

Cette technique repose sur l'étude comparative de prélèvements de surface, effectués avant et après nettoyage, et analysés qualitativement et/ou quantitativement. De cette manière, on peut déterminer si le taux de décontamination est satisfaisant (en abaissant la concentration des biocides en dessous des seuils de détection) ou si le nettoyage doit être réitéré¹¹⁸.

Le nettoyage à sec avec aspiration doit impérativement s'effectuer avec un aspirateur équipé d'un filtre HEPA (Haute Efficacité pour les Particules de l'Air) ou ULPA (Filtres à air à pénétration ultra-faible) afin d'empêcher la redistribution des poussières contaminées dans les locaux¹¹⁹. Vous trouverez une liste d'aspirateurs recommandés par le Musée national suisse pour ce type de nettoyage (Cf. Annexe 7 : Tableau 13, p.142-144). Le nettoyage peut être complété par l'utilisation d'un tissu imprégné de charbon actif, placé sur l'objet, afin de favoriser l'absorption des composés

¹¹⁷ Pfister, 2008, p.77

¹¹⁸ Reuben, 2006, p.35 36

¹¹⁹ Dangeon, 2014, p.50

faiblement volatils comme le DDT¹²⁰. Le Docteur Marie Wörle, responsable du laboratoire de recherche en conservation au Musée national suisse, nous a recommandé l'emploi du tissu SARATECH® Permasorb® (Cf. Annexe 8, p.149). Il y est utilisé en tant que méthode de décontamination passive. Cette méthode est notamment adaptée pour les objets possédant une surface plane et non fragile structurellement¹²¹. Enfin, le traitement des objets contaminés doit être effectué avec un équipement de protection individuel (EPI) adapté (Cf. Partie 3.2.4, p.48-50), dans un espace et à l'aide d'outils qui leur sont spécialement dédiés. Cet espace, les enceintes ainsi que tout le matériel de nettoyage réutilisable devront être nettoyés avec un aspirateur à filtre HEPA et/ou à l'éthanol entre chaque traitement afin de ne pas contaminer les objets suivants. Le matériel jetable contaminé doit être traité séparément des ordures ménagères. Il devra être jeté dans un container dédié aux déchets toxiques, qui pourra être pris en charge par une entreprise extérieure spécialisée dans le traitement de ces produits¹²².

De nombreux travaux ont souligné l'efficacité partielle de cette méthode de décontamination. Ainsi, même si l'on constate une diminution de la quantité de biocides sur la surface des objets nettoyés, cette baisse reste peu élevée (notamment pour les composés peu volatils). De plus, en soulevant une grande quantité de poussières, cette méthode peut induire la contamination supplémentaire de zones qui présentaient, avant nettoyage, de faibles quantités de biocides¹²³. Les auteurs ont aussi noté que cette méthode ne permet que de retirer très partiellement les résidus de biocides inorganiques, et notamment d'arsenic¹²⁴.

Enfin, les objets traités avec ces méthodes doivent bénéficier d'un suivi régulier afin de vérifier que de nouveaux processus de cristallisation ne sont pas amorcés¹²⁵.

3.2 Risques pour le personnel usager et propositions de recommandations pour le stockage, l'exposition, le prêt et la manipulation des objets

La protection de la santé au travail est réglementée par plusieurs bases légales dont la Loi sur le Travail (LTr) et l'*Ordonnance sur la Prévention des Accidents et des maladies professionnelles* (OPA)¹²⁶. Ce texte stipule que l'employeur est tenu d'identifier, analyser et éliminer ou réduire les risques et doit veiller à ce que ses collaborateurs soient instruits des dangers liés à leur activité et des moyens propres à les neutraliser¹²⁷. L'employeur doit aussi s'assurer que les mesures de prévention sont appliquées,

¹²⁰ Pfister, 2008, p.77

¹²¹ Tello, 2006, p.68

¹²² Schmidt, 2001, p.92-95

¹²³ Glastrup, 2006, p.20

¹²⁴ Odegaard *et al.*, 2003, p.39

¹²⁵ Wörle *et al.*, 2012, p.213

¹²⁶ Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles, 2015 [En ligne]

¹²⁷ Pfister, 2008, p.65

tandis que les travailleurs sont tenus de respecter les prescriptions de sécurité et d'utiliser les équipements de protection individuelle (EPI)¹²⁸. En outre, *l'Ordonnance pour la prévention des maladies professionnelles provoquées par des substances chimiques* formule des recommandations regroupant des mesures à prendre pour réduire ces risques et pouvant se résumer par l'expression « principe STOP » (mesures de Substitution, Techniques, Organisationnelles et de Protection individuelles)¹²⁹.

Ne pouvant substituer le danger que représentent les objets contaminés, nos recommandations sont centrées sur des mesures de protection collectives* et individuelles (EPI).

3.2.1 Présentation des risques toxicologiques

La toxicité des biocides présents dans les collections est très variable. Elle peut être ressentie dès la première exposition ou suite à des expositions répétées¹³⁰. Inspiré du travail de Mme Pfister (Pfister, 2008, p.49-50), nous avons choisis de présenter les risques toxicologiques sous la forme d'un tableau. Les valeurs qui y sont exposées sont, sauf mentions contraires, issues des recommandations éditées par la Suva et l'INRS (2015).

Ce tableau indique les voies de pénétration* possibles des biocides : l'inhalation (respiratoire : R), l'ingestion (orale : O) et la perméation cutanée* (Peau : P et Yeux : Y) ainsi que leur Valeur Moyenne d'Exposition* (VME), leur Valeur Limite d'Exposition* (VLE) et leur Valeur Biologique Tolérable* (VBT), dans la mesure où elles ont été fournies par la littérature spécialisée.

Les effets d'une intoxication aiguë* et d'une intoxication chronique* y sont également décrits.

Enfin, nous avons indiqué leur classement Cancérogène*, Mutagène* et Reprotoxique* (CMR*) et les numéros des pictogrammes de danger les caractérisant selon le Système Général Harmonisé (SGH), en vigueur en Suisse depuis 2012 (Cf. Annexe 2 : Tableau 12, p.82-83)

¹²⁸ SUVA, 2015, p.8

¹²⁹ Ordonnance du Département fédéral de l'Intérieur, 2015 [En ligne]

¹³⁰ Odegaard *et al.*, 2006, p.43

Nom du composé	Voies de pénétration	VME / VLE / VBT	Effets d'une intoxication aiguë	Effets d'une intoxication chronique	Classement CMR	Pictogrammes de danger (SGH)
<i>Arsenic (et ses composés)</i>	R ; O ; P ; Y	Ø 0,1 mg/m ³ 50 µg/L	Troubles digestifs et cardiovasculaires, irritation des yeux, cutanées et des voies respiratoires, photophobie.	Troubles et irritations cutanées (dermite, hyperkératose). Atteintes du système cardiovasculaire (hématopoïétise), nerveux (encéphalite, polynévrite) et du foie (hépatite, cancer, cirrhose), Reprotoxique.	C1	SGH05 SGH06 SGH08 SGH09
<i>Mercure (et ses composés)</i>	R (vapeurs) ; O ; P ; Y	0,02 mg/m ³ 0,16 mg/m ³ 15 µg/L	Céphalées, irritations de la peau et des voies respiratoires, inflammation des reins, sang dans les urines.	Sensibilisation cutanée, troubles sensoriels, de la mémoire, tremblements. Reprotoxique. Perturbateur endocrinien. Mutagène.	C3 M3 R3	SGH06 SGH08 SGH09
<i>DDT et ses métabolites (DDD, DDE, DDMU)</i>	R ; O ; P	1 mg/m ³ Ø Ø	Irritations cutanées. Troubles respiratoires et du système nerveux central (convulsions et respiration affaiblie).	Troubles du système nerveux central et du fonctionnement du foie et des reins. Reprotoxique. Perturbateur endocrinien chez l'animal. ¹³¹	C2	SGH06 SGH08 SGH09

¹³¹ EPA, 2013 [En ligne]

<i>Dichlorvos (DDVP)</i>	R ; O ; P ; Y	Ø 1 mg/m ³ ou 0,1 ppm Ø	Irritation de la peau, troubles digestifs, respiratoires, du système nerveux central, inhibiteur des cholinestérases.	Sensibilisation cutanée (dermatites), inhibiteur des cholinestérases.	C2	SGH06 SGH07 SGH09
<i>Naphtalène</i>	R ; O ; P	Ø 50 mg/m ³ ou 10 ppm Ø	Irritations oculaires, troubles digestifs, troubles sanguins (hémolyse).	Troubles sanguins (anémie hémolytique), céphalées, vomissements.	C3 ¹³²	SGH08 SGH09
<i>PDCB</i>	R ; O ; P	20 ppm 50 ppm Ø	Irritation des yeux et voies respiratoires, troubles sanguins (anémie hémolytique) et perturbation du système nerveux central.	Atteintes neurologiques, troubles hépatiques, sanguins et des reins.	C3 ¹³³	SGH08 SGH09

Tableau 4 Risques toxicologiques pour la santé humaine des biocides identifiés lors de cette étude.

¹³² Les fiches CMR, 2015 [En ligne]

¹³³ Idem

En l'absence de données correspondantes, nous ne pouvons fournir des informations relatives à la toxicité du Chlorpyrifos (DDNP). Cependant, il reste classé comme substance toxique (SGH06) et dangereuse pour l'environnement (SGH09). Enfin, les biocides de la famille des Pyréthriinoïdes et des Carbamates/Thiocarbamates n'ont pas été abordés car ils présentent une faible toxicité pour l'homme et une persistance peu élevée, variant de quelques jours à quelques mois. Toutefois, certains composés sont allergisants.

3.2.2 Propositions d'amélioration des solutions de stockage de la réserve Afrique

Des mesures de protection collectives pourront d'abord être mises en place par l'application d'un concept MSST* adapté au musée. En effet, dans le cadre de l'OPA, la *directive CFST 6508* (directive MSST) a été développée pour offrir aux employeurs un outil pratique leur permettant d'améliorer la sécurité et la santé dans leur entreprise¹³⁴. Elle recommande de faire appel à des spécialistes lorsque l'entreprise ne dispose pas des connaissances nécessaires pour définir des mesures de protection adaptées aux risques identifiés¹³⁵. Un concept MSST a été développé par le Service Protection et Sauvetage de la Ville de Neuchâtel et concerne toutes les entités communales, y compris les institutions muséales rattachées à la Ville telles que le MEN. Nous recommandons donc au musée de contacter les autorités compétentes au sein de ce service¹³⁶.

Dans le cadre de la mise en place de ces mesures collectives, le musée envisage d'effectuer une analyse de la qualité de l'air dans la réserve Afrique. Ainsi, le but de nos recherches était, à l'origine, de pouvoir fournir les informations nécessaires pour sa réalisation. Durant nos investigations, nous avons constaté que la présence de biocides dans les collections patrimoniales est une problématique très spécifique du domaine sanitaire, où peu de spécialistes sont disponibles. Cependant, nous relevons que des démarches semblables ont été effectuées au Musée national suisse, en collaboration avec la Suva¹³⁷. Nous conseillons donc au musée de contacter les services d'hygiène et de santé au travail compétents au sein de la Ville de Neuchâtel pour entamer les démarches nécessaires. SuissePro, l'association faîtière des sociétés spécialisées dans la santé et la sécurité au travail en Suisse, serait également susceptible de fournir des informations pertinentes sur le sujet.

Enfin, dans le cadre de nos recherches sur l'éventuelle contamination des locaux, nous avons effectué des analyses du mobilier de stockage. Nous avons donc réalisé des prélèvements qui ont ensuite été analysés par GC-MS. Toutefois, aucun d'entre eux n'a été testé positif à la détection de composés organochlorés (Cf. Annexe 7, p.145).

¹³⁴ La méthode MSST, 2015 [En ligne]

¹³⁵ MSST: la sécurité systémique, 2015 [En ligne]

¹³⁶ Informations obtenues auprès de M. Maurice Binggeli, responsable du système santé et sécurité au travail, Département de la justice, de la sécurité et de la culture.

¹³⁷ Wörle, communication écrite, 22.05.2015

Mesures de protection techniques

Tout d'abord, il faut éviter l'accumulation de poussières toxiques dans la réserve en procédant à son nettoyage périodique et en assurant sa ventilation. Le musée dispose d'une centrale de traitement de l'air double flux permettant son renouvellement quotidien, par l'évacuation d'une partie de l'air vicié vers l'extérieur. Aussi, nous recommandons de procéder au remplacement des filtres actuellement utilisés par des filtres HEPA, ULPA ou bien à base de charbon actif ou de permanganate de potassium (Cf. Annexe 8, p.149), mieux adaptés à la situation¹³⁸. Cette solution ne permettant que de diluer les polluants mais pas de les éliminer, il convient de procéder à l'entretien régulier des filtres pour maintenir une ventilation efficace¹³⁹.

Comme nous l'avons vu à la suite de nos analyses, le risque de contamination de la collection est réel. Aussi, nous recommandons de séparer les objets contaminés du reste de la collection.

Dans l'idéal, les objets contaminés ne devraient pas être stockés dans les mêmes locaux que les objets non contaminés¹⁴⁰. Malheureusement, cette solution n'est pas envisageable dans la mesure où la réserve Afrique est composée d'un unique espace. Il est toutefois possible de procéder à leur isolement partiel. En effet, il est prévu de remplacer les panneaux de stockage actuels pour des rayonnages plus adaptés à la conservation à long terme des objets. Dans ce contexte, nous recommandons l'utilisation d'armoires mobiles Compactus® (Cf. Annexe 8, p.149).

L'utilisation de ces systèmes permet d'augmenter jusqu'à 50% de la capacité de stockage, tout en gardant les objets facilement accessibles et isolés des saletés et des poussières. Ceci semble donc une bonne alternative pour le stockage de la collection Afrique, qui représente près de la moitié des fonds du MEN. Ceci permettra ainsi de réduire les risques de contamination de la collection par les poussières dégagées par les objets contaminés. L'utilisation de rayonnages et tiroirs vitrés (Cf. Fig. 20, p.45 et Annexe 1 : Fig. 29 et 30, p.73) ou de rideaux absorbeurs de polluants placés devant les Compactus® (grâce à du Velcro® ou des aimants)¹⁴¹ permettra aussi de réduire les risques de contamination liés aux appels d'air provoqués par leur ouverture répétée¹⁴².



Fig. 20 Utilisation de Compactus® vitrés permettant l'isolation des objets sur les étagères et dans les tiroirs.

¹³⁸ Pfister, 2008, p.76

¹³⁹ National Park Service, 2005, p.11 : 7

¹⁴⁰ Pfister, 2008, p.71

¹⁴¹ Dangeon, 2014, p.52

¹⁴² Péquignot, 2008, p.7

La concentration de biocides pourra être contrôlée dans ces zones par l'utilisation de charbon actif, de zéolite ou de permanganate de potassium¹⁴³. Ces composés, grâce à leur structure microporeuse et leur grande surface interne, ont la propriété d'absorber les polluants et les substances toxiques. En outre, le charbon actif ne nécessite pas de conditionnement préalable mais il doit être renouvelé dès que sa charge devient complètement saturée en polluants. La zéolite a également la propriété de capturer l'humidité et de la relâcher quand le climat est trop sec, ce qui permet de réguler les microclimats¹⁴⁴ (Cf. Annexe 8, p.149).



Fig. 21 Objets emballés dans des sachets en polyéthylène.

Il est également possible d'isoler ponctuellement les objets contaminés du reste de la collection par le biais de conditionnements individuels. A l'instar du Musée national suisse, les objets plats et solides pourront être recouverts d'un tissu absorbant de polluants¹⁴⁵. Les objets de petit format, tels que les colliers, les ustensiles, pourront être isolés à l'aide de sachets en polyéthylène*, garni d'un support en mousse ou en Plexiglas®¹⁴⁶ (Cf. Fig. 21, p.46). Des boîtes en polypropylène cannelé pourront être

réalisées pour les objets de petits et moyens formats, ne tolérant pas le contact prolongé avec un autre matériau. D'une grande stabilité chimique, ce matériau est disponible dans une version transparente, ce qui permet de garder un contrôle sur l'objet qu'il contient sans avoir à ouvrir la boîte¹⁴⁷. A l'instar de la méthode d'isolement des objets infestés, nous préconisons la réalisation de conditionnements en feuilles de polyéthylène transparentes pour les objets de grand format¹⁴⁸ (Cf. Fig. 22, p.46 et Annexe 1 : Fig. 31, p.73). Des absorbeurs de polluants



Fig. 22 Isolement d'un meuble en bois, à l'aide de feuille de polyéthylène soutenues par une armature rigide.

¹⁴³ National Park Service, 2005, p.11 : 7

¹⁴⁴ Tétreault, 2014 [En ligne]

¹⁴⁵ Dangeon, 2014, p.52

¹⁴⁶ Odegaard, 2003, p.39

¹⁴⁷ Schlichting, 1994, P.1

¹⁴⁸ Fossa, 1992, p.150-51

pourront être placés dans ces conditionnements ce qui permettra en même temps une décontamination passive des objets et un contrôle des microclimats.

Nous recommandons aussi d'utiliser des étiquettes signalant les objets contaminés¹⁴⁹. Nous avons ainsi réalisé des étiquettes indiquant le nom du/des biocides identifiés et leur pictogramme de danger correspondant ainsi que des étiquettes faisant simplement la mention de « DANGER » lorsque la substance n'a pu être identifiée (Cf. Annexe 7 : Fig. 38 et 39, p.146). Ces mêmes objets devront aussi être signalés dans l'inventaire du musée¹⁵⁰.

Pour finir, nous recommandons de conserver ces collections à taux d'humidité relative de 50% (+/- 5%) et une température de 18°C (+/- 2°C). Il est conseillé de maintenir des conditions environnementales stables et d'éviter les variations thermo hygrométriques importantes et fréquentes car elles accélèrent les mécanismes d'altération et provoquent une fatigue des matériaux hygroscopiques*¹⁵¹. Ceci permettra aussi de limiter les phénomènes de migration des biocides provoqués par des variations hygrométriques¹⁵². Cela réduira enfin les risques d'évaporation des biocides due à une augmentation de leur pression de vapeur, suite à une élévation de la température¹⁵³.

3.2.3 Recommandations pour le prêt et l'exposition

Le prêt des biens culturels est régi, sur le territoire suisse, par des lois cantonales ainsi que par les contrats de prêt établis entre les musées, tandis qu'il est réglementé par la *Loi sur le Transfert des Biens Culturels* (LTBC) lors d'un prêt international¹⁵⁴. Cependant, il n'existe pas de cadre juridique particulier encadrant l'exposition et le prêt d'objets contaminés¹⁵⁵. Des dispositions particulières doivent donc être prises par le MEN afin de sensibiliser les institutions emprunteuses aux risques liés à la présence de biocides résiduels.

Dans ce but, un document annexe donnant des recommandations pour la protection du personnel et des visiteurs lors de la manipulation et l'exposition a été réalisé. Il sera joint au contrat de prêt édité par le MEN et devra accompagner les objets contaminés (Cf. Annexe 7, p. 147).

Enfin, nous recommandons d'exposer les objets dans des vitrines fermées, afin d'éviter tout risque pour le public et de procéder au nettoyage de ces vitrines avec des aspirateurs équipés de filtres adaptés¹⁵⁶.

¹⁴⁹ Norbut Suits, 1998 [En ligne]

¹⁵⁰ Szulczynska, 2000 [En ligne]

¹⁵¹ Doyal *et al.*, 2011, p.548

¹⁵² Unger *et al.*, 2001, p.259

¹⁵³ ICC-CCI, 2002, p.2

¹⁵⁴ Loi fédérale sur le transfert international des biens culturels, 2015 [En ligne]

¹⁵⁵ Yves Fischer, communication orale, 30.04.2015 et Jacques Bujard, communication écrite, 21.04.2015

¹⁵⁶ Pfister, 2008, p.74

3.2.4 Recommandations pour la manipulation

L'équipement de protection individuel (EPI) est un dispositif destiné à être porté par une personne en vue de la protéger contre un ou des risques susceptibles de menacer sa santé¹⁵⁷.

La manipulation des objets contaminés implique le déplacement de poussières toxiques pour les usagers. Aussi, l'idéal, lorsque l'on travaille avec ces objets, est de pouvoir œuvrer sous une sorbonne* équipée d'une aspiration¹⁵⁸ (Cf. Fig. 23, p.48).



Fig. 23 Sorbonne utilisée pour le nettoyage des objets contaminés au Musée national suisse.

Cependant, en l'absence d'une telle infrastructure, nous recommandons de manipuler ces objets avec un équipement de protection adapté, comme indiqué ci-dessous :

Equipement de Protection Personnelle (EPI)		
Protection du visage	Protection des mains	Protection du corps
Masque P2 ou FFP2 : aérosols solides et/ou liquides dangereux ou irritants. Masque P3 ou FFP3 : aérosols solides et/ou liquides toxiques. Lunettes (recommandées s'il y a un risque de produire des poussières très volatiles ou des vapeurs ¹⁵⁹).	Gants en nitrile. Gants en vinyle.	Blouse en coton. Combinaison totale ou partielle à usage unique. Chaussures fermées.

Tableau 5 Tableau récapitulatif des EPI recommandés pour la manipulation des objets contaminés.

Protection du visage

Nous recommandons l'utilisation de masque avec un niveau de filtration FFP3. Ceux-ci permettent de bloquer 99,95% des aérosols dans l'air. Selon les poussières présentes, l'utilisation de masques FFP2 est aussi envisageable. Ils constituent un barrage efficace contre 94% des aérosols présents. Les masques FFP1 ne sont pas recommandés car leur niveau de filtration n'est pas suffisamment adapté¹⁶⁰.

¹⁵⁷ INRS, 2013, p.3

¹⁵⁸ Tello, 2006, p.67

¹⁵⁹ Pfister, 2008, p.77

¹⁶⁰ Préserv'Art, 2007 [En ligne]

Ces masques, à usage unique, ont une durée limite d'utilisation déterminée par la gêne respiratoire de l'utilisateur et leur état de propreté¹⁶¹.

Protection des mains

Nous recommandons l'emploi de gants en nitrile ou en vinyle, qui présentent la meilleure barrière de protection contre la perméation cutanée de la plupart des biocides résiduels¹⁶². A l'inverse, nous déconseillons l'emploi de gants en coton qui, en laissant passer la transpiration, les liquides et les acides, ne constituent pas une barrière étanche. Nous préconisons de changer de gants après chaque manipulation ou dès qu'ils sont endommagés ou souillés. Ceci permettra aussi de limiter les risques de contamination entre objets. Enfin, nous recommandons de les retirer les retournant sur eux-mêmes et en évitant le contact avec la peau¹⁶³.

Protection du corps

Nous recommandons le port d'un équipement de protection des vêtements personnels. Le musée met déjà à disposition de ses collaborateurs des blouses en coton individuelles. Cependant, selon le type d'activité effectuée, il peut être recommandé d'utiliser une combinaison partielle ou intégrale. En effet, nous avons récemment été confrontés au déballage de spécimens naturalisés contaminés à l'arsenic. Or le déballage est une étape critique, où une grande quantité de poussières contaminées peut être libérées dans l'air. Pour nous en prémunir, nous avons utilisé des combinaisons intégrales en Tyvek[®]*, complétées par des gants en nitrile et des masques antiparticules FFP3 (Cf. Fig. 24, p.49 et Annexe 8, p.149). Ce type d'équipement pourra être utilisé lors du retour de la collection, après le réaménagement de la réserve Afrique.



Fig. 24 Déballage d'un spécimen naturalisé contaminé à l'arsenic.

Les équipements réutilisables doivent être enfilés au sein des locaux, retirés à chaque pause et stockés dans un endroit dédié après utilisation. Ceci permettra de réduire la contamination des affaires des intervenants dans les locaux, mais aussi chez eux. Ils doivent être lavés séparément des vêtements quotidiens.

¹⁶¹ Pfister, 2008, p.67

¹⁶² Idem

¹⁶³ Odegaard, 2005, p.90

Règles d'hygiène et de conduite

Avant toute chose, il est important de sensibiliser le personnel aux risques liés à une activité dans un milieu contaminé, et ce même s'il ne manipule pas les objets. Ceci permettra de renforcer l'efficacité des mesures qui ont été formulées dans le cadre de ce travail¹⁶⁴. Une fiche de sensibilisation, résumant les mesures d'hygiène et les règles de conduite énoncées avant et ci-dessous, a ainsi été réalisée (Cf. Annexe 7, p.148). Nous recommandons de l'afficher à l'entrée de la réserve afin de la rendre facilement accessible au personnel.

Nous préconisons de manipuler les objets le moins possible et de favoriser la manipulation sur support ou dans leur emballage. Toute surface susceptible d'être contaminée doit être manipulée avec des gants. A l'inverse, il convient de les retirer si l'on souhaite saisir des affaires personnelles ou des éléments non contaminés (téléphone, un ordinateur, etc.). Enfin, la manipulation d'objets contaminés demande de faire attention à certaines habitudes personnelles comme porter ses mains au visage, mâchonner un crayon, qui favorise la contamination par ingestion¹⁶⁵. Nous recommandons aussi de se laver les mains d'abord à l'eau froide et au savon, ce qui empêche les pores de la peau de s'ouvrir et de laisser pénétrer les biocides, puis de recommencer à l'eau tiède¹⁶⁶.

¹⁶⁴ Protection de la santé au poste de travail, 2015 [En ligne]

¹⁶⁵ National Park Service, 2002 [En ligne]

¹⁶⁶ National Park Service, 2005, p.11 : 7

Synthèse / discussion

A la suite de notre enquête, nous avons émis l'hypothèse que nous nous trouvions en présence de biocides inorganiques et organiques. Nous avons aussi décrit plusieurs types de cristallisations (voiles, cristaux isolés, concrétions volumineuses), réparties de façon hétérogène sur la surface des objets. Nous avons enfin supposé que ces biocides devaient se trouver en quantité plus élevées dans les zones de cristallisations.

Les analyses instrumentales menées pour détecter et identifier ces substances nous ont finalement permis de confirmer la présence de DDT et de quelques métabolites (DDD, DDE et DDMU). Les analyses qualitatives ont montré que ces biocides ne sont pas présents uniquement dans les zones de cristallisations, tandis que les analyses semi-quantitatives ont révélé que les quantités de biocides sont plus élevées dans les prélèvements de cristallisations que dans les zones ne présentant pas de résidus visibles. Certains prélèvements effectués sur des zones montrant des cristallisations plus ou moins volumineuses n'ont pas obtenu de résultats positifs alors que nous nous attendions à détecter la présence de biocides. Nous aurions peut-être pu obtenir des résultats différents en utilisant une autre méthode de prélèvement ou en utilisant une méthode d'analyse permettant d'abaisser davantage le seuil de détection de ces composés.

A l'inverse, ces analyses ne nous ont pas permis de détecter des composés d'arsenic et de mercure. L'étude d'autres objets ou le prélèvement d'échantillons effectués dans d'autres zones nous auraient peut-être permis d'obtenir d'autres résultats.

Nous avons formulé des recommandations en privilégiant d'abord la mise en place de mesures de protection collectives puis individuelles. Ces mesures collectives visent essentiellement à réduire les risques toxicologiques et la contamination des autres objets de la collection Afrique par la sensibilisation du personnel et l'isolement des objets contaminés.

Conclusion générale

Bien qu'ancienne, l'utilisation de biocides dans les collections ethnographiques est longtemps restée une pratique peu documentée. Cependant, la présence de ces composés, dont la toxicité peut parfois s'avérer élevée, implique de nouveaux enjeux d'ordre sanitaires et conservatoires. Le recours à des investigations scientifiques, complétées par des analyses instrumentales, est donc l'un des moyens d'apporter des informations quant à leur documentation mais aussi de formuler des solutions mieux adaptées à la gestion du patrimoine contaminé.

Au terme de ce travail, nous avons pu fournir une liste, non exhaustive, de plusieurs composés inorganiques et organiques utilisés pour la protection et la désinfection des collections du musée d'ethnographie de Neuchâtel durant le XXe et le début du XXIe siècle.

Nous avons aussi souhaité faire concorder ces données historiques avec des données obtenues par la réalisation d'analyses instrumentales. Celles-ci nous ont permis d'identifier du DDT et quelques un de ses métabolites, et nous ont permis de formuler plusieurs hypothèses sur les phénomènes de migration et de répartition hétérogène de ces substances. Elles ne nous ont, à l'inverse, pas permis de détecter la présence de mercure et d'arsenic. Cependant, nous ne pouvons pas affirmer que les autres objets conservés dans cette collection ne présentent pas de traces de biocides inorganiques.

Les recommandations pour le stockage, le prêt, l'exposition et la manipulation ont été formulées afin de faciliter la mise en place d'une politique de gestion adaptée. Cependant, l'efficacité de ces mesures reposera avant tout sur un travail d'éducation et de sensibilisation du personnel du musée sur les risques liés à la présence de biocides dans les collections.

Cette méthode d'investigation pourrait être rendue plus efficace par l'amélioration de la méthode de prélèvement et par le choix d'une technique d'analyse présentant un seuil de détection plus faible pour ces composés.

Nous aurions également aimé fournir d'avantages d'informations pour la mise en place d'une analyse de la qualité de l'air dans la réserve Afrique. Bien que nos recherches ne nous aient pas permis d'obtenir de réponses satisfaisantes, nous avons relevé que cette problématique est très spécifique du domaine sanitaire et que peu de spécialistes sont disponibles.

D'autres méthodes de décontamination partielle, offrant des résultats plus satisfaisants, auraient pu être abordées. C'est notamment le cas de la méthode de nettoyage à l'aide d'une solution de déplacement actif de surface (*Surface-Active-Displacement Solution*, SADS), qui permet d'obtenir une diminution significative des résidus de mercure et d'arsenic.

Pour conclure, c'est essentiellement par la réalisation de recherches interdisciplinaires et la mise en place d'un travail de collaboration entre des spécialistes de différents domaines que nous avons pu formuler les réponses et les solutions présentées dans cette étude.

Liste des références bibliographiques

- Appelbaum, 2007** : Appelbaum, Barbara. *Conservation Treatment Methodology*. Elsevier Ltd, Oxford, 2007. Chapitre I, Characterizing the Object, p.65-115.
- Augusti, 1954** : Augusti, Selim. "Traitement de Conservation des Peintures sur Panneau". *Studies in Conservation*, 1, 3, 1954, p.127-130.
- Barragán-Huerta et al., 2007** : Barragán-Huerta, Blanca et al. « Biodegradation of Organochlorine Pesticides by Bacteria Grown in Microniches of the Porous Structure of Green Bean Coffee ». *International Biodeterioration & Biodegradation*, 59, 2007, p.239-244.
- Borredon, 2014 [En ligne]** : Borredon, Marie Elisabeth et al. « Le bois ». In *Encyclopaedia Universalis* [En ligne]. Encyclopaedia Universalis, 2014 [Consulté le 24.06.2015] <http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/bois/>
- C2rmf, 2015 [En ligne]** : *Analyse organique* [En ligne]. C2rmf, 2015 [Consulté le 04.05.2015] <http://c2rmf.fr/analyse-organique>
- Caldararo, Niccolo et al., 2001** : Caldararo, Niccolo et al. « Pesticide Testing of Hoopa Tribe Repatriated Regalia : Taking the Sample ». *Collection Forum*, 16, 1-2, 2001, p.55-62.
- Chahine, 2013** : Chahine, Claire. *Cuir et parchemin*. CNRS Editions, Paris, 2013.
- Institut de Chimie et des matériaux Paris-Est, 2015 [En ligne]** : *Chromatographie Gazeuse couplée Spectromètre de Masse (GC-MS)* [En ligne]. Institut de Chimie et des matériaux Paris-Est, 2015 [Consulté le 04.05.2015] <http://www.icmpe.cnrs.fr/spip.php?article194>
- ICOM, 2012 [En ligne]** : *Code de déontologie de l'ICOM pour les musées* [En ligne]. ICOM, 2012 [Consulté le 08.06.2015] <http://icom.museum/la-vision/code-de-deontologie//L/2/>
- Comité Européen de Normalisation, 2012** : Comité Européen de Normalisation. *Norme Européenne. Conservation des biens culturels – Méthodologie d'échantillonnage des matériaux – Règles générales (EN 16085)*. Comité Européen de Normalisation, Bruxelles, 2012.
- Corbeil, 2011 [En ligne]** : Corbeil, Marie-Claude. « La spectrométrie des rayons X à l'ICC ». In *Institut Canadien de Conservation* [En ligne]. Institut Canadien de Conservation, 2011 [Consulté le 20.04.2015]. <http://www.cci-icc.gc.ca/cci-icc/about-apropos/action/49-fra.aspx>
- Dangeon, 2014** : Dangeon, Marion. *Conservation des collections naturalisées traitées aux biocides : étude de la collection Mammifères et Oiseaux du Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel*. Mémoire de fin d'études présenté pour l'obtention du Bachelor of Arts HES-SO en Conservation, Haute Ecole Arc, Neuchâtel, 2014, non publié.
- Dawson, 1992** : Dawson, John. « La lutte contre les insectes ravageurs dans les musées : les méthodes chimiques ». *Bulletin technique de l'ICC*, 15, 1992.
- Doyal et al., 2011** : Doyal, Sherry et al. « World cultures collections ». In National Trust. *The National Trust Manual of Housekeeping: The Care of Collections in Historic Houses Open to the Public*. Elsevier, Londres, 2011, p.544-556.

- Encyclopédie Larousse, 2015 [En ligne] :** *Encyclopédie Larousse* [En ligne]. Larousse, 2015 [Consulté le 15.06.2015] <http://www.larousse.fr/encyclopedia>
- Fossa, 1992 :** Fossa, Bianca. « Les interventions pour la conservation préventive des collections ethnographiques du Musée national préhistorique et ethnographique « L. Pigorini » à Rome ». In *Conservation-Restauration des biens culturels : La conservation préventive, Paris, 3e colloque de l'ARAFU, 8-10 octobre 1992*. ARAAFU, Paris, 1992, p.145-153.
- Glastrup, 2006 :** Glastrup, Jens. « The Effectiveness of Compressed Air in Removal of Pesticides from Ethnographic Objects ». *Collection Forum*, 16, 1-2, 2001, p.19-22.
- Glastrup, 1987 :** Glastrup, Jens. « Insecticide Analysis by Gas Chromatography in the Stores of the Danish National Museum's Ethnographic Collection ». *Studies in Conservation*, 1987, 32, 2, p.59-64.
- Goffard, 2009 [En ligne] :** Goffard, Carole. « Eviter l'erreur : le choix de matériaux stables pour le stockage et l'exposition des collections muséales ». In *CeROArt* [En ligne]. CeROArt, 2009 [Consulté le 18.06.2015]. <http://ceroart.revues.org/1150>
- Golberg, 1996 :** Golberg, Lisa. « A History of Pest Control Measures in the Anthropology Collections, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution ». *Journal of the American Institute for Conservation*, 1996, 35, 1, p.23-43.
- Historique du MEN, 2014 [En ligne] :** *Historique du MEN* [En ligne]. Musée d'ethnographie de Neuchâtel, 2014 [Consulté le 25.06.2015] <http://www.men.ch/fr/histoires/historique/>
- Hours, 1980 :** Hours, Madeleine. *La vie mystérieuse des chefs-d'œuvre, la science au service de l'art*. Réunion des musées nationaux, Paris, 1980.
- ICC-CCI, 2002 :** ICC-CCI. « Le mercure présent dans les collections de musée ». *Notes de l'ICC*, 1, 7, 2002, p.1-4.
- ICOM-CC, 2008 :** ICOM-CC. « Terminologie de la conservation-restauration du patrimoine culturel matériel ». In *XVe Conférence triennale de l'ICOM-CC, New Delhi, 22-26 septembre 2008*. ICOM, New Delhi, 2008.
- ICSC, 1999 [En ligne] :** ICSC. « Fiches Internationales de Sécurité Chimique. DDT. ICSC : 0034 ». *Center for Disease Control and Prevention* [En ligne]. PISSC, CCE, 1999 [Consulté le 15.05.2015]. <http://www.cdc.gov/niosh/ipcsnfrn/nfrn0034.html>
- Illes, 2004 :** Illes, Véronique (coord.). *Guide de manipulation des collections*. Somogy éditions d'art, Paris, 2004.
- INERIS, 2007 :** INERIS. *Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques. DDT*. INERIS, 2007.
- INRS, 2007 :** INRS. *Fiche Toxicologique FT 116. Dichlorvos*. INRS, Paris, 2007.
- INRS, 2013 :** INRS. *Les équipements de protection individuelle (EPI). Règles d'utilisation. ED 6077*. INRS, Paris, 2013.
- INRS, 2014 :** INRS. *Fiche Toxicologique FT 55. Mercure et composés minéraux*. INRS, Paris, 2014.

- INRS, 2015** : INRS. Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. INRS, Paris, 2015.
- Kaehr et Sierro, 2005** : Kaehr, Roland et Sierro, Valérie. « Le passé recomposé : du Cabinet de curiosité à l'annexe du Musée de peinture ». In Gonseth, Marc-Olivier (dir.). *Cent ans d'ethnographie sur la colline de Saint-Nicolas 1904-2004*. Musée Ethnographique de Neuchâtel, Neuchâtel, 2005, p.21-36.
- Kearney, 2001** : Kearney, Thomas. « Chemical Contamination of Repatriated Native Californian NAGPRA Materials: Principles of Risk Assessment for Acute and Chronic Health Effects ». *Collection Forum*, 16, 1-2, 2001, p.44-53.
- Kigawa et Strang, 2013 [En ligne]** : Kigawa, Rika et Strang, Tom. « Agent de détérioration : La lutte contre les ravageurs des biens culturels ». In *ICC-CCI* [En ligne]. ICC-CCI, 2013 [consulté le 25.06.15]. <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/chap06-fra.aspx>
- Knapp, 2000 [En ligne]** : Knapp, Anthony. « Arsenic Health and Safety Update ». In *Conserve 0 Gram* [En ligne]. National Park Service, 2/3, 2000 [Consulté le 14.06.2015] <http://www.nps.gov/museum/publications/conserveogram/02-03.pdf>
- La méthode MSST, 2015 [En ligne]** : *La méthode MSST* [En ligne]. Commission fédérale de coordination pour la sécurité au travail CFST, 2015 [Consulté le 21.06.2015] <http://www.ekas.admin.ch/index-fr.php?frameset=20>
- La micro-fluorescence X, 2014 [En ligne]** : *La micro-fluorescence X* [En ligne]. C2rmf – RMN, 2014 [Consulté le 20.04.2015]. http://www.c2rmf.fr/pages/page_id18339_u1l2.htm
- Le bois et ses dérivés, 2011 [En ligne]** : *Le bois et ses dérivés* [En ligne]. Centre de conservation du Québec, 2011 [Consulté le 24.06.2015] http://preservart.ccq.gouv.qc.ca/documents/bois_fr.pdf
- Lehuard, 1999** : Lehuard, Raoul. « De l'œuvre d'art en relation avec celui à qui elle est destinée ». In *Ni anonymes, ni impersonnel. 3e Colloque européen sur les arts d'Afrique noire, Vanves, le 23 octobre 1999*. Collection Arts d'Afrique Noire – Arts premiers, Arnouville, 1999, p.46-54.
- Les collections Afrique, 2014 [En ligne]** : *Les collections Afrique* [En ligne]. Musée d'ethnographie de Neuchâtel, 2014 [Consulté le 25.06.2015] <http://www.men.ch/fr/collections/afrique/>
- Les collections du MEN, 2014 [En ligne]** : *Les collections du MEN* [En ligne]. Musée d'ethnographie de Neuchâtel, 2014 [Consulté le 25.06.2015] <http://www.men.ch/fr/collections/>
- Les fiches CMR, 2015 [En ligne]** : *Les fiches CMR* [En ligne]. ANSES, 2015 [Consulté le 15.06.2015] http://www.substitution-cmr.fr/index.php?id=fiches_cmr
- Ecoles des Mines d'Albi-Carmaux, Paris et Saint-Etienne, 2009 [En ligne]** : *Les fondamentaux de la Cristallisation et de la Précipitation* [En ligne]. Ecoles des Mines d'Albi-Carmaux, Paris et Saint-Etienne, 2009 [Consulté le 20.06.2015] http://nte.mines-albi.fr/CristalGemme/co/CristalGemme_1.html

- Levillain, 2002 :** Levillain, Agnès (coord.). *La conservation préventive des collections*. OCIM, Dijon, 2002.
- Loi fédérale sur le transfert international des biens culturels, 2015 [En ligne] :** *Loi fédérale sur le transfert international des biens culturels* [En ligne]. Conseil fédéral suisse, 2015 [Consulté le 10.06.2015] <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20001408/index.html>
- Lorusso et Schippa, 1995 :** Lorusso, Salvatore et Schippa, Bruno. *La méthodologie scientifique appliquée à l'étude des biens culturels*. EREC Editeur, Dijon, 1995
- Mish, 1988 :** Mish, Frederick (ed.). Webster's Ninth New Collegiate Dictionary. Merriam-Webster Inc., Springfield, 1988.
- Mouchet, 1994 :** Mouchet, Jean. « Le DDT en santé publique ». *Cahiers Santé*, 4, 1994, p.257-262.
- Mounier et al., 2011 :** Mounier, Aurélie *et al.* « Fluorescence UV des liants employés dans les dorures sur peintures murales médiévales ». *Archéosciences*, 35, 2011, p.19-28.
- MSST : la sécurité systémique, 2015 [En ligne] :** *MSST : la sécurité systémique* [En ligne]. Suva, 2015 [Consulté le 18.06.2015] <http://www.suva.ch/fr/startseite-suva/praevention-suva/arbeit-suva/spezialisten-der-arbeitssicherheit-suva.htm>
- National Park Service, 2002 [En ligne] :** National Park Service. « Guidelines for the Handling of Pesticide Contaminated Collections ». In *Conserve O Gram* [En ligne]. National Park Service, 2/19, 2002 [Consulté le 01.07.2015] <http://www.nps.gov/museum/publications/consveogram/02-19.pdf>
- National Park Service, 2005 :** National Park Service. *Museum Handbook*. National Park Service, Washington, 2005.
- Norbut Suits, 1998 [En ligne] :** Norbut Suits, Linda. « Hazardous Materials in your Collection ». In *Conserve O Gram* [En ligne]. National Park Service, 2/10, 1998 [Consulté le 26.06.2015] <http://www.nps.gov/museum/publications/consveogram/02-10.pdf>
- Odegaard et al., 2003 :** Odegaard, Nancy *et al.* « New Ideas for the Testing Documentation, and Storage of Objects Previously Treated with Pesticides ». *AIC Objects Speciality Group Postprints*, 10, 2003, p.33-42.
- Odegaard et al., 2006 :** Odegaard, Nancy *et al.* « Use of Handheld XRF for the Study of Pesticide Residues on Museum Objects ». *Collection Forum*, 20, 1-2, 2006, vol. 20, p.42-48.
- Odegaard et Sadongei, 2005 :** Odegaard, Nancy et Sadongei, Alice. *Old Poisons, New Problems. A Museum Resource for Managing Contaminated Cultural Materials*. AltaMira Press, Walnut Creek, 2005.
- Ordonnance du Département fédéral de l'Intérieur, 2015 [En ligne] :** *Ordonnance du Département fédéral de l'Intérieur concernant les mesures techniques pour la prévention des maladies professionnelles provoquées par des substances chimiques* [En ligne]. Confédération suisse, 2015 [Consulté le 20.06.2015] <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19600241/>

- Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles, 2015 [En ligne] :** *Ordonnance sur la prévention des accidents et des maladies professionnelles* [En ligne]. Confédération suisse, 2015 [Consulté le 10.06.2015] <https://www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/19830377/index.html>
- 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.
- Palmer, 2001 :** Palmer, Peter. « A Review of Analytical Methods for the Determination of Mercury, Arsenic, and Pesticide Residues on Museum Objects ». *Collection Forum*, 16, 1-2, 2001, p.25-41.
- Pearlstein, 1986 :** Pearlstein, Ellen. « Fatty bloom on wood sculpture from Mali ». *Studies in Conservation*, 31, 2, 1986, p.83-91.
- Pellerin, 2000 :** Pellerin, Fernand. *Introduction à la chimie analytique organique – Orientations de l'analyse organique*. Techniques de l'ingénieur, Paris, 2000.
- Péquignot, 2006 :** Péquignot, Amandine *et al.* « L'arsenic dans les collections d'Histoire naturelle ». *La lettre de l'OCIM*, 105, 2006, p.4-10.
- Péquignot, 2008 :** Péquignot, Amandine. « Évaluation de la toxicité des spécimens naturalisés ». *La Lettre de l'OCIM*, 116, 2008, p. 4-9.
- 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*.
- Pleinderleith et Werner, 1979 :** Pleinderleith, Harold J et Werner, Emil A. *The Conservation of Antiquities and Works of Art. Treatment, Repair, and Restoration*. Oxford University Press, Londres, 1979.
- Poulin *et al.*, 2014 :** Poulin, Jennifer *et al.* « Identification of white efflorescence on wooden African objects ». *Studies in Conservation*, 59, 2, 2014, p.69-78.
- Poulin, 2004 :** Poulin, Jennifer. « La science : la contamination des collections par les pesticides ». *Bulletin de l'ICC*, 33, 2004, p.12.
- Préserv'Art, 2007 [En ligne] :** *Préserv'Art* [En ligne]. Centre de conservation du Québec, 2007 [Consulté le 30.06.2015] <http://preservart.ccq.gouv.qc.ca/index.aspx>
- Protection de la santé au poste de travail, 2015 [En ligne] :** *Protection de la santé au poste de travail* [En ligne]. Office fédéral de la santé publique, 2015 [Consulté le 20.06.2015] <http://www.bag.admin.ch/nanotechnologie/12171/12452/index.html?lang=fr>
- Ricking et Schwarzbauer, 2012 :** Ricking, Mathias et Schwarzbauer, Jan. DDT isomers and metabolites in the environment : an overview. *Environmental Chemistry Letters*, 10, 3, 2012, p.317-323.
- Rinuy et Schweizer, 1994 :** Rinuy, Anne et Schweizer, François. *L'œuvre d'art sous le regard des sciences*. Slatkine, Genève, 1994.

- Rolland-Villemot, 1998** : Rolland-Villemot, Bénédicte. « Les spécificités de la conservation-restauration des collections ethnographiques ». *La lettre de l'OCIM*, n°56, 1998, p15-19.
- Société Chimique de France, 2014 [En ligne]** : DDT [En ligne]. Société Chimique de France, 2014 [Consulté le 20.05.2015] <http://www.societechimiquedefrance.fr/produit-du-jour/ddt.html>
- Schlichting, 1994** : Schlichting Carl. « Travail de la mousse de polyéthylène et des feuilles de plastique cannelées ». *Bulletin technique de l'ICC*, 14, 1994, p.1-19.
- Schmidt, 2001** : Schmidt, Ole. « Insecticide Contamination at the National Museum of Denmark : a Case Study ». *Collection Forum*, 16, 1-2, 2001, p.92-95.
- Shugar et Sirois, 2012** : Shugar, Aaron et Sirois, Jane. « Handled XRF use in the identification of heavy metal pesticides in ethnographic collections ». In Mass, Jennifer et Shugar, Aaron (éd.). *Handheld XRF for Art and Archaeology*. Leuven University Press, Louvain, 2012, p.313-348.
- Sierro, 2005** : Sierro, Valérie. « Perspectives de mise en exposition (1921-1955) ». In Gonseth, Marc-Olivier (dir.). *Cent ans d'ethnographie sur la colline de Saint-Nicolas 1904-2004*. Musée Ethnographique de Neuchâtel, Neuchâtel, 2005, p.311-326.
- Sirois et al., 2010** : Sirois, Jane *et al.* « Detecting pesticide residues on museum objects in Canadian collections – a summary of surveys spanning a twenty-year period ». *Collection Forum*, 24, 1-2, 2010, p.28-45.
- Sirois et Sansoucy, 2001** : Sirois, Jane P. et Sansoucy, Geneviève. « Analysis of Museum Objects for Hazardous Pesticide Residues : A Guide to Techniques ». *Collection Forum*, 17, 1-2, 2001, p.49-66.
- Suva, 2015** : Suva. *Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2015*. SuvaPro, Lucerne, 2015.
- Szulczynska, 2000 [En ligne]** : Szulczynska, Adriana. « DDT Health and Safety Update ». In *Conserve O Gram* [En ligne]. National Park Service, 2/14, 2000 [Consulté le 20.05.2015] <http://www.nps.gov/museum/publications/conservoogram/02-14.pdf>
- EPA, 2013 [En ligne]** : *Technology Transfer Network – Air Toxics Web Site* [En ligne]. EPA, 2013 [Consulté le 15.06.2015] <http://www.epa.gov/ttnatw01/hlthef/dde.html#ref1>
- Tello, 2006** : Tello, Helene. *Investigations on Super Fluid Extraction (SFE) with Carbon Dioxide on Ethnological Materials and Objects Contaminated with Pesticides*. Diplomarbeit vorgelegt am Fachbereich 5, Gestaltung Studiengang Restaurierung / Grabungstechnik der Fachhochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, Berlin, 2006, *non publié*.
- Tétreault, 2014 [En ligne]** : Tétreault, Jean. « Agent de détérioration : Polluants ». In *Les dix agents de détérioration* [En ligne]. ICC-CCI, 2014 [consulté le 28.06.15] <http://www.cci-icc.gc.ca/resources-ressources/agentsofdeterioration-agentsdedeterioration/chap07-fra.aspx>
- Unger et al., 2001** : Unger, Achim *et al.* *Conservation of Wood Artifacts. A Handbook*. Springer, Berlin, 2001.
- Stockholm Convention, 2008 [En ligne]** : *What are POPs ?* [En ligne]. Stockholm Convention, 2008 [Consulté le 25.05.2015] <http://chm.pops.int/TheConvention/ThePOPs/tabid/673/Default.aspx>

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 écrites et orales

Bujard, Jacques. Conservateur cantonal et chef de l'Office du Patrimoine et de l'Archéologie du canton de Neuchâtel. 21.04.2015, communication écrite.

Burri, Michel. Gérant d'une entreprise de désinfection, désinsectisation et dératisation à Neuchâtel. 26.05.2015, communication orale.

Fischer, Yves. Directeur suppléant de l'Office fédéral de la Culture. 30.04.2015, communication orale.

Kaehr, Roland. Ancien conservateur adjoint au Musée d'ethnographie de Neuchâtel. 04.05. 2015, communication orale.

Stoller, Magali. Conservatrice-restauratrice au Musée d'ethnographie de Neuchâtel, du 15.04.2015 au 17.07.2015, communications écrites et orales.

Vallat, Armelle. Docteur en chimie au sein de la plateforme de chimie analytique de l'Institut de chimie de l'Université de Neuchâtel, du 13.04.2015 au 30.06.2015, communications écrites et orales.

Wörle, Marie. Responsable du laboratoire de recherche en conservation au Musée national suisse, du 20.04.2015 au 30.05.2015, communications écrites.

Liste des figures

Fig. 1 Musée d'ethnographie de Neuchâtel.	9
Fig. 2 Croquis représentant les magasins de la réserve Afrique.	10
Fig. 3 Défense sculptée du Loango, don de James-Ferdinand de Pury (XIXe siècle).	11
Fig. 4 Vue actuelle de la réserve Afrique et de ses panneaux mobiles, illustrant la prédominance des matériaux organiques d'origine végétale.	11
Fig. 5 Cristallisations de biocides sur le masque polychrome (65.17.1).	13
Fig. 6 Voiles de biocides s'étant développés sur la surface du cimier avec calotte (III.B.70).	16
Fig. 7 Concrétions de biocides formés sur la surface du cimier avec calotte (III.B.70).	16
Fig. 8 Exosquelette d'une larve d'anthrène retrouvé sur la natte pour essorer le fromage (82.4.6)... ..	17
Fig. 9 Flacon d'arsenic acide sous forme solide	18
Fig. 10 Flacon rempli d'une solution de chlorure mercurique	19
Fig. 11 Pulvérisateur à main de la marque Neocide® « Trix », semblable à celui qui a été utilisé au MEN.	20
Fig. 12 Pulvérisation de DDT par l'armée américaine pour lutter contre la malaria (1945).	21
Fig. 13 Ancienne publicité pour le Neocide® « Trix » (1955).	21
Fig. 14 Réaction de formation du DDD à partir du DDT	22
Fig. 15 Réaction de dégradation du DDT permettant la formation du DDE	23
Fig. 16 Réaction de dégradation du DDE en DDMU	23
Fig. 17 Pot de naphtalène retrouvé dans le musée.	24
Fig. 18 Paquet de Paradichlorobenzène retrouvé dans le musée	24
Fig. 19 Enceinte de nettoyage pour la décontamination des objets. Un orifice latéral permet l'insertion d'une aspiration, les deux orifices à l'avant permettent le passage des mains.	39
Fig. 20 Utilisation de Compactus® vitrés permettant l'isolation des objets sur les étagères et dans les tiroirs.	45
Fig. 21 Objets emballés dans des sachets en polyéthylène	46
Fig. 22 Isolement d'un meuble en bois, à l'aide de feuille de polyéthylène soutenues par une armature rigide	46
Fig. 23 Sorbonne utilisée pour le nettoyage des objets contaminés au Musée national suisse.	48
Fig. 24 Déballage d'un spécimen naturalisé contaminé.....	49
Fig. 25 Cristaux isolés sur la surface du soufflet de forge (III.B.84).	72
Fig. 26 Exosquelette d'attagène découvert sur le soufflet de forge (III.B.84).....	72
Fig. 27 Intérieur du bidon de naphtalène retrouvé dans le musée.....	72
Fig. 28 Pulvérisateur à main contenant encore du Permax Combi® 250, retrouvé dans le musée.	72
Fig. 29 Tiroirs hermétiques dans des Compactus®.	73

Fig. 30 Etagères Compactus® pouvant être utilisées recouvertes d'un rideau absorbant de polluants.	73
Fig. 31 Emballage d'un masque en tapa et fibres végétales avec des feuilles de polyéthylène (Musée national préhistorique et ethnographique "L.Pigorini" à Rome).	73
Fig. 32 Appareil de FRX portable EDXRF Thermo Fisher® Niton XL3t.	86
Fig. 33 Appareil de GC 7890B et MS 5977A MSD (Agilent Technologies®).	90
Fig. 34 Document retrouvé dans les archives du musée, dressant une liste de biocides utilisés dans les collections. Il a été écrit par M. Roland Kaehr et date de 2005.	139
Fig. 35 Document retrouvé dans les archives du musée, attestant de l'intervention de M. Michel Burri en 2002.	140
Fig. 36 Document retrouvé dans les archives du musée, dressant la liste d'entreprises spécialisées dans la désinfection, la désinsectisation et la dératisation. Elle a été fournie au musée par le Service d'hygiène et de prévention du feu et date de 1998.	141
Fig. 37 Vue du masque polychrome dans la réserve Afrique.	145
Fig. 38 Etiquette de signalisation d'objets contaminés.	146
Fig. 39 Exemple d'étiquette utilisée pour signaler un objet contaminé au DDT.	146

Liste des tableaux

Tableau 1 Tableau récapitulatif des objets constituant le corpus de l'étude, présentés selon leur date d'entrée dans les collections et leur provenance.	13
Tableau 2 Nombres d'objets positifs à la détection de biocides organochlorés et pourcentage correspondant sur le corpus étudié.	31
Tableau 3 Dégradations des matériaux des biens culturels provoquées par la présence de biocides résiduels.	38
Tableau 4 Risques toxicologiques pour la santé humaine des biocides identifiés lors de cette étude.	43
Tableau 5 Tableau récapitulatif des EPI recommandés pour la manipulation des objets contaminés.	48
Tableau 6 Tableau récapitulatif des métabolites du DDT, présentés avec leur nom IUPA et leur formule chimique brute (Ricking et Schwarzbauer, 2012).	74
Tableau 7 Tableau récapitulatif des biocides organiques employés dans les collections du musée au cours du XXe siècle et au début du XXIe.	77
Tableau 8 Liste des méthodes d'analyses instrumentales adaptées pour l'identification des biocides inorganiques.	77
Tableau 9 Liste des méthodes d'analyses instrumentales adaptées pour l'identification des biocides organiques.	78
Tableau 10 Tableau récapitulatif des composés organochlorés identifiés lors de l'analyse GC-MS en fonction de leur temps de rétention.	79

Tableau 11 Tableau récapitulatif des résultats obtenus lors de la 3 ^è phase GC-MS	81
Tableau 12 Tableau des pictogrammes de danger selon le système général harmonisé.	83
Tableau 13 Liste des systèmes d'aspiration compatibles avec le nettoyage de biens culturels contaminés utilisés au Musée national suisse.....	144

Liste des graphiques

Graph 1 Superposition des spectres de FRX obtenus lors de l'analyse des deux échantillons et du blanc © HECC Arc, AG.	27
Graph 2 Spectre de GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 1 effectué sur le masque polychrome. (2 ^è phase GC-MS). L'encadré rouge indique les aires de pics des composés organochlorés identifiés © HECC Arc, AG.	30
Graph 3 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 9 effectué sur la statuette féminine (1 ^è phase GC-MS). L'encadré vert indique les aires de pics des composés d'ester et acides gras ; l'encadré rouge indique celles des phtalates © HECC Arc, AG.	31
Graph 4 Bilan des analyses d'identification et de quantification des prélèvements de biocides résiduels effectués sur le masque polychrome (65.17.1).	32
Graph 5 Bilan des analyses d'identification et de quantification des prélèvements ne présentant pas de résidus visibles effectués sur le masque polychrome (65.17.1).	33
Graph 6 Bilan des analyses d'identification et de quantification des biocides résiduels sur les objets du corpus.....	34
Graph 7 Courbe d'étalonnage du DDT	83

Liste des abréviations et sigles

C2rmf : Centre de recherche et de restauration des musées de France

CMR : Cancérogène, Mutagène et Reprotoxique

DDD : Dichlorodiphényldichloroéthane

DDE : Dichlorodiphényldichloroéthylène

DDMU : 2-Chloro-1,1-bis(4-chlorophényl)-éthène

DDNP : Chlorpyrifos

DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane

DDVP : Dichlorvos

EPA : *Environmental Protection Agency*

EPI : Equipement de Protection Individuelle

FRX : Spectrométrie de fluorescence X

FT : Fiche Toxicologique

FTIR : Spectrométrie infrarouge à Transformée de Fourier

GC-MS : Chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse

HEPA : Haute Efficacité pour les Particules de l'Air

ICC-CCI : Institut Canadien de Conservation (*Canadian Conservation Institute*)

ICOM : Conseil International des Musées (*International Council of Museums*)

ICOM-CC : Conseil International des Musées – Comité pour la Conservation (*International Council of Museums - Committee for Conservation*)

ICSC : *International Chemical Safety Card*

INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques

INRS : Institut national de recherche et de sécurité

LTBC : Loi sur le Transfert des Biens Culturels

LTr : Loi fédérale sur le travail dans l'industrie, l'artisanat et le commerce

MEN : Musée d'ethnographie de Neuchâtel

MSST : Appel à des médecins et autres spécialistes de la sécurité au travail

OPA : Ordonnance sur la Prévention des Accidents et des maladies professionnelles

PCP : Pentachlorophénol

PDCB : Paradichlorobenzène

POP : Polluant Organique Persistant

SGH : Système Général Harmonisé

Suva : Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents

ULPA : Filtres à air à pénétration ultra-faible

VBT : Valeur Biologique Tolérable

VLE : Valeur Limite d'Exposition

VME : Valeur Moyenne d'Exposition

Liste des crédits photographiques et des illustrations

Fig.1 à 3 : © Musée d'ethnographie de Neuchâtel

Fig. 4 à 8, 17 à 19, 24 à 28, 32, 33, 37 : © HECR Arc, AG

Fig. 9 : © Chemistryland.com

Fig. 10 : © Nouvelobs.com

Fig. 11 : © Louis Valax

Fig. 12 : © National Museum of Health & Medicine

Fig. 13 : © Geigy's Graphic Design

Fig. 14 à 16 : © Wikipédia

Fig. 20 et 29 : © Museum aan de Stroom

Fig. 21 : © Musée des Arts Islamiques

Fig. 22 : © ébennisterie-ancienne.com

Fig. 23 : © Erwin Hildbrand

Fig. 30 : © bruynzeel-storage.com

Fig. 31 : © Maurizio Pellegrini

Schéma 1 et 2 : © HECR Arc, AG

Schéma 3 : © Xos Technologies

Schéma 4 : © Armelle Vallat

Schéma 5 : © Harrington

Les figures utilisées dans le Tableau 7, p.74-76 sont la propriété de : © HECR Arc, AG ; © Wikipédia et © EPA.gov.

Les photographies et les schémas utilisés dans l'Annexe 6 : Fiches de constat d'état et de prélèvements sont la propriété de © HECR Arc, AG.

Les photographies utilisées dans le Tableau 13, p.141-143 sont la propriété de : © Musée national suisse.

Glossaire

Sauf mentions contraires, les définitions données ci-dessous sont issues de Larousse, 2015 [En ligne] et Préserv'art, 2007 [En ligne].

Adhérence : permet de qualifier le degré de cohésion physique entre la cristallisation et son support.

Aérobie : se dit de l'ensemble des réactions chimiques se produisant en présence de dioxygène.

Agent de dégradation : la liste des neuf agents de dégradation a été définie par Stefan Michalski.

Elle comporte les forces physiques, le feu, l'eau, les insectes et animaux nuisibles, les polluants, la lumière (visible, U.V. et I.R.), les températures inadéquates et les taux d'humidité relative inadéquats.

Anaérobie : se dit de l'ensemble des réactions chimiques se produisant en l'absence de dioxygène.

Anisotropie : caractéristique des matériaux dont les propriétés physiques varient en fonction de la direction de l'espace.

Artificialia : nom donné à l'une des catégories d'objets conservés dans les Cabinets de curiosités. Elle regroupe les objets créés ou modifiés par l'Homme, collectés pour leur caractère extraordinaire et exotique.

Aspect visuel : observations de l'état de surface des formations (surface de l'objet homogène ou hétérogène) et description de leur aspect (voiles, cristaux, taille, forme, etc.).

Bioaccumulable : se dit d'une substance capable de s'accumuler dans les écosystèmes terrestres et aquatiques.

Biodégradation : désigne le processus impliquant la combinaison d'un organisme (un insecte), une source nutritive (un objet) et un environnement propice (une réserve).

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

Cabinet de curiosité : nom donné aux lieux où étaient conservées et exposées des collections d'objets hétéroclites et jugés inédits. Ils sont apparus à la Renaissance et ont donné naissance à de nombreux musées et muséums.

Cancérogène : une substance cancérogène peut provoquer un cancer.

Cellulose : polysaccharide macromoléculaire dont le motif répétitif est le cellobiose. C'est le composant structurel principal des parois cellulaires des végétaux.

Classement CMR : les produits classés C1 ; M1 ; R1 sont des substances qu'on sait être cancérogènes (C1), mutagènes (M1) ou reprotoxiques (R1) pour l'homme sur la base de données épidémiologiques qui prouvent une relation de cause à effet entre l'exposition à ces composés et un effet néfaste pour la santé humaine. Les produits classés C2 ; M2 ; R2 sont substances devant être assimilées à des substances cancérogènes (C2), mutagènes (M2) ou reprotoxiques (R2) pour l'Homme et dont la présomption de leur toxicité est forte et fondée sur l'expérimentation animale,

des études métaboliques, biochimiques et épidémiologiques. Enfin les produits classés C3 ; M3 ; R3 sont des composés préoccupants mais qui ne provoquent pas d'effets suffisants pour être classés dans la deuxième catégorie ou qui doivent encore être étudiés.

Concrétions : désigne une cristallisation formée d'un amas de particules solides et résultant de l'accumulation successive de résidus de biocide ayant migré au même endroit.

Conservation curative : regroupe l'ensemble des actions directement entreprises sur un bien culturel ou un groupe de biens ayant pour objectif d'arrêter un processus actif de détérioration ou de les renforcer structurellement. Ces actions ne sont mises en œuvre que lorsque l'existence même des biens est menacée, à relativement court terme, par leur extrême fragilité ou la vitesse de leur détérioration. Ces actions modifient parfois l'apparence des biens¹⁶⁷.

Couleur : caractérise la teinte renvoyée par la/les cristallisation(s) observée(s) sur l'objet (allant de gris, blanc à incolore).

Cristallisation : désigne la formation de produits, résultant de l'association de cristaux divers. Ce terme englobe la formation de voiles, de cristaux isolés et de concrétions plus ou moins volumineuses.

Cristaux isolés : solides dont la structure atomique est ordonnée et périodique dans les trois directions de l'espace, résultant de la migration ponctuelle de résidus de biocide.

Déchloration : réaction chimique de substitution ou de transposition de chlore dans une molécule.

Décontamination : action « tendant à éliminer ou à réduire les agents et les effets d'une contamination quelconque »¹⁶⁸. Elle est dite totale, lorsque l'objet décontaminé ne présente plus de risque pour la santé ou d'altérations pour ses matériaux constitutifs. Elle est considérée comme partielle, lorsqu'elle permet de réduire les risques liés à la présence de biocides mais non pas de les éliminer.

Demi-vie : la persistance d'un pesticide est définie comme la demi-vie ou le temps estimée pour que la moitié de la quantité originale de pesticides disparaissent. Ils existent plusieurs catégories : non persistant (moins de 30 jours), modérément persistant (30-100 jours) et persistant (plus de 100 jours)¹⁶⁹.

Densité : aussi appelée masse volumique, elle désigne le rapport entre la masse du bois et son volume (généralement inférieure à 1). La densité du bois brut est une mesure de la porosité du bois. Elle est plus élevée dans le duramen¹⁷⁰.

Déshalogéner : action d'éliminer un halogène dans un composé.

Déshydrohalogénéation : perte d'un chlorure d'hydrogène (HCl) lors d'une réaction chimique.

Dureté : caractère de ce qui est dur, qui résiste au choc et à la pression.

¹⁶⁷ ICOM-CC, 2008

¹⁶⁸ Larousse, 2014 [En ligne]

¹⁶⁹ Odegaard, 2005, p.14

¹⁷⁰ Unger, 2001, p.34

Extension (localisée ou 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.

Fluorescence UV : propriété que possèdent certains matériaux d'absorber la lumière UV et de la réémettre sous forme de rayonnement de longueur d'onde plus grande.

Formule brute : écriture la plus simple de la composition stœchiométrique d'un composé chimique ou un corps simple.

Fumigant : pesticide qui s'évapore ou se décompose en produits gazeux au contact de l'air ou de l'eau.

Fumigation : action d'utiliser un fumigant.

Hémicellulose : hétéropolysaccharide macromoléculaire étroitement lié à la cellulose dans les parois cellulaires, qui apporte soutien et structure au bois.

Hydrophobe : caractère de ce qui est insoluble dans l'eau.

Hygroscopicité : caractérise les substances qui peuvent capter la vapeur d'eau, la retenir et la relâcher pour se mettre à l'équilibre avec leur environnement proche. Pour le bois, il s'agit généralement de taux d'humidité noté H%, dite humidité sur sec. L'hygroscopicité est causée par une polarité similaire entre les molécules de cellulose et les molécules d'eau. Elle influence le retrait et le gonflement du bois¹⁷¹.

Insectifuge : se dit d'une substance qui repousse les insectes.

Intoxication aigue : résulte de l'exposition unique et massive (ou de doses ramassées dans le temps) à un produit chimique entraînant des dommages corporels pouvant conduire à la mort.

Intoxication chronique : résulte de l'exposition prolongée à plus ou moins faible dose à un produit chimique toxique dont les effets néfastes ne se feront sentir que quelques mois, années voire dizaines d'années plus tard.

Isomère : désigne des molécules ayant la même formule brute mais des structures moléculaires développées différentes.

Kératophage : se dit d'un organisme qui se nourrit de matières constituées de kératine.

Lignifié : caractérise un matériau majoritairement constitué de lignine.

Lignine : macromolécule complexe, non linéaire, constitué d'un système aromatique et phénolique, localisée dans les parois secondaires où elle est incorporée par interpénétration dans les fibrilles de cellulose. C'est le deuxième ou troisième constituant macromoléculaire du bois, il renforce la cohésion et donc la résistance mécanique du bois.

M : abréviation utilisée en chimie pour désigner la masse moléculaire d'un composé.

¹⁷¹ Unger, 2001, p.23-26

Masse d'extrait unité : désigne la quantité de substance extraite lors de la solubilisation du prélèvement. Cet extrait contient toutes les substances contenues dans le prélèvement et qui ont pu passer en solution. On utilise la masse de l'extrait afin de pouvoir effectuer une étude comparative des biocides quantifiés, car il ne nous est pas permis d'effectuer des prélèvements parfaitement homogènes bien qu'égaux en masse. Pour cela, on procède à une préparation spécifique de chaque prélèvement (**cf. procédure de préparation des prélèvements**). Pour procéder à la comparaison des valeurs, on divise la concentration obtenue par le poids d'extrait correspondant ($\mu\text{g}/\text{mg}$).

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

Métabolites : désignent des produits de décomposition d'une molécule mère. 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).

Mobile : se dit d'une substance pouvant être propagée par l'air, par l'eau et par les espèces migratrices.

Mode TIC : mode d'analyse GC-MS en Courant Ionique Total.

MSST : abréviation pour «appel aux médecins du travail et autres spécialistes de la sécurité au travail». Cette directive est en vigueur depuis le 1er février 2007.

Mutagène : se dit de tout élément capable de provoquer une mutation au sein d'une espèce.

Naphta : désigne une famille de solvant, proche des solvants aromatiques. Ils sont composés d'un mélange d'hydrocarbures dont la composition chimique dépend de la nature des pétroles dont ils dérivent et des procédés de raffinage qu'ils ont subis.

Naturalia : catégorie d'objets conservés à l'origine dans les Cabinets de curiosité, qui regroupe les créatures et objets naturels (avec un intérêt particulier pour les monstres). Aujourd'hui ce terme désigne les artefacts issus du monde végétal et animal vivant et/ou disparu.

Perméation cutanée : correspond à l'aptitude de la peau à se laisser traverser par une substance.

Persistant : se dit d'une substance dont le processus de dégradation est très lent.

Pesticides : terme désignant des poisons ou toxines utilisés pour prévenir, détruire, repousser ou atténuer des infestations biologiques, dans le but de préserver les collections muséales. Ce terme regroupe les herbicides, les fongicides, les insecticides et les parasitocides.

Polyéthylène : matériau plastique dont le monomère de base est l'éthylène. Ce matériau est chimiquement inerte et très stable physiquement et chimiquement. Etant électrostatique, il ne doit néanmoins jamais être en contact direct avec la surface d'objets présentant une surface manquant de cohésion ou poisseuse. Il est hydrophobe et donc imperméable au liquide¹⁷².

Polypropylène : polymère de propylène dont l'usage est identique au polyéthylène et qui se caractérise aussi par inertie chimique et sa stabilité¹⁷³.

¹⁷² Illes, 2004, p.111

¹⁷³ Levillain, 2002, p.92

Protection collectives : la protection collective est un ensemble de mesures capable d'assurer valablement la protection du personnel contre un ou plusieurs risques professionnels, par éloignement, obstacle, atténuation ou consignation, et d'en limiter ainsi les conséquences.

Pulvérisation à effet rémanent : application d'un insecticide liquide qui forme ensuite un dépôt cristallin rémanent sur les surfaces pulvérisées en s'évaporant. Une dose létale de l'insecticide est absorbée par les insectes qui viennent au contact de ces surfaces.

Rémanence : désigne la durée pendant laquelle un pesticide continue à exercer son action, après son application.

Reprotoxique : se dit d'une substance nocive pour la reproduction.

Sorbonne : hotte munie de parois latérales et d'une paroi frontale, ainsi que d'un registre de fond permettant l'aspiration haute et basse des vapeurs. Elle offre la meilleure protection à l'opérateur et à l'environnement.

Texture : critère de description de la constitution générale d'une cristallisation.

Trace : substance se trouvant à une limite de détection très basse. Nous avons fixé ce seuil à moins de 1 µg/mg.

Tyvek® : un matériau non-tissé de polyéthylène haute densité dont les fibres sont liées par la chaleur. Il est inerte, stable chimiquement et physiquement. Il est résistant aux solvants, aux acides et aux bases. Il est aussi imperméable aux graisses et à l'humidité, mais perméable à l'air et à la vapeur d'eau¹⁷⁴.

Valeur Biologique Tolérable (VBT) : décrit sur le plan de la toxicologie professionnelle la concentration d'une substance, de ses métabolites ou d'un paramètre indicateur d'effet dans un liquide biologique correspondant, pour laquelle la santé d'un travailleur n'est pas mis en danger, même lors d'exposition répétée ou à long terme¹⁷⁵.

Valeur Limite d'Exposition (VLE) : C'est la valeur qui ne doit pas être dépassée même pendant une courte durée. Cela signifie en pratique que la valeur moyenne mesurée sur 15 minutes ne doit pas dépasser la VLE. Lorsque la VLE est plus élevée que la VME, quatre dépassements de 15 minutes par période de travail sont autorisés au maximum. Le délai entre les quatre pics d'exposition autorisés par période de travail doit être d'au minimum une heure¹⁷⁶.

Valeur Moyenne d'Exposition (VME) : Elle indique la concentration moyenne dans l'air des postes de travail en un polluant donné qui, en l'état actuel des connaissances, ne met pas en danger la santé de la très grande majorité des travailleurs sains qui y sont exposés, et ceci pour une durée de 42 heures hebdomadaires, à raison de 8 heures par jour, pendant de longues périodes. Le polluant en question peut être sous forme de gaz, de vapeur ou de poussière¹⁷⁷.

¹⁷⁴ Illes, 2004, p.114

¹⁷⁵ Suva, 2015, p.123-24

¹⁷⁶ Ibid., p.6

¹⁷⁷ Ibid.

Voies de pénétration : désignent les mécanismes de contamination des biocides sous formes de gaz, vapeurs, poussières, particules et liquides.

Voile : désigne des cristallisations de faible épaisseur, généralement étendues, résultant de la migration de résidus de biocide sur la surface des objets.

Xylophage : se dit des insectes qui se nourrissent de bois.

Z : abréviation utilisée en chimie pour désigner le numéro atomique d'un élément.

Annexes

Annexe 1 : Figures



Fig. 25 Cristaux isolés sur la surface du soufflet de forge (III.B.84).



Fig. 26 Exosquelette d'attagène découvert sur le soufflet de forge (III.B.84).



Fig. 27 Intérieur du bidon de naphtalène retrouvé dans le musée.



Fig. 28 Pulvérisateur à main contenant encore du *Permax Combi® 250*, retrouvé dans le musée.



Fig. 29 Tiroirs hermétiques dans des Compactus®.



Fig. 30 Etagères Compactus® pouvant être utilisées recouvertes d'un rideau absorbeur de polluants.

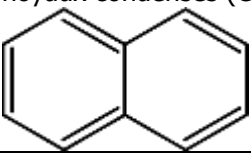
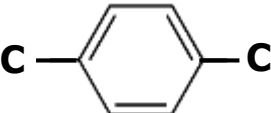
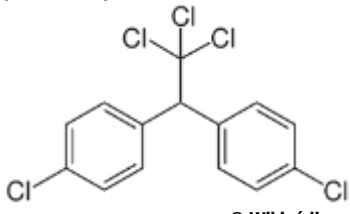
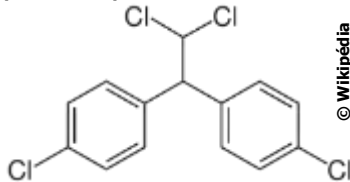
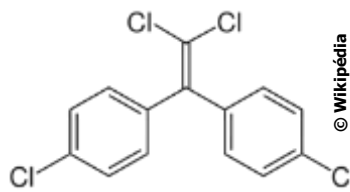


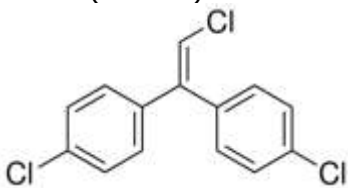
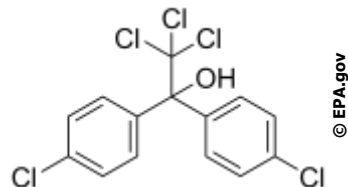
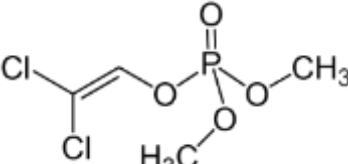
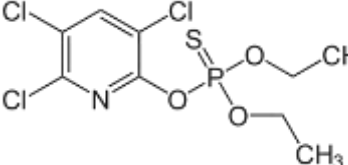
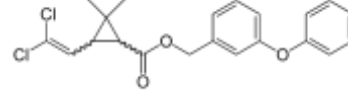
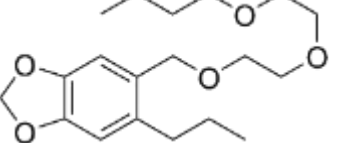
Fig. 31 Emballage d'un masque en tapa et fibres végétales avec des feuilles de polyéthylène (Musée national préhistorique et ethnographique "L. Pigorini" à Rome).

Annexe 2 : Tableaux

Nom complet de la molécule Abréviation	nom IUPAC	Formule chimique brute
Dichlorodiphényldichloroéthane DDD	2,2-bis(chlorophenyl)-1,1-dichloroethane	C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄
DDMS	2,2-bis(chlorophenyl)-1-chloroethane	C ₁₄ H ₁₂ Cl ₃
Dichlorodiphényldichloroethylene DDE	2-(2-Chlorophenyl)-2-(4-chlorophenyl)-1,1-dichloroethene	C ₁₄ H ₈ Cl ₄
DDMU	2-Chloro-1,1-bis(4-chlorophenyl)-ethene	C ₁₄ H ₉ Cl ₃
DDNU	2,2-bis(chlorophenyl)ethene	<i>Non renseignée</i>
Dichlorobenzophenone DBP	4,4'-Dichlorobenzophenone	C ₁₃ H ₈ Cl ₂ O
DDA	2,2-Bis(4-chlorophenyl)acetic acid	C ₁₄ H ₁₀ Cl ₂ O ₂
DDCN	bis(chlorophenyl)acetonitril	<i>Non renseignée</i>
DDM	Bis(4-chlorophenyl)methane	C ₁₃ H ₁₀ Cl ₂

Tableau 6 Tableau récapitulatif des métabolites du DDT, présentés avec leur nom IUPA et leur formule chimique brute (Ricking et Schwarzbauer, 2012).

Produit/nom commercial	Nom/Composition	Application	Date (découverte – restriction/ interdiction) <i>Date d'utilisation au MEN</i>
Famille des Hydrocarbures aromatiques et halogènes			
Boules de Naphtaline (Schneitter® SA)	Naphtalène Hydrocarbure aromatique benzénoïde polycyclique à noyaux condensés (C ₁₀ H ₈)  © EPA.gov	Fumigant et insectifuge. Agit par sublimation à température ambiante.	Synthétisé en 1821 mais utilisé depuis les années 1880. <i>Emploi probable entre 1921 et jusque fin des années 1960.</i> <i>Encore stocké dans les locaux du musée.</i>
Chloro-Camphre : anti mite (Stuber® AG)	Paradichlorobenzène (PDCB) (C ₆ H ₄ Cl ₂)  © HECC Arc, AG	Fumigant et insectifuge. Agit par sublimation à température ambiante	Utilisé depuis 1913. <i>Encore stocké dans les locaux du musée.</i>
Famille des Organochlorés			
Flytox®, Néocide® "Trix" (J.R.Geigy®, Basel)	DDT : Dichlorodiphényltrichloroéthane (C ₁₄ H ₉ Cl ₅)  © Wikipédia	Insecticide et insectifuge. Pulvérisation aérosol, émulsion, poudre.	1939 – 1972 (interdiction). <i>Emploi probable jusqu'à la fin des années 1970.</i>
	DDD : Dichlorodiphenyldichloroethane (C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄)  © Wikipédia		
	DDE : Dichlorodiphenyldichloroéthylène (C ₁₄ H ₈ Cl ₄)  © Wikipédia		

	DDMU ($C_{14}H_9Cl_3$)  © Wikipédia		
Dicofol <i>(Kelthane[®], Hilfol[®], Acarin[®])</i>	Dicofol ($C_{14}H_9Cl_5O$)  © EPA.gov	Insecticide et acaricide. Pulvérisation aérosol.	1956 – 2010 (interdiction).
Organophosphorés			
DDVP (<i>Vapona[®], No-Pest[®], Vaponite[®], etc.</i>)	Dichlorvos : Phosphate de 2,2-dichlorovinyle et de diméthyle ($C_4H_7Cl_2O_4P$)  © EPA.gov	Insecticide. Fumigation passive, pulvérisation sous forme liquide et aérosol.	1948 – 2006 (interdiction). <i>Utilisation attestée en 1998.</i>
DDNP (<i>Dursban[®], Eradex[®], Piridane[®]</i>)	Chlorpyrifos : Thiophosphate de 0,0-diéthyle et de 0-(3,5,6-trichloro-2-pyridyle) ($C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$)  © EPA.gov	Insecticide. Emulsions, pulvérisation sous forme aérosol poudres pour poudrage, granulés.	1965 - 2006 (restriction). <i>Utilisation attestée en 1998.</i>
Pyréthrinoïdes			
Permax Combi 250[®]	Contient de la Permethrin ($C_{21}H_{20}Cl_2O_3$)  © EPA.gov et est utilisé en synergie avec du Piperonyl Butoxide ($C_{19}H_{30}O_5$)  © EPA.gov	Insecticide. Pulvérisation sous forme liquide et aérosol.	Utilisé depuis 1973. <i>Utilisation attestée en 2002.</i> Utilisé depuis les années 1950.
Carbamates et Thiocarbamates			
D-Stop Rakical spray (<i>Baygon[®]</i>)	Propoxur : Méthylcarbamate de 2-isopropoxyphényle ($C_{11}H_{15}NO_3$)	Insecticide. Pulvérisation sous forme liquide et aérosol.	Utilisé depuis 1959. <i>Utilisation probable jusqu'en 2005.</i>

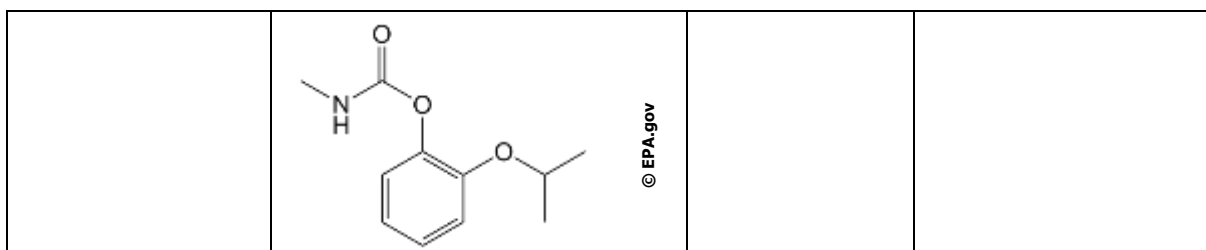


Tableau 7 Tableau récapitulatif des biocides organiques employés dans les collections du musée au cours du XXe siècle et au début du XXIe.

Méthode	Invasif/ Destructif	Qualitatif/ quantitatif	Avantages/Inconvénients
<i>Spot tests</i>	Généralement non.	Qualitatif.	<i>Avantages</i> : faibles coûts. <i>Inconvénients</i> : temps de mise en œuvre long, le test de détection de l'arsenic produit de l'arsine (AsH ₃) lors de la réaction et doit être traité comme un déchet toxique.
<i>Radiographie à rayons X (RX)</i>	Non invasif. Non destructif.		Mise en évidence des zones contenant des éléments lourds (As, Hg, Pb, etc.). S'utilise en conjonction avec d'autres méthodes d'identification (XRD, AAS, FRX, FTIR, GC/MS).
<i>Spectrométrie de fluorescence X (FRX)</i>	Non invasif. Non destructif.	Qualitatif et semi-quantitatif.	<i>Avantages</i> : permet de détecter les éléments de n°atomique 12 et plus, les appareils portables permettent une utilisation in situ, analyse rapide. <i>Inconvénients</i> : analyse de surface, interférences possibles entre les pics de certains métaux, seuil de détection plus haut qu'AAS et ICP-MS.
<i>Microscopie électronique à balayage couplée à la dispersion d'énergie des rayons X (MEB-EDS)</i>	Invasif : solide 0,01-15cm. Destructif	Qualitatif et semi-quantitatif.	<i>Avantages</i> : détection des éléments de Z=5 à Z=92, indique l'emplacement des éléments sur les coupes. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût, seuil de détection plus haut que FRX, AAS et ICP-AES, la préparation modifie irréversiblement la surface du prélèvement.
<i>Spectrométrie d'absorption atomique (AAS)</i>	Invasif : solide de 0,01 à 0,1g. Destructif	Qualitatif et quantitatif.	<i>Avantages</i> : seuil de détection plus bas que FRX. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût, détection d'un seul élément à la fois, interférence possible entre les éléments.
<i>Spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (ICP-MS)</i>	Invasif : solide de 0,01 à 0,1g. Destructif	Qualitatif et quantitatif.	<i>Avantages</i> : permet l'analyse simultanée de plusieurs éléments (métaux, Cl, I, Br, S), seuil de détection plus bas et moins d'interférence qu'AAS. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût.

Tableau 8 Liste des méthodes d'analyses instrumentales adaptées pour l'identification des biocides inorganiques.

Méthode	Invasif/ Destructif	Qualitatif/ Quantitatif	Avantages/Inconvénients
<i>Diffraction des rayons X</i>	Invasif : solide, poudre (0,1 mm min.) Non destructif.	Qualitatif.	<i>Avantages</i> : permet l'identification de composés cristallins dans des substances complexes, peut être utilisée en conjonction avec d'autres méthodes d'identification. <i>Inconvénients</i> : ne détecte pas les composés amorphes et semi-cristallins.
<i>Spectrométrie infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR)</i>	Invasif : solide (0,1 mm min.) ou liquide. Non destructif.	Qualitatif.	<i>Avantages</i> : permet l'identification de composés organiques et de quelques composés inorganiques dans des substances complexes. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût, interférence possible en présence de composés multiples.
<i>Spectrométrie Raman</i>	Invasif : solide de 0,1 mm min., liquide ou gaz. Non destructif.	Qualitatif.	<i>Avantages</i> : permet l'identification de composés organiques dans des substances complexes. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût, interférence possible en présence de composés multiples.
<i>Résonance magnétique nucléaire (RMN)</i>	Invasif et destructif.	Qualitatif.	<i>Avantages</i> : nécessite de très petits prélèvements, permet une analyse qualitative des composés purs. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût, le prélèvement doit être solubilisé.
<i>Techniques chromatographiques: chromatographie en phase liquide à haute performance (HPLC) ; chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse (GC-MS)</i>	Invasif : solide, liquide et gaz (0,01 mg et/ou 0,5 mm de diamètre). Destructif	Qualitatif et quantitatif.	<i>Avantages</i> : grande précision, seuil de détection bas, large applicabilité. <i>Inconvénients</i> : accessibilité et coût, temps d'analyse long, lourde préparation des prélèvements en amont (extraction, filtrage).
<i>Passive sampler couplé à GC-MS</i>	Non invasif (échantillon d'air ou de gaz). Non destructif.	Qualitatif et quantitatif.	<i>Avantages</i> : facilité de mise en œuvre. <i>Inconvénients</i> : nécessite l'accès à une GC-MS.

Tableau 9 Liste des méthodes d'analyses instrumentales adaptées pour l'identification des biocides organiques.









Nom de la molécule	Temps de rétention spécifique (RT en minutes)
DDT (standard)	22.51
p,p'-DDT	22.28
o,p'-DDT	23.52
p,p'-DDE	21.48
o,p'-DDE	21.17
m,p'-DDD	20.28
o,p'-DDD	21.89
m,p'-DDMU	20.58
o,p' ou p,p'-DDMU	21.03
o,p' ou p,p'-DDMU	22.41
C ₁₄ H ₈ Cl ₄	21.73
C ₁₄ H ₁₀ Cl ₄	22.61
C ₁₄ H ₉ Cl ₅	22.91

Tableau 10 Tableau récapitulatif des composés organochlorés identifiés lors de l'analyse GC-MS en fonction de leur temps de rétention.

n°Prélèvement	Objet/ n° inventaire	Date	Provenance/ Acquisition	Type de prélèvement	Localisation	Résultats GC- MS Quantité en µg/mg
1	Cimier III.B.70	1920	Mali / Achat de la collection Speyer	Voile	Défense	Pas de détection
2				Concrétions volumineuses	Base de la corne droite	
3				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base de la sculpture (face arrière)	
4	Soufflet de forge III.B.84	1920	Togo Achat	Cristaux isolés	intérieur de l'ouverture gauche	Pas de détection
5				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure ouverture de gauche	
6	Trône fauteuil III.B.2	1921	Cameroun Achat de la collection Speyer	Voile	Revers du séant	DDT : 2 DDD : 44 C ₁₄ H ₈ Cl ₄ : 50
7				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Arrière du dossier, au centre de la partie médiane	DDT : 0,48 DDD : 33 C ₁₄ H ₈ Cl ₄ : 4 C ₁₄ H ₉ Cl ₅ : 721
8	Masque zoomorphe 56.13.1	1956	Côte d'Ivoire Non renseigné	Voile	Intérieure de la 5ème dent (face gauche)	DDT : 1,93 DDE : 14 DDD : 215 DDMU : 20 C ₁₄ H ₈ Cl ₄ : 2738 C ₁₄ H ₉ Cl ₅ : 372
9				Voile	Intérieur du cou (fond du cou)	DDT : 17,5 DDD : 488 DDMU : 286 C ₁₄ H ₈ Cl ₄ : 4600
10				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie supérieure de la corne gauche (zone médiane)	DDT : 0,1
11	Statuette féminine 60.7.24	1960	Côte d'Ivoire Achat	Voile	Revers du séant du tabouret (partie arrière)	Pas de détection
12				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Pied gauche (face avant)	
13	Verge de Légba 67.2.4	1967	Bénin Non renseigné	Cristaux isolés	Extrémité droite (face gauche)	Pas de détection
14				Voile	Extrémité droite (face arrière)	Pas de détection

15				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité gauche (face gauche)	DDT : 0,17
16	Lot de perches de danse 68.1.84-87	1968	Nigeria Don	Voile	Extrémité basse	Pas de détection
17				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité haute	DDT : 0,19
18	Chameau harnaché et chargé 76.2.136	1976	Mauritanie Achat	Voile	Portant droit de la selle (face arrière)	Pas de détection
19				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Centre du poitrail (face avant)	DDT : 0,16
20	Natte pour essorer le fromage 82.4.6	1982	Niger Achat	Voile	Extrémité droite (face supérieure)	Pas de détection
21				Concrétions volumineuses	Partie médiane (face supérieure)	Pas de détection
22				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité droite (partie interne)	DDT : 0,18
23	Masque anthropomorphe 94.26.5	1994	Nigeria Non renseigné	Cristaux isolés	Face interne, partie supérieure gauche	DDT : 0,11
24				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure supérieure (zone médiane)	Pas de détection
25	Selle de dromadaire 99.7.2a-m	1999	Algérie Don	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face droite du bâti, partie supérieure	Pas de détection
26				Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche du bâti, partie inférieure (zone altérée du cuir)	
27	Mortier en bois 03.2.1	2003	Nigéria Non renseigné	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base du pied (face arrière)	DDT : 0,17
28				Voile	Partie supérieure panse (face avant)	Pas de détection
29				Voile	Anse gauche (face avant)	Pas de détection

Tableau 11 Tableau récapitulatif des résultats obtenus lors de la 3^è phase GC-MS.

Code	Pictogramme	Mention
SGH01		Explosif
SGH02		Inflammable
SGH03		Comburant
SGH04		Gaz sous pression
SGH05		Corrosif
SGH06		Toxique
SGH07		Toxique, irritant, sensibilisant, narcotique.
SGH08		Sensibilisant, mutagène, cancérigène, reprotoxique


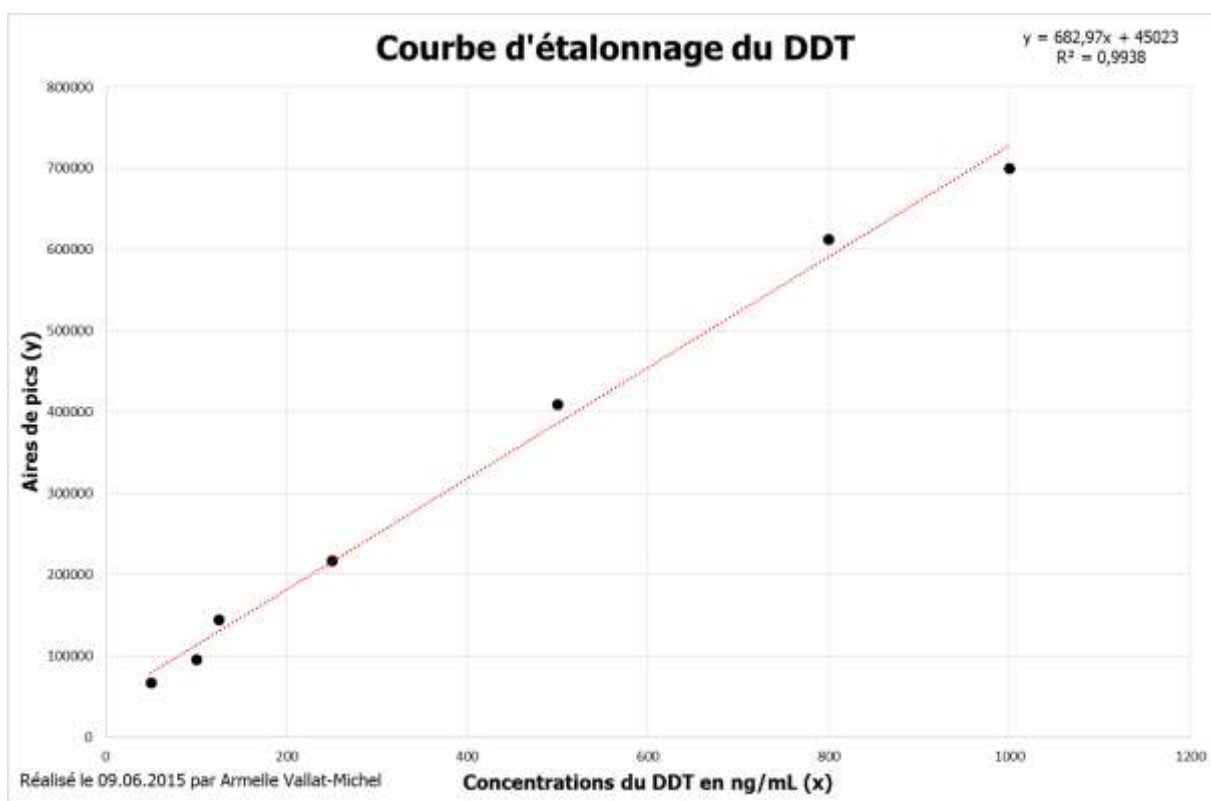
SGH09		Danger pour l'environnement
-------	---	-----------------------------

Tableau 12 Tableau des pictogrammes de danger selon le système général harmonisé.

Annexe 3 : Graphiques



Graphe 7 Courbe d'étalonnage du DDT

Annexe 4 : Schémas

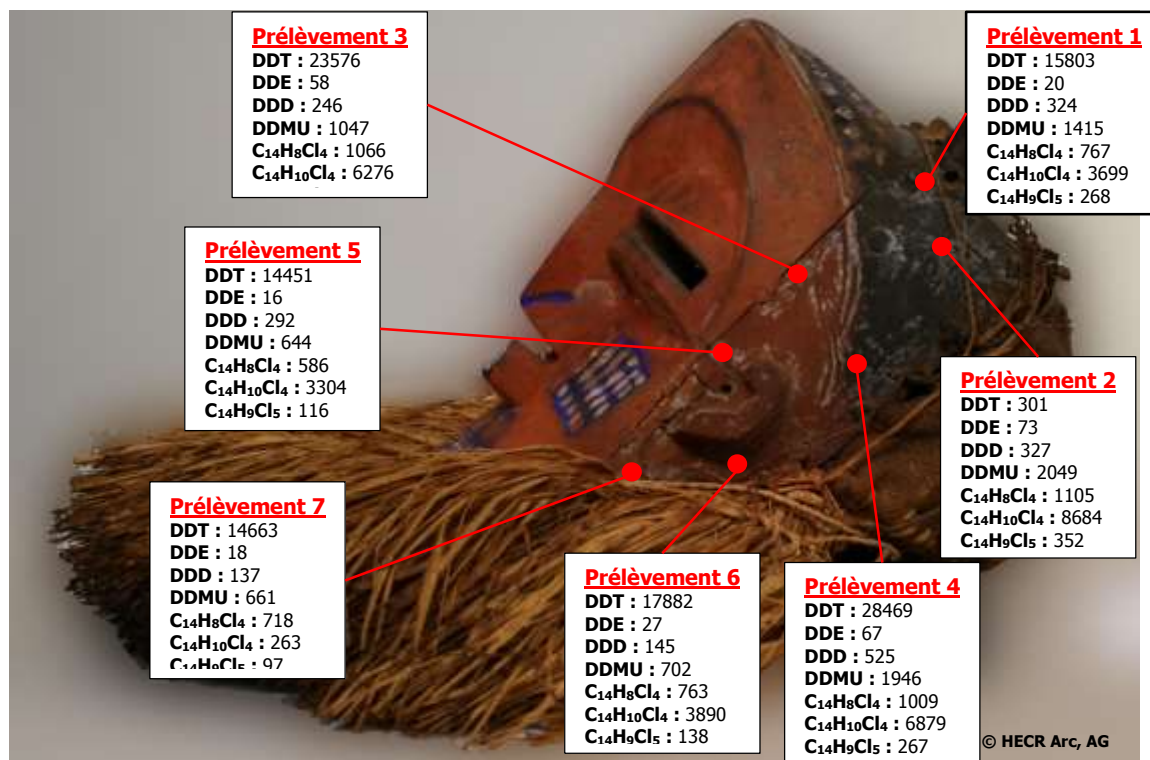


Schéma 1 Localisation des prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1) pour la 2^e phase GC-MS (Face présentant des cristallisations, valeurs données en µg/mg).

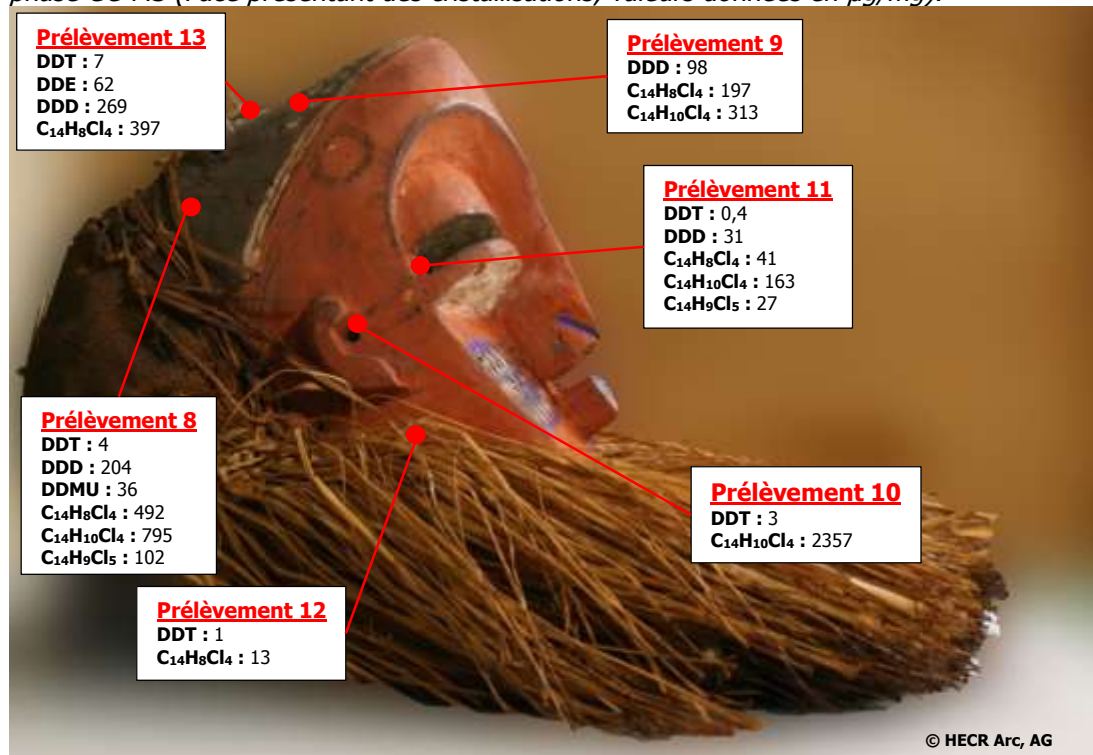


Schéma 2 Localisation des prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1) pour la 2^e phase GC-MS (Face ne présentant pas de résidus visibles, valeurs données en µg/mg).

Annexe 5 : Protocoles

Protocole 1 : Protocole d'analyse par spectrométrie de fluorescence X (FRX)

But : réaliser une analyse qualitative permettant de mettre en évidence des éléments métalliques (Hg, As) dans des résidus de biocides visibles à la surface des objets.

Principe de fonctionnement :

Le spectromètre est composé d'une source de rayonnements X qui excite la matière à analyser, d'un détecteur qui mesure le rayonnement émis et de deux analyseurs qui divisent ce rayonnement en raies¹⁷⁸ (Cf. Schéma 3, p.85). L'analyse des éléments 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 excitatrice pénètre dans l'objet à analyser à une profondeur variable (environ 1 μm) selon le type de matériau et l'énergie de la radiation incidente. La réémission est captée par le détecteur puis analysée sous

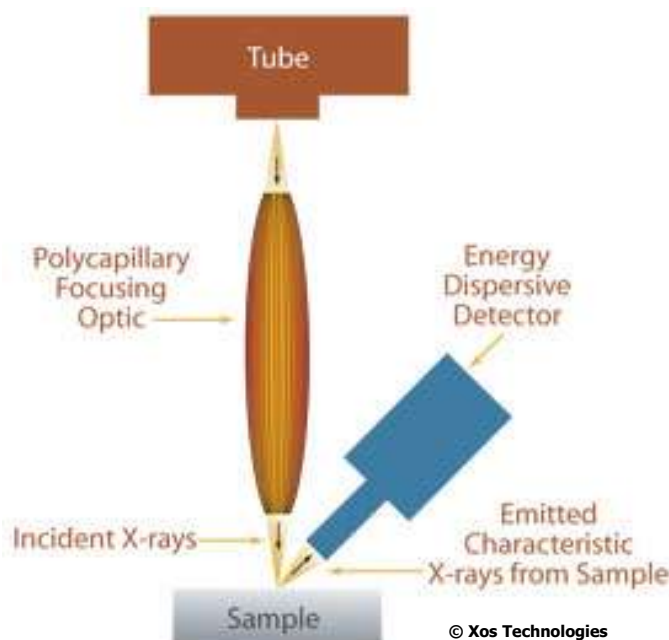


Schéma 3 Fonctionnement d'un appareil de EDFRX

forme de spectres de raies¹⁷⁹. Les différentes raies correspondantes à ces émissions se présentent sous la forme de pics caractéristiques de chaque élément sur un graphique¹⁸⁰. Cette technique ne permet d'analyser que la surface de l'objet, cela signifie donc que l'analyse peut ne pas être représentative de celui-ci dans son ensemble¹⁸¹. De plus, étant effectuée à l'air libre, seuls les éléments de numéro atomique égal ou supérieur à 12 (Mg) sont détectés car les rayons X des éléments de numéro atomique inférieur sont absorbés par l'air ou par la fenêtre protégeant le détecteur¹⁸². Enfin, la surface analysée, qui reste relativement petite (2 à 3 mm^2), peut parfois présenter des résidus de saleté qui peuvent perturber les résultats d'analyse obtenus¹⁸³.

¹⁷⁸ Hours, 1980, p.312

¹⁷⁹ Lorusso et Schippa, 1995, p.77-80

¹⁸⁰ La micro-fluorescence X, 2014 [En ligne]

¹⁸¹ Sirois *et al.*, 2010, p.30

¹⁸² Corbeil, 2011 [En ligne]

¹⁸³ Rinuy et Schweizer, 1994, p.223-224

Equipement :

- Appareil de Fluorescence X portable EDXRF *Thermo Fisher*® Niton XL3t (Cf. Fig. 32, p.86).
- Echantillon blanc (coton badigeon, sachet à glissière type *MiniGrip*®).
- Prélèvements (coton badigeons frottés sur la surface des objets, sachet à glissière type *MiniGrip*®).
- Equipement de protection individuelle.

Conditions opératoires :

Les analyses ont eu lieu le 20 avril 2015 à la Haute école Arc, encadrée par M. Tobias Schenckel. L'analyse s'est faite en mode mining, à une puissance de 50 KeV et durant 60 secondes afin d'avoir une plus grande précision dans les résultats. Pour chaque analyse, le prélèvement a été conservé dans un sachet *MiniGrip*® fermé afin de prévenir les problèmes de contamination de la chambre d'analyse¹⁸⁴. Enfin, nous avons procédé à l'analyse d'un échantillon blanc, préparé au préalable,



Fig. 32 Appareil de FRX portable EDXRF *Thermo Fisher*® Niton XL3t.

afin de mettre en évidence le bruit de fond émis par les éléments naturellement présents dans l'air et sur le coton badigeon, et qui peuvent perturber la lecture des résultats finaux.

Procédure :

- Sortir le pistolet de la mallette de rangement et le placer adéquatement sous l'enceinte fermée.
- Placer l'échantillon blanc sur la zone de détection du spectromètre dans la chambre d'analyse.
- Fermer la glissière de protection.
- Sélectionner le programme d'analyse souhaité.
- Procéder à l'analyse de l'échantillon.
- Réitérer la procédure pour chaque prélèvement.
- Obtenir les spectres d'émission produits pour l'interprétation des résultats.

¹⁸⁴ Sirois *et al.*, 2010, p.31

Protocole 2 : Protocole de prélèvements des objets pour la réalisation des analyses GC-MS.

But : récolte de prélèvements sur des biens culturels à des fins de recherches scientifiques.

Ce protocole est inspiré de la *Norme européenne Conservation des biens culturels – Méthodologie d'échantillonnage des matériaux – Règles générales (EN 16085)*, datant d'août 2012.

Equipement

- Scalpel.
- Brucelles métalliques.
- Lampe de poche.
- Vials en verre avec capuchons en polyéthylène.
- Ethanol.
- Ouate de coton.
- Matériel de documentation : appareil photo, échelle métrique.
- Micro balance.
- Equipement de protection personnel.

Conditions opératoires

Les prélèvements ont été effectués le 17 avril, le 7 mai et le 27 mai 2015 au Musée d'ethnographie de Neuchâtel. Ils ont été effectués en accord avec Mme Magali Stoller, conservatrice-restauratrice au sein du musée et responsable de stage pour ce travail de Bachelor.

Avant chaque prélèvement, l'état de conservation de chaque objet a été documenté sous la forme d'un constat d'état. Ce dernier comprend également une description qui révèle leurs spécificités pouvant influencer la prise de prélèvement (présence d'une polychromie, d'un enduit, etc.) et qui précise la présence de biocides résiduels.

Les emplacements des prélèvements ont été sélectionnés de sorte à réduire le plus possible tout effet visible, perturbateur ou détériorant, dans des zones discrètes, tout en répondant aux objectifs de l'échantillonnage. Le mode de prélèvement a été choisi en concertation avec la collaboratrice scientifique en charge des analyses, selon les exigences particulières d'une analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à une spectrométrie de masse¹⁸⁵. Il prend notamment en compte le fait qu'une masse suffisante est nécessaire pour la fiabilité et la précision des résultats obtenus¹⁸⁶.

Chaque prélèvement a été effectué en réduisant au maximum les risques de contamination potentiels, pouvant perturber les résultats d'analyse obtenus. Dans ce but, les prélèvements ont été placés dans

¹⁸⁵ Comité Européen de Normalisation, 2012, p.5

¹⁸⁶ Caldararo *et al.*, 2001, p.57

des contenants en verre hermétiques et inertes, utilisés communément en laboratoire de chimie¹⁸⁷. Pour finir, chaque prélèvement a été étiqueté séparément et documenté individuellement par l'intermédiaire d'une description et d'une photographie indiquant son emplacement sur l'objet.

La GC-MS étant une méthode d'analyse destructrice, aucun prélèvement effectué dans le cadre de ce travail de recherche n'a été restitué au Musée d'ethnographie de Neuchâtel.

Procédure :

- Etiqueter chaque vial et son capuchon individuellement.
- Peser les vials vides avant les prélèvements à l'aide d'une micro balance.
- Procéder au prélèvement de l'échantillon. En fonction des spécificités relevées lors du constat d'état, les concrétions volumineuses, les cristaux isolés et les voiles peuvent être récoltés par grattage de la surface des objets ou à l'aide de brucelles. Dans le cas des zones ne présentant pas visiblement de contamination par des biocides résiduels, les prélèvements ont été effectués en coupant un échantillon de matière à l'aide d'un scalpel.
- Documenter l'emplacement du prélèvement.
- Déposer l'échantillon dans la vial correspondante et capuchonnée.
- Jeter les équipements non réutilisables et nettoyer à l'éthanol ceux qui peuvent être réutilisés entre chaque prélèvement.
- Répéter la procédure jusqu'à la fin de la campagne de prélèvement.
- Peser les vials pleines après les prélèvements à l'aide d'une micro balance.

Protocole 3 : Protocole d'analyse par Chromatographie en phase gazeuse-couplée à une spectrométrie de masse

But : réaliser une analyse qualitative et quantitative permettant l'identification et le calcul de concentration de molécules organiques complexes dans des résidus de biocides visibles à la surface des objets.

Principe de fonctionnement :

La chromatographie en phase gazeuse (GC) est une technique d'analyse qui permet de séparer des composés volatils et semi volatils d'un mélange complexe et de nature diverse en fonction de leur affinité chimique avec la phase stationnaire (colonne).

¹⁸⁷ Caldararo *et al.*, 2001, p.57

L'échantillon est vaporisé dans l'injecteur, puis introduit et entraîné le long de la colonne de séparation par un gaz vecteur inerte (hélium ou hydrogène)¹⁸⁸ (Cf. Schéma 4, p.89). Les différentes composantes vont alors se détacher les unes des autres en fonction de leur affinité avec la phase stationnaire, selon un phénomène de rétention chromatographique. Les molécules prennent ainsi différents temps, appelés temps de rétention (RT).

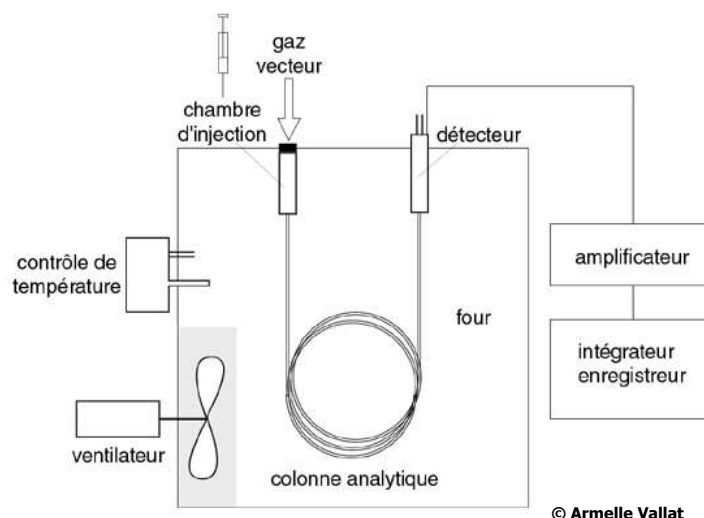


Schéma 4 Fonctionnement d'un appareil de GC-MS.

La spectrométrie de masse (MS)

permet la mesure de la masse moléculaire du composé analysé et grâce à la fragmentation, l'étude des données sur la structure de la molécule¹⁸⁹. Le détecteur (le spectromètre de masse) est situé en sortie de colonne et fragmente chaque molécule du mélange analysé en ions. Pour cela, les composés gazeux, après séparation, rentrent dans la chambre d'ionisation et sont soumis à 70 eV. Les ions produits sont alors caractérisés par leur rapport masse/charge¹⁹⁰.

Les ions sont enfin convertis en signal électrique par le détecteur afin de permettre leur traitement informatique, sous la forme d'un graphique de l'intensité relative des ions en fonction de leur rapport masse/charge, également appelé spectre de masse¹⁹¹. L'identification des composés constitutifs du mélange analysé est ensuite possible en faisant correspondre le spectre de masse obtenu expérimentalement avec des spectres de masse de référence de composés connus ainsi que le temps de rétention de chaque composé avec ceux de standards connus (chaque molécule possède un temps de rétention caractéristique)¹⁹².

Enfin, l'étude des aires de pics des composés élués, proportionnelles à la masse d'échantillon injecté, permet de quantifier chaque molécule identifiée. Il est nécessaire dans ce cas de procéder à un étalonnage, effectué en comparant l'aire de chaque pic à quantifier à celui d'un étalon choisi adéquatement¹⁹³.

¹⁸⁸ Palmer, 2001, p.35

¹⁸⁹ Institut de Chimie et des matériaux Paris-Est, 2015 [En ligne]

¹⁹⁰ C2rmf, 2015 [En ligne]

¹⁹¹ Palmer, 2001, p.37-38

¹⁹² Sirois et Sansoucy, 2001, p.58

¹⁹³ Pellerin, 2000, p.13-14

Equipement

- Chromatographe GC 7890B couplé à un spectromètre de masse 5977A MSD (*Agilent Technologies*®) (Cf. Fig. 33, p.90).
- Bain à ultrason *Ultrasonic cleaner VWR*®.
- Prélèvements (échantillons conservés dans des vials en verre à capuchon en polyéthylène).
- Matériel de préparation des prélèvements (gants, masque ou travail hôte aspirante, vials en verre avec capuchons en polyéthylène, micro pipette, seringue et aiguille métallique stériles, filtres embouts 4mm PTFE 0,22 µm pour seringues stériles, solvant (dichlorométhane et acétonitrile)).
- Equipement de protection individuelle.

Conditions opératoires

Les analyses ont eu lieu à la plateforme de chimie analytique de l'Université de Chimie de Neuchâtel et ont été réalisées en collaboration avec Mme Armelle Vallat, Docteur en chimie au sein de la plateforme. Tous les prélèvements ont dû être préparés afin de pouvoir être injectés dans la colonne du chromatographe.

Les analyses de chromatographie en phase gazeuse se sont déroulées en 3 phases (du 20 au 27 avril, du 11 mai au 12 juin et du 28 mai au 12 juin 2015) et ont été effectuées en mode TIC (Total Ion Current). Les composés des échantillons analysés ont été séparés sur une colonne HP-5MS (95% dimethylpolysiloxane- 5% phenyl-arylene, *Agilent Technologies*®) de dimensions 30 m x 0.25 mm, 0.25 µm. Le programme de chromatographie en phase gazeuse choisi était de 50°C pendant 2

minutes puis une rampe de 10°C/min jusqu'à 300°C et 1 minute à 300°C. 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 40 à 500 uma.

Nous avons utilisé des standards de DDT, lindane, PCP et permethrin fournis par Erwin Hildbrand, assistant de laboratoire et chercheur en conservation, travaillant pour le Musée National suisse.

La durée d'une analyse est de 28 minutes. La limite de détection est de 25 ng/mL en mode TIC pour le DDT.





Fig. 33 Appareil de GC 7890B et MS 5977A MSD (*Agilent Technologies*®).

Procédure :

- Préparation des prélèvements : solubiliser chaque prélèvement dans une solution de 500 µL de dichlorométhane et acétonitrile (1 : 1, v/v) et les mettre dans un bain à ultrason durant 10 minutes, puis filtrer chaque solution à l'aide de filtres embouts, évaporer ensuite chaque extrait sous flux d'azote. Peser chaque extrait à sec pour pouvoir ramener chaque concentration calculée à une masse d'extrait unité. Pour finir, les suspendre dans une solution de 80 µL d'acétonitrile.
- Placer les échantillons préparés dans la machine (1 µL de volume d'injection).
- Sélectionner le programme d'analyse souhaité.
- Procéder à l'analyse des échantillons.
- Procéder à la récolte des données obtenues lors de l'analyse : comparaison des spectres avec des spectres de masse de référence de composés connus et des temps de rétention de chaque composé avec ceux de standards connus, établissement d'une courbe d'étalonnage permettant l'analyse semi quantitative, étude des spectres de masse de chaque échantillon pour vérifier la présence des composés recherchés grâce à leur temps de rétention spécifiques, récolte des aires de pics de chaque composés présents pour effectuer les calculs de concentration.
- Obtenir les spectres de masse et les feuilles de calculs de concentrations pour l'interprétation des résultats.

Annexe 6 : Fiches de constat d'état et de prélèvements

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Coiffe	<i>Provenance</i> République Démocratique du Congo	
<i>Numéro d'inventaire</i> III.C.2505	<i>Matériaux constitutifs</i> Plumes Fibres végétales Cuir	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1921	<i>Dimensions</i> hauteur : 33 cm largeur : 42 cm profondeur : 16 cm	
<i>Description de l'objet</i> Coiffe composée d'une calotte hémisphérique en fibres végétales et d'un ornement en plumes noires et blanches, maintenus ensemble par des cordelettes en fibres végétales.		
Constat d'état		
Objet empoussiéré et sale. Raidissement et durcissement de l'écorce. Raidissement et dessèchement du cuir. Barbes des plumes désolidarisées dans les parties sommitales. Plumes pliées et cassées. Décoloration des plumes noires. Jaunissement des plumes blanches.		
<i>Traces d'infestation biologique</i> Présence de plumes dégradées par une infestation d'insectes kératophages (parties sommitales et lames de nombreuses plumes lacunaires)	<i>Illustration de l'infestation</i> 	
	<i>Détail d'une plume dont les barbes ont été dégradées par des insectes.</i>	

Présence de biocides résiduels

Couleur : incolore à faiblement blanc.

Brillance/matité : mate en lumière normale et faiblement brillants en lumière rasante.

Formation localisés/étendue : très localisées.

Aspect visuel : formation de quelques voiles fins, à la surface homogène, faiblement étendue et composés de cristaux de faible diamètre.

Dureté : faible.

Texture : solide, granuleux, cassant.

Adhérence : aucune.

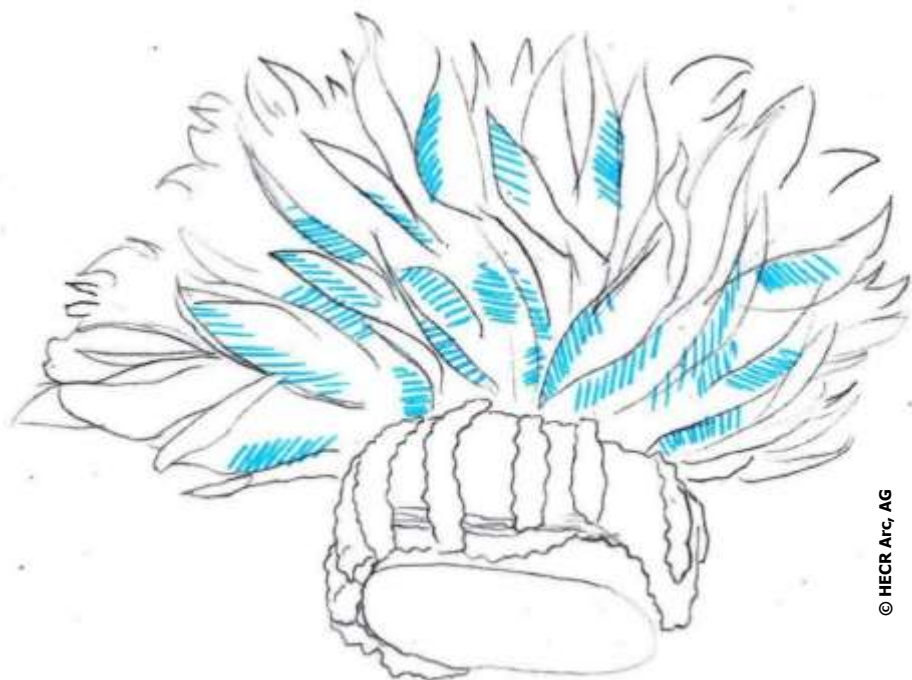
Illustrations de la/des formations observées



Voile à la surface d'une plume.

Localisation sur l'objet

Voiles (bleu) : le long des plumes situées notamment à l'intérieur de la coiffe.



Prélèvements d'échantillons


Campagne FRX :

Badigeon n°2.

Emplacement : plume à l'intérieur de la coiffe.

Type de prélèvement : frottis.



Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Outre à baratter	<i>Provenance</i> Niger (touareg)	
<i>Numéro d'inventaire</i> 82.4.2	<i>Matériaux constitutifs</i> Cuir Fibres végétales	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1982	<i>Dimensions</i> hauteur : 9 cm largeur : 19,5 cm profondeur : 50 cm	
<p><i>Description de l'objet</i> Outre allongée et de forme ovotride en peau épilée de cabri, présentant deux poignées à chaque extrémité recouvertes de lanières de cuir et une ouverture à l'une de ses extrémités.</p>		
Constat d'état		
<p>Objet sali et empoussiéré. Raidissement et dessèchement du cuir qui a perdu toute sa souplesse et qui est devenu dur et cassant. Présence de fissurations dans le cuir. Présence de nombreuses réparations anciennes (coutures).</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i> Aucune.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : concrétions blanches.

Voiles incolores à légèrement gris.

Brillance/matité : concrétions mates en lumière normale et faiblement brillantes en lumière rasante.

Voiles faiblement brillants en lumière normale et brillants en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : très localisées pour les deux types de formations.

Aspect visuel : formation de quelques voiles fins, à la surface homogène, constitués de cristaux de tailles et de formes régulières.

Concrétions formées d'amas de petits cristaux de faibles diamètres de forme régulières.

Dureté : faible.

Texture : voiles collants, mous.

Concrétions poudreuses, solides, cassantes.

Adhérence : voiles et concrétions adhérents au support.

Illustrations de la/des formations observées



Voile sur une lanière en cuir.



Concrétions sur la surface de l'objet.

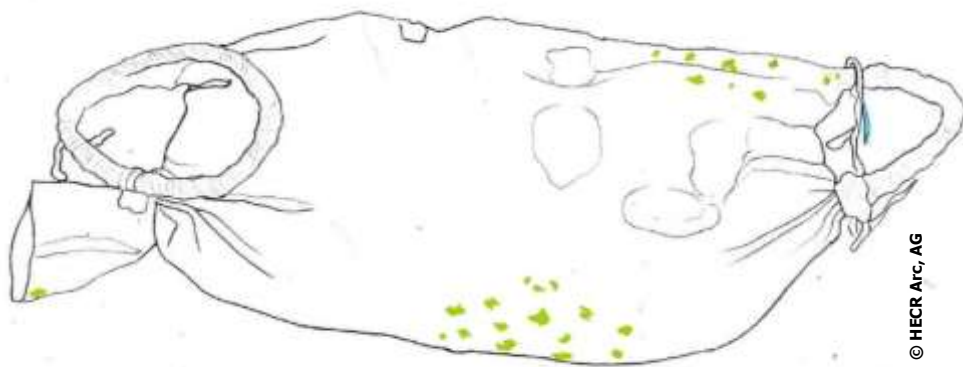
Localisation sur l'objet

Voiles : lanière de cuir sur la poignée droite

Concrétions : Extrémité gauche de l'objet (au niveau de l'ouverture).

Partie inférieure de l'objet.

Extrémité droite de l'objet.



Prélèvements d'échantillons


Campagne FRX :

Badigeon n°1.

Emplacement : partie inférieure de la face avant.

Type de prélèvement : frottis.



Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
Dénomination Cimier avec calotte	Provenance Mali (Bambara) Achat Speyer Berlin	
Numéro d'inventaire III.B.70	Matériaux constitutifs Bois Fibres végétales alliages ferreux (?)	
Date d'entrée dans la collection 1920	Dimensions hauteur : 68 cm largeur : 15 cm profondeur : 26 cm	
<p><i>Description de l'objet</i></p> <p>Objet composé d'une calotte en vannerie présentant deux cordelettes en fibres végétales torsadées, sur lequel repose un cimier représentant une figuration zoomorphe sculptée en bois. Celle-ci présente un corps quadrupède en forme de demi-lune et décoré d'incisions géométriques, un long cou terminé par une tête ornée d'une défense, de deux oreilles en forme d'amande (dont l'une est percée d'un anneau) et deux cornes courbées vers l'arrière et sculptées de torsades.</p>		
Constat d'état		
<p>Empoussièrément.</p> <p>Chocs mécaniques ayant entraîné la casse de certaines parties de l'objet (pointes des deux cornes, pointes des deux oreilles, base de la tête, partie droite du corps).</p> <p>Objet morcelé et lacunaire (pointes de la corne de droite, pointes de l'oreille de gauche, partie droite du corps).</p> <p>Présence d'anciennes restaurations (traces de collage de nombreuses parties de l'objet).</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i></p> <p>Pas de traces d'infestation biologique.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : gris à incolore.

Brillance/matité : légèrement brillants en lumière normale et brillants en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : présence de voiles étendus sur des grandes parties de l'objet.
Présence de cristallisations localisées plus particulièrement dans les creux sculptés et les zones irrégulières du bois.

Aspect visuel : surface de l'objet hétérogène.
Formation de voiles fins, composés de cristaux de faible diamètre, de taille et forme irrégulière.
Formation de concrétions compactes, composés de cristaux épais, de formes et de tailles irrégulières.

Dureté : aucune, ne présente pas de résistance à la pénétration.

Texture : concrétions granuleuses, collantes et molles.
Voiles poudreux.

Adhérence : formations très adhérentes au support.

Illustrations de la/des formations observées



Voiles sur la surface de la défense.

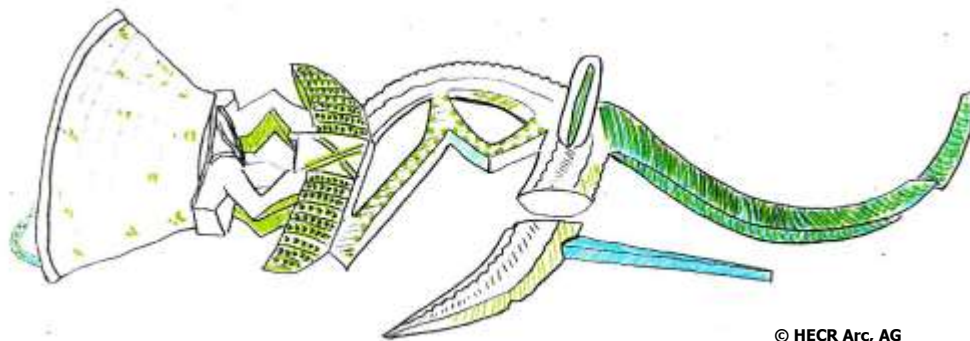


Détails de concrétions compactes agglomérées.





Localisation sur l'objet



Présence de voiles (bleu) : le long de la défense et des deux cornes ornant la tête, extrémité de la tête, intérieur des deux oreilles, baguettes en bois et cordelettes à l'intérieur de la calotte.

Présence de concrétions compactes (vert) : intérieur des pattes, ventre, intérieur des oreilles et zones incisées de la sculpture (cou, tête, cornes). Cristallisation éparées sur les fibres végétales sur les côtés de la calotte et sur les cordelettes



© HECR Arc, AG

Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°2. Emplacement : face interne de la corne droite. Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 10 mg.</p>	
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°1. Emplacement : défense. Type de prélèvement : voile. Poids : 0,9 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°2. Emplacement : base de la corne droite. Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 2 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°3. Emplacement : base de la sculpture (face arrière). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 1,3 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Soufflet de forge	<i>Provenance</i> Togo Achat	
<i>Numéro d'inventaire</i> III.B.84	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois Cuir Enduit brun Fibres végétales	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1920	<i>Dimensions</i> hauteur : 15 cm largeur : 36,5 cm profondeur : 80 cm	
<p><i>Description de l'objet</i></p> <p>Soufflet de forge monoxyle, sculpté en forme de trompe et recouvert d'un enduit de couleur brun foncé. Il présente deux grandes ouvertures ovales de part et d'autre de la tuyère constituant ainsi deux conduits. L'arrière se termine par une prolongation en forme d'aileron et est percé en son centre. La partie centrale de la tuyère est entourée d'une bande de cuir durci.</p>		
<p>Constat d'état</p> <p>Traces de chocs mécaniques (ébréchures et fente au bout de la tuyère, lacunes sur les bords des ouvertures et à l'arrière). Usure de la couche d'enduit, devenue lacunaire à certains endroits. Fissuration du bois le long de la tuyère.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i></p> <p>Présence de galeries de large diamètre. Présence de trous d'envol et de galerie de petit diamètre. Présence d'exosquelettes de larve d'insectes à l'intérieur des ouvertures ovales.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>  <p>© HECR Arc, AG</p> <p><i>Vue de galeries d'insectes xylophages ayant atteint la surface de l'objet.</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : gris clair.

Brillance/matité : mates en lumière normale et en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : très localisée.

Aspect visuel : formation de petits cristaux bien distincts les uns des autres, de diamètre hétérogène et forme anguleuse.

Dureté : présentent peu de résistance à la pénétration.

Texture : solide, poudreux.

Adhérence : non adhérent au support.

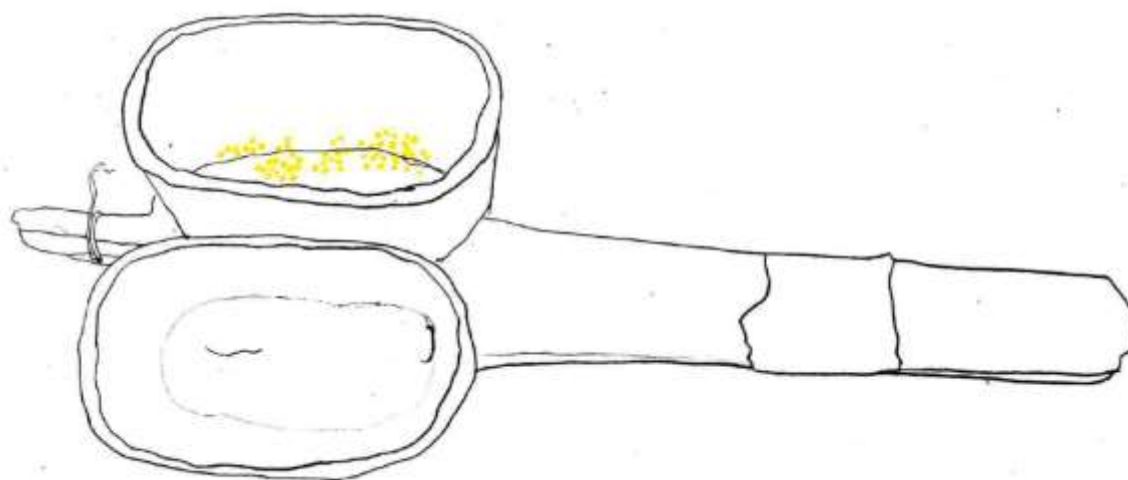
Illustrations de la/des formations observées



Cristaux à l'intérieur de l'une des deux ouvertures ovales.

Localisation sur l'objet

Formation de cristaux à l'intérieur des ouvertures ovales (notamment celle de gauche).



© HECR Arc, AG

Prélèvements d'échantillons

Troisième campagne GC-MS :

Prélèvement n°4.

Emplacement : intérieur de l'ouverture gauche.

Type de prélèvement : cristaux isolés.

Poids : 1,2 mg.





Prélèvement n°5.

Emplacement : bordure de l'ouverture de gauche.

Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles.

Poids : 4,5 mg.



Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Trône fauteuil	<i>Provenance</i> Cameroun (Baandeng) Achat Speyer Berlin	
<i>Numéro d'inventaire</i> III.B.2	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois bruni	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1921	<i>Dimensions</i> hauteur : 17,5 cm largeur : 13 cm profondeur : 70 cm	
<i>Description de l'objet et de sa technologie</i> Trône fauteuil de forme cylindrique, partiellement bruni au feu, arborant un dossier à profil hémisphérique. Il présente deux montants sculptés et une base cylindrique creuse également sculptée. Les décors représentent des personnages et des têtes masculines ainsi que des motifs géométriques en étoile.		
Constat d'état Fissurations multiples du bois. Présence d'anciennes restaurations/réparations (?) sur la partie avant du séant et à l'arrière de la base. Traces de chocs mécaniques ayant entraîné des pertes de matière à l'arrière de la base. Usures des zones brunies.		
<i>Traces d'infestation biologique</i> Nombreux trous d'envol de petit diamètre (moins de 1 mm), répartis sur la partie avant de la base, à l'intérieur du dossier, sur la partie avant du séant, et sur le revers du dossier.		<i>Illustration de l'infestation</i> 
		<i>Trous d'envol à l'arrière du dossier.</i>

Présence de biocides résiduels

Couleur : blanc-gris.

Brillance/matité : faible brillance en lumière normale, très brillant en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : localisées.

Aspect visuel : voiles fins homogènes, composés de cristaux compacts, de faible diamètre.

Dureté : aucune.

Texture : solide, pulvérulent, poudreux.

Adhérence : non adhérent au support.

Illustrations de la/des formations observées



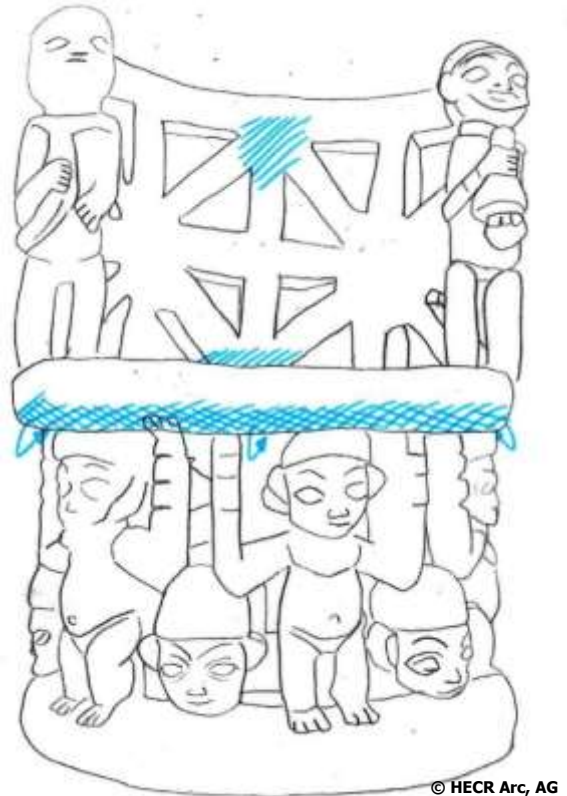
Vue du voile se développant sous le séant du trône fauteuil.

Localisation sur l'objet

Arrière du dossier (partie supérieure).

Arrière du fauteuil (au niveau du séant).

Sous le séant (au centre).



Prélèvements d'échantillons

Troisième campagne GC-MS :

Prélèvement n°6.

Emplacement : revers du séant.

Type de prélèvement : voile.

Poids : 7 mg.




Prélèvement n°7.

Emplacement : arrière du dossier, au centre de la partie médiane.

Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles

Poids : 6,8 mg.



Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Masque zoomorphe	<i>Provenance</i> Cote d'Ivoire (Senoufo)	 <p>© HEAR Arc, AG</p>
<i>Numéro d'inventaire</i> 56.13.1	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois enduit brun	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1956	<i>Dimensions</i> hauteur : 17,5 cm largeur : 13 cm profondeur : 70 cm	
<p><i>Description de l'objet</i></p> <p>Sculpture monoxyle à figuration zoomorphe, présentant un museau allongé, une gueule ouverte à dents pointues, des yeux rapprochés à la base du museau, des oreilles en forme d'amandes et deux cornes allongées en parties sculptées à l'arrière de la tête.</p> <p>L'ensemble de la surface du masque a été bruni, excepté les pointes des cornes, l'intérieur de la gueule et l'intérieur du masque.</p>		
Constat d'état		
<p>Perte, usure, lacune du revêtement peint.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i></p> <p>Pas de traces d'infestations biologiques.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : incolore en lumière normale, légèrement blanc en lumière rasante.

Brillance/matité : faible brillance en lumière normale, forte brillance en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : étendu.

Aspect visuel : formation de voiles composés de petits cristaux brillants, de forme et taille hétérogènes.

Présence de cristaux isolés compacts et d'aiguilles fines également isolées.

Dureté : faible.

Texture : cassant, solide.

Adhérence : non adhérent au support.

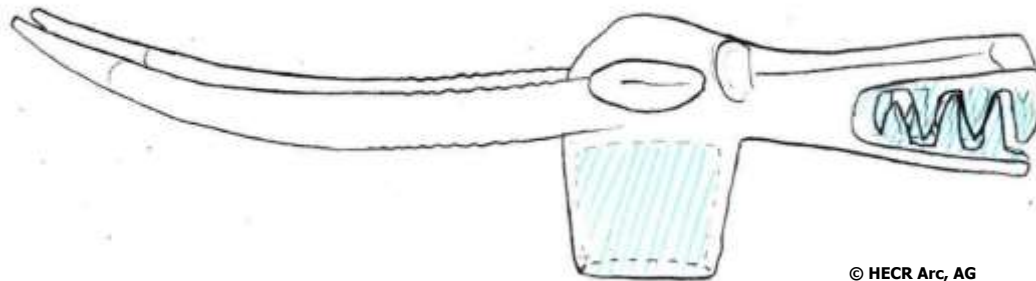
Illustrations de la/des formations observées







Léger voile dans le fond du cou (le cercle entoure une formation en forme d'aiguille et les flèches indiquent des cristaux compacts isolés).

Localisation sur l'objet

A l'intérieur de la gueule (notamment au fond et sur les dents) et à l'intérieur du masque (fond et parois).



Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°8. Emplacement : face interne de la corne droite. Type de prélèvement : cristaux isolés. Poids : 20 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°8. Emplacement : intérieure de la 5ème dent (face gauche). Type de prélèvement : voile. Poids : 29,8 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°9. Emplacement : intérieur du cou (fond du cou). Type de prélèvement : voile. Poids : 10,5 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°10. Emplacement : partie supérieure de la corne gauche (zone médiane). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 0,7 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Statuette féminine	<i>Provenance</i> Côte d'Ivoire (Senoufo) achat	
<i>Numéro d'inventaire</i> 60.7.24	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois noirci	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1960	<i>Dimensions</i> hauteur : 31,5 cm largeur : 10 cm profondeur : 13 cm	
<i>Description de l'objet</i> <p>Sculpture monoxyle anthropomorphe présentant des attributs sexuels féminins proéminents et représentée assise sur un banc à deux pieds. Les mains reposent sur les genoux. Le corps est décoré de bijoux sculptés et de scarifications (lignes ciselées notamment sur le visage, le dos et les fesses). Les cheveux sont coiffés en une demi-sphère stylisée.</p>		
Constat d'état		
<p>Fissurations du bois (notamment sur les côtés du siège et sur les pieds du personnage féminin). Choc mécanique entraînant une perte de matière sur le pied gauche. Usure de la couche brunie au niveau des zones de préhension et des zones proéminentes (pieds du tabouret et du personnage, arrière du tabouret, pointes des seins, mains et poignées, nez et bouche).</p>		
<i>Traces d'infestation biologique</i> Aucune.	<i>Illustration de l'infestation</i>	

Présence de biocides résiduels

Couleur : gris-blanc.

Brillance/matité : mates en lumière normale, légèrement brillants à la lumière rasante.

Formation localisée/étendue : localisées dans les zones de creux et les zones irrégulières (non polies) du bois.

Aspect visuel : formation de voiles fins, composés de cristaux de faible diamètre, de taille et forme irrégulière (visible uniquement avec une loupe compte fil en grossissement x 10).

Dureté : aucune, ne présente aucune résistance à la pénétration.

Texture : poudreux, collant.

Adhérence : adhérent au support.

Illustrations de la/des formations observées



Voile formé sous la tête de la statuette.

Localisation sur l'objet

Arrière de la tête et sommet du cou (tout le pourtour).

Base du cou (sur les côtés et à l'avant).

Sous le sein gauche.

Sous les deux aisselles et la partie haute des flancs.




Arrière des mains, au niveau de l'aîne (de chaque côté).

Sur les cuisses au niveau des mains.

Intérieur des tibias.

Dessous du siège.



Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°9. Emplacement : sous le séant, près des pieds du tabouret. vers l'avant de l'objet. Type de prélèvement : voile. Poids : 10 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°11. Emplacement : revers du séant du tabouret (partie arrière). Type de prélèvement : voile. Poids : 4,5 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°12. Emplacement : pied gauche (face avant, zone altérée). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 2 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Masque anthropomorphe	<i>Provenance</i> République Démocratique du Congo (Biombo)	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<i>Numéro d'inventaire</i> 65.17.1	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois polychromie fibres végétales alliage ferreux	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1965	<i>Dimensions</i> hauteur : 38 cm largeur : 54 cm profondeur : 55 cm	
<p><i>Description de l'objet</i> Masque anthropomorphe polychrome rouge, brun bleu et blanc, présentant une cagoule arrière en fibres végétales tressées et une collerette cerclant le bas de la tête en fibres végétales brutes. La face avant présente des décors géométriques stylisés rehaussés de bleu et de blanc.</p> <p>Les pigments ont été appliqués sans liant sur la surface du bois, qui a été sculptée et polie.</p>		
<p>Constat d'état</p> <p>Présence de charnières métalliques (ancienne réparation). Petites fissurations réparties sur les côtés de l'objet.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i> Nombreux trous d'envol de petit diamètre, répartis sur le côté droit de la face avant et la partie sommitale du masque.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>  <p><i>Vue des trous d'envol à la surface de l'objet.</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : blanc-gris.

Brillance/matité : brillants en lumière normale, très brillants en lumière rasante.

Formation localisé/étendue : voiles peu étendus.

Concrétions localisées éparses, s'accumulent dans les zones incisées et irrégulières.

Aspect visuel : formation de voiles fins, brillants, constitués de cristaux de petits diamètres mais homogènes qui réfléchissent les rayons lumineux.

Formation de concrétions dures, compactes et composés de cristaux épais, de formes et de tailles irrégulières.

Dureté : faible, présente une légère résistance à la pénétration

Texture : concrétions granuleuses, collantes et molles

Voiles poudreux et collants

Adhérence : formations adhérentes au support.

Illustrations de la/des formations observées



Voile sur la surface de l'objet.

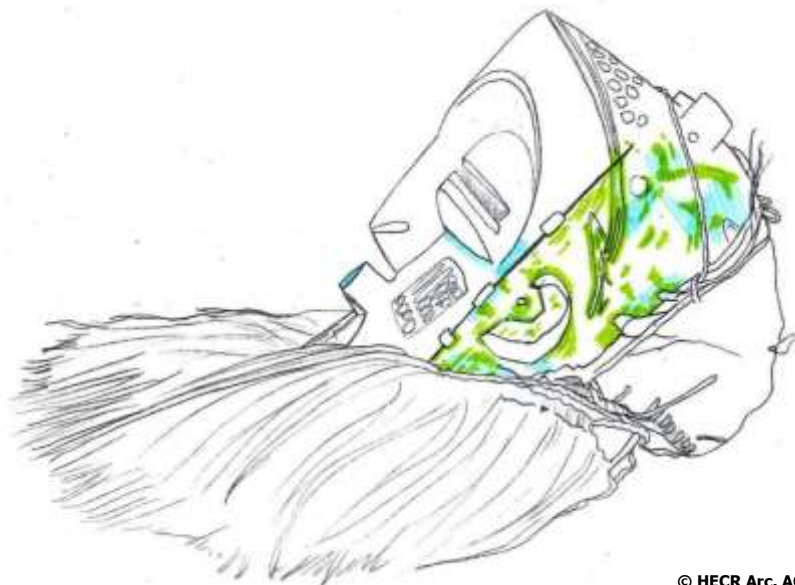






Concrétions épaisses formées dans les zones incisées et irrégulières






Localisation sur l'objet






Présence de voiles (bleu) :
 sur la lèvre inférieure, sur
 le côté de l'œil droit et sous
 la paupière, répartis sur la
 face droite.


Présences de concrétions
 compactes (vert) : localisés
 dans les zones de décors,
 les zones incisées sur la
 face droite uniquement.



Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°1. Emplacement : face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet. Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 10 mg.</p>	
<p><u>Deuxième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°1. Emplacement : face droite, partie supérieure sommitale. Type de prélèvement : voile. Poids : 2,6 mg.</p>	
<p>Prélèvement n°2. Emplacement : face droite, partie supérieure. Type de prélèvement : voile. Poids : 1,5 mg.</p>	
<p>Prélèvement n°3. Emplacement : face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet. Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 1,5 mg.</p>	

<p>Prélèvement n°4. Emplacement : face droite, partie médiane vers l'arrière de l'objet. Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 1,5 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°5. Emplacement : face droite, partie médiane, à l'avant de l'oreille. Type de prélèvement : voile. Poids : 3,7 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°6. Emplacement : face droite, partie médiane, à l'arrière de l'oreille. Type de prélèvement : voile. Poids : 2,9 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°7. Emplacement : face droite, partie inférieure vers l'avant de l'objet. Type de prélèvement : voile. Poids : 2,8 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°8. Emplacement : face gauche, partie supérieure vers l'arrière de l'objet. Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 1,9 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

<p>Prélèvement n°9. Emplacement : partie sommitale, vers l'arrière de l'objet. Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 6,3 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°10. Emplacement : face gauche, partie médiane, à l'avant de l'oreille. Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 3,8 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°11. Emplacement : face avant, coin extérieur de l'œil gauche. Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 9,1 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°12. Emplacement : face gauche, partie inférieure, vers l'arrière de l'objet. Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 2,5 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°13. Emplacement : partie sommitale, zone médiane, vers l'arrière de l'objet. Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 2,2 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Verge de Lègba	<i>Provenance</i> Bénin (Abomey) Ethnie Fon	
<i>Numéro d'inventaire</i> 67.2.4	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois Enduit picturale rouge Enduit picturale brun noir	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1967	<i>Dimensions</i> hauteur : 42,6 cm largeur : 4,5 cm profondeur : 6,5 cm	
<i>Description de l'objet</i> Sculpture monoxyle représentant un sexe masculin, recouverte de pigment rouge sur toute sa surface et d'un dépôt brun noir dans la partie supérieure. La partie supérieure a été polie tandis que la partie inférieure est laissée brute.		
Constat d'état Nombreuses fissurations longitudinales, qui suivent le fil du bois. Usure de la couche de pigments rouges entraînant des lacunes dans la partie inférieure de l'objet. Arrachement des fibres de bois dans la partie inférieure de l'objet et sur toute sa hauteur.		
<i>Traces d'infestation biologique</i> Aucune.		<i>Illustration de l'infestation</i>

Présence de biocides résiduels

Couleur : blanc.

Brillance/matité : mates en lumière normale et en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : formations de cristaux et d'un voile très localisées.

Aspect visuel : formation de petits cristaux visibles à l'œil nu, de taille égale mais de forme irrégulière, aux arrêtes arrondies.

Formation d'un voile fin d'épaisseur homogène à la surface de l'objet, composé de cristaux de faible diamètre, collés les uns aux autres.

Dureté : les cristaux sont durs et présentent une résistance forte à la pénétration.
Le voile ne présente aucune résistance.

Texture : les cristaux sont compacts, cassants.
Le voile est gras, collant, mou.

Adhérence : les cristaux sont faiblement adhérents au support tandis que le voile est fortement adhérent.

Illustrations de la/des formations observées



Cristaux à la surface de l'objet.

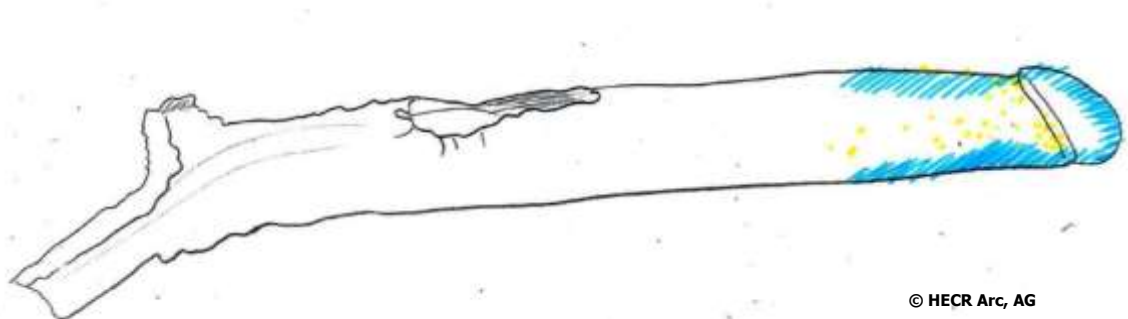






Voile se développant sous l'objet.

Localisation sur l'objet

Formation de cristaux (jaune) : localisés dans la partie supérieure de l'objet, notamment dans les zones de décor sculpté et dans les fissures longitudinales.

Formation du voile (bleu) : localisé dans la partie supérieure de l'objet.



Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°4. Emplacement : extrémité droite (face gauche). Type de prélèvement : cristaux isolés. Poids : 10 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°13. Emplacement : extrémité droite (face gauche). Type de prélèvement : cristaux isolés. Poids : 3,2 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°14. Emplacement : extrémité droite (face arrière). Type de prélèvement : voile. Poids : 3,3 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°15. Emplacement : extrémité droite (face arrière). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 4,6 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Lot de perches de danse	<i>Provenance</i> Nigeria (Rubuka) Don	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<i>Numéro d'inventaire</i> 68.1.84-87	<i>Matériaux constitutifs</i> Bambou Poils de mouton Pièces de monnaies nigérianes (alliages métalliques (cuivreux)) Fibres végétales Matières synthétiques Cuir Peinture brun noire	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1968	<i>Dimensions</i> hauteur : 263 cm largeur : 1,7 cm profondeur : 1,7 cm	
<i>Description de l'objet</i> Lot de 4 perches ornées d'éléments décoratifs au niveau de leurs extrémités : éléments en poils blancs et gris, pièces de monnaies accrochées avec des liens en cuir, cordelettes en fibres végétales et décorées de bagues brunies au feu.		
Constat d'état		
Surfaces présentant des salissures. Empoussièrement. Traces de chocs et d'usures au niveau des zones de préhension.		
<i>Traces d'infestation biologique</i> pas de traces d'infestation		Illustration de l'infestation

Présence de biocides résiduels

Couleur : gris à incolore.

Brillance/matité : mates en lumière normal et légèrement brillants en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : très localisé.

Aspect visuel : formation de voiles gris à l'épaisseur variable et à la surface hétérogène.
Formation de voiles incolores, très fins, visibles par la présence de grains un peu plus brillants en lumière rasante.

Dureté : aucune, pas de résistance à la lame du scalpel.

Texture : poudreux, pulvérulent.

Adhérence : adhérent au support.

Illustrations de la/des formations observées







Voiles sur l'une des extrémités d'une perche.

Localisation sur l'objet

Partie inférieure des perches (localisé dans les 20 premiers cm de haut).



Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°7. Emplacement : face interne de la corne droite. Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 0,8 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°16. Emplacement : extrémité basse. Type de prélèvement : voile. Poids : 1,6 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°17. Emplacement : extrémité haute. Type de prélèvement : one ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 2,6 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Chameau harnaché et chargé	<i>Provenance</i> Mauritanie (Maure, Oualata) acheté à Myriam mint Amidou	
<i>Numéro d'inventaire</i> 76.2.136	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois Cuir teinté Fibres végétales Peau et fourrure Textile	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1976	<i>Dimensions</i> hauteur : 40 cm largeur : 45 cm profondeur : 40 cm	
<i>Description de l'objet</i> Figurine servant de jouet et représentant un dromadaire en bois clair, sculpté et pyrogravé. Il est harnaché et chargé d'un palanquin (<i>mdenne</i>) avec coussins, tapis de cuir et de fourrure, deux nattes roulées, une selle de cuir jaune et rouge (suspendue à l'un des montants droits du palanquin).		
Constat d'état		
Usure, raidissement du cuir.		
<i>Traces d'infestation biologique</i> Aucune.		<i>Illustration de l'infestation</i>

Présence de biocides résiduels

Couleur : gris blanc.

Brillance/matité : mate avec les deux types de lumières.

Formation localisés/étendue : localisée.

Aspect visuel : Formation de voiles à la surface hétérogène et d'épaisseur variable.

Dureté : aucune, ne présente pas de résistance à la pénétration.

Texture : poudreuse, collante.

Adhérence : très adhérent au support et à la lame.

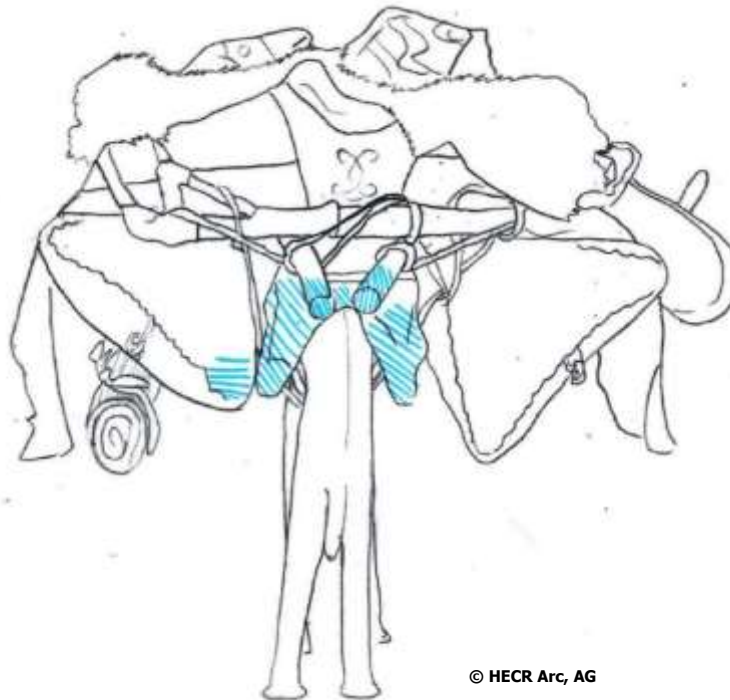
Illustrations de la/des formations observées



Voiles hétérogènes sur la surface du cuir.

Localisation sur l'objet

Visibles uniquement à l'arrière de l'objet (notamment sur les parties en cuir et dans la partie inférieure de l'objet).



Prélèvements d'échantillons

Troisième campagne GC-MS :

Prélèvement n°18.

Emplacement : portant droit de la selle (face arrière).

Type de prélèvement : voile.

Poids : 1,8 mg.




Prélèvement n°19.

Emplacement : centre du poitrail (face avant).

Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles.

Poids : 3,9 mg.



Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Natte pour essorer le fromage	<i>Provenance</i> Niger (Touareg) Achat	
<i>Numéro d'inventaire</i> 82.4.6	<i>Matériaux constitutifs</i> Tiges végétales Liens et cordes en fibres végétales	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1982	<i>Dimensions</i> hauteur : 9 cm largeur : 69 cm profondeur : 9 cm	
<p><i>Description de l'objet</i> Natte composée de tiges végétales séchées liées les unes aux autres par 6 liens en fibres végétales entrelacés entre chaque tige. La natte est enroulée sur elle-même et maintenue dans cette position par deux cordelettes en fibres végétales.</p>		
Constat d'état		
<p>Empoussièrément, présence de dépôts de salissures et de restes organiques. Tiges cassées à chaque extrémité et effilées. Usure de liens en fibres végétales qui sont effilés et déchirés.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i> Présence d'exosquelettes de larve d'insectes collés sur la surface des tiges et piégés dans les concrétions blanches.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>  <p><i>Exosquelette d'une larve d'anthrène.</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : incolore à blanc.

Brillance/matité : voile légèrement brillant en lumière rasante, les cristaux sont mates.

Formation localisée/étendue : étendue à toute la surface de l'objet.

Aspect visuel : formation de voiles fins, incolores, légèrement brillants, formés de cristaux de très petits diamètres mais homogènes et qui réfléchissent les rayons lumineux.
Formation de concrétions formant des points blancs sur la surface des voiles, de forme et taille hétérogènes, anguleuses et visibles à l'œil nu.

Dureté : le voile ne présente aucune dureté.
Les cristaux sont durs, résistent à la pénétration.

Texture : voile poudreux et pulvérulent.
Concrétions dures et solides.

Adhérence : le voile présente une adhérence moyenne au support.
Les concrétions sont peu adhérentes.

Illustrations de la/des formations observées



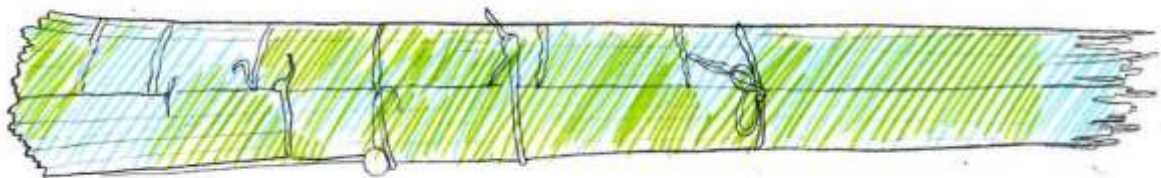
Vue des voiles à l'une des extrémités de la natte.



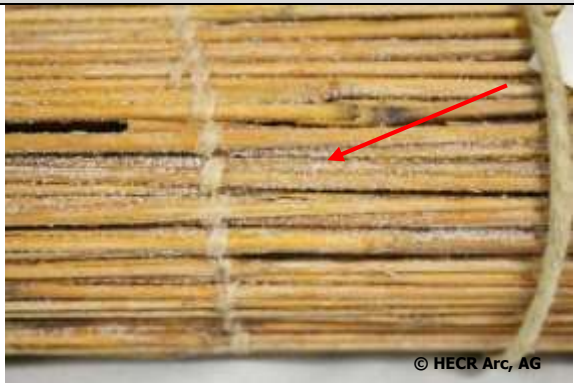



Vue de concrétions blanches sur la surface de la natte.



Localisation sur l'objet

Les voiles et les concrétions sont étendus sur toute la surface des tiges, plus particulièrement dans la partie médiane de l'objet dans le cas des concrétions.



© HECR Arc, AG

Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°6. Emplacement : partie médiane (face supérieure). Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 10 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°20. Emplacement : extrémité droite (face supérieure). Type de prélèvement : voile. Poids : 3,9 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°21. Emplacement : partie médiane (face supérieure). Type de prélèvement : concrétions volumineuses. Poids : 16,3 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<p>Prélèvement n°22. Emplacement : extrémité droite (partie interne). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 16,7 mg.</p>	 <p>© HECR Arc, AG</p>

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Masque anthropomorphe	<i>Provenance</i> Nigéria (Ibibio)	
<i>Numéro d'inventaire</i> 94.26.5	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois enduit mate	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1994	<i>Dimensions</i> hauteur : 22,5 cm largeur : 14 cm profondeur : 10 cm	
<p><i>Description de l'objet</i></p> <p>Masque anthropomorphe présentant un front bombé et proéminent, un nez droit, une bouche entrouverte et saillante, des yeux évidés et des oreilles aux bords dentelés. Le pourtour du masque est percé de trous à intervalle régulier. La surface de l'objet a été recouverte d'un enduit brun foncé.</p>		
<p>Constat d'état</p> <p>Salissures et empoussièrement important. Usure de la couche d'enduit rendant le bois apparent (nez, bouche, bordures intérieures et zones de contact avec la peau). Traces de chocs sur les bordures extérieures ayant provoqué des lacunes.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i></p> <p>Présence de trous d'envol et de galeries d'insectes xylophages, visibles notamment à l'intérieur du masque et sur les bordures (diamètre légèrement supérieur à 1 mm).</p>		 <p><i>Trou d'envol sur la bordure du masque.</i></p>

Observation de biocides résiduels

Couleur : incolore.

Brillance/matité : matess en lumière normale, brillant à la lumière rasante.

Cristallisation localisé/étendue : très localisées.

Aspect visuel : formation de minuscule cristaux isolés, très petits diamètre, éparses, pas de concrétions.

Dureté : aucune, ne présente aucune résistance.

Texture : granuleuse.

Adhérence : aucune.

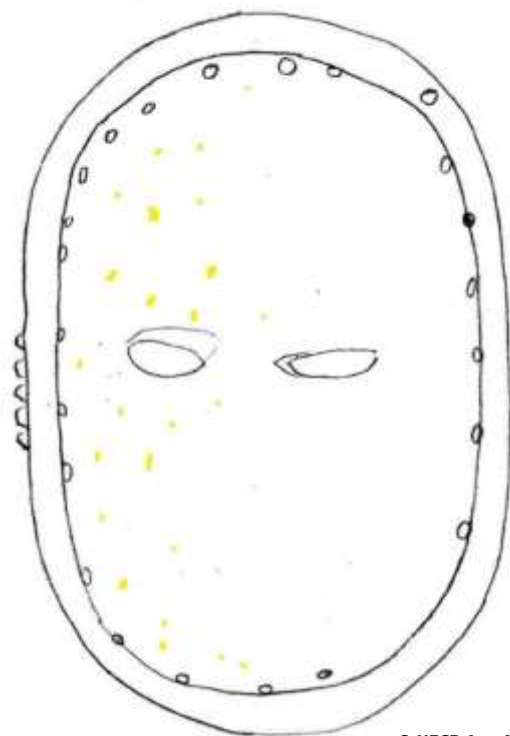
Illustrations de la/des formations observées



Vue de cristaux isolés à l'intérieur de l'objet.

Localisation sur l'objet

intérieur du masque, sur le côté gauche, dans la partie supérieure et inférieure (en jaune).



Prélèvements d'échantillons

Troisième campagne GC-MS :

Prélèvement n°23.

Emplacement : face interne, partie supérieure gauche.

Type de prélèvement : cristaux isolés.

Poids : 0,9 mg.





Prélèvement n°24.



Emplacement : bordure supérieure (zone médiane).


Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles.

Poids : 2,3 mg.



Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Selle de dromadaire	<i>Provenance</i> Algérie don	 <p>© HECR Arc, AG</p>
<i>Numéro d'inventaire</i> 99.7.2a-m	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois Cuir teint Fibres végétales Alliage métallique (ferreux ?)	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 1999	<i>Dimensions</i> hauteur : 54 cm largeur : 76 cm profondeur : 83 cm	
<p><i>Description de l'objet</i></p> <p>Selle de dromadaire en forme de demi-lune, présentant un pommeau de forme arrondi à l'avant et un dossier allongé et arrondi à l'arrière. Elle est constituée d'un bâti en bois recouvert d'une fine couche de cuir où sont fixées deux sangles de cuir de chaque côté. La selle présente aussi une housse amovible en cuir rouge dont les différents éléments sont cousus avec du fil noir et blanc et décoré de frises linéaires.</p>		
<p>Constat d'état</p> <p>Craquelures, dessèchement et raidissement du cuir. Usures localisées de la surface du cuir (traces d'utilisation). Salissures et empoussièrément important.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i></p> <p>Trace d'infestation d'insectes xylophages (trous d'envol) sur le bâti en bois, visibles notamment sur les côtés. Les insectes ont percé la couche de cuir en sortant du bois (diamètre d'environ 1 mm ou moins).</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>  <p>© HECR Arc, AG</p> <p><i>Trous d'envol à la surface de l'objet.</i></p>

Présence de biocides résiduels	
Pas de résidus suspects observés.	
<i>Illustrations de la/des formations observées</i>	
<i>Localisation sur l'objet</i>	
Prélèvements d'échantillons	
<u>Deuxième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°25. Emplacement : face droite du bâti, partie supérieure Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 1,6 mg	
Prélèvement n°26. Emplacement : face gauche du bâti, partie inférieure (zone altérée du cuir). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 3,5 mg	

Fiche de constat d'état et de prélèvements		
Identification de l'objet		
<i>Dénomination</i> Mortier	<i>Provenance</i> Niger (Touareg)	
<i>Numéro d'inventaire</i> 03.2.1	<i>Matériaux constitutifs</i> Bois Enduit Restes organiques	
<i>Date d'entrée dans la collection</i> 2003	<i>Dimensions</i> hauteur : 49 cm largeur : 26, 5 cm profondeur : 25 cm	
<p><i>Description de l'objet</i></p> <p>Mortier monoxyle en bois adoptant une forme de sablier et présentant une base circulaire, une panse ovoïde et évasée vers le haut ainsi que deux renforts latéraux dans sa partie inférieure.</p> <p>Sa surface extérieure a été brunie par application d'un enduit.</p>		
Constat d'état		
<p>Empoussièrement important et présence de résidus organique (toiles d'araignée dans la panse et sous le renfort de gauche).</p> <p>Fissurations du bois, notamment sur sa base et sur la bordure supérieure.</p> <p>Usures localisées de l'enduit, devenu lacunaire par endroits.</p> <p>Rayures, griffures, impacts dus à des chocs mécaniques (traces d'utilisation).</p> <p>Traces de peinture rouge sur la panse.</p>		
<p><i>Traces d'infestation biologique</i></p> <p>Pas de trace d'infestation biologique.</p>		<p><i>Illustration de l'infestation</i></p>

Présence de biocides résiduels

Couleur : gris clair.

Brillance/matité : mates en lumière normale, faiblement brillants en lumière rasante.

Formation localisée/étendue : localisées.

Aspect visuel : voile fin, à la surface hétérogène, alternant des zones denses et des zones clairsemées.

Dureté : aucune, ne présente aucune résistance à la lame.

Texture : forme un voile de particules adhérentes, grasses, poudreuses.

Adhérence : bonne adhérence au support et à la lame.

Illustrations de la/des formations observées

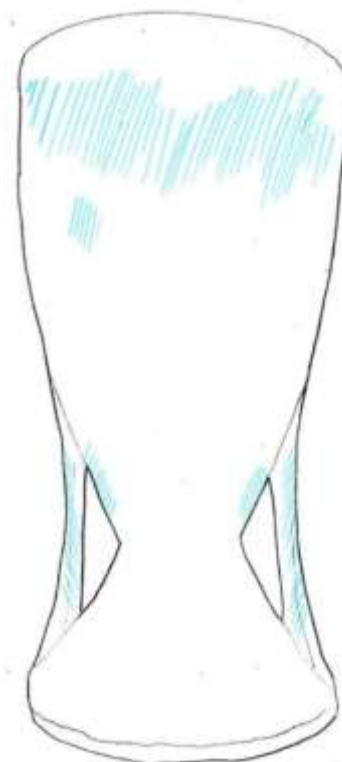


Vue de voiles recouvrant l'une des anses latérales





Localisation sur l'objet

Le long des deux anses latérales et sur la panse derrière les anses.

Dans la partie supérieure de la panse.



© HECR Arc, AG

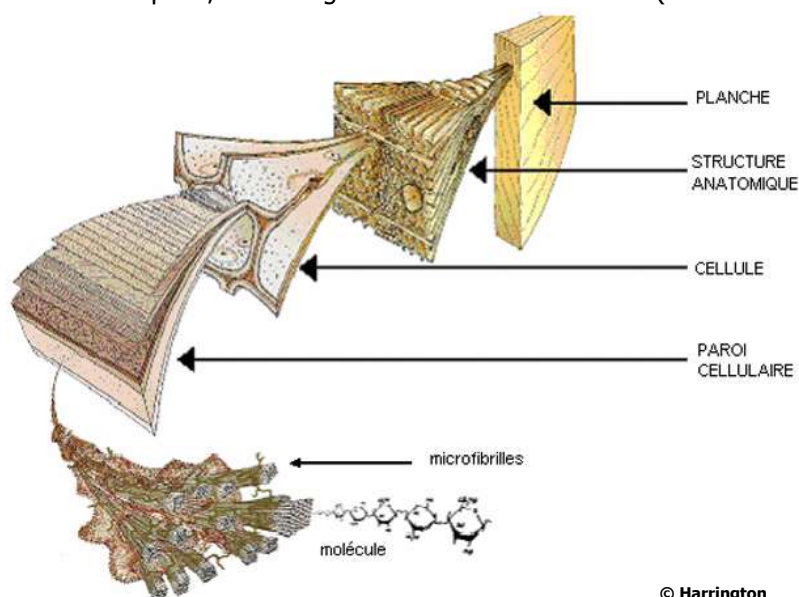
Prélèvements d'échantillons	
<p><u>Première campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°3. Emplacement : intérieur de l'anse droite. Type de prélèvement : voiles. Poids : 0,9 mg.</p>	
<p><u>Troisième campagne GC-MS :</u> Prélèvement n°27. Emplacement : base du pied (face arrière). Type de prélèvement : zone ne présentant pas de résidus visibles. Poids : 6,2 mg.</p>	
<p>Prélèvement n°28. Emplacement : partie supérieure panse (face avant). Type de prélèvement : voile. Poids : 6,6 mg.</p>	
<p>Prélèvement n°29. Emplacement : intérieur de l'anse gauche. Type de prélèvement : voile. Poids : 4,9 mg.</p>	

Annexe 7 : Documents complémentaires

Note sur la constitution du bois et ses propriétés physiques

Le bois est constitué d'une matrice cellulaire majoritairement composée de cellulose* (40 à 50% de la composition), ainsi que d'hémicellulose* (15 à 30 %) et de lignine* (25 à 30%). Ce matériau contient en outre une petite proportion de substances organiques, tels que des tanins, des cires, des résines et des gommes¹⁹⁴. L'association de ces cellules interconnectées (fibres, vaisseaux parenchymes verticaux, rayons ligneux), variant par leur taille, leur nombre, leur type et leur arrangement, permet la formation et la superposition d'un ensemble de tissus hétérogènes secondaires, le xylème secondaire, le cambium et le liber, qui remplissent les fonctions de soutien mécanique, de conduction des liquides et de stockage¹⁹⁵.

Le bois se caractérise notamment par sa densité*, son hygroscopicité et son anisotropie*¹⁹⁶. Ces propriétés résultent principalement de l'organisation des microfibrilles de cellulose, qui comportent des zones cristallines, compactes, et des zones amorphes, moins organisées et moins denses¹⁹⁷ (Cf. Schéma 5). Elles dépendent aussi de la présence de nombreux espaces vides, au sein des parois cellulaires, qui permettent l'imprégnation et la circulation de substances dans les fibres du bois¹⁹⁸. Elles sont enfin influencées par l'hétérogénéité spécifique de ce matériau (arrangement des cellules et direction des fibres variable, présence d'aubier et de duramen, présence de nœuds, etc.)¹⁹⁹.



© Harrington

Schéma 5 Structure du bois

¹⁹⁴ Le bois et ses dérivés, 2011 [En ligne]

¹⁹⁵ Unger *et al.*, 2001, p.9

¹⁹⁶ Ibid., p.23-41

¹⁹⁷ Ibid., p.20

¹⁹⁸ Ibid., p.21


¹⁹⁹ Borredon, 2014 [En ligne]

[illegible]

Fig. 34 Document retrouvé dans les archives du musée, dressant une liste de biocides utilisés dans les collections. Il a été écrit par M. Roland Kaehr et date de 2005.

FICHE D'INTERVENANT	
Nom : Monsieur Michel Burri	
Adresse : 1470 Lully SUISSE	
Téléphone : 026 6634341	Mailing : Oui Vivant : Oui
Fax :	
Natel : 079 6345341	
E-mail :	
Adresse étiquette: (mise en forme manuelle)	Remarques : mites, souris, ... Tél. égt 032 7240801
Monsieur Michel Burri 1470 Lully	
Cet intervenant fait parti des catégories suivantes :	
<u>Catégorie mère</u> PROPAGANDE	<u>Catégorie</u> Invités
Cet intervenant a accompli les visites suivantes :	
19.02.2002 14h00: accueil de M. Michel Burri (vermine: souris, insectes).	
06.03.2002 mise en place de nouveaux pièges à insectes (M. Burri) dans les différents dépôts.	
21 décembre 2005	43/Version 1.0
Page 1/1	

Fig. 35 Document retrouvé dans les archives du musée, attestant de l'intervention de M. Michel Burri en 2002.





ADRESSES UTILES POUR :



N° 1 DESINFECTION N° 2 DESINSECTISATION N° 3 DERATISATION

FOURNISSEURS	ADRESSES	C.P.	VILLES	TELEPHONES	N° 1	N° 2	N° 3	DIVERS
HANS WYSS AG	Hygiène service	8805	RICHTERSWIL	01 / 784.42.11		X		
KETOL AG	Insecta service, Industriest. 12	8157	DIELSDORF	01 / 853.36.47		X	X	
C. ROHRBACH		2103	BROT-DESSOUS	032 / 855.14.07				Destruction des nids de guêpes
TYBOLIN	Schmiedweg 11	2503	BIENNE	032 / 369.05.15	X	X	X	
OLTEX AG		4622	EGERKINGEN	062 / 398.21.56	X	X	X	
ROYAL AG	Buzibachstrasse 31a	6003	ROTHENBURG	041/0260.05.44		X		
BERARDI HANS DOMMANN	Truelhofstrasse 16	6004	LUCERNE	041 / 240.55.48		X		
KNEUSS Gilbert	Rte de Tramelan 39	2710	TAVANNES	032 / 451.40.44	X	X	X	
B.L.D. HERMANN RIKLIN	C. des Frères 1	1562	CORCELLES PIPAYERNE	026 / 660.34.57	X	X	X	
RENTOKIL SA	9, Ch. de l'Ancien Pélage	1290	VERSOIX	022 / 755.49.24	X	X	X	
JACKY MICHON		2022	BEVAIX	032 / 846.27.27		X		
VERMINEX	Rte de Bâle 5	2525	LE LANDERON	032 / 751.10.44		X	X	
M. Bruno Blarer								
M. Michel BURRI	C.P. 236	2001	NEUCHÂTEL	032 / 724.08.01	X	X	X	Pigeons et guêpes
STE PARADIFFUSION	Rte du Camp 27	1228	PLAN-LES- OUATES	022 / 794.84.74		X	X	Pigeons / conseil en application, formation et vente de produits uniquement
BORCAO	Rte des Jeunes 59	1227	CAROUGE	022 / 343.24.43	X	X	X	Pigeons
SADED	Rue des Noisettes 32	1227	CAROUGE	022 / 342.36.00		X	X	Pigeons
Max HAGNER SA	Rue Voltaire 14	1906	LAUSANNE	021 / 616.64.32		X	X	Pigeons
RATEX	Hofstr. 35 Kollerhof	8004	ZÜRICH	01 / 241.33.33		X	X	Pigeons

Neuchâtel le 5 août 1998 / mw

Fig. 36 Document retrouvé dans les archives du musée, dressant la liste d'entreprises spécialisées dans la désinfection, la désinsectisation et la dératisation. Elle a été fournie au musée par le Service d'hygiène et de prévention du feu et date de 1998.

Nom de marque/ Modèle	Illustration de l'appareil	Utilisation au Centre des collections	Débit d'aspiration réglable	Biocides/Micro organismes/ Métaux lourds	Amiante
<i>Nilfisk® GSP 80H</i>	 <p>© Musée national suisse</p>	Mobilier Textile	non oui	oui oui	oui non
<i>Nilfisk® GM 80</i>	 <p>© Musée national suisse</p>	Mobilier	oui	oui	non

<i>Nilfisk® Alto ATTIX 30 OH-PC</i>	 <p>© Musée national suisse</p>		Objets techniques	non	oui	oui
<i>Nilfisk® Alto ATTIX 30 2H-PC</i>	 <p>© Musée national suisse</p>		Verres et Céramiques	oui	oui	non


<i>Nilfisk®</i> <i>Alto</i> <i>ATTIX</i> <i>50 2H-PC</i>			Textiles	oui	oui	non
---	---	--	----------	-----	-----	------------

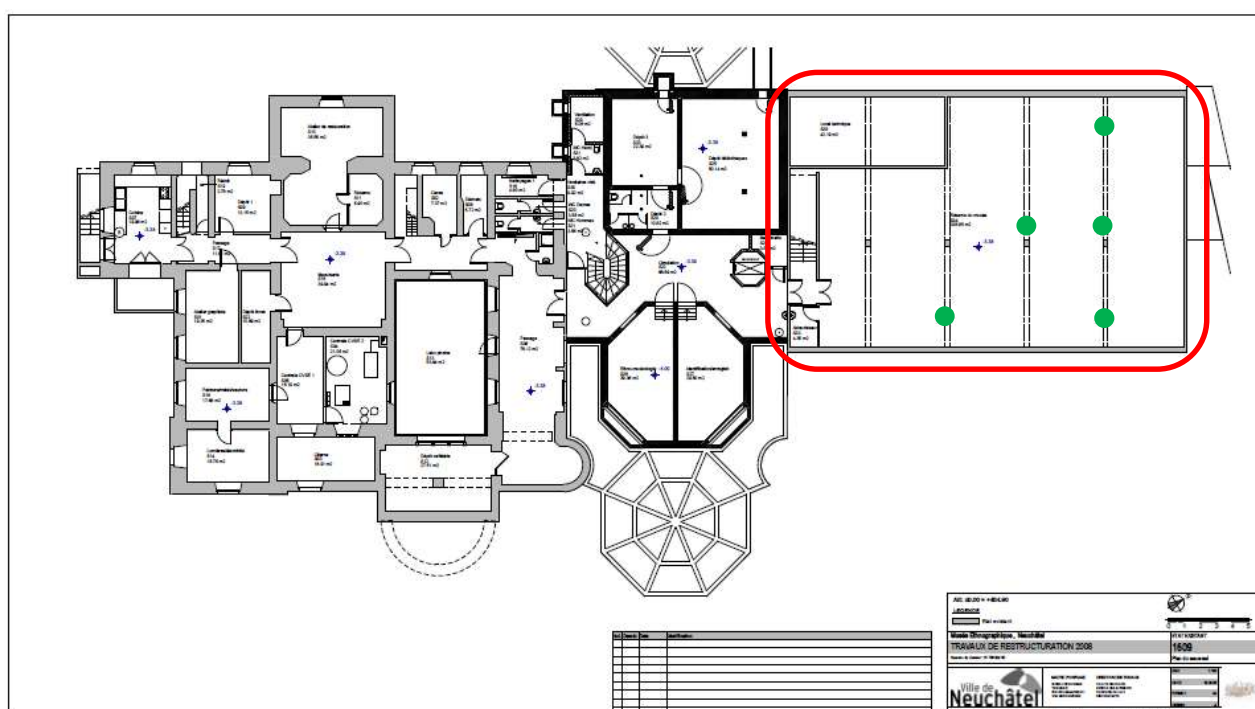
Tableau 13 Liste des systèmes d'aspiration compatibles avec le nettoyage de biens culturels contaminés utilisés au Musée national suisse.

Note sur l'analyse du mobilier de stockage par GC-MS



Durant la première phase d'analyse GC-MS, nous avons également souhaité effectuer des analyses du mobilier de stockage pour évaluer sa contamination. Des prélèvements de matières ont donc été effectués aux endroits où les objets étaient en contact direct avec le mobilier (Cf. Fig. 49), ainsi qu'à plusieurs autres endroits répartis dans la réserve, afin d'avoir une bonne représentativité des locaux (Cf. Plan 1). Nous avons choisi d'effectuer les prélèvements de manière systématique, en échantillonnant le mobilier en partie supérieure, en partie médiane et en partie inférieure.

Fig. 37 Vue du masque polychrome dans la réserve Afrique.



Plan 1 Plan du sous-sol du MEN. L'encadré rouge signale la réserve Afrique, les points verts indiquent l'emplacement des prélèvements effectués sur le mobilier. © MEN

Ces prélèvements ont été analysés par GC-MS, en suivant le même protocole utilisé pour l'identification des biocides sur les objets de la collection (Cf. Annexe 5 : Protocole 3, p.88-91). Elles avaient pour but la détection de composés organochlorés provenant soit d'objets présentant des traces de biocides résiduels, soit d'un éventuel traitement massif de l'espace (par pulvérisation du mobilier, fumigation).

Aucun des prélèvements effectués n'a été testé positif à la détection de composés organochlorés. Ces résultats peuvent s'expliquer par la faible volatilité du DDT et de ses produits de dégradation, à la prise d'échantillons présentant des quantités suffisamment faibles pour passer en dessous du seuil de détection ou encore à une méthode d'échantillonnage incorrecte. Enfin, les objets étant conservé accrochés à des panneaux verticaux et lisses, ceci peut empêcher l'accumulation de poussières contaminées sur ceux-ci.

Etiquettes de signalisation pour le conditionnement et le stockage des objets contaminés

DANGER	
<i>Pictogramme de danger</i>	<i>NOM DE LA SUBSTANCE</i>

Fig. 38 *Etiquette de signalisation d'objets contaminés.*


DANGER	
	D.D.T. (DICHLO- DIPHENYLTRICHLORETHANE)

Fig. 39 *Exemple d'étiquette utilisée pour signaler un objet contaminé au DDT.*

Proposition d'une fiche de sensibilisation à l'attention des institutions souhaitant emprunter un objet présentant des signes de contamination par des biocides résiduels

Prêt d'objets présentant des risques sanitaires spécifiques

Le prêt d'objets susceptibles de contenir ou émettre des substances toxiques ou nocives pour la santé des emprunteurs (tels que des biocides résiduels issus de traitements de conservation anciens) et dont la gestion est encadrée par des dispositions pratiques et légales de la santé et sécurité au travail, peut nécessiter des mesures particulières de manipulation, d'exposition et de stockage temporaire.

L'institution prêteuse enjoint l'emprunteur à suivre les recommandations suivantes :






- Informer et sensibiliser le personnel des risques spécifiques liés à ce type d'objets.
- Porter un équipement de protection individuel adapté : gants imperméables en nitrile/vinyle, masque anti particules de type FFP3 et blouse à manche longue.
- Eviter le contact avec la peau et les muqueuses. Ne pas porter ses mains à la bouche, aux yeux, au nez, se toucher les cheveux ou toute autre partie du corps non protégée.
- Les gants et les masques à usage unique doivent être jetés après chaque utilisation. La blouse doit être individuelle, stockée dans un espace dédié et laver à part du linge domestique.
- Les équipements de protection jetables doivent être traités dans un container spécial résidus toxiques étiqueté selon les normes de santé et sécurité au travail en vigueur.
- Se laver les mains à l'eau froide et au savon une première fois après la manipulation de l'objet puis à l'eau tiède une seconde fois.
- Exposer les objets dans des vitrines fermés pour réduire la propagation des poussières lors des expositions.
- Le nettoyage des espaces de stockage et d'exposition doit être réalisé avec un équipement de protection individuel (gants, masque anti particules, blouse) et avec un aspirateur muni d'un filtre HEPA (Haute Efficacité pour les Particules de l'Air). Celui-ci doit être traité dans un container spécial résidus toxiques. L'aspiration NE DOIT PAS être réalisée avec un aspirateur à usage quotidien, au risque de disséminer les particules dans l'air.

Signaler à un médecin du travail et documenter toutes manifestations allergiques ou respiratoires survenant après une activité à risque.

Propositions de fiche de sensibilisation pour le personnel travaillant dans les réserves

TOXICITE DES COLLECTIONS : REGLES D'HYGIENE POUR LA MANIPULATION ET L'ETUDE DES OBJETS

- Considérer tous les objets traités avant 1972 comme s'ils contenaient du D.D.T. ou tout autre composé toxique, à moins d'une confirmation qu'ils soient sans danger.
- Signaler à un médecin du travail et documenter toutes manifestations allergiques ou respiratoires survenant après une activité à risque.
- Consulter un médecin en cas de manifestation de symptômes liés à une intoxication ou en cas d'ingestion de toute substance qui a pu être traitée au D.D.T. (ou tout autre composé toxique).

Port d'un équipement de protection individuel	Manipulation	Comportement et usages
 <p>Utiliser des gants imperméables en nitrile ou en vinyle. Changer ses gants après chaque manipulation ou dès qu'ils sont endommagés ou souillés.</p>	<p>Manipuler les objets contaminés uniquement en cas de nécessité.</p> <p>Ne pas saisir un objet contaminé avec la peau nue.</p>	<p>Eviter le contact avec la peau et les muqueuses (bouche, yeux, nez, cheveux ou toute autre partie du corps non protégée).</p>
 <p>Utiliser un masque de protection contre les particules de type FFP3. Toujours saisir le masque par l'extérieur.</p>	<p>Retirer ses gants pour la manipulation des affaires personnelles (téléphone, ordinateur, aspirateur, appareil photo ou outils).</p>	<p>Ne pas porter d'éléments à la bouche comme un stylo, des branches de lunettes, etc.</p>
 <p>Porter une blouse de protection et s'assurer qu'elle soit complètement fermée.</p>	<p>A l'inverse, conserver ses gants pour la manipulation des surfaces contaminées comme les armoires de stockage, les outils de nettoyage, etc.</p>	<p>Conserver des zones de travail « propres » pour le traitement des objets non contaminés et des zones de travail « sales » pour le traitement des objets contaminés et le stockage des outils et équipements qui leur sont dédiés.</p>
<p>Retirer ses gants en les tournant à l'envers et en évitant le contact avec la peau, comme suit :</p> 		<p>Jeter les gants et masques à usage unique après chaque utilisation dans un container pour résidus toxiques signalé par un étiquetage spécifique.</p>
<p>Laver les équipements de protection réutilisable séparément des équipements quotidiens.</p>		 <p>Se laver les mains à l'eau froide et au savon une première fois après la manipulation de l'objet puis à l'eau tiède une seconde fois.</p>

Annexe 8 : Liste de fournisseurs des matériaux et équipements recommandés

Matériaux	Fournisseurs
<i>SARATECH® Permasorb®</i>	BLÜCHER® GmbH Mettmanner Str. 25 D - 40699 Erkrath +49 211 92 44 0 http://www.bluecher.com/ info@bluecher.com
<i>Aspirateurs et filtres HEPA pour le nettoyage à sec</i>	NILFISK® AG Ringstrasse 19, Industrie Stelz CH-9500 Wil +41 71 923 84 44 http://www.nilfisk.ch info.ch@nilfisk.com
<i>Compactus® Systèmes de Rangement et Rayonnages spécialisés pour les Musées – Stockage et Préservation des Œuvres d'Art</i>	Compactus & Bruynzeel® AG Zürcherstrasse 350 CH - 8500 Frauenfeld +41 52 724 0 724 http://bruynzeel-storage.com
<i>Filtre de charbon actif Filtre de permanganate de potassium</i>	Camfil® AG Zugerstrasse 88 CH-6314 Unterägeri +41 41 754 44 44 http://www.camfil.ch/ info.ch@camfil.com
<i>Charbon actif (granules, poudre, tissu imprégné)</i>	CHEMVIRON CARBON® GmbH Blankenauer Straße 15 D - 37688 Beverungen +49 5273 366 40-0 http://www.chemvironcarbon.com/ infochemviron@calgoncarbon-eu.com
<i>Charbon actif (granules, tissu imprégné) Zéolite</i>	Long Life for Art® Christoph Waller Hauptstrasse 47 D-79356 Eichstetten +49 7663 608 99-0 http://www.cwaller.de/ info@llfa.de
<i>Combinaison Tyvek® Masque FFP2 et FFP3 Gants nitrile et vynile</i>	Sapros® Suva Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz Bereich Information (GAI) Postfach 4358 CH - 6002 Luzern http://www.sapros.ch/



**Identification et caractérisation de biocides résiduels sur des
objets africains conservés au Musée d'ethnographie de
Neuchâtel**

Annexes complémentaires

Mémoire présenté par :

Gonnon Astrid

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO in Conservation

Orientation objets archéologiques et ethnographiques

Année académique 2014-2015

Remise du travail : *20.07.2015*

Jury : *24-25.08.2015*

Nombre de pages : *61*

Sommaire

1. Liste des tableaux.....	2
2. Liste des graphiques.....	2
Annexe 1 : Tableaux.....	6
Annexe 2 : Graphiques.....	35

1. Liste des tableaux

Tableau 1 Bilan des résultats de la 1 ^{ère} phase d'analyses GC-MS (20-27 avril 2015).....	6
Tableau 2 Bilan des résultats des analyses FRX (20 avril 2015).....	7
Tableau 3 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDT.....	9
Tableau 4 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDE.	10
Tableau 5 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDD.	12
Tableau 6 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDMU.	13
Tableau 7 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection de molécules organochlorées non identifiées.	15
Tableau 8 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDT.	19
Tableau 9 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDE.....	23
Tableau 10 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDD.	27
Tableau 11 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDMU.....	31
Tableau 12 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection de molécules organochlorées non identifiées.	34

2. Liste des graphiques

Graph 1 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 1 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.....	35
Graph 2 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 2 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	35
Graph 3 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 3 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.....	36
Graph 4 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 4 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	36
Graph 5 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 5 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.....	37

Graphe 6 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 6 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	37
Graphe 7 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 7 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.	38
Graphe 8 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 8 effectué sur le masque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.	38
Graphe 9 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 9 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.	39
Graphe 10 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 10 effectué sur le mobilier de réserve © HECR Arc, AG.	39
Graphe 11 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_1 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	40
Graphe 12 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_2 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	40
Graphe 13 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_3 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	41
Graphe 14 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_4 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	41
Graphe 15 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_5 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	42
Graphe 16 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_6 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	42
Graphe 17 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_7 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	43
Graphe 18 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_8 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	43
Graphe 19 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_9 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	44
Graphe 20 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_10 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	44
Graphe 21 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_11 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	45
Graphe 22 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_12 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	45
Graphe 23 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_13 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	46
Graphe 24 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_14 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	46

Graphe 25 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_1 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	47
Graphe 26 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_2 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	47
Graphe 27 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_3 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	48
Graphe 28 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_4 effectué sur le soufflet de forge (III.B.84). © HECR Arc, AG.....	48
Graphe 29 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_5 effectué sur le soufflet de forge (III.B.84). © HECR Arc, AG.....	49
Graphe 30 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_6 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.	49
Graphe 31 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_7 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.	50
Graphe 32 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_8 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.....	50
Graphe 33 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_9 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.....	51
Graphe 34 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_10 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.....	51
Graphe 35 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_11 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.....	52
Graphe 36 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_12 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.....	52
Graphe 37 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_13 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	53
Graphe 38 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_14 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	53
Graphe 39 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_15 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	54
Graphe 40 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_16 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.	54
Graphe 41 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_17 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.	55
Graphe 42 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_18 effectué sur le chameau harnaché et chargé (76.2.136). © HECR Arc, AG.	55
Graphe 43 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_19 effectué sur le chameau harnaché et chargé (76.2.136). © HECR Arc, AG.	56

Graphe 44 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_20 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	56
Graphe 45 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_21 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	57
Graphe 46 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_22 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	57
Graphe 47 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_23 effectué sur le masque anthropomorphe (94.26.5). © HECR Arc, AG.	58
Graphe 48 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_24 effectué sur le masque anthropomorphe (94.26.5). © HECR Arc, AG.	58
Graphe 49 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_25 effectué sur la selle de dromadaire (99.7.2a-m). © HECR Arc, AG.	59
Graphe 50 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_26 effectué sur la selle de dromadaire (99.7.2a-m). © HECR Arc, AG.	59
Graphe 51 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_27 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.	60
Graphe 52 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_28 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.	60
Graphe 53 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_29 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.	61

Annexe 1 : Tableaux

N°	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Mode d'acquisition	Matériaux constitutifs principaux	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Détection de biocides organochlorés
1	Masque polychrome	65.17.1	1965	République Démocratique du Congo	Non renseigné	Bois, polychromie	X	Voiles, concrétions volumineuses	10	0,05	résultat positif
2	Cimier avec calotte	III.B.70	1920	Mali	Achat de la collection Speyer	Bois, fibres végétales		Voiles, concrétions volumineuses	10	0,20	résultat négatif
3	Mortier en bois	03.2.1	2003	Niger	Non renseigné	Bois		Voiles	9	0,08	résultat négatif
4	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin	Non renseigné	Bois		Voiles, Cristaux isolés	10	0,17	résultat positif
5	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	Achat de la collection Speyer	Bois	X	Voiles	10	0,09	résultat positif
6	Natte pour essorer le fromage	82.4.6	1982	Niger	Achat	Matériau lignifié (osier?)	X	Voiles, concrétions volumineuses	10	0,13	résultat négatif
7	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria	Don	Matériau lignifié (bambou)		Voiles	8	0,10	résultat négatif
8	Masque zoomorphe	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire	Non renseigné	Bois		Voiles, Cristaux isolés	20	0,13	résultat positif
9	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire	Achat	Bois		Voiles	10	0,14	résultat négatif
10	Mobilier de réserve		1954-1955			Bois aggloméré			20	0,70	résultat négatif

Tableau 1 Bilan des résultats de la 1^è phase d'analyses GC-MS (20-27 avril 2015).

N°	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Mode d'acquisition	Matériaux constitutifs principaux	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Détection de biocides inorganiques
Badigeon 2	Coiffe	III.C.2505	1921	République Démocratique du Congo	Non renseigné	Plumes, fibres végétales	X	Cristaux isolés	Résultat négatif
Badigeon 1	Outre	84.4.2	1982	Nigéria	Non renseigné	Cuir		Voiles, concrétions volumineuses	Résultat négatif

Tableau 2 Bilan des résultats des analyses FRX (20 avril 2015).

					Quantité de DDT et isomères		
Nom du prélèvement	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de DDT (Ech) (RT = 22.51 min) (µg/mg)	Quantité de p,p'-DDT (RT = 22.28 min) (µg/mg)	Quantité de o,p'-DDT (RT = 23.52 min) (µg/mg)
Masque_1	Voile	face droite, partie supérieure sommitale	2,6	0,97	18,13	45,91	15738,95
Masque_2	Voile	face droite, partie supérieure	1,5	0,49	28,30	29,05	30118,51
Masque_3	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet	1,5	0,58	31,42	19,61	23524,96
Masque_4	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'arrière de l'objet	1,5	0,48	20,64	45,2	28403,53
Masque_5	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,7	1,44	15,18	57,36	14377,98
Masque_6	Voile	face droite, partie médiane, à l'arrière de l'oreille	2,9	1,13	21,66	28,82	17831,05
Masque_7	Voile	face droite, partie inférieure vers l'avant de l'objet	2,8	1,22	40,04	23,63	14599,56
Masque_8	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie supérieure vers l'arrière de l'objet	1,9	0,19	4,20	no detected	no detected
Masque_9	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, vers l'arrière de l'objet	6,3	0,19	1,87	no detected	no detected
Masque_10	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,8	0,05	3,44	no detected	no detected
Masque_11	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face avant, coin extérieur de l'œil gauche	9,1	2,28	0,39	no detected	no detected

Masque_12	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie inférieure, vers l'arrière de l'objet	2,5	0,07	1,44	no detected	no detected
Masque_13	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, zone médiane, vers l'arrière de l'objet	2,2	0,08	6,93	no detected	no detected
Mobilier de réserve	zone ne présentant pas de résidus visibles	prélèvements à différents endroits dans la réserve Afrique	29,2	0,12	no detected	no detected	no detected

Tableau 3 Bilan des résultats de la 2^e phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDT.

Nom du prélèvement	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de DDE et isomère	
					Quantité de p,p'-DDE (RT = 21.48 min) (µg/mg)	Quantité de o,p'-DDE (RT = 21.17 min) (µg/mg)
Masque_1	Voile	face droite, partie supérieure sommitale	2,6	0,97	6,22	13,79
Masque_2	Voile	face droite, partie supérieure	1,5	0,49	24,4	48,99
Masque_3	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet	1,5	0,58	17,98	40,01
Masque_4	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'arrière de l'objet	1,5	0,48	27,59	39,86
Masque_5	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,7	1,44	6,17	9,72
Masque_6	Voile	face droite, partie médiane, à l'arrière de l'oreille	2,9	1,13	12,64	14,75
Masque_7	Voile	face droite, partie inférieure vers l'avant de l'objet	2,8	1,22	9,97	7,96

Masque_8	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie supérieure vers l'arrière de l'objet	1,9	0,19	no detected	no detected
Masque_9	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, vers l'arrière de l'objet	6,3	0,19	no detected	no detected
Masque_10	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,8	0,05	no detected	no detected
Masque_11	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face avant, coin extérieur de l'œil gauche	9,1	2,28	no detected	no detected
Masque_12	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie inférieure, vers l'arrière de l'objet	2,5	0,07	no detected	no detected
Masque_13	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, zone médiane, vers l'arrière de l'objet	2,2	0,08	61,58	no detected
Mobilier de réserve	zone ne présentant pas de résidus visibles	prélèvements à différents endroits dans la réserve Afrique	29,2	0,12	no detected	no detected

Tableau 4 Bilan des résultats de la 2^e phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDE.

Nom du prélèvement	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de DDD et isomère	
					Quantité de m,p'-DDD (RT = 20.28 min) (µg/mg)	Quantité de (o,p'-DDD) (RT = 21.89 min) (µg/mg)
Masque_1	Voile	face droite, partie supérieure sommitale	2,6	0,97	0,25	324,02
Masque_2	Voile	face droite, partie supérieure	1,5	0,49	0,27	327,16
Masque_3	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet	1,5	0,58	0,32	245,37
Masque_4	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'arrière de l'objet	1,5	0,48	0,3	524,8
Masque_5	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,7	1,44	0,17	292,18
Masque_6	Voile	face droite, partie médiane, à l'arrière de l'oreille	2,9	1,13	0,21	145,14
Masque_7	Voile	face droite, partie inférieure vers l'avant de l'objet	2,8	1,22	0,2	136,34
Masque_8	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie supérieure vers l'arrière de l'objet	1,9	0,19	no detected	204,46
Masque_9	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, vers l'arrière de l'objet	6,3	0,19	no detected	97,79
Masque_10	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,8	0,05	no detected	no detected

Masque_11	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face avant, coin extérieur de l'œil gauche	9,1	2,28	no detected	31,1
Masque_12	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie inférieure, vers l'arrière de l'objet	2,5	0,07	no detected	no detected
Masque_13	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, zone médiane, vers l'arrière de l'objet	2,2	0,08	no detected	268,66
Mobilier de réserve	zone ne présentant pas de résidus visibles	prélèvements à différents endroits dans la réserve Afrique	29,2	0,12	no detected	no detected

Tableau 5 Bilan des résultats de la 2^e phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDD.

Nom du prélèvement	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de DDMU et isomères		
					Quantité de m,p'-DDMU (RT = 20.58 min) (µg/mg)	Quantité de o,p' ou p,p'-DDMU (RT = 21.03 min) (µg/mg)	Quantité de o,p' ou p,p'-DDMU (RT = 22.41 min) (µg/mg)
Masque_1	Voile	face droite, partie supérieure sommitale	2,6	0,97	144,89	127,42	1143,13
Masque_2	Voile	face droite, partie supérieure	1,5	0,49	386,53	238,1	1424,59
Masque_3	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet	1,5	0,58	457,04	210,59	378,99
Masque_4	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'arrière de l'objet	1,5	0,48	435,43	200,35	1309,74
Masque_5	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,7	1,44	222,55	78,52	343,3

Masque_6	Voile	face droite, partie médiane, à l'arrière de l'oreille	2,9	1,13	298,67	126,53	277,21
Masque_7	Voile	face droite, partie inférieure vers l'avant de l'objet	2,8	1,22	221,02	85,78	354,58
Masque_8	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie supérieure vers l'arrière de l'objet	1,9	0,19	36,29	36,1	no detected
Masque_9	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, vers l'arrière de l'objet	6,3	0,19	no detected	no detected	no detected
Masque_10	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,8	0,05	no detected	no detected	no detected
Masque_11	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face avant, coin extérieur de l'œil gauche	9,1	2,28	no detected	no detected	no detected
Masque_12	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie inférieure, vers l'arrière de l'objet	2,5	0,07	no detected	no detected	no detected
Masque_13	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, zone médiane, vers l'arrière de l'objet	2,2	0,08	no detected	no detected	no detected
Mobilier de réserve	zone ne présentant pas de résidus visibles	prélèvements à différents endroits dans la réserve Afrique	29,2	0,12	no detected	no detected	no detected

Tableau 6 Bilan des résultats de la 2^e phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDMU.

Nom du prélèvement	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité des molécules non identifiées		
					Quantité de C14H8Cl4 (RT = 21.73 min) (µg/mg)	Quantité de C14H10Cl4 (RT = 22.61 min) (µg/mg)	Quantité de C14H9Cl5 (RT = 22.91 min) (µg/mg)
Masque_1	Voile	face droite, partie supérieure sommitale	2,6	0,97	766,8	3698,63	267,76
Masque_2	Voile	face droite, partie supérieure	1,5	0,49	1104,77	8683,95	351,65
Masque_3	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'avant de l'objet	1,5	0,58	1065,71	6276,14	196,76
Masque_4	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane vers l'arrière de l'objet	1,5	0,48	1008,69	6878,75	267
Masque_5	Concrétions volumineuses	face droite, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,7	1,44	585,53	3303,92	115,86
Masque_6	Voile	face droite, partie médiane, à l'arrière de l'oreille	2,9	1,13	762,59	3890,34	137,56
Masque_7	Voile	face droite, partie inférieure vers l'avant de l'objet	2,8	1,22	717,89	263,27	97,1
Masque_8	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie supérieure vers l'arrière de l'objet	1,9	0,19	492,14	794,82	102,31
Masque_9	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, vers l'arrière de l'objet	6,3	0,19	196,6	312,68	no detected
Masque_10	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie médiane, à l'avant de l'oreille	3,8	0,05	no detected	2357,1	no detected
Masque_11	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face avant, coin extérieur de l'œil gauche	9,1	2,28	41,11	163,12	26,51

Masque_12	zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche, partie inférieure, vers l'arrière de l'objet	2,5	0,07	12,82	no detected	57,9
Masque_13	zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie sommitale, zone médiane, vers l'arrière de l'objet	2,2	0,08	397,2	no detected	no detected
Mobilier de réserve	zone ne présentant pas de résidus visibles	prélèvements à différents endroits dans la réserve Afrique	29,2	0,12	no detected	no detected	no detected

Tableau 7 Bilan des résultats de la 2^e phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection de molécules organochlorées non identifiées.

Bilan de détection du DDT et de ses isomères (o, p' et p, p')													
N° prélèvement	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de DDT (Ech) (RT = 22.51 min) (µg/mg)	Quantité de p, p'-DDT (RT = 22.28 min) (µg/mg)	Quantité de o, p'-DDT (RT = 23.52 min) (µg/mg)
Prélèvement_1	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Défense	0,9	0,34	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_2	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Base de la corne droite	2	1,20	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_3	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base de la sculpture (face arrière)	1,3	0,13	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_4	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Intérieur de l'ouverture gauche	1,2	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_5	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure ouverture de gauche	4,5	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_6	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Voile	Revers du séant	7	0,09	1,64	no detected	no detected
Prélèvement_7	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Arrière du dossier, au centre de la partie médiane	6,8	0,10	0,48	no detected	no detected
Prélèvement_8	Masque zoomorphe	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieure de la 5ème	29,8	0,27	1,93	no detected	no detected

								dent (face gauche)					
Prélèvement_9	Masque zoomorphe	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieur du cou (fond du cou)	10,5	0,16	17,5	no detected	no detected
Prélèvement_10	Masque zoomorphe	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie supérieure de la corne gauche (zone médiane)	0,7	0,05	0,1	no detected	no detected
Prélèvement_11	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Voile	Revers du séant du tabouret (partie arrière)	4,5	0,44		no detected	no detected
Prélèvement_12	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Pied gauche (face avant)	2	0,08		no detected	no detected
Prélèvement_13	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Cristaux isolés	Extrémité droite (face gauche)	3,2	0,48		no detected	no detected
Prélèvement_14	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Extrémité droite (face arrière)	3,3	1,52		no detected	no detected
Prélèvement_15	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité gauche (face gauche)	4,6	0,04	0,17	no detected	no detected
Prélèvement_16	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Voile	Extrémité basse	1,6	0,16		no detected	no detected
Prélèvement_17	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité haute	2,6	0,06	0,19	no detected	no detected

Prélèvement_18	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Voile	Portant droit de la selle (face arrière)	1,4	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_19	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Centre du poitrail (face avant)	1,8	0,05	0,16	no detected	no detected
Prélèvement_20	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Extrémité droite (face supérieure)	3,9	1,13	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_21	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Partie médiane (face supérieure)	16,3	5,70	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_22	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité droite (partie interne)	16,7	0,38	0,18	no detected	no detected
Prélèvement_23	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Face interne, partie supérieure gauche	0,9	0,05	0,11	no detected	no detected
Prélèvement_24	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure supérieure (zone médiane)	2,3	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_25	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face droite du bâti, partie supérieure	1,6	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_26	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche du bâti, partie inférieure (zone	3,5	0,06	no detected	no detected	no detected

								altérée du cuir)					
Prélèvement_27	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base du pied (face arrière)	6,2	0,10	0,17	no detected	no detected
Prélèvement_28	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Partie supérieure panse (face avant)	6,6	0,78	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_29	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Anse gauche (face avant)	4,9	0,65	no detected	no detected	no detected

Tableau 8 Bilan des résultats de la 3^è phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDT.

Bilan de détection de DDE et isomère (o, p' et p, p')												
N° prélèvement	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de p, p'-DDE (RT = 21.48 min) (µg/mg)	Quantité de o, p'-DDE (RT = 21.17 min) (µg/mg)
Prélèvement_1	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Défense	0,9	0,34	no detected	no detected
Prélèvement_2	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Base de la corne droite	2	1,20	no detected	no detected
Prélèvement_3	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base de la sculpture (face arrière)	1,3	0,13	no detected	no detected
Prélèvement_4	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Intérieur de l'ouverture gauche	1,2	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_5	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure ouverture de gauche	4,5	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_6	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Voile	Revers du séant	7	0,09	no detected	no detected
Prélèvement_7	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Arrière du dossier, au centre de la partie médiane	6,8	0,10	no detected	no detected

Prélèvement_8	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieure de la 5ème dent (face gauche)	29,8	0,27	13,57	no detected
Prélèvement_9	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieur du cou (fond du cou)	10,5	0,16		no detected
Prélèvement_10	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie supérieure de la corne gauche (zone médiane)	0,7	0,05		no detected
Prélèvement_11	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Voile	Revers du séant du tabouret (partie arrière)	4,5	0,44		no detected
Prélèvement_12	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Pied gauche (face avant)	2	0,08		no detected
Prélèvement_13	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Cristaux isolés	Extrémité droite (face gauche)	3,2	0,48		no detected
Prélèvement_14	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Extrémité droite (face arrière)	3,3	1,52		no detected
Prélèvement_15	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité gauche (face gauche)	4,6	0,04		no detected
Prélèvement_16	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Voile	Extrémité basse	1,6	0,16		no detected
Prélèvement_17	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité haute	2,6	0,06		no detected

Prélèvement_18	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Voile	Portant droit de la selle (face arrière)	1,4	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_19	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Centre du poitrail (face avant)	1,8	0,05	no detected	no detected
Prélèvement_20	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Extrémité droite (face supérieure)	3,9	1,13	no detected	no detected
Prélèvement_21	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Partie médiane (face supérieure)	16,3	5,70	no detected	no detected
Prélèvement_22	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité droite (partie interne)	16,7	0,38	no detected	no detected
Prélèvement_23	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Face interne, partie supérieure gauche	0,9	0,05	no detected	no detected
Prélèvement_24	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure supérieure (zone médiane)	2,3	0,06	no detected	no detected
Prélèvement_25	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face droite du bâti, partie supérieure	1,6	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_26	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche du bâti, partie inférieure (zone altérée du cuir)	3,5	0,06	no detected	no detected

Prélèvement_27	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base du pied (face arrière)	6,2	0,10	no detected	no detected
Prélèvement_28	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Partie supérieure panse (face avant)	6,6	0,78	no detected	no detected
Prélèvement_29	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Anse gauche (face avant)	4,9	0,65	no detected	no detected

Tableau 9 Bilan des résultats de la 3^è phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDE.

Bilan de détection de DDD et isomère (m, p' et p, p')												
N° prélèvement	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de m, p'-DDD (RT = 20.28 min) (µg/mg)	Quantité de o, p'-DDD (RT = 21.89 min) (µg/mg)
Prélèvement_1	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Défense	0,9	0,34	no detected	no detected
Prélèvement_2	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Base de la corne droite	2	1,20	no detected	no detected
Prélèvement_3	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base de la sculpture (face arrière)	1,3	0,13	no detected	no detected
Prélèvement_4	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Intérieur de l'ouverture gauche	1,2	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_5	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure ouverture de gauche	4,5	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_6	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Voile	Revers du séant	7	0,09	no detected	43,92
Prélèvement_7	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Arrière du dossier, au centre de la partie médiane	6,8	0,10	no detected	32,84

Prélèvement_8	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieure de la 5ème dent (face gauche)	29,8	0,27	no detected	215,1
Prélèvement_9	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieur du cou (fond du cou)	10,5	0,16	no detected	488,32
Prélèvement_10	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie supérieure de la corne gauche (zone médiane)	0,7	0,05	no detected	no detected
Prélèvement_11	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Voile	Revers du séant du tabouret (partie arrière)	4,5	0,44	no detected	no detected
Prélèvement_12	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Pied gauche (face avant)	2	0,08	no detected	no detected
Prélèvement_13	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Cristaux isolés	Extrémité droite (face gauche)	3,2	0,48	no detected	no detected
Prélèvement_14	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Extrémité droite (face arrière)	3,3	1,52	no detected	no detected
Prélèvement_15	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité gauche (face gauche)	4,6	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_16	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Voile	Extrémité basse	1,6	0,16	no detected	no detected
Prélèvement_17	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Zone ne présentant pas de	Extrémité haute	2,6	0,06	no detected	no detected

							résidus visibles					
Prélèvement_18	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Voile	Portant droit de la selle (face arrière)	1,4	0,04	no detected	no detected
Prélèvement_19	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Centre du poitrail (face avant)	1,8	0,05	no detected	no detected
Prélèvement_20	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Extrémité droite (face supérieure)	3,9	1,13	no detected	no detected
Prélèvement_21	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Partie médiane (face supérieure)	16,3	5,70	no detected	no detected
Prélèvement_22	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité droite (partie interne)	16,7	0,38	no detected	no detected
Prélèvement_23	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Face interne, partie supérieure gauche	0,9	0,05	no detected	no detected
Prélèvement_24	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure supérieure (zone médiane)	2,3	0,06	no detected	no detected
Prélèvement_25	Selle de dromadaire	99.7.2a- m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face droite du bâti, partie supérieure	1,6	0,04	no detected	no detected

Prélèvement_26	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche du bâti, partie inférieure (zone altérée du cuir)	3,5	0,06	no detected	no detected
Prélèvement_27	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base du pied (face arrière)	6,2	0,10	no detected	no detected
Prélèvement_28	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Partie supérieure panse (face avant)	6,6	0,78	no detected	no detected
Prélèvement_29	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Anse gauche (face avant)	4,9	0,65	no detected	no detected

Tableau 10 Bilan des résultats de la 3^è phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDD.

Bilan de détection de DDMU et ses isomères (o, p' et p, p')													
N° prélèvement	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de DDMU (RT = 20.58 min) (µg/mg)	Quantité de o, p' ou p, p'-DDMU (RT = 21.03 min) (µg/mg)	Quantité de o, p' ou p, p'-DDMU (RT = 22.41 min) (µg/mg)
Prélèvement_1	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Défense	0,9	0,97	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_2	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Base de la corne droite	2	0,34	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_3	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base de la sculpture (face arrière)	1,3	1,20	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_4	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	intérieur de l'ouverture gauche	1,2	0,13	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_5	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure ouverture de gauche	4,5	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_6	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Voile	Revers du séant	7	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_7	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Arrière du dossier, au centre de la partie médiane	6,8	0,09	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_8	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieure de la 5ème dent (face gauche)	29,8	0,10	16,32	20,42	no detected

Prélèvement_9	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieur du cou (fond du cou)	10,5	0,27	129,08	286,12	no detected
Prélèvement_10	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie supérieure de la corne gauche (zone médiane)	0,7	0,16	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_11	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Voile	Revers du séant du tabouret (partie arrière)	4,5	0,05	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_12	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Pied gauche (face avant)	2	0,44	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_13	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Cristaux isolés	Extrémité droite (face gauche)	3,2	0,08	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_14	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Extrémité droite (face arrière)	3,3	0,48	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_15	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité gauche (face gauche)	4,6	1,52	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_16	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Voile	Extrémité basse	1,6	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_17	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité haute	2,6	0,16	no detected	no detected	no detected

Prélèvement_18	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Voile	Portant droit de la selle (face arrière)	1,4	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_19	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Centre du poitrail (face avant)	1,8	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_20	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Extrémité droite (face supérieure)	3,9	0,05	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_21	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Partie médiane (face supérieure)	16,3	1,13	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_22	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité droite (partie interne)	16,7	5,70	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_23	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Face interne, partie supérieure gauche	0,9	0,38	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_24	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure supérieure (zone médiane)	2,3	0,05	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_25	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face droite du bâti, partie supérieure	1,6	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_26	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche du bâti, partie inférieure (zone altérée du cuir)	3,5	0,04	no detected	no detected	no detected

Prélèvement_27	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base du pied (face arrière)	6,2	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_28	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Partie supérieure panse (face avant)	6,6	0,10	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_29	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Anse gauche (face avant)	4,9	0,78	no detected	no detected	no detected

Tableau 11 Bilan des résultats de la 3^è phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDMU.

Bilan de détection des molécules non identifiées

N° prélèvement	Dénomination objet	Numéro d'inventaire	Date d'entrée dans les collections	Provenance	Traces d'infestation	Observations de biocides résiduels	Type de prélèvement	Localisation sur l'objet	Masse du prélèvement (mg)	Masse de l'extrait (mg)	Quantité de C14H8Cl4 (RT = 21.73 min) (µg/mg)	Quantité de C14H10Cl4 (RT = 22.61 min) (µg/mg)	Quantité de C14H9Cl5 (RT = 22.91 min) (µg/mg)
Prélèvement_1	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Défense	0,9	0,97	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_2	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Base de la corne droite	2	0,34	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_3	Cimier	III.B.70	1920	Mali		Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base de la sculpture (face arrière)	1,3	1,20	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_4	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Intérieur de l'ouverture gauche	1,2	0,13	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_5	Soufflet de forge	III.B.84	1920	Togo	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure ouverture de gauche	4,5	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_6	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Voile	Revers du séant	7	0,04	50,35	no detected	no detected
Prélèvement_7	Trône fauteuil	III.B.2	1921	Cameroun	X	Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Arrière du dossier, au centre de la partie médiane	6,8	0,09	41,38	no detected	721,04
Prélèvement_8	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieure de la 5ème dent (face gauche)	29,8	0,10	2738,23	no detected	372,34
Prélèvement_9	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Intérieur du cou (fond du cou)	10,5	0,27	4600,34	no detected	no detected

Prélèvement_10	Masque animalier	56.13.1	1956	Côte d'Ivoire		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Partie supérieure de la corne gauche (zone médiane)	0,7	0,16	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_11	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Voile	Revers du séant du tabouret (partie arrière)	4,5	0,05	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_12	Statuette féminine	60.7.24	1960	Côte d'Ivoire		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Pied gauche (face avant)	2	0,44	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_13	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Cristaux isolés	Extrémité droite (face gauche)	3,2	0,08	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_14	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Voile	Extrémité droite (face arrière)	3,3	0,48	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_15	Verge de Légba	67.2.4	1967	Bénin		Voiles, Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité gauche (face gauche)	4,6	1,52	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_16	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Voile	Extrémité basse	1,6	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_17	Lot de perches de danse	68.1.84-87	1968	Nigeria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extrémité haute	2,6	0,16	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_18	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Voile	Portant droit de la selle (face arrière)	1,4	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_19	Chameau harnaché et chargé	76.2.136	1976	Mauritanie		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Centre du poitrail (face avant)	1,8	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_20	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Voile	Extrémité droite (face supérieure)	3,9	0,05	no detected	no detected	no detected

Prélèvement_21	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Concrétions volumineuses	Partie médiane (face supérieure)	16,3	1,13	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_22	Natte	82.4.6	1982	Niger	X	Voiles, concrétions volumineuses	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Extremité droite (partie interne)	16,7	5,70	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_23	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Cristaux isolés	Face interne, partie supérieure gauche	0,9	0,38	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_24	Masque anthropomorphe	94.26.5	1994	Nigeria	X	Cristaux isolés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Bordure supérieure (zone médiane)	2,3	0,05	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_25	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face droite du bâti, partie supérieure	1,6	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_26	Selle de dromadaire	99.7.2a-m	1999	Algérie	X	pas de résidus observés	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Face gauche du bâti, partie inférieure (zone altérée du cuir)	3,5	0,04	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_27	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Zone ne présentant pas de résidus visibles	Base du pied (face arrière)	6,2	0,06	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_28	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Partie supérieure panse (face avant)	6,6	0,10	no detected	no detected	no detected
Prélèvement_29	Mortier en bois	03.2.1	2003	Nigéria		Voiles	Voile	Anse gauche (face avant)	4,9	0,78	no detected	no detected	no detected

Tableau 12 Bilan des résultats de la 3è phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection de molécules organochlorées non identifiées.

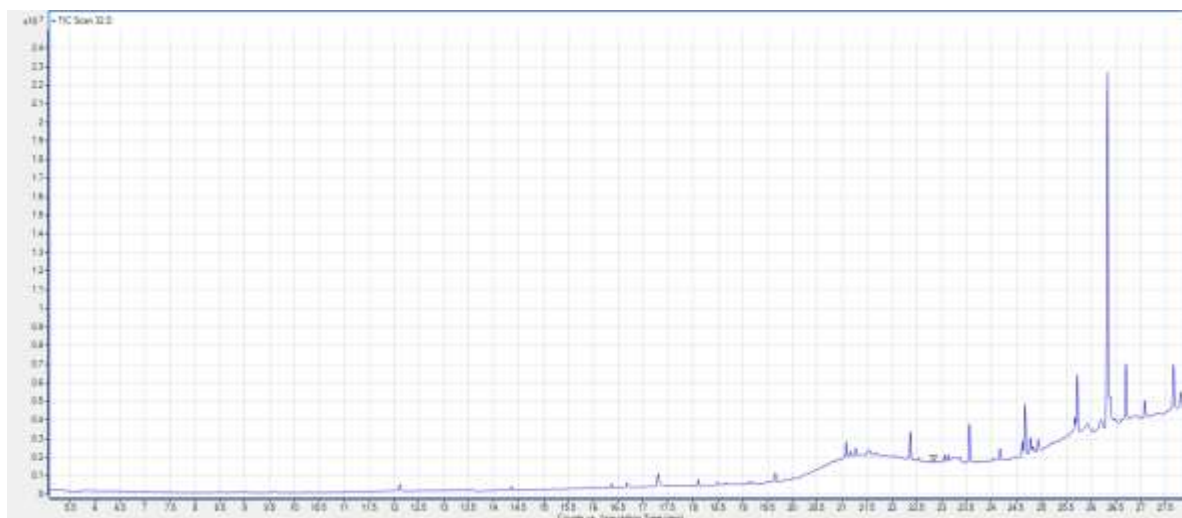
Annexe 2 : Graphiques



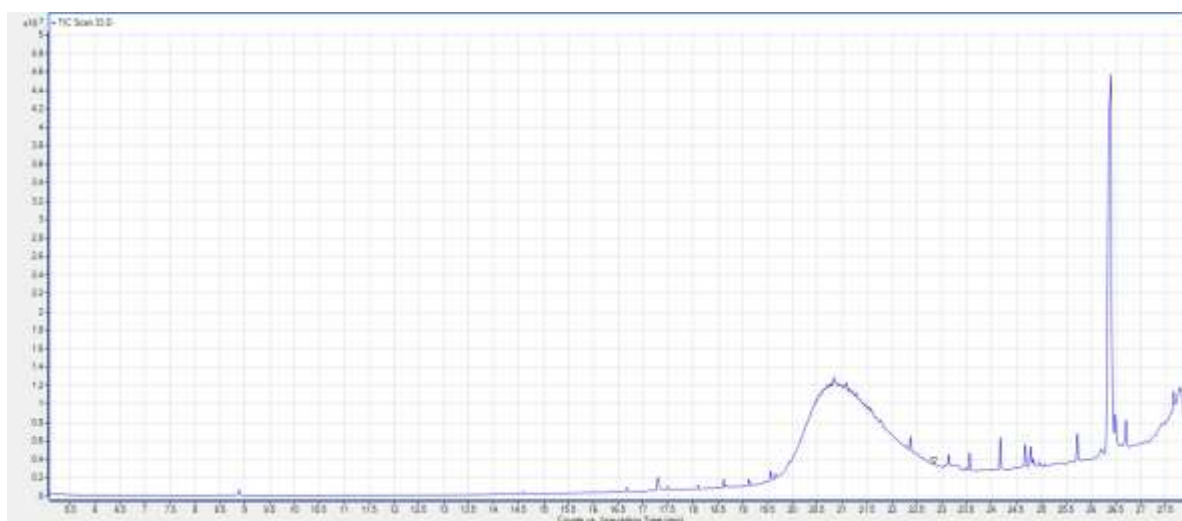
Graphie 1 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 1 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



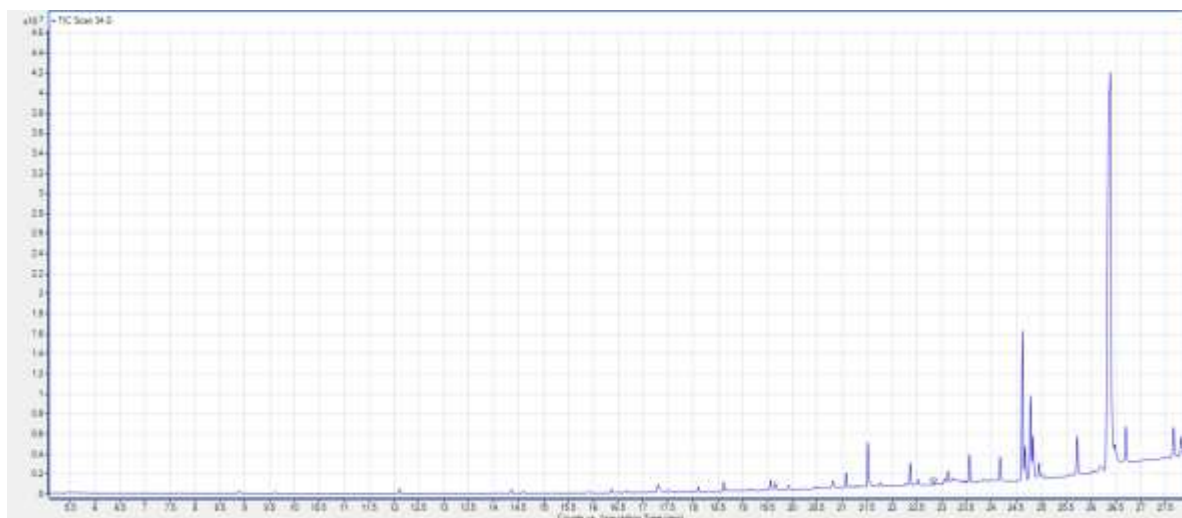
Graphie 2 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 2 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.



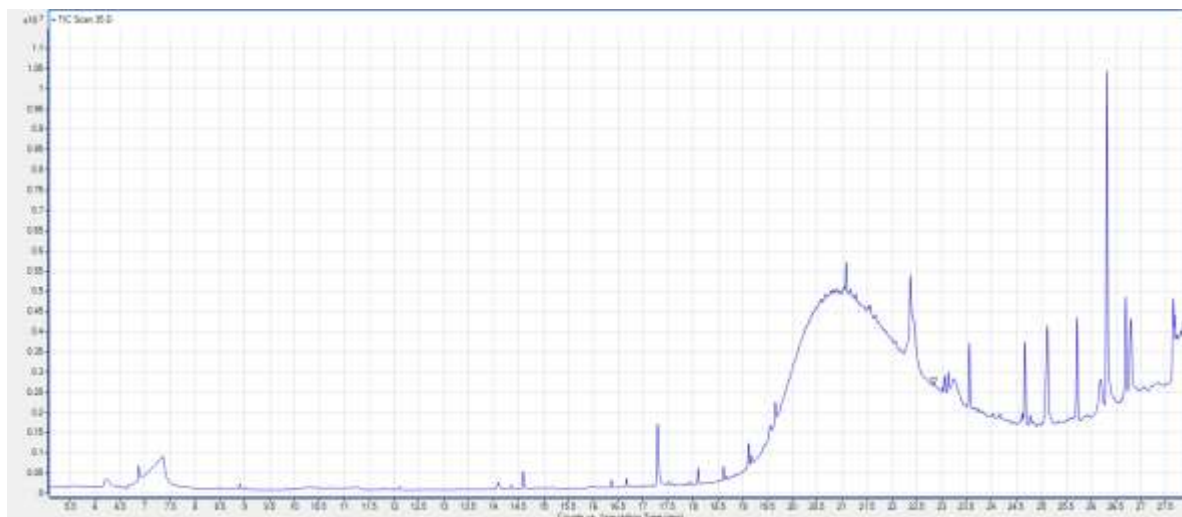
Graph 3 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 3 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.



Graph 4 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 4 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.



Graph 5 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 5 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.



Graph 6 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 6 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.



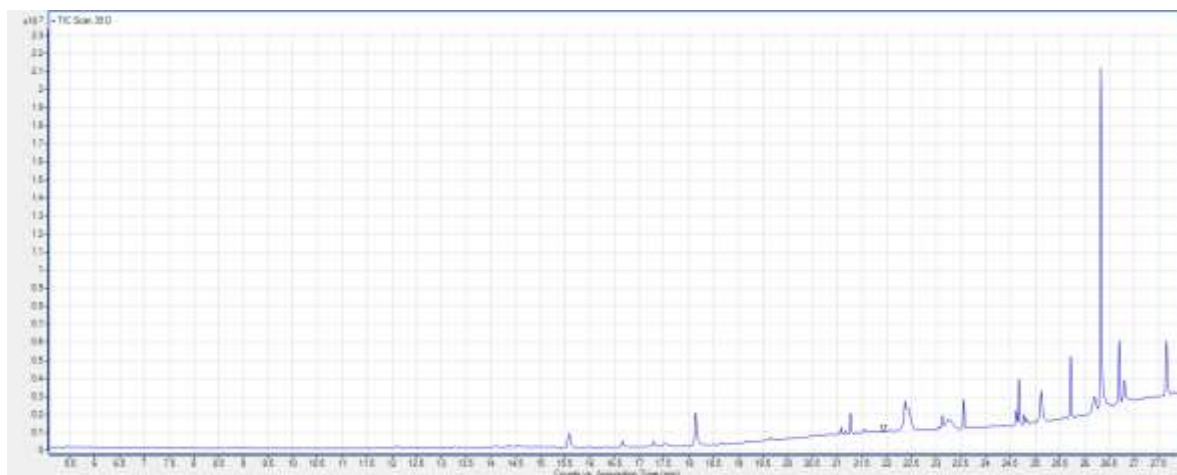
Graph 7 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 7 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.



Graph 8 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 8 effectué sur le masque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.



Graph 9 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 9 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.



Graph 10 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 10 effectué sur le mobilier de réserve © HECR Arc, AG.



Graphe 11 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_1 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



Graphe 12 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_2 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



Graphe 13 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_3 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



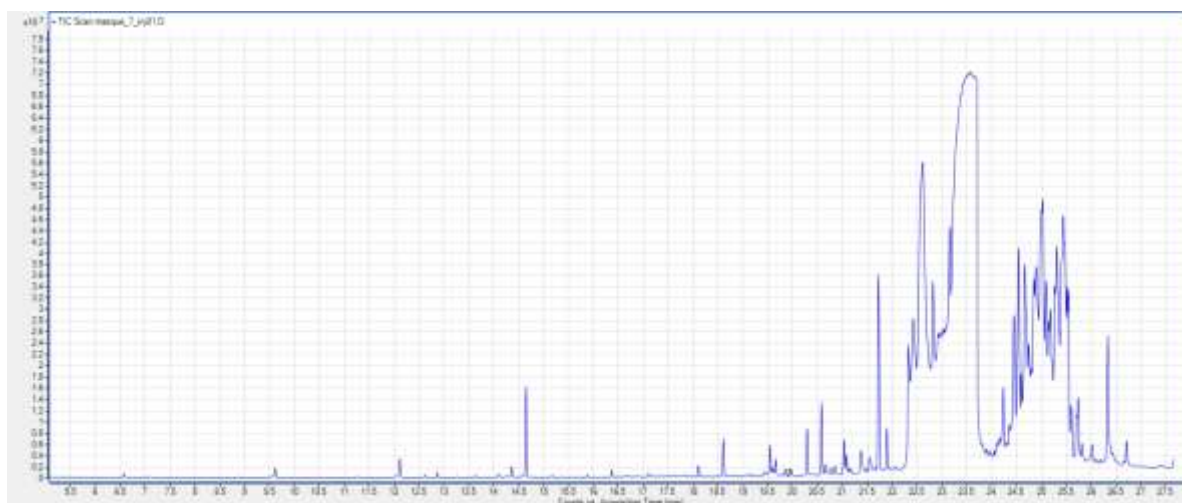
Graphe 14 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_4 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



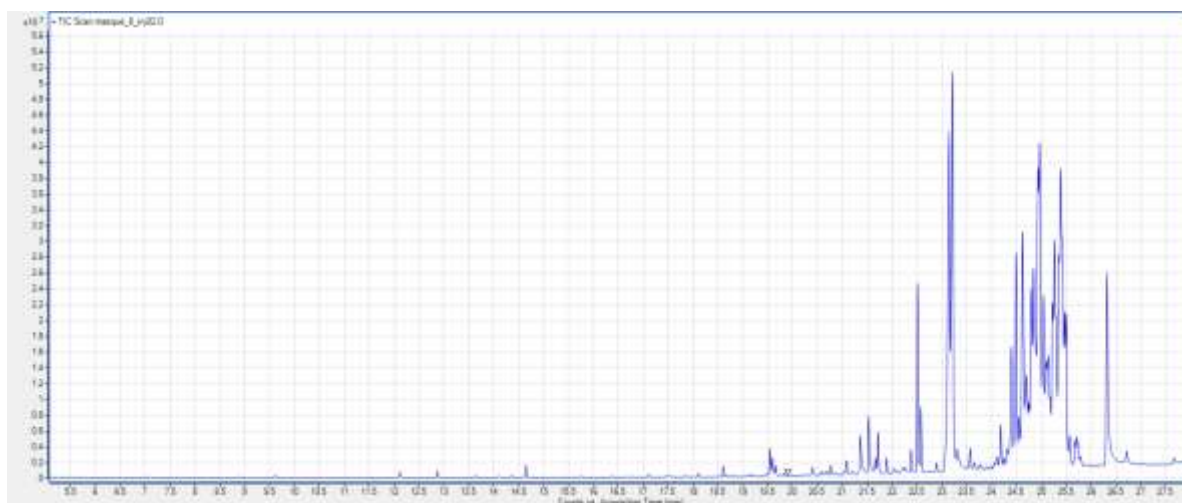
Graphe 15 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_5 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



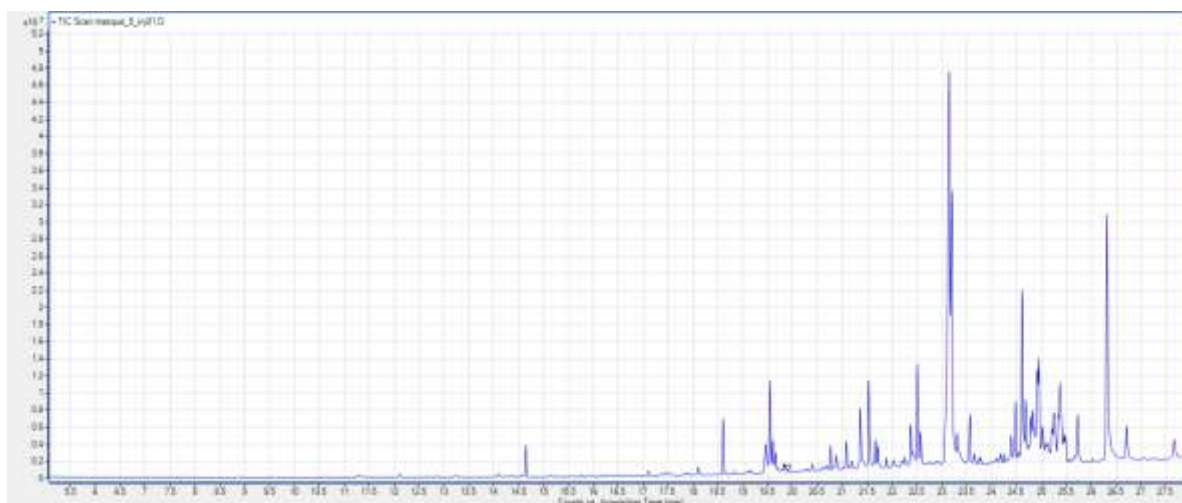
Graphe 16 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_6 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



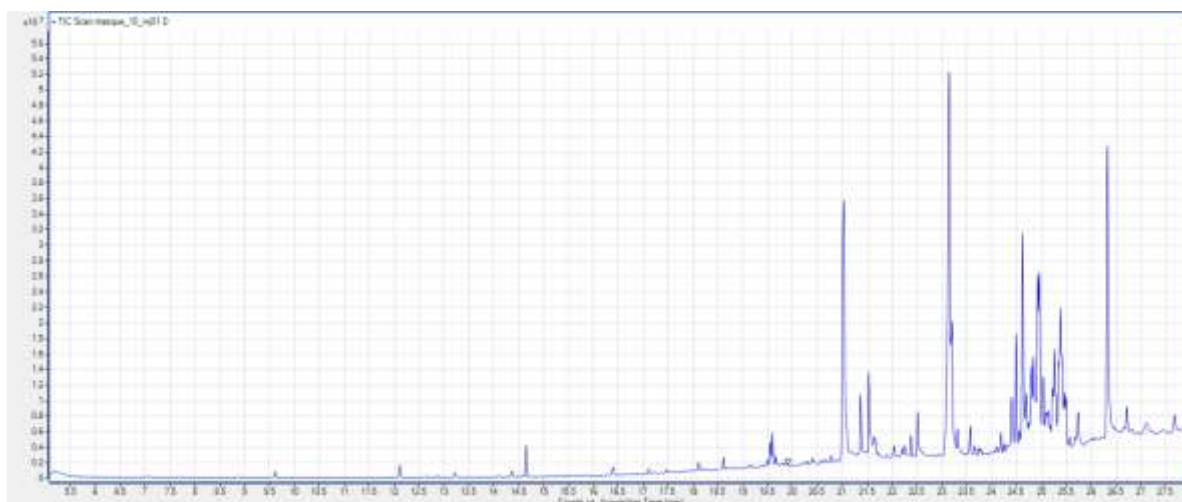
Graphe 17 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_7 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



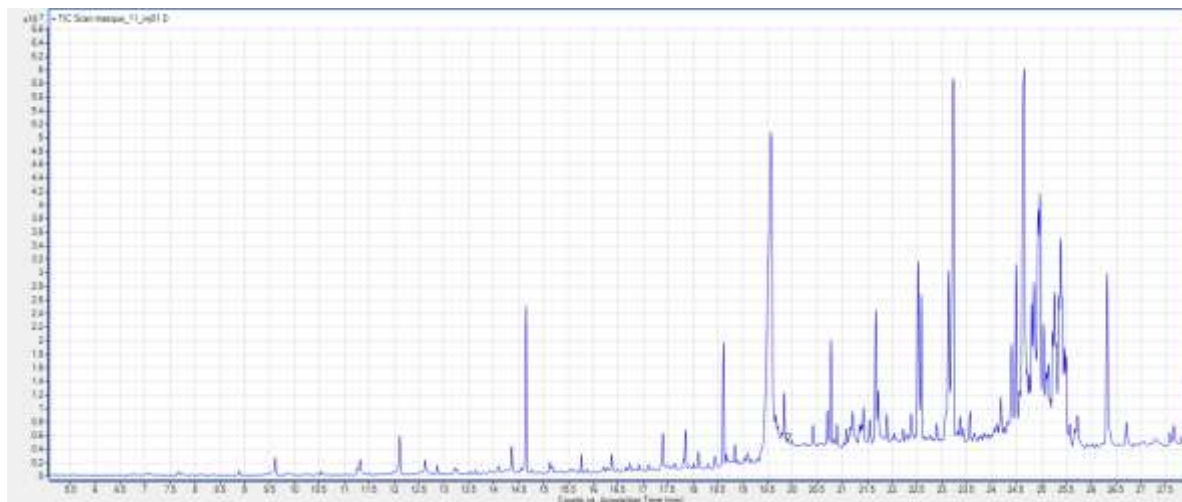
Graphe 18 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_8 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



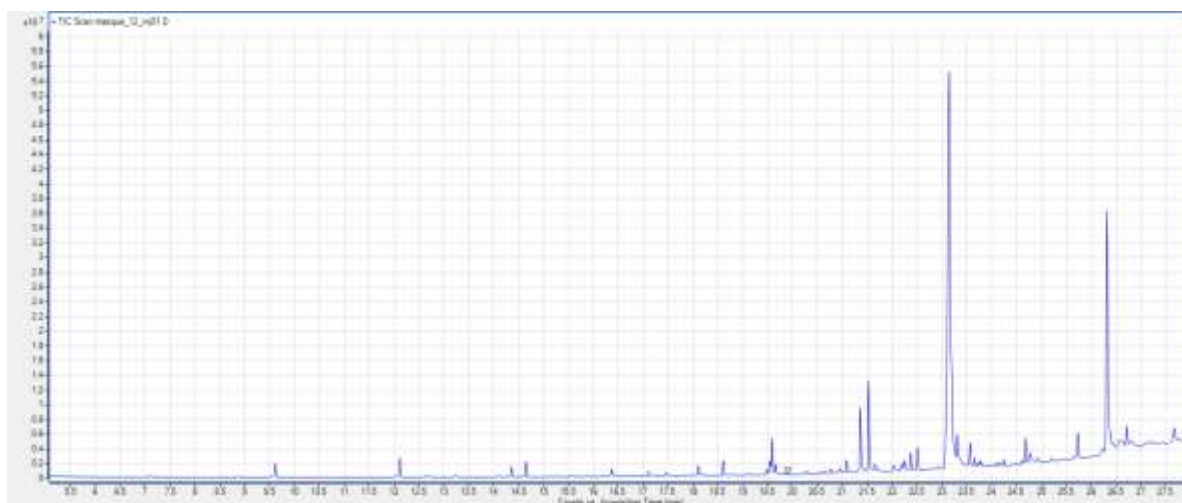
Grappe 19 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_9 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



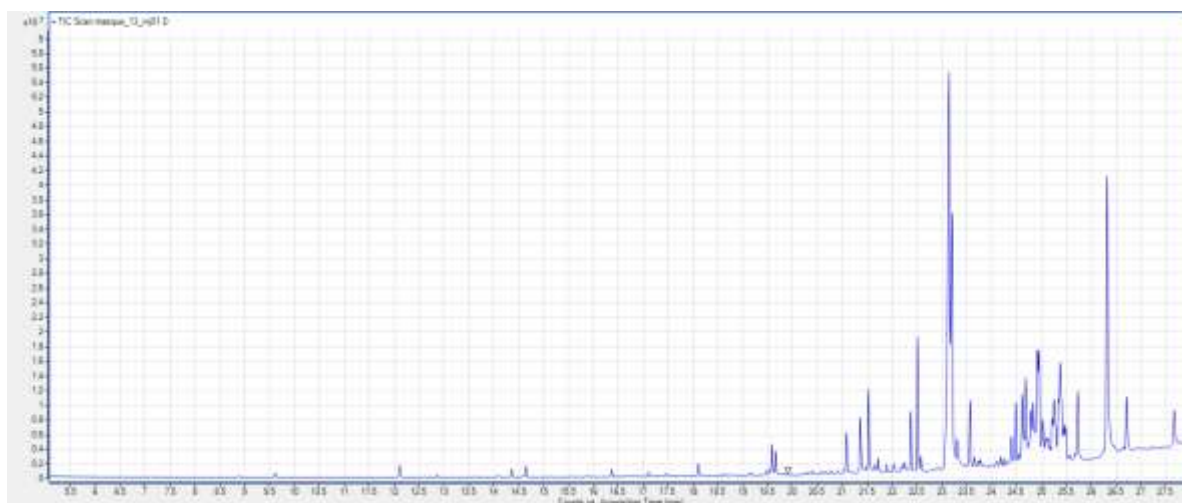
Grappe 20 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_10 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



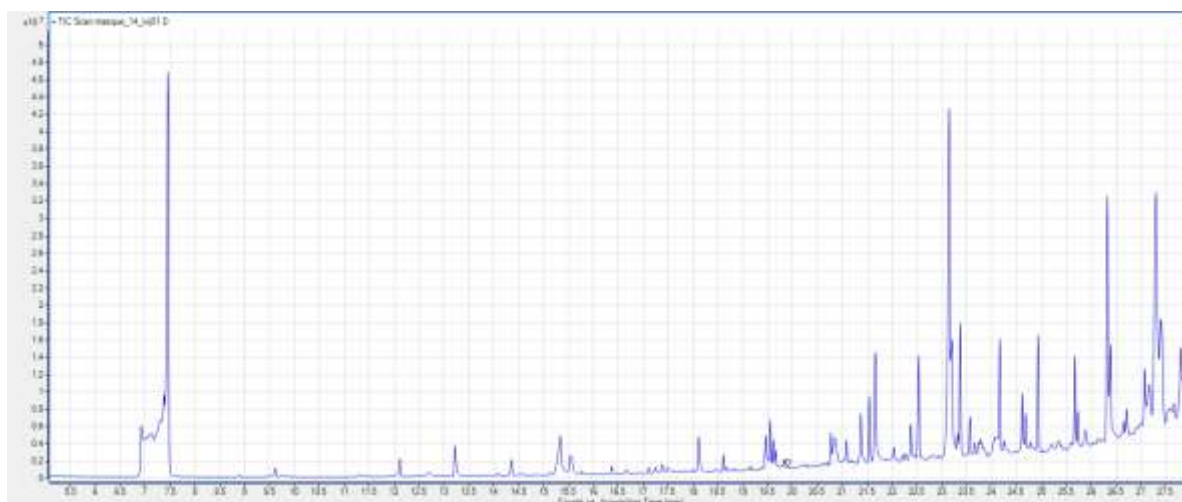
Graphe 21 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_11 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



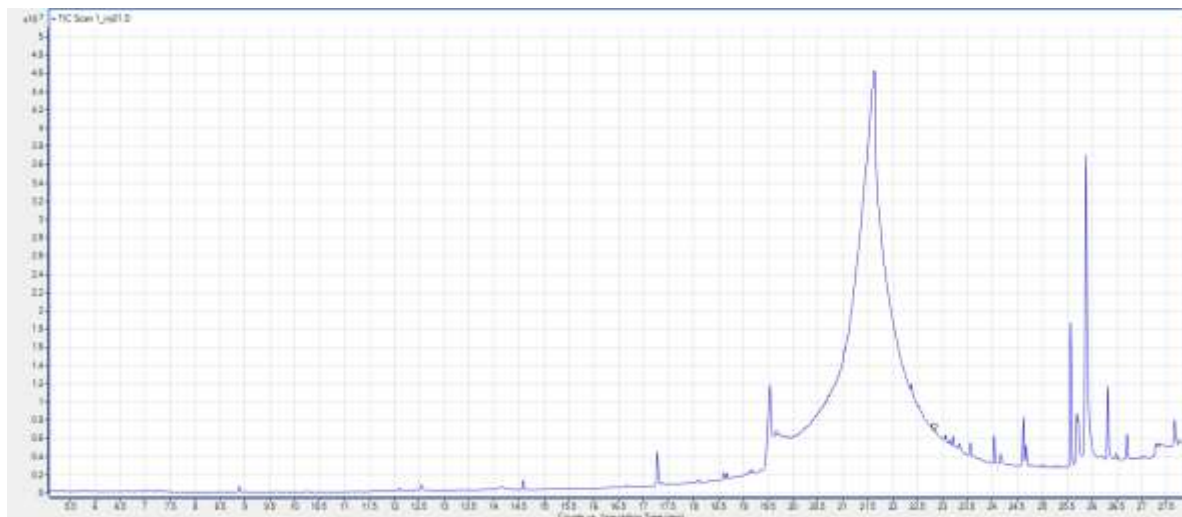
Graphe 22 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_12 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



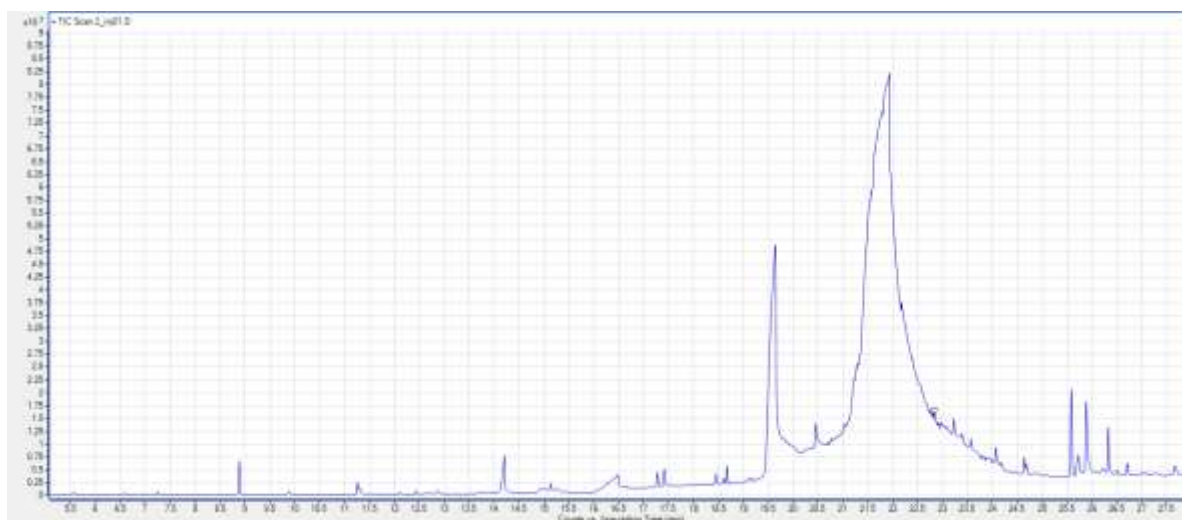
Graphe 23 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_13 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



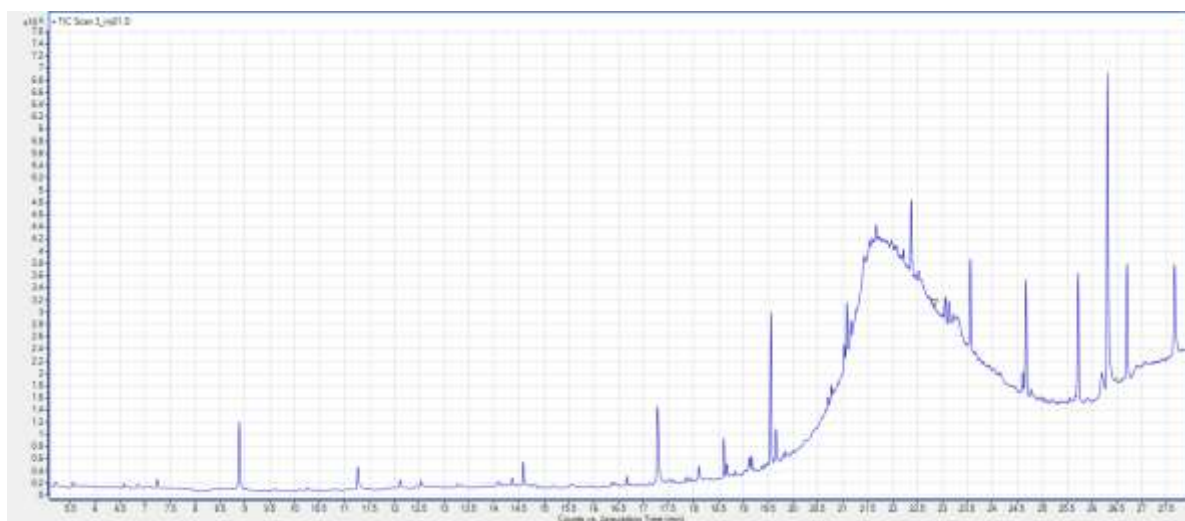
Graphe 24 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_14 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.



Graph 25 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_1 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.



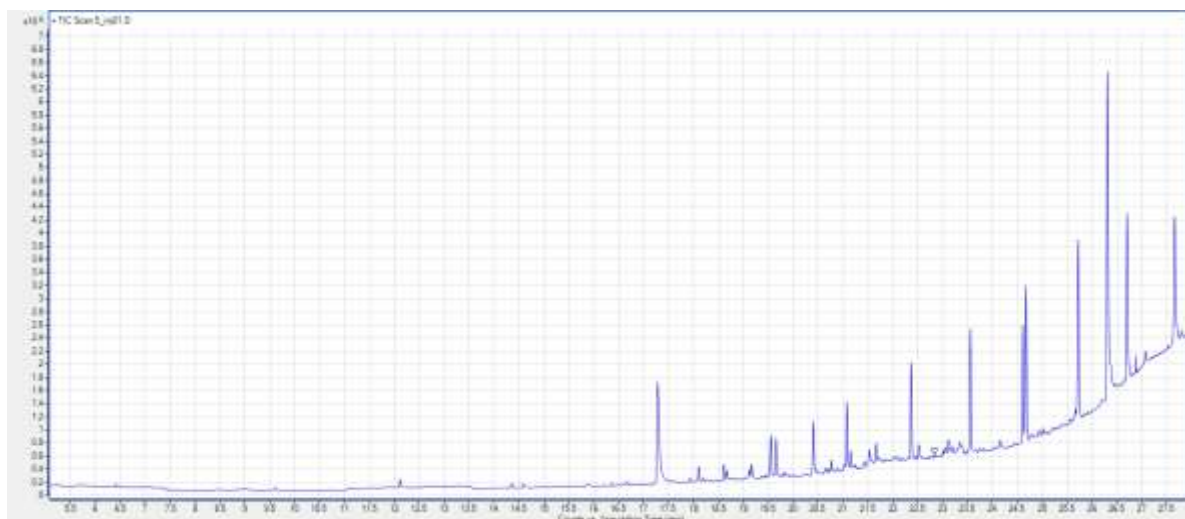
Graph 26 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_2 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.



Graphe 27 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_3 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.



Graphe 28 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_4 effectué sur le soufflet de forge (III.B.84). © HECR Arc, AG.



Graph 29 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_5 effectué sur le soufflet de forge (III.B.84). © HECR Arc, AG.



Graph 30 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_6 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.



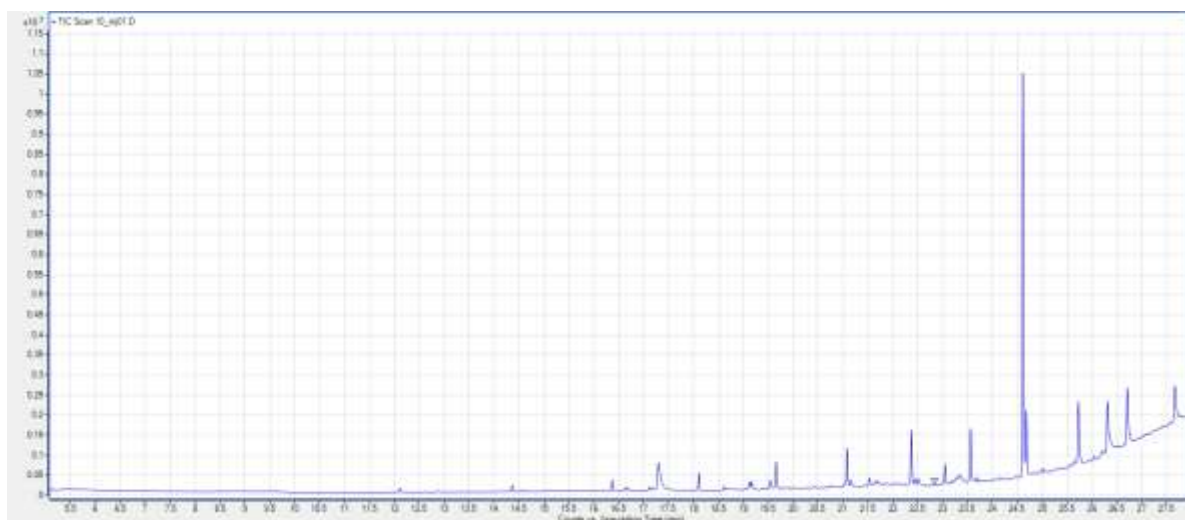
Graph 31 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_7 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.



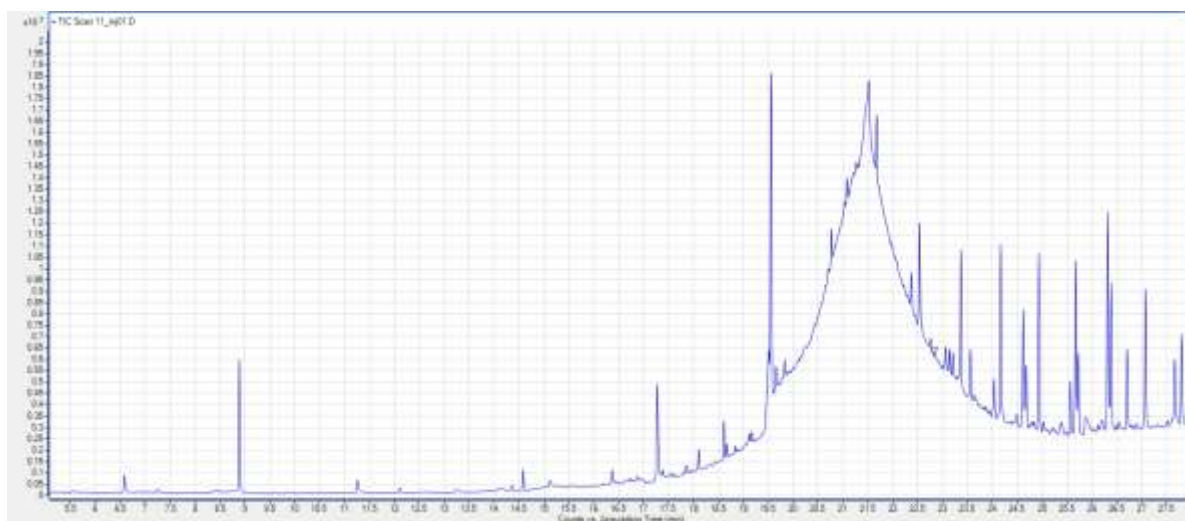
Graph 32 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_8 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.



Graph 33 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_9 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.



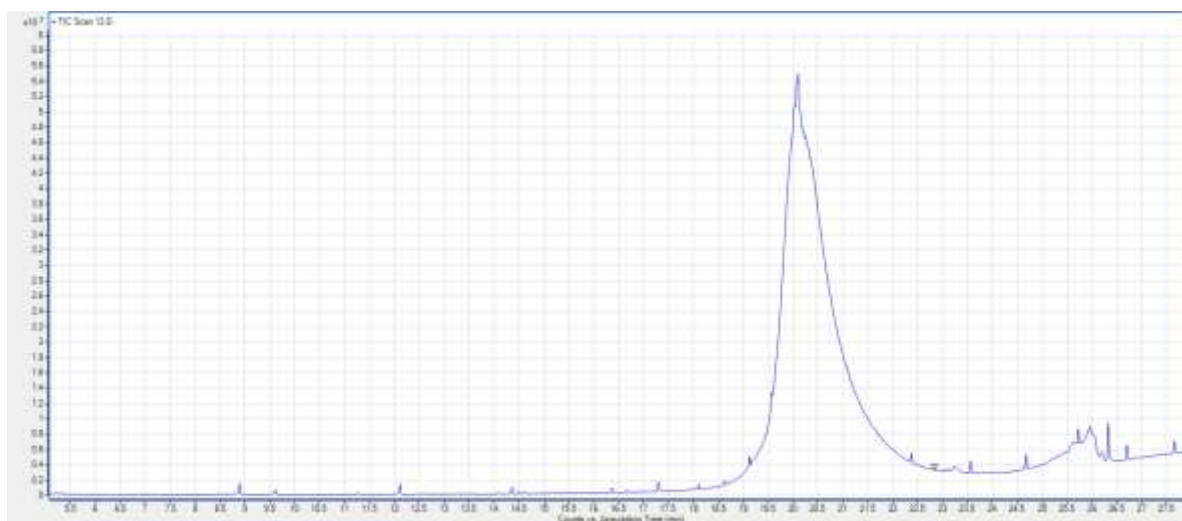
Graph 34 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_10 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.



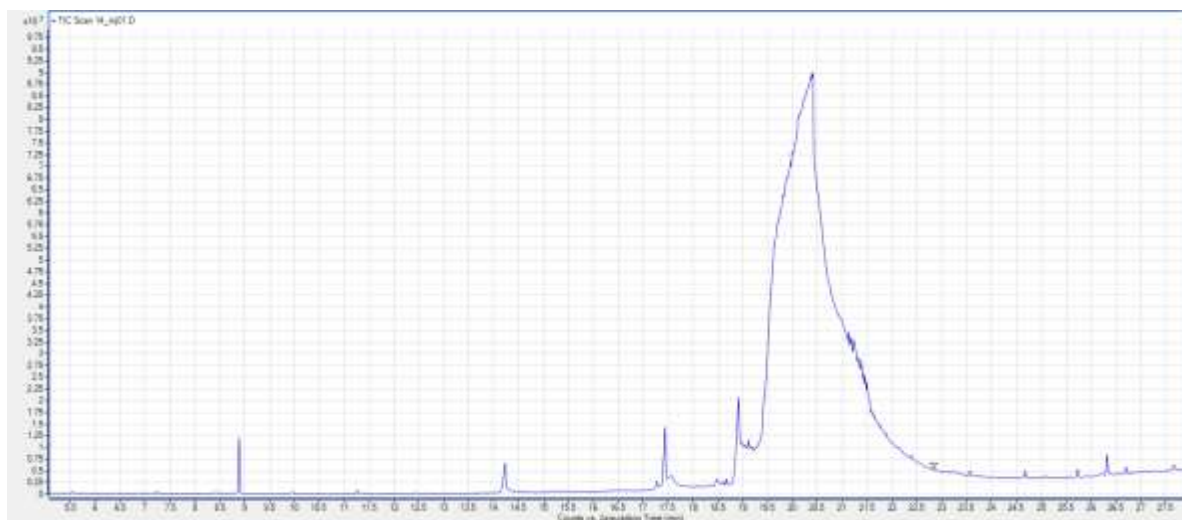
Graph 35 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_11 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.



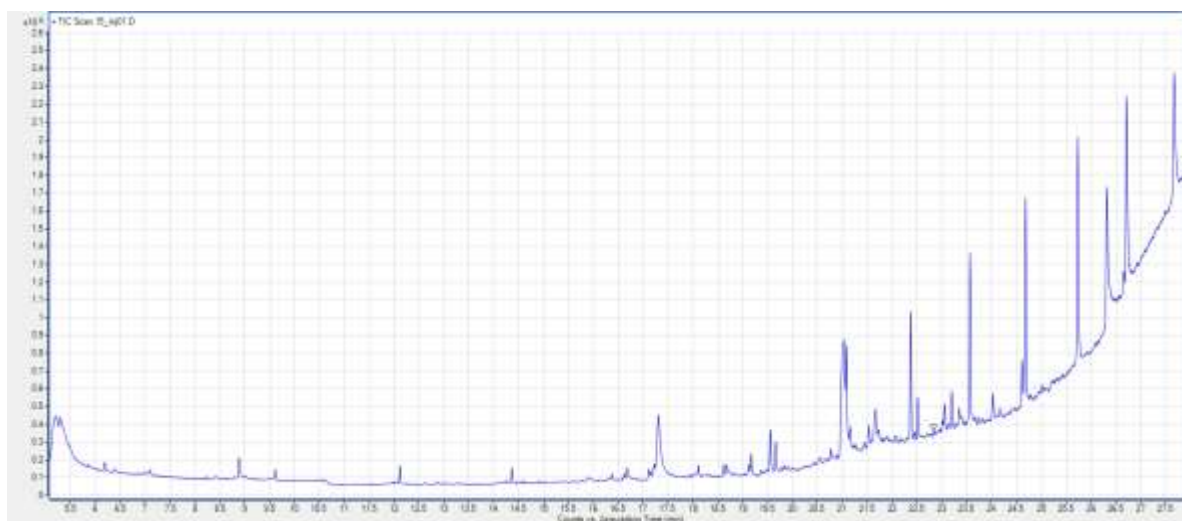
Graph 36 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_12 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.



Graph 37 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_13 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.



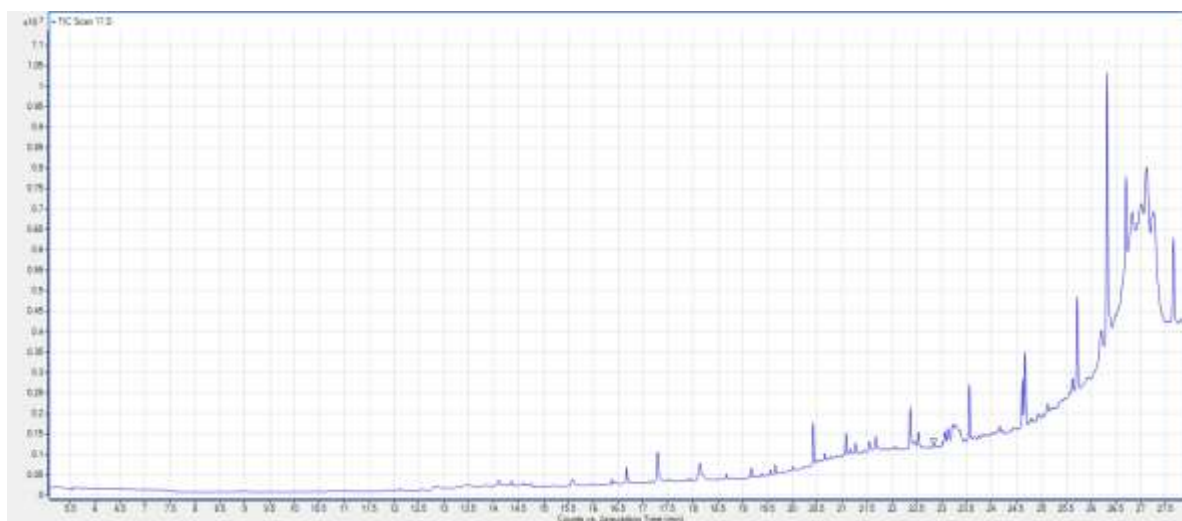
Graph 38 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_14 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.



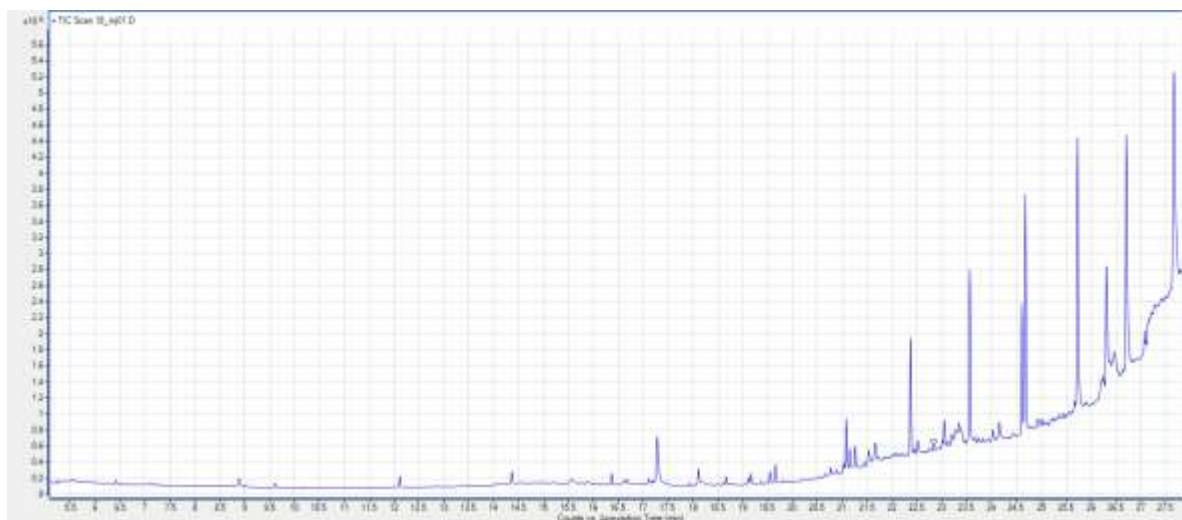
Graph 39 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_15 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HE CR Arc, AG.



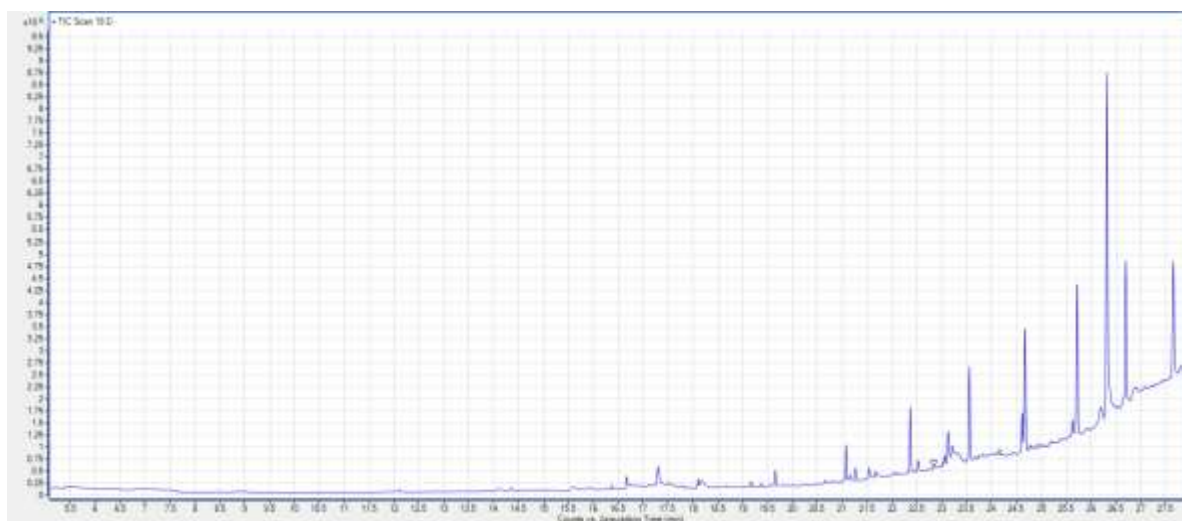
Graph 40 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_16 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HE CR Arc, AG.



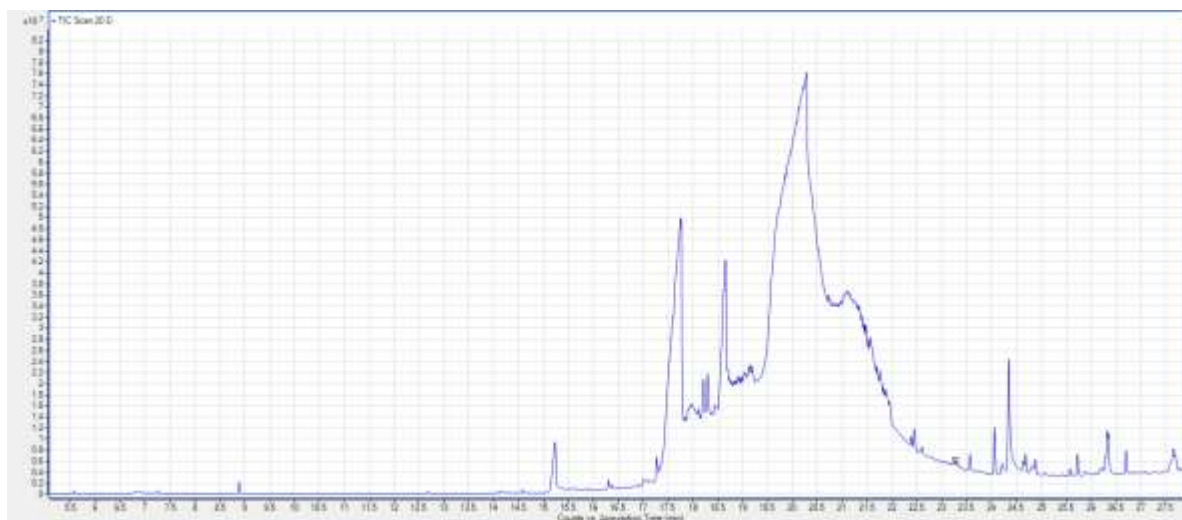
Graph 41 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_17 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.



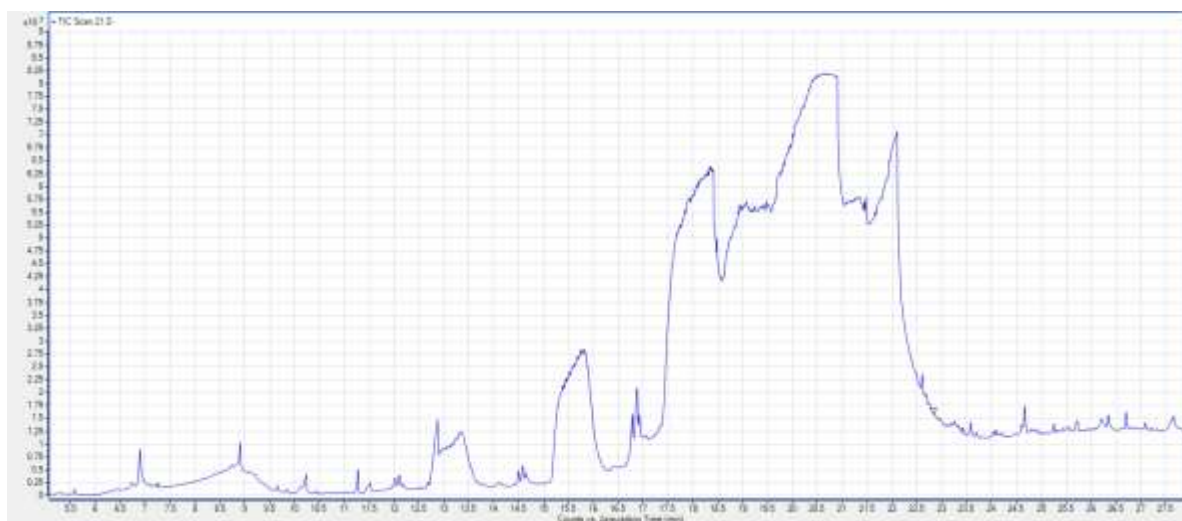
Graph 42 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_18 effectué sur le chameau harnaché et chargé (76.2.136). © HECR Arc, AG.



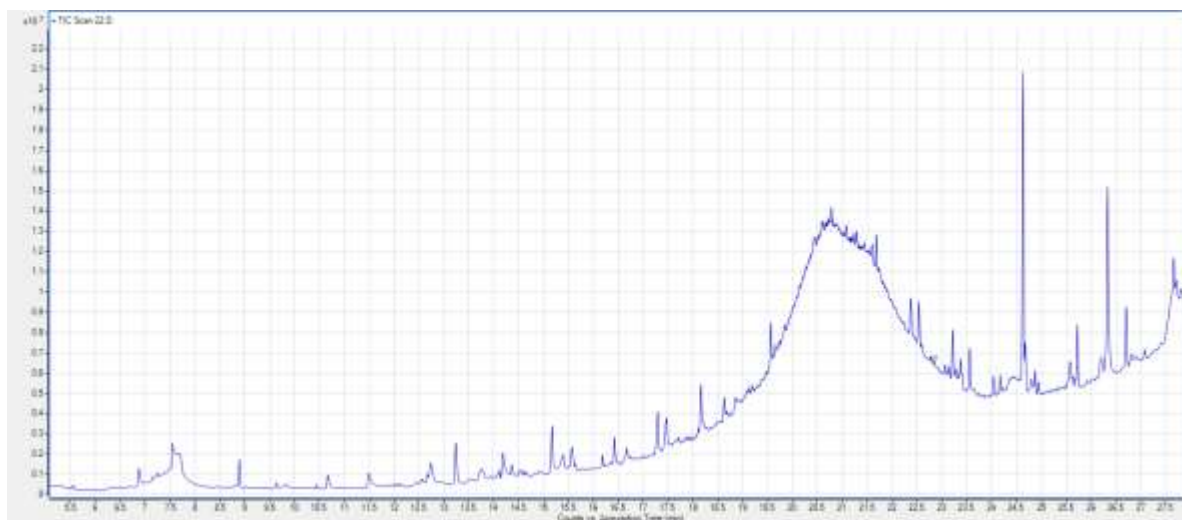
Graph 43 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_19 effectué sur le chameau harnaché et chargé (76.2.136). © HECR Arc, AG.



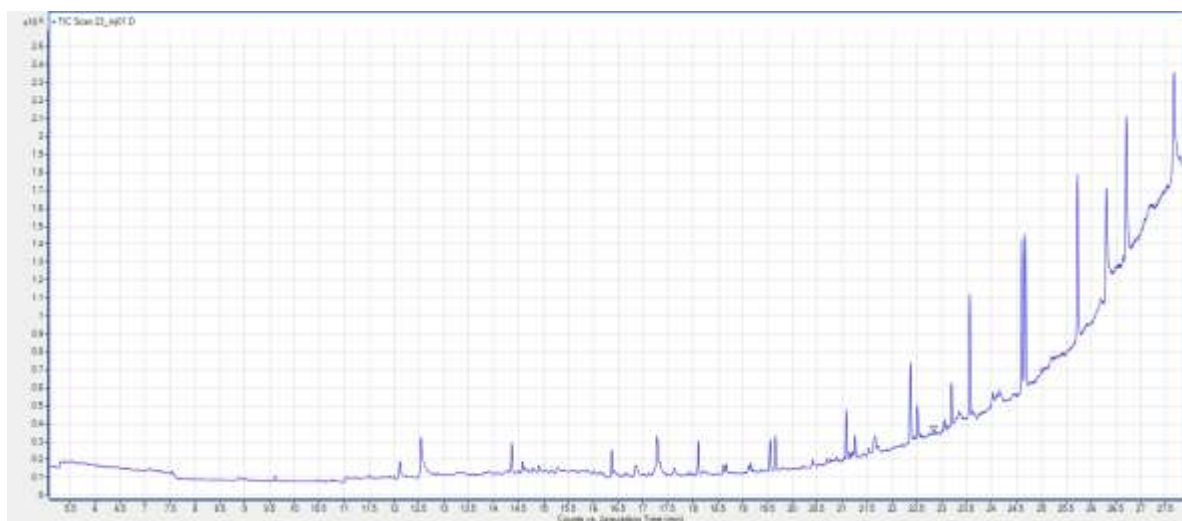
Graph 44 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_20 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.



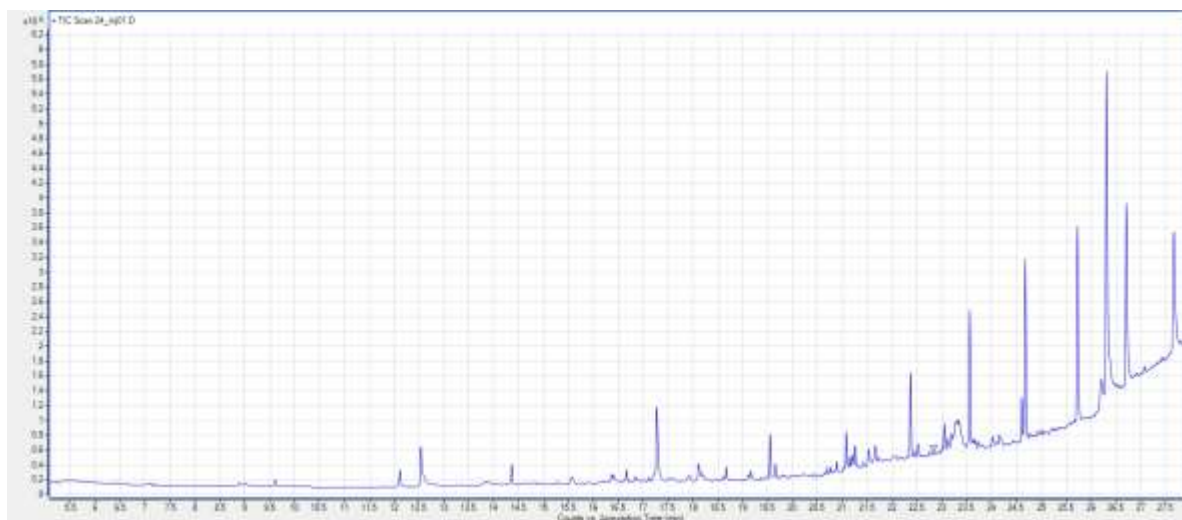
Graph 45 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_21 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.



Graph 46 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_22 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.



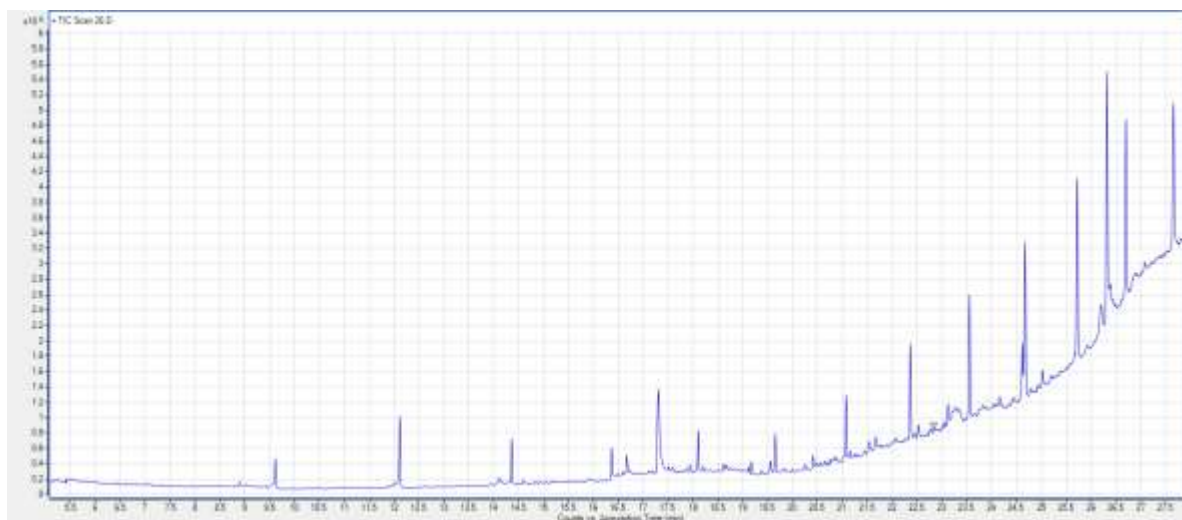
Graph 47 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_23 effectué sur le masque anthropomorphe (94.26.5). © HECR Arc, AG.



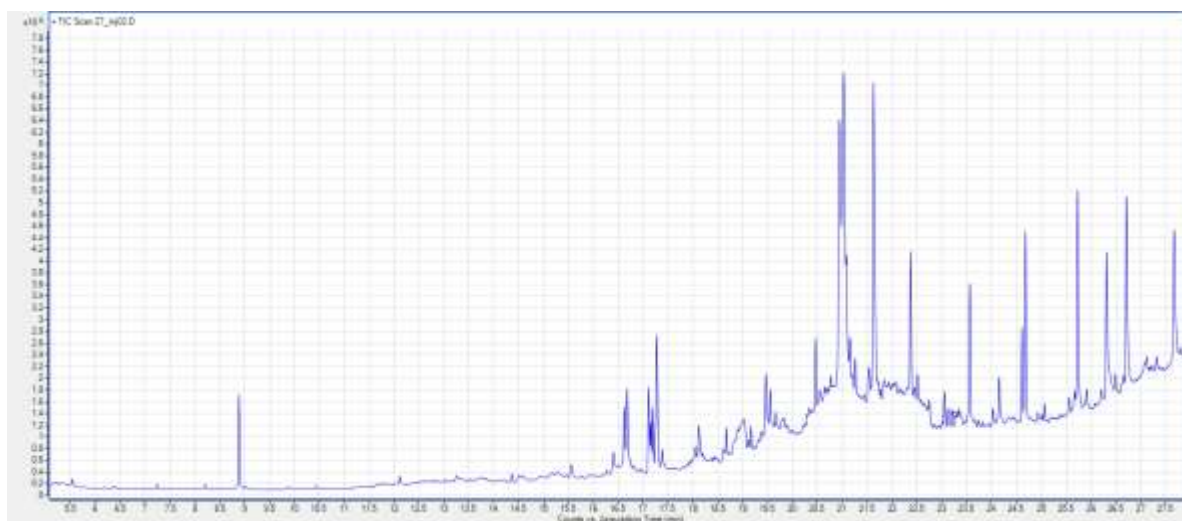
Graph 48 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_24 effectué sur le masque anthropomorphe (94.26.5). © HECR Arc, AG.



Graph 49 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_25 effectué sur la selle de dromadaire (99.7.2a-m). © HECR Arc, AG.



Graph 50 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_26 effectué sur la selle de dromadaire (99.7.2a-m). © HECR Arc, AG.



Graph 51 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_27 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.



Graph 52 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_28 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.



Graphe 53 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_29 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.



**Identification et caractérisation de biocides résiduels sur des
objets africains conservés au Musée d'ethnographie de
Neuchâtel**

Liste des annexes complémentaires

Mémoire présenté par :

Gonnon Astrid

Pour l'obtention du

Bachelor of Arts HES-SO en Conservation
Objets archéologiques et ethnographiques

Année académique 2014-2015

Remise du travail : *20.07.2015*

Jury : *24-25.08.2015*

Sommaire

1. Liste des tableaux.....	2
2. Liste des graphiques.....	2

1. Liste des tableaux

Tableau 1 Bilan des résultats de la 1 ^{ère} phase d'analyses GC-MS (20-27 avril 2015).	6
Tableau 2 Bilan des résultats des analyses FRX (20 avril 2015).....	7
Tableau 3 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDT.....	9
Tableau 4 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDE.....	10
Tableau 5 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDD.....	12
Tableau 6 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection du DDMU.....	13
Tableau 7 Bilan des résultats de la 2 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (11 mai-12 juin 2015) : prélèvements effectués sur le masque polychrome (65.17.1). Détection de molécules organochlorées non identifiées.	15
Tableau 8 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDT.....	19
Tableau 9 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDE.....	23
Tableau 10 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDD.....	27
Tableau 11 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection du DDMU.....	31
Tableau 12 Bilan des résultats de la 3 ^{ème} phase d'analyses GC-MS (28 mai-12 juin 2015). Détection de molécules organochlorées non identifiées.....	34

2. Liste des graphiques

Graph 1 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 1 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.....	35
Graph 2 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 2 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	35
Graph 3 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 3 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.....	36
Graph 4 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 4 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	36
Graph 5 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 5 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.....	37

Graphe 6 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 6 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	37
Graphe 7 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 7 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.	38
Graphe 8 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 8 effectué sur le masque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.	38
Graphe 9 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 9 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.	39
Graphe 10 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement 10 effectué sur le mobilier de réserve © HECR Arc, AG.	39
Graphe 11 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_1 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	40
Graphe 12 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_2 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	40
Graphe 13 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_3 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	41
Graphe 14 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_4 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	41
Graphe 15 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_5 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	42
Graphe 16 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_6 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	42
Graphe 17 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_7 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	43
Graphe 18 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_8 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	43
Graphe 19 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_9 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	44
Graphe 20 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_10 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	44
Graphe 21 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_11 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	45
Graphe 22 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_12 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	45
Graphe 23 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_13 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	46
Graphe 24 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement Masque_14 effectué sur le masque polychrome (65.17.1). © HECR Arc, AG.	46

Graphe 25 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_1 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	47
Graphe 26 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_2 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	47
Graphe 27 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_3 effectué sur le cimier avec calotte (III.B.70). © HECR Arc, AG.....	48
Graphe 28 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_4 effectué sur le soufflet de forge (III.B.84). © HECR Arc, AG.....	48
Graphe 29 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_5 effectué sur le soufflet de forge (III.B.84). © HECR Arc, AG.....	49
Graphe 30 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_6 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.	49
Graphe 31 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_7 effectué sur le trône fauteuil (III.B.2). © HECR Arc, AG.	50
Graphe 32 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_8 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.....	50
Graphe 33 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_9 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.....	51
Graphe 34 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_10 effectué sur le maque zoomorphe (56.13.1). © HECR Arc, AG.....	51
Graphe 35 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_11 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.....	52
Graphe 36 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_12 effectué sur la statuette féminine (60.7.24). © HECR Arc, AG.....	52
Graphe 37 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_13 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	53
Graphe 38 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_14 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	53
Graphe 39 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_15 effectué sur la verge de Légba (67.2.4). © HECR Arc, AG.....	54
Graphe 40 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_16 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.	54
Graphe 41 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_17 effectué sur le lot de perches de danse (68.1.84-87). © HECR Arc, AG.	55
Graphe 42 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_18 effectué sur le chameau harnaché et chargé (76.2.136). © HECR Arc, AG.	55
Graphe 43 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_19 effectué sur le chameau harnaché et chargé (76.2.136). © HECR Arc, AG.	56

Graphe 44 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_20 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	56
Graphe 45 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_21 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	57
Graphe 46 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_22 effectué sur la natte à essorer le fromage (82.4.6). © HECR Arc, AG.	57
Graphe 47 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_23 effectué sur le masque anthropomorphe (94.26.5). © HECR Arc, AG.	58
Graphe 48 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_24 effectué sur le masque anthropomorphe (94.26.5). © HECR Arc, AG.	58
Graphe 49 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_25 effectué sur la selle de dromadaire (99.7.2a-m). © HECR Arc, AG.	59
Graphe 50 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_26 effectué sur la selle de dromadaire (99.7.2a-m). © HECR Arc, AG.	59
Graphe 51 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_27 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.	60
Graphe 52 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_28 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.	60
Graphe 53 Spectre GC obtenu lors de l'analyse du Prélèvement_29 effectué sur le mortier en bois (03.2.1). © HECR Arc, AG.	61