

**Conservation des collections naturalisées traitées aux biocides :
étude de la collection Mammifères et Oiseaux du Muséum
d'Histoire Naturelle de Neuchâtel**

Mémoire présenté par :

Dangeon Marion

Pour l'obtention du

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

Année 2013-2014

21/07/2014

« 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 21/07/2014

Marion Dangeon

« Je prétends même qu'aucun poison, soit végétal soit minéral, n'a cette propriété et que l'arsenic et le sublimé corrosif qui sont les plus meurtriers que nous connaissons, ne sont d'aucune utilité pour écarter les insectes ».

Abbé Manesse, Traité sur la manière d'empailler, 1787

**Conservation des collections naturalisées traitées aux biocides :
étude de la collection Mammifères et Oiseaux du Muséum
d'Histoire Naturelle de Neuchâtel**

Mémoire présenté par :
Dangeon Marion

Remerciements

Je tiens à remercier cordialement M. Martin Zimmerli, taxidermiste au Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel, et Mme Jessica Litman, entomologiste et conservatrice responsable du département d'entomologie, ainsi que toute l'équipe du Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel pour leur accueil, leurs disponibilités et leur engagement.

Je tiens également à remercier chaleureusement Mme Aude-Laurence Pfister (conservatrice-restauratrice au service archéologique du Jura) pour ses conseils avisés, ses relectures et ses encouragements.

Je remercie aussi M. Jacques Cuisin (Chargé de Conservation des collections Mammifères et Oiseaux), Mme Anne Previato (chargée de Conservation des collections Mammifères et Oiseaux) et M. Laurent Defendini (responsable santé et sécurité au travail au Muséum National d'Histoire Naturelle à Paris), pour leurs conseils, leurs recommandations et toutes les informations relatives au monde des biocides au sein du muséum ainsi que pour leur accueil des plus chaleureux.

De vifs remerciements à toute l'équipe du Muséum d'Histoire Naturelle de la Chaux de Fonds et plus particulièrement à Mme Vanessa Terrapon (conservatrice-restauratrice au Muséum d'histoire naturelle de la Chaux de Fonds), pour ses précieux renseignements, son enthousiasme, ses encouragements et son intérêt pour la question.

Mes remerciements se dirigent également à Mme Marie Wörle (responsable du laboratoire de recherche en conservation du Musée National Suisse) pour ses explications, son aide et sa disponibilité, M. Erwin Hildbrand (chimiste/assistant de recherche au Musée National Suisse) pour ses réponses face au Tyvek™, M. Martin Troxler (préparateur au muséum de Bern) et à Mme Chantal Schenn (médecin-inspectrice du travail du canton de Neuchâtel) pour son aide sur les conduites à tenir en présence de toxiques.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent aussi à toutes les personnes qui ont participé à la réalisation de ce travail :

M. Tobias Schenkel (enseignant à la He-Arc CR), enseignant référent de ce mémoire, pour sa disponibilité et ses explications.

Mme le docteur Laura Brambilla (adjoite scientifique Recherche Appliquée et développement à la He-Arc CR), pour sa disponibilité et pour m'avoir permis de réaliser des analyses IRTF et de les avoir interpréter avec moi.

M. le docteur Christian Degrigny (enseignant-chercheur à la He-Arc CR) et Mme la docteure Edith Joseph (adjointe scientifique à la He-Arc CR), pour leurs explications sur les méthodes d'analyse et leur aide.

M. Romain Jeanneret (assistant de recherche à la He-Arc CR), pour son aide.

Mme Valentine Brodard (assistante d'enseignement) pour son aide.

Mes remerciements s'adressent également à tous les professeurs de la Haute Ecole Arc Conservation-restauration qui nous ont encadrés et qui constituent le jury du Bachelor : M. Valentin Boissonnas, M. Thierry Jacot et M. le docteur Régis Bertholon (professeur HES et responsable de filière).

Pour finir, je remercie mes parents qui m'ont toujours soutenu dans mes projets, m'ont offert l'opportunité d'étudier à l'étranger et de pouvoir réaliser ce travail ainsi que pour leurs encouragements hebdomadaires, ma sœur et mon beau-frère pour les rires, les olives et les Skype, Stéphanie, pour les rires, les relectures, l'amitié et le soutien durant ces trois années, Maude pour les rires et les Oreo, Aurel, pour m'avoir supporté et aidé et pour l'amour qu'il me porte ainsi que tous mes amis parisiens qui n'ont de cesse de m'encourager et de me soutenir à distance.

Table des matières

Introduction générale	12
Partie 1: Présentation du Muséum de Neuchâtel et histoire de la taxidermie.....	14
1.1 Historique du muséum et de la collection Mammifères et Oiseaux.....	14
1.1.1 Le muséum	14
1.1.2 La collection Mammifères et Oiseaux	15
1.2 Historique de la taxidermie.....	17
1.2.1 Historique	17
1.2.2 Techniques de la taxidermie.....	19
Partie 2: Les biocides au Muséum de Neuchâtel et leurs identifications	21
2.1 Evaluation de l'état de conservation des collections Mammifères et Oiseaux.....	21
2.2 Présentation de l'échantillonnage.....	22
2.3 Arsenic.....	23
2.3.1 Caractéristiques du biocide.....	23
2.3.2 Modes d'application	24
2.3.3 Méthodes d'identification.....	25
2.3.4 Analyses	26
2.3.5 Résultats.....	26
2.3.6 Interprétation.....	28
2.4 Mercure	30
2.4.1 Caractéristiques du biocide.....	30
2.4.2 Modes d'application	30
2.4.3 Méthodes d'identification.....	31
2.4.4 Analyses	31
2.4.5 Résultats.....	31
2.4.6 Interprétation.....	31
2.5 Lindane.....	32
2.5.1 Caractéristiques du biocide.....	32
2.5.2 Modes d'application	33
2.5.3 Méthodes d'identification.....	34
2.5.4 Analyses	35
2.5.5 Résultats.....	35
2.5.6 Interprétation.....	36
2.6 Autres produits utilisés au Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel	39

Partie 3: Présentation des risques et recommandations pour la manipulation et le stockage	40
3.1 Présentation des risques toxicologiques	40
3.1.1 Risques et effets pour l'homme	40
3.1.2 Risques et effets pour les spécimens.....	43
3.2 Contamination de l'environnement de stockage	44
3.2.1 Présentation de l'échantillonnage.....	44
3.2.2 Objectifs et étude des résultats des analyses FRX.....	45
3.3 Protection individuelle et collective.....	46
3.4 Manipulation et stockage.....	47
3.4.1 Manipulation	47
3.4.2 Stockage.....	51
3.5 Note sur les spécimens pédagogiques et la collection Robert.....	53
3.6 Note sur la décontamination des spécimens	54
3.7 Note sur le suivi du personnel	55
Synthèse et discussion	57
Conclusion générale.....	58
Références bibliographiques.....	59
Liste des ouvrages.....	59
Liste des communications personnelles orales et écrites.....	62
Crédits photographiques	63
Glossaire.....	64
Liste des abréviations	67
Liste des tableaux et graphiques.....	68
Liste des figures	68
Annexes.....	70
Annexes 1 : Photographies	70
Annexes 2 : Plans et schémas	72
Annexes 3 : Tableaux	75
Annexes 4 : Protocoles	83
Annexes 5 : Graphiques.....	87
Oiseaux : analyses corps.....	87
Oiseaux : analyses socles.....	96
Oiseaux : analyses sols	97
Oiseaux : analyses étagères	99
Mammifères : analyses corps.....	104
Mammifères : analyses socles.....	112
Mammifères : analyses sols.....	113

Mammifères : analyses étagères.....	115
Spectres IRTF :	120
Annexes 6 : Autres documents	124

Résumé

La contamination des collections d'histoire naturelle par l'usage de pesticides est connue. Utilisés comme répulsifs ou insecticides, ils concernent une large gamme de produits inorganiques et organiques. Cela induit un problème de santé publique pour le personnel du muséum mais également pour les visiteurs.

Nous avons décidé de réaliser une étude sur la contamination des spécimens de la collection Mammifères et Oiseaux du Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel en nous concentrant sur trois produits principaux : l'arsenic, le mercure et le lindane. Pour ce faire, nous avons mis en place un échantillonnage et un protocole de tests avec un appareil à fluorescence X portable et un appareil à spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier. Puis nous avons procédé à des tests pour établir un lien avec la contamination de l'environnement de stockage.

Ces tests nous ont montré que 94 % de l'échantillonnage et 90 % des étagères sont positives à l'arsenic. Cependant, les sols des réserves sont négatifs à l'arsenic. Nos tests IRTF concernant le lindane ne nous ont pas permis de détecter ce produit. Nous aurions dû pour cela utiliser une autre méthode, non réalisable, pour que les tests soient plus représentatifs.

Face à ces résultats, nous avons pu établir des recommandations faciles à réaliser et peu coûteuses. Les mesures principales sont le port d'équipement de protection individuelle, la mise en place d'une signalétique présentant les dangers, les ports obligatoires et les conduites à tenir. La décontamination passive (tissu absorbant les polluants) est une méthode que nous aimerions que le muséum mette en place dans leurs collections.

Nous avons également pu recommander le remplacement des spécimens de la collection pédagogique par des spécimens plus récents ou, si cela est impossible, la fermeture de cette collection.

Abstract

The contamination of natural history collections by pesticides is well known. They represent a large array of organic and inorganic products. Used as repellents or insecticides, they create a public health problem for the museum personnel and the visitors.

We have chosen to carry out a study on the contamination of the mammal and bird collection of the Natural History Museum of Neuchâtel by focusing on three products: arsenic, mercury and lindane. To do this, we set up a sampling and a protocol for tests with handheld XFR and FTIR devices. Then we did tests to establish a link with the contamination of the storeroom environment.

These tests showed us that 94% of the sampling and 90% of the shelves were positive to arsenic. However, they proved to be negative on the storerooms' floors. We were not able to detect lindane with the FTIR tests. Thus, we should have used another method that was unavailable to us for the tests to be more representative.

In view of these results, we were able to establish easy to fulfil and not too costly recommendations. The principal measures are the wear of protective equipment, the setting up of signage for dangers, obligatory wear and appropriate behaviour.

We recommend the museum to set up passive decontamination (pollutant absorbing fabric).

We were also able to recommend the replacement of the educational collection's specimens by newer ones. If impossible, we recommend the closing down of the collection.

Introduction générale

Les collections d'histoire naturelle rassemblent des objets hétéroclites, allant du coquillage à la météorite, en passant par le petit mammifère et les herbiers, sans oublier les collections en fluide*. Ces collections sont constituées de matériaux divers et souvent organiques. Ils sont une source nutritive pour un certain nombre de ravageurs (insectes, micro-organismes). Pour les protéger de ces attaques biologiques, les hommes ont utilisé de nombreux produits depuis le XVIII^{ème} siècle, plus connu aujourd'hui sous le nom de biocides* (les termes suivis d'un astérisque sont définis dans le glossaire p. 64-66).

Trois termes définissent ces produits : pesticides*, biocides et insecticides*.

Un pesticide est une substance luttant contre les nuisibles*. L'utilisation de ce terme est donc spécifiquement orientée sur une catégorie d'êtres vivants. Il englobe les insecticides, fongicides, herbicides et parasitocides. Les biocides désignent une famille de substances chimiques regroupant les pesticides, les antibiotiques et les antiparasitaires. Les biocides agissent différemment selon leur nature chimique et peuvent toucher des fonctions différentes chez les ravageurs¹. Les insecticides quant à eux sont des substances destinées uniquement à lutter contre les insectes.

Les nuisibles étant présents partout dans le monde, les muséums ont dû rapidement trouver des solutions pour préserver leur collection au moyen de pesticides, certains organiques (lindane), d'autres inorganiques (arsenic, mercure, plomb).

Il existe un problème majeur avec ces produits. En effet, selon les connaissances actuelles, plusieurs de ces produits ont été identifiés comme toxiques pour l'humain (arsenic, mercure, plomb, lindane). La problématique de la rémanence de ces produits s'est ensuite posée.

Le problème principal en rapport avec l'hygiène et la conservation est la manipulation des spécimens des collections. En effet, par le contact direct avec la peau, des résidus et poussières se déposent sur les mains. Une autre difficulté est le fait que ces produits résiduels peuvent participer à une pollution de l'air et donc être inhalés par l'homme. Leur détection permettra de mieux nous en protéger.

La problématique de la contamination des spécimens par les biocides a surtout été traitée sur les collections d'herbiers et les collections de vertébrés. Les collections sur lesquelles nous allons travailler

¹ Bompeix, 2002, p. 252

sont celles des oiseaux et des mammifères du Musée d'Histoire Naturelle de Neuchâtel (MHNN, liste des abréviations p. 67), c'est-à-dire des animaux naturalisés datant pour l'essentiel du XIX^{ème} siècle.

A la vue de la variété et de la diversité des biocides utilisés dans les muséums, nous allons nous concentrer sur les trois produits suivants : l'arsenic, le mercure et le lindane. Ces trois produits correspondent à différentes périodes de naturalisation. L'arsenic et le mercure concernent les XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles, représentant la majorité des collections du muséum. Le lindane est un produit plus tardif issu de l'industrie chimique et commercialisé à partir de 1938. La détection de ce produit nous a été spécifiquement demandé par le muséum. Ils possèdent encore les preuves de son utilisation au sein de leurs collections, mais n'en connaissent pas l'étendue. De plus, la question de la contamination par le lindane est un sujet peu développé dans la littérature.

Les personnes les plus concernées par cette problématique sont le personnel travaillant régulièrement avec les collections : le taxidermiste, les conservateurs, les assistants de conservation, les chercheurs et le personnel effectuant le ménage. Nous nous sommes concentrées que sur les métiers de taxidermiste et assistant de conservation.

Les objectifs de ce travail sont : la confirmation ou l'infirmité de la présence de résidus toxiques, la détermination d'une possible contamination de l'environnement de stockage et des espaces de travail, et la proposition de recommandations pour la manipulation et le stockage en réserve, en suivant les règles imposées par les lois quant à la santé au travail. A ce jour, aucune évaluation n'a encore été effectuée sur la toxicité au MHNN.

Ce mémoire s'articulera en trois parties : nous débuterons avec la présentation du muséum et de ses collections ainsi qu'un bref historique de la taxidermie. Puis nous nous pencherons sur la question des biocides, leur utilisation et leur identification. Enfin, nous présenterons les risques toxicologiques et les recommandations qui en découlent, pour la manipulation et le stockage.

Partie 1: Présentation du Muséum de Neuchâtel et histoire de la taxidermie

1.1 Historique du muséum et de la collection Mammifères et Oiseaux

1.1.1 Le muséum

Le général Charles-André de Meuron lègue son cabinet d'histoire naturelle, une collection constituée au cours du XVIII^{ème} siècle², à la ville de Neuchâtel en 1795. Le Musée d'Histoire Naturelle de Neuchâtel (MHNN) ouvre en 1835 dans le bâtiment appelé « Le Collège Latin ». La collection initiale étant issue d'un cabinet de curiosités, les objets sont séparés en 1835, une partie allant au Musée d'Ethnographie et l'autre permettant la création du muséum.

Les collections s'enrichissent rapidement grâce à des dons de neuchâtelois voyageurs, tel que Paul-Auguste Louis Coulon qui acquiert l'herbier du botaniste L'Heritier en 1800³. Il ne s'agit pas encore d'une collecte scientifique mais plutôt d'une accumulation. C'est sous l'impulsion du dynamique Louis Agassiz que la période scientifique de Neuchâtel se développera et atteindra son apogée à partir de 1832.



Fig. 1 : vue extérieure du muséum de Neuchâtel

Le bâtiment actuel, l'ancien collège des Terreaux-Nord, n'a ouvert ses portes qu'en 1978 suite à la décision du Conseil général de la Ville⁴ (cf. fig. 1). En 1981, est inaugurée la première salle publique du nouveau muséum. En 1982, Jean-Paul Haenni, nouveau directeur du musée et conservateur en entomologie, arrive au muséum et une seconde phase de travaux débute. Le chantier commence en 1984 pour doter le muséum de laboratoires, de bureaux, d'une salle de conférence et de nouvelles salles d'exposition⁵. Un grand atelier est réservé à la taxidermie. Les derniers travaux ont eu lieu en 2000 sous l'égide de l'actuel directeur du musée, M.

² Haenni, 1985, p. 9

³ Ibid. p. 9

⁴ Ibid. p. 10

⁵ Ibid. p.10-11

Christophe Dufour, pour le renouvellement des façades et l'aménagement de l'accueil du musée⁶. Le bâtiment regroupe au total 3974 m² dont 2037 m² dédiés à l'exposition et 1074 m² dédiés aux collections placées en réserve (cf. annexes 2, plan 1, p. 72).

Le muséum regroupe plusieurs départements d'étude et de conservation : l'entomologie, la géologie et la paléontologie, les mollusques et les vertébrés. Les collections sont diverses mais l'essentiel est tourné vers la faune et la flore de Suisse que le public peut découvrir dans son milieu naturel à travers des dioramas* exposés dans les salles du musée. Il possède également 22 000 espèces en herbier qui est en dépôt à l'institut botanique de l'université de Neuchâtel.

1.1.2 La collection Mammifères et Oiseaux

Les collections du muséum ont été essentiellement constituées à partir de dons dès le début du XIX^{ème} siècle et sont très variées, allant des mammifères aux invertébrés divers en passant par les insectes et la géologie. Elles proviennent d'achats, dons, legs, collections privées, échanges ou cabinet de curiosités comme c'est le cas pour le cœur des collections. Les collections étudiées dans ce travail sont celles des mammifères et des oiseaux.

La collection des mammifères est, aujourd'hui, constituée de 2773 spécimens naturalisés et celle des oiseaux de 13 731 spécimens. Elles sont stockées dans deux réserves distinctes (cf. annexes 2, plan 1, p. 72). La collection des oiseaux a été formée autour de la collection Louis Coulon datant du XIX^{ème} siècle.

Ces collections se présentent sous plusieurs formes : les anciennes présentations, les dioramas et les spécimens présents en réserve à but scientifique (mises en peaux*). Les montages* de spécimens sont très importants car ils sont les témoins d'une période historique.

En effet, l'animal naturalisé sorti de son contexte naturel prend un nouveau statut : celui d'objet muséologique. Nous pouvons clarifier le statut de l'objet naturalisé grâce à un schéma fonctionnel d'Amandine Péquignot (cf. fig. 2 p. 16). Il nous permet de clarifier le statut du spécimen, de sa vie, jusqu'à son exposition au muséum.

⁶ <http://www.museum-neuchatel.ch/index.php/approfondir/connaitre-le-museum/histoire-du-museum>

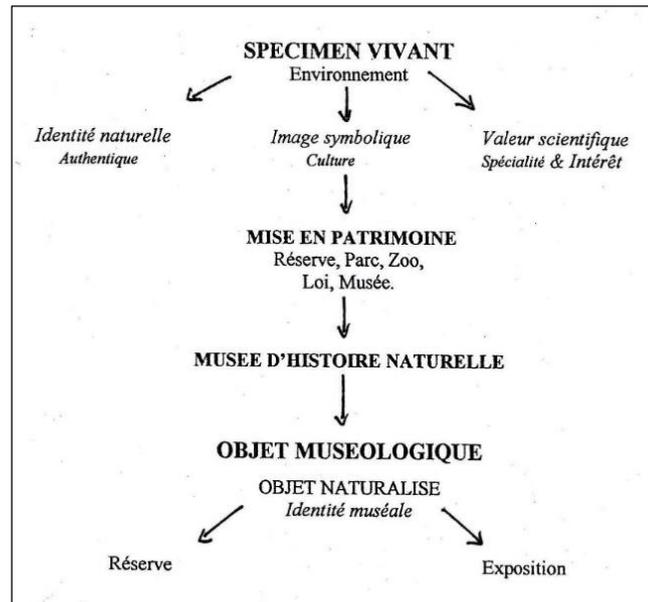


Fig. 2 : schéma présentant le statut de l'objet naturalisé dans un musée au XX^{ème} siècle ©Amandine Péquignot



Fig. 3 : vue générale du Grand Pingouin

Les valeurs des objets de muséum sont multiples : historique, scientifique, historique technique de la taxidermie. Certaines pièces de ces collections sont d'une importance capitale : les représentants d'espèces disparues ont une valeur intrinsèque. Dans la collection des oiseaux, le Grand Pingouin est l'un des rares spécimens de son espèce présent dans un muséum (cf. fig. 3). En effet, il fut abondamment chassé et son espèce est éteinte depuis 1884.

Comme dans beaucoup de muséums, le MHNN possède des espèces disparues mais également des types*. Ces deux séries d'objets donnent une importance toute particulière à cette collection.

En effet, le but premier d'un muséum est la recherche scientifique et ces deux catégories de spécimens apportent un intérêt encore plus grand pour les chercheurs.

Les dioramas ont également une importance particulière car nous savons qu'ils ont été réalisés uniquement entre les années 1960 et 1976. Ils présentent 200 espèces d'animaux dans 120 dioramas ce qui en fait une collection rare et diverse.

De plus, les collections du MHNN regroupent la faune du canton de Neuchâtel et sont donc représentatives d'une ou plusieurs époques. Certains animaux, rares dans cette région, peuvent servir de témoins, comme la grande outarde observée en 1902 vers Cressier, première victime des lignes à hautes tensions⁷.



Fig. 4 : exemple de spécimens de la collection Robert

La collection Robert donne également un intérêt supplémentaire aux collections du muséum. Les Robert sont une famille d'artistes très connus en Suisse. Jusqu'en 1952, Paul-André Robert a naturalisé des oiseaux pour son père, peintre naturaliste, et pour le MHNN. Ces spécimens sont reconnaissables à leurs socles vert avec un liserai bleu (cf. fig. 4).

La plupart des taxidermies sont réalisées dans les ateliers des muséums car elles viennent enrichir leurs collections (à part quelques ateliers privés comme Deyrolle à Paris, accessible aux particuliers). Les spécimens sont naturalisés dans le but de préserver un patrimoine scientifique, d'autant plus lorsqu'ils sont en voie d'extinction (cf. annexes 2, schéma 1, p. 73). Suivant comment le muséum choisit d'exposer ces spécimens, ils peuvent changer d'image dans l'exposition (cf. annexes 2, schéma 2, p. 74).

1.2 Historique de la taxidermie

1.2.1 Historique

Le terme taxidermie apparaît en 1803⁸ et vient du grec *taxis*, qui signifie arrangement, et *derma*, la peau. Le mot « naturalisation » quant à lui n'apparaîtra que vers 1906⁹. Auparavant, de multiples expressions étaient utilisées pour désigner « l'art de préparer les animaux » (cf. annexes 3, tableau 1, p. 75). Le terme taxidermie tend à la signification de la naturalisation, c'est-à-dire préparer, monter et conserver les peaux avec les proportions du réel.

La vision de la taxidermie a changé au cours du temps, notamment dans la conception du rendu du réel : « *Habiller un corps artificiel avec une peau est donc le principe moderne de la taxidermie,*

⁷ Haenni, 1985, p. 40

⁸ Péquignot, 1999, p. 5

⁹ Ibid. p. 5

contrairement à l'empaillage, pratiqué autrefois, qui visait à vider le mieux possible une dépouille et à lui redonner du volume¹⁰. ».

L'art de la taxidermie démarra réellement avec les cabinets de curiosités et l'intérêt grandissant pour la nature et son étude au XVIII^{ème} siècle. Les taxidermistes de l'époque sont confrontés à de nombreux problèmes dans la préservation des spécimens. C'est Réaumur qui s'intéressa le premier à améliorer les techniques de conservation des animaux « empaillés »¹¹.

Le problème est résolu à la fin du XVIII^{ème} siècle avec l'invention du savon arsenical par Jean-Baptiste Bécoeur, apothicaire à Metz et passionné depuis l'enfance par la taxidermie (cf. annexes 6, document 1, p. 124). Celui-ci garda le secret de sa recette, basée sur son avis favorable à l'utilisation de « poisons violents ». Il sera au cœur de polémiques sur la conservation des animaux notamment avec M. Mauduit, qui est favorable à des fumigations sulfureuses¹².

L'efficacité de la recette de Bécoeur est approuvée en septembre 1772 au Cabinet du Roi grâce à l'expérience du bocal que son rival M. Mauduit avait mis en place : *«Je pense qu'il n'y a pas d'autres moyens d'éprouver une méthode préservative des insectes, que d'enfermer un animal préparé suivant la méthode dont on veut s'assurer, dans un bocal avec des insectes destructeurs, sans leur donner d'autres aliments et sans qu'ils puissent s'échapper. Je pense que pour que la bonté de la méthode fût prouvée, il faudrait que les insectes meurent sans avoir endommagé l'animal avec lequel ils ont été enfermés¹³. ».* Tous les naturalistes ne sont pas en accord avec cette recette, pourtant elle connut tout de même un succès international.

Les expériences sur la préservation des animaux furent nombreuses. Ceci est dû notamment à l'importance des spécimens à cette époque dans la classification de la nature et ses mécanismes¹⁴.

Le XIX^{ème} siècle sera l'âge d'or de la taxidermie : les méthodes et les montages seront fortement améliorés, notamment grâce à de nouveaux préservatifs à base de produits d'origine minérale¹⁵. Ils se présentent à l'époque sous différentes formes : pâtes, bains, poudres, liqueurs*.

¹⁰ <http://www.museum-neuchatel.ch/index.php/approfondir/atelier-de-taxidermie>

¹¹ Péquignot, 1999, p. 11

¹² Ibid. p. 13

¹³ Mauduit, Lettre adressée à M. J.J. Rousseau en réponse à la lettre de M. Bécoeur, Journal de Physique III, 1774, p. 360-367

¹⁴ Péquignot, 1999. p. 17

¹⁵ De Beaulieu, 2010, p. 26

1.2.2 Techniques de la taxidermie

En général, plus la taxidermie est ancienne, plus les squelettes originaux sont conservés. Par la suite, des armatures métalliques ont été utilisées et plus récemment des matériaux plastiques. Les nouveaux matériaux utilisés sont à mettre en lien avec le développement de l'industrie. Dans les étapes techniques de la taxidermie, il est important de différencier les mises en peau et les montages. Il existe plusieurs types de montages : socle, support imitant le milieu naturel, herbiers d'oiseau ou encore un montage artistique¹⁶.

En général, nous pouvons distinguer neuf étapes lors d'une naturalisation (cela peut dépendre du type de vertébrés à traiter : oiseaux, petits et grands mammifères). Ces neuf étapes sont basées sur le travail de mémoire de Mme Marie de Beaulieu, restauratrice de sculpture et d'objets d'histoire naturelle. Il portait sur la restauration d'un spécimen naturalisé et plus particulièrement sur la question des techniques de taxidermie.

Le dépouillage est la première étape de la taxidermie (cf. fig. 5 et 6). Il s'agit d'écorcher l'animal le plus vite possible après sa mort. Cela évite la putréfaction et la chute des plumes/poils¹⁷. Les manuels de taxidermie recommandent d'ouvrir l'animal avec un scalpel du haut de l'arête sternal jusqu'à l'anus en prenant soin de ne découper que la peau. Vient ensuite l'écharnage consistant à enlever la chair des os.



Fig. 5 : première incision ©Larsen, 1945



Fig. 6 : extraction de la queue ©Larsen, 1945

Le dégraissage permet de racler l'intérieur de la peau pour enlever les derniers résidus adipeux et musculaux encore présents.

Puis le taxidermiste prépare un bain pour poser un agent tannant ou fixant sur l'intérieur de la peau de l'animal (cf. fig. 7, p. 20). Cet agent peut également servir de dégraissant et d'insecticide. La composition de ce tannant est à base d'alun et de sel.

¹⁶ Péquignot, 1999, p. 22

¹⁷ Boudarel, 1968, p. 21

La peau étant constituée à 60 % d'eau, la pose d'un produit préservatif est obligatoire. L'application du préservatif est l'étape qui consiste à poser sur la peau un produit pouvant permettre de mieux la conserver. Les substances dites préservatrices sont des matières aux propriétés astringentes. Au départ, il s'agissait souvent de mélanges d'épices et de plantes aromatiques¹⁸. La pose de cette substance préservatrice avait pour but d'éviter la putréfaction de la chair et de protéger des insectes¹⁹.

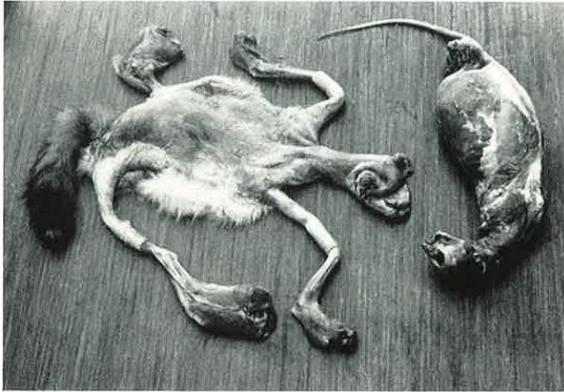


Fig. 7 : dégagement du corps de la peau ©Larsen, 1945



Fig. 8: création de la forme qui sera placée dans la peau ©Larsen, 1945

Le bourrage s'effectue après la construction de la charpente. La charpente est bien souvent un assemblage de fils de fer qui donne la structure de l'animal comme le fait le squelette (pour les petits animaux) (cf. fig. 8). Pour les grands animaux, la charpente peut être une structure en bois et plus récemment en matériaux plastiques. Le bourrage reproduit la forme du corps de l'animal à l'état naturel avec les muscles et graisses mais à l'aide de paille, foin ou filasse.

Le positionnement est une étape qui permet de donner à l'animal l'apparence du vivant. Il faut donc tasser la paille mis à l'intérieur de la peau. Les finitions consistent en la mise en place des yeux, la coloration de parties nues, la pose d'un vernis pour donner un aspect humide typique de l'animal vivant²⁰.

Au XVIII^{ème} siècle, à cause de mauvais produits ou de mauvais dégraissages, les pertes de lisibilité des animaux sont nombreuses et poussent les chercheurs, naturalistes et autres, à trouver des moyens de conservation plus adaptés.

¹⁸ Péquignot, 2002, p. 62

¹⁹ Vallée, 2000, p. 19

²⁰ De Beaulieu, 2010, p. 36

Partie 2: Les biocides au Muséum de Neuchâtel et leurs identifications

Les biocides ont largement été utilisés dans les collections d'histoire naturelle du fait de la composition des spécimens. En effet, la kératine et le collagène (constituants de la peau) sont des sources de nourritures pour certains ravageurs. Pour protéger les collections, elles ont été traitées avec des produits chimiques. Nous allons nous concentrer sur trois produits principaux dont nous suspectons l'utilisation au sein du MHNN : arsenic, mercure et lindane. Ces trois produits représentent à eux seuls les différentes époques de la taxidermie. En effet, les XVIII^{ème} et XIX^{ème} siècles sont caractérisés par l'utilisation de produits inorganiques comme l'arsenic et le mercure. Plus tard, les produits synthétisés chimiquement font leur apparition et évoluent rapidement en raison du développement important de la population et de l'agriculture. Des produits organiques comme le DDT*, le naphthalène et le lindane font leur apparition.

Certains biocides peuvent laisser des indices qui nous permettent de les identifier, tels que des taches ou même des dépôts poudreux qui sont caractéristiques d'un produit.

Pour détecter ces produits, nous allons procéder par échantillonnage de la collection. Le nombre important de spécimens et le temps à disposition nous obligent à réduire le nombre de tests.

2.1 Evaluation de l'état de conservation des collections Mammifères et Oiseaux

Les deux collections sont conservées dans des armoires mobiles métalliques de type Compactus® à 4 ou 5 étagères et également des armoires en bois à 2 étagères. La collection des oiseaux est actuellement dans un bon état général de conservation. Cependant, cette collection a subi plusieurs attaques d'insectes kératinophages, abîmant un certain nombre de spécimens.

A l'heure actuelle, environ 1/5 de la collection a été touchée par les attaques d'insectes²¹. Les altérations caractéristiques sont : trous dans le plumage et plumes qui tombent.

Depuis, une grande campagne de dépoussiérage et de désinfestation a été menée sous l'égide de M. Martin Zimmerli, taxidermiste du muséum, depuis 2003. Les spécimens les plus sains ont bénéficié d'un dépoussiérage et une restauration pour les plus atteints. Les Compactus®, armoires, étagères et locaux ont également reçu un nettoyage. Suite à cette campagne, un système de piégeage d'insectes par UV* a été installé dans chaque réserve ainsi que dans les couloirs permettant d'accéder aux différentes salles de réserve.

²¹ Zimmerli, 2014

La collection des mammifères est également dans un bon état de conservation. Elle est empoussiérée pour la majorité des spécimens. Cependant, il est difficile d'estimer les attaques d'insectes dans cette réserve car elle n'a pas encore reçu le même traitement que la collection d'oiseaux.

Des pièges UV ont été également installés dans cette réserve pour la prévention et le suivi de la collection. Ces pièges ont été posés stratégiquement par rapport aux points d'entrée des insectes et de manière à éviter l'exposition des spécimens aux UV (sensibilité des poils et des plumes).

Ces deux collections présentent parfois des altérations comme des décolorations et de la peau craquée. Elles peuvent être dues à plusieurs facteurs : la lumière, la dégradation des matériaux constitutifs, la dégradation des produits de taxidermie ou encore de grandes variations de température et d'humidité.

2.2 Présentation de l'échantillonnage

L'échantillonnage a été effectué avec le taxidermiste du musée nous permettant de mieux cibler les spécimens.

Nous avons pris en compte la taille des spécimens, la date de préparation et le collecteur* qui nous indique une fourchette probable de dates lorsque nous n'en possédons pas de précise.



Fig. 9 : canard faisant partie de l'échantillonnage et daté de 1874



Fig. 10 : belette albinos faisant partie de l'échantillonnage et datée de 1920

Nous avons choisi des spécimens montés et d'autres, dits, mis en peaux. Ceci nous permet d'avoir un échantillonnage le plus représentatif possible de la collection. De cette manière, nous avons pu sélectionner des spécimens anciens reconnus pour avoir été traités avec de l'arsenic, ainsi que des spécimens beaucoup plus récents dont la période fait penser que l'arsenic n'était plus utilisé.

Ainsi nous serons à même de dire si des spécimens plus anciens peuvent contaminer des plus récents par les poussières qu'ils dégagent.

Notre sélection a été divisée en deux : une partie mammifères et une partie oiseaux pour avoir un aperçu général de cette collection qui est placée dans deux réserves distinctes (cf. fig. 9 et 10 p. 22). Nous avons donc opté pour une trentaine de spécimens : la partie oiseaux est composée de 17 spécimens, incluant le Grand Pingouin et la partie mammifères est faite de 15 spécimens (cf. annexes 3, tableau 2, p. 76-77).

Tous ces spécimens possèdent une étiquette récente de format rectangulaire et imprimée par ordinateur. Toutes les informations liées au spécimen (âge, sexe, collecteur, date...) y sont présentes. Certains spécimens plus anciens possèdent également d'autres étiquettes qui leur sont accrochées ou collées sur le socle.

Pour plus de représentativité, nous avons voulu inclure des dons, des taxidermies anciennes et nouvelles faites au MHNN et des achats, notamment de la maison Deyrolle.

Nous avons choisi deux oiseaux de la collection pédagogique du musée, comme spécimens-tests, afin de calibrer l'appareil à fluorescence X* (FRX). Nous savons qu'ils ont été naturalisés en 1945 par un M. Rosselet à la Neuveville

2.3 Arsenic

2.3.1 Caractéristiques du biocide

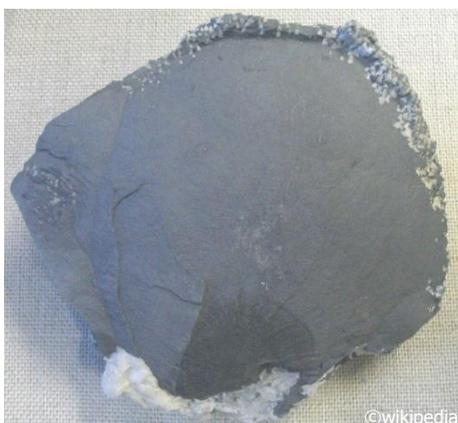


Fig. 11 : *arsenic natif*

L'arsenic est un élément chimique métalloïde de symbole As et de numéro atomique 33. A l'état natif, il est assez rare. Il se présente sous forme de cristaux friables inodores de couleur grise acier²² (cf. fig. 11). Lorsqu'on le brûle, il émet une odeur d'ail. Ce sont surtout les dérivés de l'arsenic qui sont dangereux et toxiques. Le trioxyde de diarsenic, le trichlorure d'arsenic et l'anhydride arsénieux (As_2O_3) étaient utilisés en taxidermie²³. C'est pour cela que sa détection est nécessaire dans les collections.

L'arsenic est assez répandu dans la nature et ses principaux minerais sont le mispickel ($FeAsS$), le réalgar (As_2S_2) dit « arsenic rouge », l'orpiment (As_2S_3) dit « arsenic jaune » et la loellingite (As_2Fe)²⁴.

²² Pfister, 2008, p. 147-151

²³ Jullien, 2002, p. 105

²⁴ INRS, FT192

L'arsenic a été utilisé dans de très nombreux domaines notamment la médecine. Ce qui lui a valu sa renommée est son utilisation en tant que poison violent. Il a servi de nombreuses fois les intérêts des auteurs littéraires pour les besoins de leurs intrigues, notamment par Gustave Flaubert dans son œuvre « *Madame Bovary* »²⁵. C'est Paracelse qui donna le premier une description de l'empoisonnement à l'arsenic²⁶.

L'arsenic a été un produit très utilisé en taxidermie à partir de l'invention du savon arsenical de Jean-Baptiste Bécoeur (1718-1777). Il inventa ce savon aux alentours de 1743 et n'en divulgua jamais la recette. C'est à sa mort qu'elle est publiée et donc largement diffusée²⁷. L'arsenic resta en usage jusqu'en 1970²⁸ pour certains et jusqu'en 1990²⁹ pour d'autres, alors qu'il était déjà interdit depuis 1960 par l'INERIS, en raison de sa toxicité. Le savon arsenical était utilisé en tant que préservatif alors que la poudre d'arsenic était utilisée pour repousser les attaques d'insectes. L'arsenic a été largement recommandé par différents auteurs d'ouvrages sur la taxidermie, même si certains y étaient plus réservés quant à son utilisation.

L'arsenic peut laisser des dépôts poudreux ou cristallins blancs en migrant vers la surface de la peau de l'animal³⁰. Il est particulièrement efficace sur la famille des dermestidés (qui s'attaquent à la peau) plus que contre celle des tinéidés (qui s'attaquent à la fourrure et au plumage contenant moins d'arsenic)³¹.

2.3.2 Modes d'application

La plus célèbre façon d'utiliser l'arsenic est l'application du fameux savon arsenical, à l'intérieur des peaux, une fois dépouillées, au pinceau lors de la préparation de l'animal. Il avait le rôle d'antiseptique, d'insecticide. Il pouvait aussi être placé directement sur l'ossature du spécimen qui était ensuite réintroduite sous la peau³². La recette changeait selon les préparateurs mais les ingrédients phares étaient toujours présents. Malheureusement, les archives du muséum ne remontant pas assez loin dans le temps, nous n'avons pu trouver de preuves concrètes d'achat de savon arsenical ou autres dérivés de l'arsenic.

Cependant, nous avons eu à notre disposition un petit fascicule, nommé « *Instructions pour la préparation et la conservation des objets d'histoire naturelle* » édité en 1916 par le Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel. Celui-ci mentionne l'usage du savon arsenical pour la conservation des peaux des Mammifères et Oiseaux. Il y est même mentionné la recette pour fabriquer son propre savon

²⁵ Parascandola, 2012, p. 76-78

²⁶ Ibid. p. 84

²⁷ Turner, 2013, p. 22

²⁸ Ibid. p. 22

²⁹ Pfister, 2008, p. 18 et Péquignot, 2006, p. 5

³⁰ Pfister, 2009, p 26 ; Péquignot, Marte, Von Endt, 2006

³¹ Tranier, 2002, p. 227

³² Vallée, 2000, p. 10

arsenical Bécoeur : « *On fait cuire ½ kg de savon blanc dans un litre d'eau de façon à obtenir une bouillie à laquelle on rajoute 250 gr. de chaux fraîchement éteinte. On remue soigneusement et on ajoute encore 250 gr. D'arsenic blanc en poudre et 50 gr. de camphre que l'on a préalablement dissous dans de l'alcool. Le tout est bien mélangé. La masse une fois refroidie est versée si possible dans une bouteille de verre à large col fermée au moyen d'un bon bouchon de liège*³³. ».

Les recettes du savon arsenical sont multiples et réadaptées par chaque préparateur (cf. annexes 6, document 2, p. 125-127).

Une autre méthode, assez peu utilisée, était d'inclure l'arsenic dans les bains de tannage. Cependant, elle fut vite abandonnée car l'arsenic en trop grande quantité a tendance à assécher et durcir les peaux³⁴.

Il existe également une méthode à base de sels d'arsenic, qui n'aurait joué que le rôle d'insecticide et non le rôle de préservatif. Cette méthode a été adoptée après la Seconde Guerre mondiale. On saupoudrait l'arsenic en poudre sur l'extérieur des oiseaux.

Des solutions à pulvériser ont aussi été utilisées et appliquées sur l'extérieur des animaux³⁵.

2.3.3 Méthodes d'identification

Le but premier de notre travail est l'identification de présence de biocides, c'est-à-dire prouver la présence par différentes techniques. Aucune étude sur la toxicité des collections n'ayant été faite au MHNN, nous commençons donc par la détection. Leur quantification serait un autre travail avec des analyses différentes. La détection permettra une meilleure protection contre les biocides.

Il existe de nombreuses méthodes d'identification des biocides. Cependant, celles-ci diffèrent grandement en fonction de ce que l'on recherche. En effet, il faut distinguer les composés organiques et inorganiques. En fonction de cela, différentes techniques s'offrent à nous (cf. annexes 3, tableau 5, p. 82). Ici, nous voulons détecter l'arsenic, soit par spots-test ou par analyse spectroscopique par FRX.

Les spots-test sont de petites bandelettes que l'on pose sur le spécimen et que l'on fait ensuite réagir avec un produit pour obtenir une indication chiffrée de la présence d'arsenic. Néanmoins, ils ont parfois tendance à donner de faux positifs ou de faux négatifs. Ces spots-test peuvent prendre 30 minutes avant d'avoir un résultat alors que la XRF prend 1 minute par test. L'arsenic étant de

³³ Fuhrmann, 1916, p. 11

³⁴ Cuisin, 2014

³⁵ Ibid.

type métalloïde, il est donc détectable par la FRX.

Nous avons opté pour la FRX qui présente plusieurs avantages : elle est non-destructive, non-invasive, rapide et facile à mettre en place grâce à l'existence d'appareils portatifs. Cette méthode peut également détecter le chlore. Elle n'identifiera pas spécifiquement le produit mais nous pourrions savoir si un produit chloré a été utilisé.

Nous avons choisi cette technique parce qu'elle nous semblait la plus adaptée en fonction de nos besoins et car la Haute école Arc possède un appareil de mesure FRX portatif que nous pouvons utiliser gratuitement.

2.3.4 Analyses

Les analyses FRX ont été réalisées le 13/05/2014 avec M. Tobias Schenkel (enseignant à la He-Arc CR et responsable de l'appareil FRX), dans les réserves du muséum (voir fig. 12). M. Tobias Schenkel et moi-même étions équipés de manière à nous protéger des poussières d'arsenic : port de gants en nitrile, port de blouse. La manipulation des spécimens a été faite par moi-même, en essayant de limiter au maximum les déplacements de poussières.



Fig. 12 : test de détection FRX sur un rapace

Nous avons choisi quatre zones de détection sur chaque spécimen : pour les oiseaux, il s'agissait du haut de la tête, du poitrail, du bas des ailes et du socle (cf. annexes 1, figures 1 et 2, p. 70) ; pour les mammifères, nous avons choisi trois zones : haut de la tête, bas du dos et socle (cf. annexes 1, figure 3, p. 70). Ces zones ont été choisies en lien avec l'article d'Amandine Péquignot qui précise que l'arsenic y ressort car il s'agit le plus souvent des zones d'incisions et de préparation du spécimen³⁶.

Le protocole d'analyse FRX se trouve en annexes 4, protocole 1, p. 83-84.

2.3.5 Résultats

L'objectif de cette analyse est d'affirmer ou infirmer la présence de produits de type métaux lourds comme l'arsenic, le mercure et le plomb. En tout premier constat, nous pouvons dire que 94 % des spécimens analysés ont été détectés positif à l'arsenic (cf. tableau 1 p. 27, graph. 1 p. 28 et annexes 3, tableau 3, p. 78-80). Les deux seuls spécimens qui ne présentent pas de traces d'arsenic datent respectivement de 1980 et 1989 (celui de 1989 a été préparé par M. Zimmerli). Nous pouvons donc dire que les spécimens récents n'ont pas été contaminés.

³⁶ Péquignot, 2008, p. 7

Nous considérons trois niveaux : les niveaux très élevés entre 5 et 20 %, les niveaux élevés entre 1 et 4,9 %, les niveaux modérés entre 0,1 et 0,9 % et les traces entre 0 et 0,09 %³⁷.

collections du musée	nombre de spécimens analysés	Pourcentage de spécimens où l'arsenic a été détecté	Pourcentage de spécimens où l'arsenic n'est pas présent
Mammifères	15	100%	0%
Oiseaux	17	88,23%	11,76% (soit 2 spécimens sur 17)
Total	32	93,75%	6,25%

Tableau 1 : pourcentages des spécimens contaminés à l'arsenic

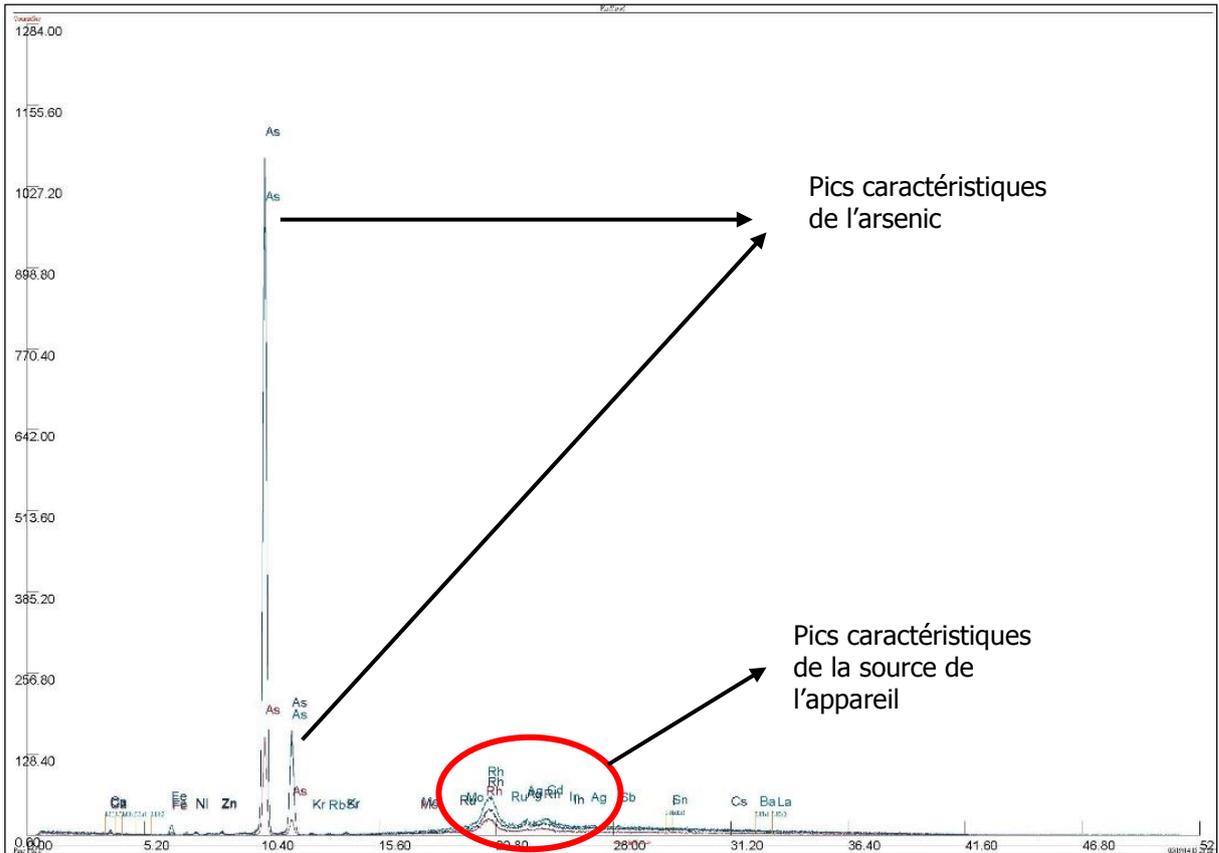
©HE-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Il faut savoir que les résultats peuvent varier en fonction du temps de détection et de la force appliquée (si on affleure la surface ou si l'on appuie légèrement sur une partie du spécimen). En effet, le nombre d'éléments détectés et la précision de l'estimation chiffrée peuvent changer en fonction de la nature du matériau, de la profondeur et de la durée de l'analyse³⁸.

Nous devons également penser à vérifier tous les spectres car certaines raies de plusieurs éléments différents peuvent se confondre (plomb-arsenic). Tous les spectres sont visibles en annexes 5 p. 87-119.

³⁷ Bengston, 2005, p. 7 ; Péquignot, 2008, p. 6

³⁸ De Beaulieu, 2010, p. 104



Graph. 1 : spectres caractéristiques de l'arsenic obtenus ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

2.3.6 Interprétation



Fig. 13 : spécimen de la Collection Robert attaqué par les insectes

contiennent pas d'arsenic.

Le résultat sur le spécimen de la collection Robert nous a surpris car, selon le taxidermiste M. Zimmerli, cette collection a été presque entièrement infestée et ne devait donc pas contenir d'arsenic.

Il a donc été décidé de procéder à une autre série d'analyses sur un autre spécimen de la collection Robert mais infesté par les insectes (cf. fig. 13). Cette série d'analyses a pour but de comparer ces deux spécimens de la même collection et chercher à savoir si effectivement les spécimens attaqués ne

Les résultats de cette seconde série d'analyses démontrent que le spécimen en partie attaqué est positif à l'arsenic. Nous avons donc dû rechercher les historiques de cette collection pour savoir si nous avons des preuves tangibles de l'utilisation de l'arsenic sur ces spécimens et si oui, pourquoi ces spécimens ont quand même été attaqués par les insectes. Après recherches, il s'est avéré que la collection Robert a bien été préparée à l'arsenic³⁹. Nous pouvons lire dans un livre nous relatant le procédé de naturalisation employé par Paul-André Robert : « *Il ne fallait pas oublier d'enlever la langue et de tout traiter à l'arsenic [...]. Ce travail terminé, la peau était copieusement badigeonnée au savon d'arsenic, la peau de la tête et du cou remise en place et ces cinq fils de fer, du cou, des ailes et des pattes, enfoncés dans le bouchon à leur place exacte*⁴⁰. ».

Seulement, cette réponse amène une autre question : pourquoi cette collection traitée avec l'arsenic s'est-elle faite attaquée ? Nous avons cherché des raisons à cette infestation. Selon M. Cuisin, chargé des collections mammifères et oiseaux au MNHN à Paris, il arrive fréquemment que les collections même arsénifiées puissent être infestées, mais pour quelle raison ? Est-ce que l'arsenic ne joue plus son rôle d'insecticide ? Est-ce que les insectes ont pu développer une résistance aux produits toxiques (mutation) ?

En discutant avec l'entomologiste du MHNN, Jessica Litman, celle-ci nous a appris que les insectes, de base, ont une partie de leur corps (nommée en anglais « fat body », correspondant vraisemblablement aux tissus adipeux et au foie) impliquée dans la détoxification qui leur permet de continuer à vivre malgré l'ingestion de toxiques. D'autre part, la plupart des insectes sont capables de s'adapter et de développer une résistance aux pesticides pendant leur croissance. Il s'agit donc d'une évolution propre à chaque individu⁴¹. Mais les spécimens ayant de l'arsenic sont mélangés aux autres donc, pourquoi les insectes ont-ils préféré ceux contaminés ? Nous pouvons émettre l'hypothèse que les spécimens ayant reçu un traitement à l'arsenic sont les plus anciens et nous savons qu'ils sont généralement moins bien préparés, c'est-à-dire moins bien dégraissés. Ils sont donc probablement une source de nourriture plus importante que les spécimens sains.

³⁹ Robert, 2006, p. 116

⁴⁰ Ibid. §2, p. 116

⁴¹ Litman, 2014

2.4 Mercure

2.4.1 Caractéristiques du biocide



Fig. 14 : *mercure natif*

Le mercure est un élément chimique de symbole Hg et de numéro atomique 80. Il est l'unique métal liquide à température ambiante⁴². Il existe dans la nature sous trois formes : élémentaire (métallique), organique et inorganique (minéral avec oxyde, chlorure et sulfure de mercure) (cf. fig. 14).

Le mercure a été pendant très longtemps utilisé dans les thermomètres, grâce au fait qu'il se dilate avec la chaleur, mais également dans beaucoup d'autres appareils scientifiques (tensiomètres, lampes...). En raison de sa toxicité, son utilisation a

été interdite en 1998. Le mercure permet également d'obtenir des pigments tels que le cinabre.

Dans les collections d'histoire naturelle, il a été très souvent utilisé dans le traitement des herbiers. Le produit appliqué était appelé chlorure mercurique ou sublimé corrosif. Il a été utilisé par les botanistes comme insecticide et fixateur des spécimens⁴³.

2.4.2 Modes d'application

Il a principalement été utilisé en solution dans l'alcool dans les collections botaniques comme fongicide et insecticide⁴⁴. Ce produit se présentait sous forme de cristaux nacrés « à la saveur métallique désagréable » et était facilement soluble dans l'eau⁴⁵. Là encore, tout comme le savon arsenical, il existe plusieurs recettes pour le « sublimé corrosif » selon les préparateurs. Il a été également mélangé à de l'arsenic pour obtenir un biocide plus efficace.

Il a eu moins de succès dans la préparation des spécimens type mammifères et oiseaux⁴⁶. Lorsqu'il était utilisé pour ce type de spécimens, il était appliqué en solution, immersion ou vaporisation à l'intérieur de la peau de l'animal ou en surface.

Nous pouvons également le retrouver dans des pigments (cinabre) utilisés pour coloriser certaines parties des spécimens (yeux, pattes...).

⁴² INRS, Edition 2014, p. 2

⁴³ Sofer, 2003, p. 45

⁴⁴ Pfister, 2008, p. 19

⁴⁵ Sofer, 2003, p. 45

⁴⁶ Pfister, 2008, p. 19; Hendry 1999, p. 3

2.4.3 Méthodes d'identification

La première méthode d'identification très abordable et facile à mettre en place est l'identification par lampe UV. En effet, le mercure est un des rares produits qui fluorescent en lumière UV.

Mais cette technique n'a pas été retenue pour plusieurs raisons : d'une part, elle est néfaste pour les poils et les plumes des animaux naturalisés (perte de couleurs) et il n'y a pas assez d'éléments qui fluorescent pour permettre une bonne détection. D'autre part, le mercure a été utilisé principalement sur les herbiers⁴⁷ et plus rarement sur les collections d'animaux⁴⁸.

La seconde méthode abordable est la FRX. En effet, le mercure étant un métal, il peut être détecté avec la FRX. Cette technique permet de détecter plusieurs éléments contrairement à la lumière UV. Nous avons choisi d'utiliser la FRX car cet appareil nous est facilement accessible puisqu'il appartient à la Haute école Arc.

2.4.4 Analyses

Les analyses FRX ont été réalisées le 13/05/2014 avec M. Tobias Schenkel (enseignant à la He-Arc CR) dans les réserves du muséum. Les zones de test ainsi que l'appareil de mesure sont les mêmes que pour la détection de l'arsenic. Les mêmes précautions que pour l'arsenic ont été prises : port de blouse et de gants nitrile. Le protocole d'analyse par FRX se trouve en annexes 4, protocole 1, p. 83-84.

2.4.5 Résultats

Seul un oiseau de notre échantillonnage a été détecté comme positif au mercure. De plus, il s'agissait d'une zone particulière : autour de l'œil.

Les autres spécimens n'ont présentés aucun pic sur les spectres prouvant la présence de mercure.

2.4.6 Interprétation

De par l'emplacement et la couleur de la zone analysée sur le spécimen détecté positif (peau autour de l'œil et de couleur rouge), nous avons pu comprendre qu'il s'agissait sans doute d'un pigment à base de mercure comme le cinabre (HgS). Ce pigment, de couleur rouge, a été utilisé pour les retouches de couleur sur les spécimens. Il était fréquent de retoucher, voir repeindre une surface sur un spécimen. En effet, les couleurs n'étant plus vraiment aussi vives qu'elles le sont au naturel, les préparateurs retouchaient les zones colorées pour qu'elles redonnent l'aspect du vivant. Les retouches

⁴⁷ Purewal, 2008

⁴⁸ Pfister, 2008, p. 19

se font toujours de nos jours, mais elles sont plus ponctuelles grâce à l'amélioration des techniques de naturalisation.

Nous pouvons également conclure que le mercure comme insecticide ou préservatif des collections n'a pas été utilisé au sein de ce musée. Il serait toutefois nécessaire de vérifier les herbiers de ce musée qui ont potentiellement plus de risques d'être contaminés au mercure, puisque cette solution était plus à même de protéger les herbiers.

2.5 Lindane

2.5.1 Caractéristiques du biocide

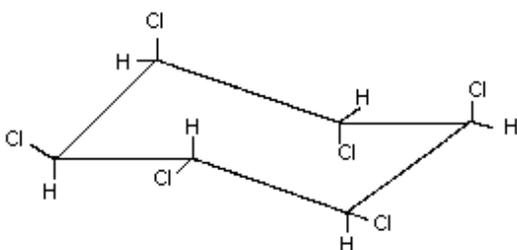


Fig. 15 : structure chimique du Lindane

Le lindane est un produit organochloré. Il est souvent décrit par les lettres HCH qui désignent son nom chimique : le gamma-hexachlorocyclohexane (cf. fig. 15). Il se présente sous forme de petits cristaux blancs inodores. Ces cristaux ne sont pas solubles dans l'eau, mais dans beaucoup d'autres solvants organiques⁴⁹.

Le lindane est un insecticide utilisé dès 1938⁵⁰. Diffusé dans le commerce dans une grande variété de concentrations (de 0,4 à 90% de produit actif), il a été beaucoup employé car il possède un très large spectre d'efficacité contre les insectes⁵¹. Il n'est plus utilisé dans l'agriculture en France depuis 1998 et depuis 2009, dans le reste du monde⁵². Il a également été utilisé dans des produits pharmaceutiques comme pour le traitement de la gale ou l'élimination des poux.

Depuis la Convention de Stockholm en 2001, le lindane fait partie des pesticides que l'on surnomme « les 12 salopards ». Il s'agit de la famille des POP (polluants organiques persistants).

Le lindane peut également former des cristaux, que l'on retrouve généralement dans le fond des boîtes d'insectes⁵³.

⁴⁹ Guillaud-Sellier, 2003, p. 18

⁵⁰ INRS, mise à jour 2014, p. 1

⁵¹ Sofer, 2003, p. 67

⁵² INRS, mise à jour 2014, p. 2

⁵³ Pfister, 2009, p. 26 ; Minet, 2008

2.5.2 Modes d'application

Le lindane a été diffusé sous plusieurs formes : granules, poudre, pastilles pour fumigation⁵⁴. Dans les collections d'entomologie, il a souvent été utilisé dissous dans des solvants.

L'utilisation du lindane dans les collections n'est que très peu documentée et bien souvent, les informations sur ce produit dans les muséums se basent sur les souvenirs des anciens collaborateurs. Avec l'aide de M. Martin Zimmerli, nous avons trouvé, dans les armoires de l'atelier de taxidermie du Muséum, de nombreuses pastilles de Lindane de marque HexavapTM de l'entreprise Maag ainsi que les dispositifs pour l'utilisation de ces pastilles.

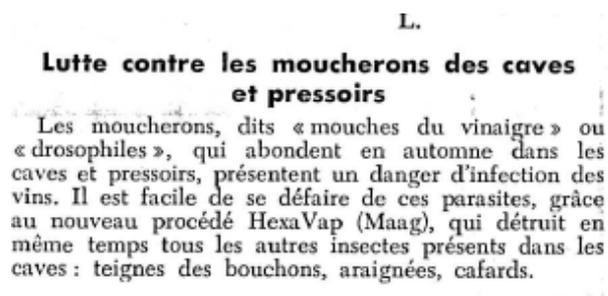


Fig. 16 : article de presse favorable à l'emploi du lindane ©Le Rhône 1952

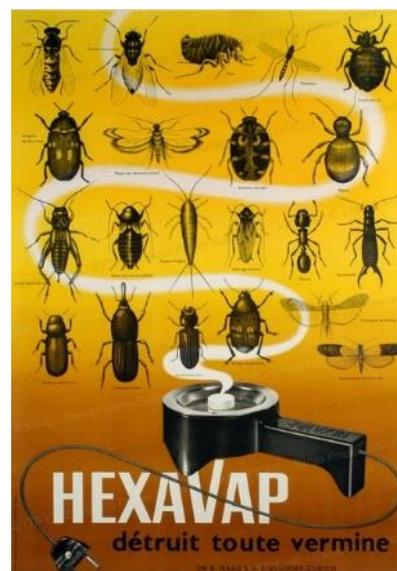


Fig. 17 : publicité pour le produit HexaVap®

Il s'agit de petits réchauds où l'on devait disposer les pastilles pour diffuser ce pesticide. Sous l'effet, de la chaleur, les pastilles se liquéfiaient et diffusaient le produit sous forme de vapeurs (cf. fig. 18, 19 et 20 p. 34). Cette technique n'est que très peu connue dans les collections de vertébrés⁵⁵. C'est donc une information capitale qui nous est fournie ici. A présent, nous savons comment était appliqué le produit, par conséquent, comment procéder afin de le détecter.

De plus, avec le travail de recherche d'archives, nous avons pu trouver une preuve d'achat en mars 1972 du produit HexavapTM, contenant du lindane. Ce produit n'est aujourd'hui plus du tout commercialisé. Il avait la réputation de tuer tout type d'insectes (cf. fig. 16 et 17).

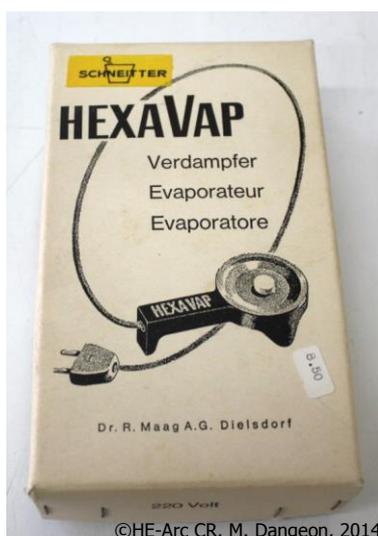
⁵⁴ Pfister, 2009, p. 21

⁵⁵ Cuisin, 2014.



©HE-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Fig. 18 : évaporateur ayant été utilisé au muséum de Neuchâtel



©HE-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Fig. 19 : boîte d'emballage de l'évaporateur



©HE-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Fig. 20 : pastilles de lindane

2.5.3 Méthodes d'identification

Pour un produit organochloré, les meilleures méthodes d'identification sont des techniques souvent assez complexes (cf. annexes 3, tableau 6, p. 82). Les méthodes les plus employées sont la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse* (GC-MS) et spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif* (ICP-MS).

Toutefois, l'analyse au moyen de *passive sampler** pourrait être une bonne solution pour détecter le lindane. En effet, il s'agit d'une cartouche posée sur l'objet qui absorbe tous les polluants dégagés par celui-ci et ensuite analysée par GC-MS (cf. fig. 21 et 22, p. 35). Cette méthode est développée par M. Ingo Mayer (docteur et professeur spécialisé dans les matériaux et la chimie du bois) à l'école d'architecture et bois de Bienne. Il s'agit d'une technique non destructive et non invasive. Cette méthode serait donc efficace pour détecter la présence de lindane sur les spécimens naturalisés. Toutefois, cette méthode ayant un coût élevé, nous n'avons pu la mettre en place au sein des collections du muséum (cf. annexes 6, document 3, p. 128-133).

Malgré l'inconvénient de la prise d'échantillon, nous avons préféré l'utilisation de la spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier* (IRTF) qui était à notre disposition à la Haute école Arc. Cet appareil permet de détecter les produits organiques et inorganiques. Il semble donc que cette technique serait adaptée à la détection du lindane présent sur les spécimens.



Fig. 21 : passive sampler sur une chaussure



Fig. 22 : vue rapprochée du passive sampler

2.5.4 Analyses



Fig. 23 : cristal et poil prélevés sur un petit singe

Cette analyse nous permettra de savoir si les spécimens présentent toujours des traces de ce produit organochloré. Les analyses par IRTF ont été réalisées le 27/05/2014, à la Haute école Arc avec Mme Laura Brambilla (docteur et adjointe scientifique à la He-Arc CR). Elles ont été effectuées avec un microscope à spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier de la marque Thermo Scientific™ Nicolet iN10 MX. Cette

méthode n'est pas quantitative. Si nous détectons la présence d'ions chlore dans les échantillons, nous devons mettre en place des recommandations de conservation préventive adéquates. Cette méthode peut identifier le lindane en se référant à la base de données contenue dans l'ordinateur. Les analyses se sont faites avec des échantillons de poils et de plumes et parfois avec un résidu observé sur le spécimen (cf. fig. 23). Nous avons également analysé les pastilles de lindane que nous avions à disposition au muséum pour effectuer des comparaisons. Le protocole d'analyse se trouve en annexes 4, protocole 2, p. 84-85. Les spectres sont visibles en annexes 5, p. 120-123.

2.5.5 Résultats

Lors des analyses IRTF, nous avons examiné cinq échantillons prélevés sur les spécimens retenus dans notre échantillonnage ainsi que les pastilles trouvées. Les spectres obtenus à partir de la pastille de lindane sont les mêmes que le spectre de la base de données de l'ordinateur. Nous avons donc la confirmation qu'il s'agit bien de lindane. Cependant, les spectres de nos échantillons n'ont pas présenté les pics caractéristiques du produit.

Ces analyses nous ont permis de détecter la kératine, matériau constitutif des poils et plumes, et l'alun, produit utilisé lors de la préparation des peaux.

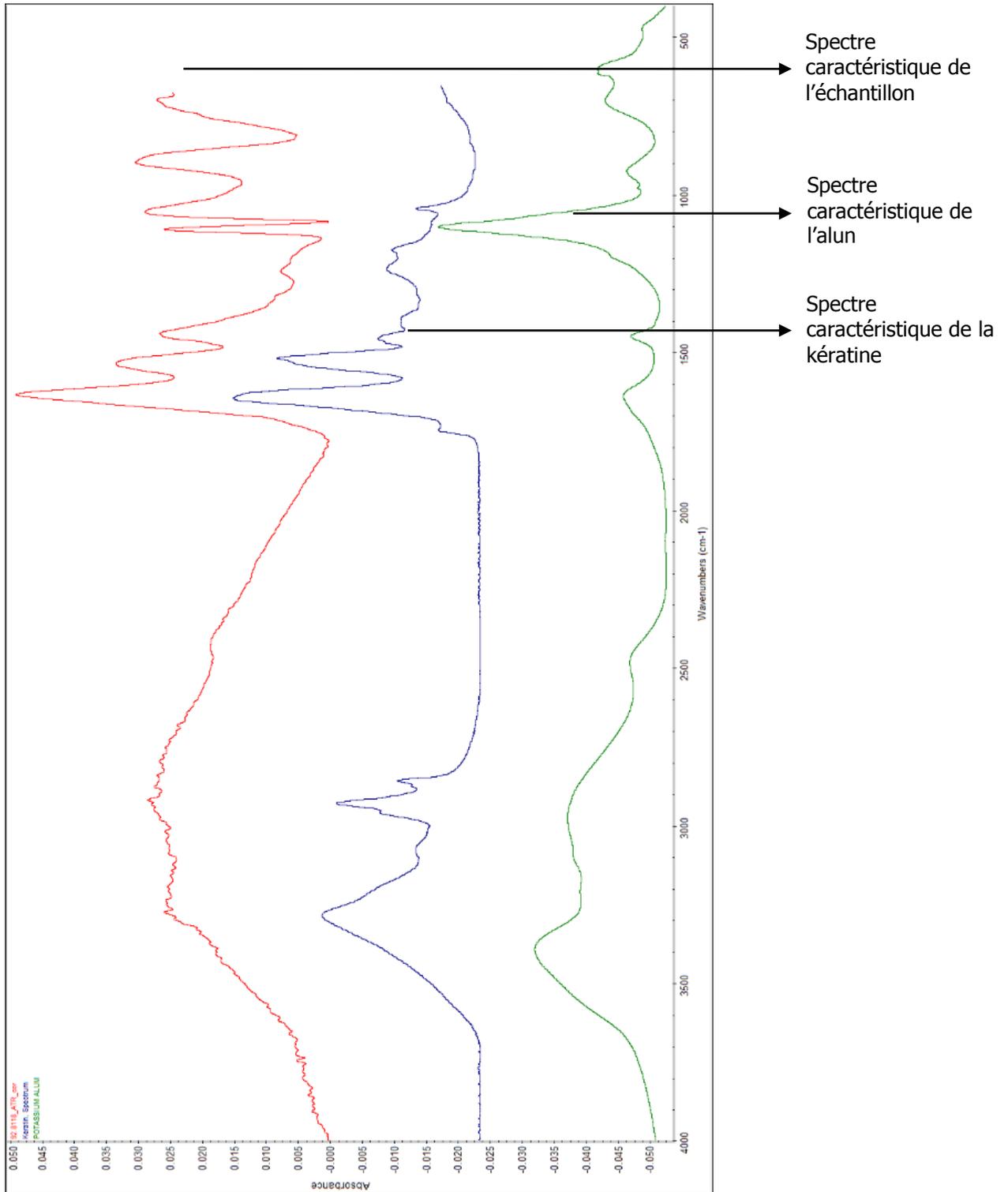
2.5.6 Interprétation

Au vu des résultats, nous pouvons dire que les échantillons prélevés ne présentent pas de contamination au lindane. En effet, le spectre caractéristique du lindane ne correspond en rien aux spectres que nous avons obtenus avec nos différents échantillons (cf. graph. 2 et 3 p. 37-38). Les spectres obtenus sont caractéristiques des constituants des spécimens, à savoir kératine et alun, produit participant au tannage des peaux.

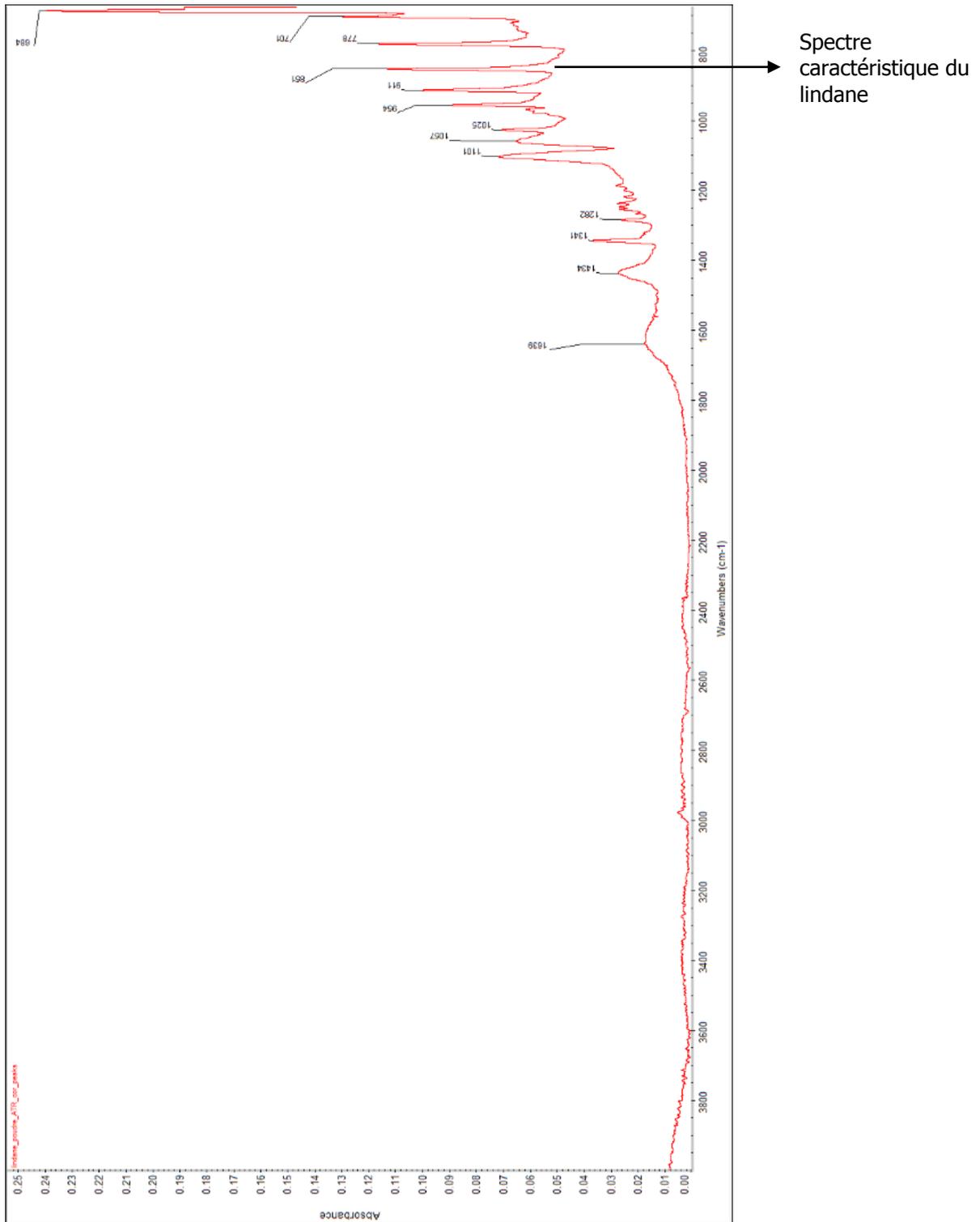
Cependant, nous devons faire attention car cela ne signifie pas que la zone n'est pas contaminée. En effet, notre méthode de prélèvement n'a peut-être pas permis de relever des résidus, ou bien l'échantillon ne contenait pas le dit produit.

La répartition des produits est très hétérogène sur les spécimens⁵⁶. Le prélèvement d'un poil ou d'une plume n'est donc pas assez représentatif du spécimen en entier.

⁵⁶ Pfister, 2008, p. 33



Graph. 2 : spectres IRTF échantillon, kératine et alun ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph. 3 : spectre IRTF lindane en poudre ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

2.6 Autres produits utilisés au Muséum d'Histoire Naturelle de Neuchâtel

D'autres produits insecticides ont été utilisés dans les muséums pour lutter efficacement contre les attaques de ravageurs. En effectuant un travail de recherche dans les archives du muséum, nous avons pu trouver des quittances d'achat de boules de naphthaline et de paradichlorobenzène [boules de naphthaline (1973), paradichlorobenzène (1958-1959, 1972) et Hexavap™ (1972)] (cf. annexes 6, document 4, p. 134-135).

Ces deux produits sont également des composés toxiques pour l'homme. Ils font partie de la classe des hydrocarbures aromatiques et halogénés et ils ont le même mode d'application, c'est-à-dire sous forme de boules ou de pastilles nommées vulgairement « boules à mites ». Ces deux substances sont souvent confondues car elles se présentent sous le même aspect. Elles ont aussi la caractéristique d'avoir une odeur forte. Elles peuvent provoquer des dégradations du collagène. De plus, le paradichlorobenzène décolore les plumes d'oiseaux.

Le paradichlorobenzène est un irritant pour les voies respiratoires et attaque le système nerveux central⁵⁷. Il a également été suspecté d'être cancérigène pour l'homme.

M. Martin Zimmerli a décidé d'arrêter d'utiliser ces produits et emploie aujourd'hui des sachets de plantes repoussant les insectes comme la lavande ainsi que le monitoring et piégeage UV.

⁵⁷ Hatchfield, 2002, p. 27

Partie 3: Présentation des risques et recommandations pour la manipulation et le stockage

Nous pouvons distinguer deux formes de gestion du risque biocides résiduels : gérer les spécimens (décontamination, isolement) et gérer les personnes (protection personnelle, conduites à tenir).

Les recommandations de manipulation et de stockage ont été envisagées pour les personnes travaillant régulièrement dans ces collections. Dans notre cas, nous nous centrons sur le travail de taxidermiste et d'assistant de conservation. L'amélioration des conditions de conservation pour des collections contaminées est essentielle pour la santé de ces professionnels mais également pour éviter les contaminations d'autres spécimens, plus récents et encore sains.

Les réserves du MHNN, n'étant pas ventilées, elles présentent une forte odeur résiduelle. La rémanence des produits fait craindre une exposition passive des occupants du bâtiment. Nous pouvons déduire que nous sommes exposés à des résidus toxiques notamment si une odeur est présente (mais pas toujours), si les yeux piquent, s'il y a des difficultés pour respirer et si la peau, la gorge et le nez sont irrités⁵⁸.

3.1 Présentation des risques toxicologiques

3.1.1 Risques et effets pour l'homme

Les résidus de biocides ne sont pas inoffensifs pour l'homme. En milieu professionnel, les principales voies de contamination sont l'inhalation et le contact cutané.

Toutes les valeurs mentionnées dans la suite de ce travail proviennent des normes de la Suva 2014 pour la Suisse et de l'INRS 2014 pour la France. Les données peuvent parfois être différentes, car les mesures ne sont pas effectuées sur les mêmes temps de travail hebdomadaire (35 heures en France contre 42 heures en Suisse).

3.1.1.1 Arsenic

L'arsenic peut contaminer l'homme par trois voies principales : inhalation, ingestion et absorption par la peau. L'inhalation concerne tout ce qui est gaz, vapeurs, poussières et aérosols alors que l'ingestion et l'absorption par la peau concerne les poussières et liquides.

⁵⁸ NPS, chap. 11, p. 4

L'intoxication aiguë se manifeste par des troubles cardiovasculaires, des troubles cutanés, de la toux ou une photophobie⁵⁹. Les symptômes d'une intoxication chronique à l'arsenic peuvent être nombreux, allant de céphalées* aux douleurs abdominales⁶⁰. L'intoxication peut se diagnostiquer par des analyses de sang et d'urine. Les troubles vont généralement des taches sur la peau aux cancers de la peau ainsi que des hyperkératoses*.

Les valeurs acceptées par la Suva sont : Valeur Moyenne d'Exposition* = 0.1 mg/m³ ; Valeur Limite d'Exposition* = Ø ; Valeur Biologique Tolérable* = 50 µg/L. Les valeurs acceptées par l'INRS sont : VME = 0.2 mg/m³.

Ces pictogrammes sur le danger, proposés par l'INRS, caractérisent les risques induits par le produit (cf. fig. 24). Les trois présentés ci-dessous sont caractéristiques pour l'arsenic et ses dérivés.



Fig. 24 : matières toxiques, dangereux pour la santé, toxique pour l'environnement ©INRS

3.1.1.2 Mercure

L'intoxication au mercure se fait principalement par les voies respiratoires et digestives lorsqu'il est sous forme de vapeurs. Néanmoins, elle peut aussi se produire par voie cutanée. Sa forme liquide n'est que très peu toxique. Le mercure a tendance à s'accumuler dans les organes (foie, poumons...).

Les symptômes se présentent le plus souvent par des céphalées, rougeurs cutanées et sang dans les urines lors d'une intoxication aiguë. Il entraîne des troubles neurologiques graves et peut également avoir des risques sur la fertilité de l'humain et causer des avortements spontanés⁶¹. Il est classé comme cancérigène. L'intoxication chronique se caractérise par des tremblements et des hallucinations.

Les valeurs acceptées par la Suva sont : VME = 0.02 mg/m³ ; VLE = 0.16 mg/m³ ; VBT = 15µg/L. Les valeurs acceptées par l'INRS sont : VME = 0.02mg/m³.

Ces pictogrammes sur le danger, proposés par l'INRS, caractérisent les risques induits par le produit. Les trois présents ici sont caractéristiques pour le mercure et ses dérivés (cf. fig. 25 p. 42). Nous

⁵⁹ Sofer, 2003, p. 58

⁶⁰ INRS, 2006, p. 3

⁶¹ INRS, 2014, p. 7

pourrions rajouter le pictogramme de l'explosion. Cependant, celui-ci n'est valable que pour une catégorie de dérivés du mercure.



Fig. 25 : matières toxiques, dangereux pour la santé, toxique pour l'environnement ©INRS

3.1.1.3 Lindane

L'intoxication au lindane peut se faire par inhalation, pénétration cutanée et ingestion. Il a tendance à s'accumuler dans les zones graisseuses, les muscles, le cerveau, l'hypophyse et la thyroïde. Le lindane est un irritant pour la peau et les muqueuses (dermites, conjonctivite et œdèmes pulmonaires)⁶².

Lors d'une exposition aérienne, il est également à la source de problèmes liés au système nerveux central, du système respiratoire et rénal. Les symptômes vont de la migraine à la désorientation et pouvant aller jusqu'au coma. L'INRS précise que des hépatites et des cirrhoses ont pu être observées chez certaines personnes exposées⁶³.

Pour l'instant, il n'est que suspecté d'être cancérigène, car aucune évaluation n'a encore été faite.

Les valeurs acceptées par la Suva sont : VME= 0.1 mg/m³; VLE= Ø; VBT= 25 µg/L. Les valeurs acceptées par l'INRS sont : VME= 0.5 mg/m³.

Ces pictogrammes sur le danger, proposés par l'INRS, caractérisent les risques qu'induit le produit. Les trois présents ici sont caractéristiques pour le lindane et ses dérivés (cf. fig. 26).



Fig. 26 : matières toxiques, dangereux pour la santé, toxique pour l'environnement ©INRS

⁶² Sofer, 2003, p. 70

⁶³ INRS, 2014, p. 4.

3.1.2 Risques et effets pour les spécimens

Les spécimens naturalisés sont constitués de matériaux composites et organiques qui ne réagissent pas de la même manière aux pesticides ou aux agents de conservation. Ces traitements peuvent causer diverses altérations, comme des décolorations, des taches ou encore des dépôts.

3.1.1.4 Arsenic

L'arsenic, lorsqu'il est appliqué à l'intérieur de la peau de l'animal, peut migrer en surface et former des efflorescences transparentes à blanches. Cela peut entraîner une mauvaise lisibilité du spécimen⁶⁴.

De plus, une coloration brune des plumes à l'origine blanches ou vertes, peut être un indicateur de l'utilisation de sels d'arsenic saupoudrés⁶⁵. Cette coloration est donc un indicateur qui gêne la lisibilité du spécimen. Les couleurs ne sont plus celles d'origine, ce qui est dommageable pour l'intérêt scientifique du spécimen. Les montages très anciens (avant 1860) sont particulièrement concernés. L'application du savon arsenical sur ces spécimens peut se détecter au bruit de papier froissé que fait la peau lorsqu'on appuie dessus⁶⁶.

Certains préparateurs pensent que l'arsenic appliqué sur le derme de la peau du spécimen causerait la brûlure du tissu fibreux et n'agirait pas comme tannant dû aux liaisons formées avec les chaînes polypeptidiques du collagène⁶⁷.

3.1.1.5 Mercur

Le « sublimé corrosif » est, dès son utilisation, identifié comme rendant la peau des oiseaux cassante⁶⁸ sans décolorer les plumes. Il peut également former des taches sur les papiers/étiquettes et également corroder les métaux⁶⁹.

3.1.1.6 Lindane

Le lindane présent peut se décomposer au contact de différentes substances. Il peut se transformer en trichlorobenzène au contact des alcalis*, fer, aluminium et zinc en poudre, ainsi qu'en chlorure d'hydrogène et en phosgène au contact des surfaces chaudes et des flammes⁷⁰. Les composés qu'il

⁶⁴ Pfister, 2008, p. 55 ; Vallée, 2000

⁶⁵ Terrapon, 2014

⁶⁶ Cuisin, 2004, p. 18

⁶⁷ Vallée, 2000, p. 52

⁶⁸ Carter, 1999, p. 3 ; British Handbook for Collectors, 1904

⁶⁹ Pfister 2008, p. 56

⁷⁰ INRS, mise à jour 2014, p. 2

produit sont très corrosifs. Cette propriété peut jouer un rôle de dégradateur physique et chimique sur les matériaux sensibles aux environnements acides (papier, métaux).

Le paradichlorobenzène, ayant aussi été utilisé au muséum, peut dégrader les résines, vernis et peintures avec lesquels il a été contact ⁷¹.

L'arsenic, le mercure, le lindane et le paradichlorobenzène, sont susceptibles d'altérer l'ADN des spécimens. L'ADN détient l'information génétique des spécimens, s'il est endommagé, ils perdent en partie leur valeur scientifique puisque l'ADN renferme l'information génétique d'un spécimen. Cette notion prend d'autant plus d'importance lorsque nous voyons le développement que prennent aujourd'hui les analyses ADN, notamment pour comprendre les évolutions/mutations d'une espèce.

3.2 Contamination de l'environnement de stockage

Nous avons pu constater avec les premières analyses XRF des collections qu'il y avait également de l'arsenic sur le plateau où nous travaillions. Découlant de cela, nous avons fait la demande d'autres analyses par XRF incluant des prélèvements de poussières dans les locaux de réserve afin d'estimer la contamination des espaces de stockage. Nous avons effectué un échantillonnage, de la même manière qu'avec les collections, nous permettant ainsi d'avoir une représentativité importante des locaux de stockage.

3.2.1 Présentation de l'échantillonnage

Nous avons procédé à des prélèvements systématiques à l'aide de coton badigeons humidifiés avec de l'eau déminéralisée.

Nous avons tout d'abord effectué quatre prélèvements sur le sol de chaque réserve et quatre autres sur les étagères des réserves (cf. fig. 27 et 28 p. 45 et annexes 3, tableau 4, p. 81). Les prélèvements au sol ont été faits sur des surfaces de 5 cm². Les coton-badigeons ont été placés dans des sachets à glissière de type MiniGrip™.

Pour les étagères des armoires mobiles Compactus®, nous avons également procédé avec des cotons-badigeons humidifiés, prélevant la poussière sur les diagonales mesurant un mètre. De cette manière, nos prélèvements étaient plus représentatifs de l'ensemble de la surface du plateau d'étagère. Le protocole d'analyse pour la contamination de l'environnement se trouve en annexes 4, protocole 3, p85-86. Tous les spectres sont visibles en annexes 5, p. 97-119.

⁷¹ Pinniger, 1994, p. 46



Fig. 27 : zone de prélèvement de poussière sur le sol de la réserve



Fig. 28 : étagère sélectionnée pour les prélèvements de poussières

3.2.2 Objectifs et étude des résultats des analyses FRX

Le but de ces analyses est d'identifier si l'arsenic est présent dans les locaux et les étagères des réserves. En effet, nous savons maintenant qu'il est présent sur les spécimens mais nous ne savons pas encore dans quelle mesure il y a pu y avoir une contamination des spécimens récents par les poussières d'arsenic des spécimens anciens. Nous pourrions ainsi mettre en place d'autres recommandations en lien avec la gestion des locaux de réserve.

Les analyses FRX sont sans appel : les étagères des armoires métalliques Compactus® sont contaminées par des poussières d'arsenic. Les sols quant à eux ne présentent aucune contamination dans chacune des deux réserves, certainement dû à leur nettoyage régulier.

Nous avons également pu constater que les étagères situées en bas des meubles Compactus® avaient des taux plus élevés. Nous pouvons expliquer cela par un mouvement d'air lors de l'ouverture des meubles, déplaçant ainsi les particules. Celles-ci se redéposent sur les étagères situées en bas d'une travée de Compactus®.

3.3 Protection individuelle et collective

Il est important de distinguer la protection individuelle de la protection collective (cf. fig. 29). La protection collective est un ensemble de mesures visant à protéger les gens en priorité par éloignement, obstacle ou atténuation, alors que la protection individuelle cherche à préserver la personne contre un risque donné. Les équipements de protection individuelle sont mis en place lorsque l'on ne peut éliminer le risque. Ils sont donc souvent contraignants car la personne doit porter sur elle un équipement particulier (casques, masques, gants...). Généralement, nous privilégions la protection collective mais au MHNN, il est difficile de l'appliquer donc nous nous centrons sur la protection individuelle.

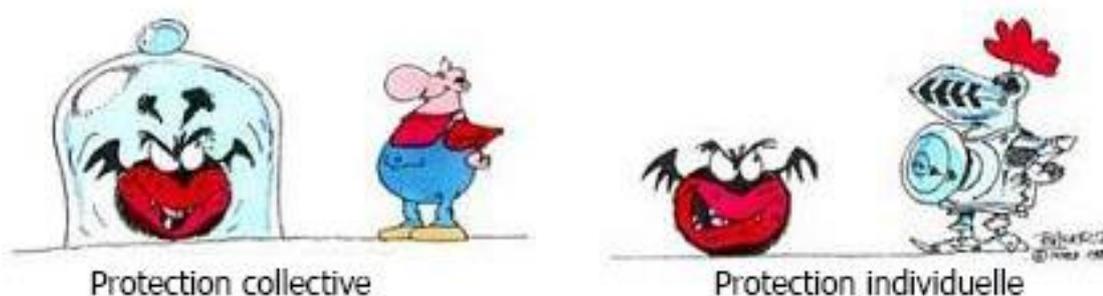


Fig. 29 : dessin représentant les protections collectives et individuelles ©INRS

La directive européenne 89-654, et pour la Suisse, l'Ordonnance du Conseil fédéral sur la prévention des accidents et des maladies (OPA) ont ordonné que : « l'employeur est ainsi tenu d'identifier, d'analyser et d'éliminer ou de réduire les risques. En dernier recours, il doit mettre à disposition des équipements de protection individuelle (EPI). Il doit informer des risques et former à la bonne utilisation des EPI et veiller à ce que les mesures de sécurité soient appliquées. L'employé doit suivre les directives de l'employeur, respecter les prescriptions de sécurité et utiliser les installations et dispositifs personnels de protection⁷². ».

Nous devons tout d'abord penser à la formation des personnes travaillant au sein des collections. En effet, elles doivent être mises au courant des risques et des moyens pour s'en protéger. La formation du personnel permet également de mieux respecter les règles à suivre face à des collections contaminées. Actuellement, le MHNN ne possède pas de directive stricte en la matière.

Il est donc important de signaler la présence des produits toxiques à l'entrée des réserves et les conduites à tenir lorsque l'on s'apprête à manipuler de tels objets.

⁷² Pfister, 2008, p. 65, SUVA, 2014, p. 8

Nous proposons donc au muséum de disposer une feuille à l'entrée des salles synthétisant les points forts et les règles de conduite à tenir : ne pas manger ou boire, se laver les mains, le port des gants, manifestations allergiques, manipulation.

Ne pas boire ou manger est une interdiction liée à l'évitement de la contamination par voie digestive⁷³. Nous en avons réalisé une à titre d'exemple, visible en annexes 6, document 5, p. 136-137. Cette feuille des règles de conduite est librement inspirée de celle présente au muséum de la Chaux de Fonds (cf. annexes 1, fig. 4, p. 70), des propositions faites dans le *Museum Handbook*⁷⁴ et de celle présentée dans la thèse de Mme Garance Sofer, docteur en médecine⁷⁵.

Les habitudes de chacun sont la partie la plus délicate. En effet, nous devons limiter ces gestes du quotidien pouvant influencer la contamination par ingestion comme se mettre les mains sur le visage, se ronger les ongles, mettre un crayon à la bouche ou encore répondre au téléphone et taper à l'ordinateur sans enlever les gants.

3.4 Manipulation et stockage

3.4.1 Manipulation

La manipulation de spécimens contaminés, que ce soit pour l'observation, la recherche ou la conservation-restauration, induit un déplacement de l'objet et donc un déplacement de poussières.

Les mesures de prévention étant très limitées, les premières recommandations à suivre par le personnel sont de type protection individuelle.

La manipulation de spécimens contaminés à l'arsenic ou aux pesticides inorganiques et organochlorés doit se faire de préférence avec des gants en nitrile. Les gants de coton sont fortement déconseillés car la transpiration, les huiles ainsi que les acides passent au travers et donc les particules toxiques également⁷⁶. Il faudrait, dans la mesure du possible, manipuler les spécimens par leurs montages ou leurs socles⁷⁷.



©Odegaard

Fig. 30 : technique pour enlever les gants sans toucher la surface extérieure, 2005, p. 90

De plus, il faut enlever les gants en évitant de toucher la surface extérieure avec la peau nue, en les retournant tel que présenté dans la figure ci-dessous (cf. fig. 30).

⁷³ Sofer, 2003, p. 109

⁷⁴ NPS, 2001

⁷⁵ Sofer, 2003 ; NPS, 2001

⁷⁶ Troxler, 2014.

⁷⁷ Knapp, 2000, p. 2

Le transport interne et la manipulation effectués par des chercheurs et scientifiques doivent se faire avec une caisse. Cela évite, lors d'un accident, de perdre des éléments appartenant au spécimen. Il est également conseillé de se laver les mains régulièrement avec un premier lavage à l'eau froide et au savon, ce qui empêche les pores de la peau de s'ouvrir et donc laisser pénétrer le biocide, puis un lavage à l'eau tiède avec du savon.

Pour le travail sur les spécimens, il est toujours conseillé de travailler sous une chapelle*. Si nous ne pouvons le faire, le port de masque est indispensable⁷⁸.



©3M

Fig. 31 : masque de type FFP3



©3M

Fig. 32 : lingettes nettoyantes pour masques

Pour éviter l'inhalation de poussière, nous recommandons le port de masques ayant un niveau de filtration FFP3 pour les particules fines, voir FFP2 selon les poussières présentes (cf. fig. 31). Les masques FFP2 sont un barrage aux substances chimiques en poudre. Les masques FFP3 quant à eux sont les plus filtrants, utilisés pour des poussières comme celle de l'amiante. Ils ne concernent pas les mêmes tailles de particules (cf. tableau 2).

Classe	Domaine d'utilisation
Classe 1 (P1 ou FFP1)	Aérosols solides et/ou liquides sans toxicité spécifique
Classe 2 (P2 ou FFP2)	Aérosols solides et/ou liquides dangereux ou irritants
Classe 3 (P3 ou FFP3)	Aérosols solides et/ou liquides toxiques

Tableau 2 : classification des masques anti-particules, ©Aude-Laurence Pfister

⁷⁸ Hildbrand, 2014.

Pour les hommes, il est donc fortement conseillé d'être rasé pour que l'efficacité du masque soit optimale. Ces masques sont généralement à usage unique.

Il a également été prévu de mettre à disposition des lingettes nettoyantes pour l'intérieur des masques non jetables (les masques non jetables sont parfois mieux tolérés que les jetables) (cf. fig. 32, p. 48). Ceci permet de les garder plus longtemps et d'éviter toute contamination par des poussières à l'intérieur du masque. Les lingettes proposées par le canton de Neuchâtel sont de la marque 3M.



©Dupont de Nemours

Fig. 33 : blouse en Tyvek® adaptée au travail avec des poussières de biocides

Il est également conseillé de porter une blouse ou une combinaison pour se protéger des poussières qui pourraient se déposer sur les vêtements. Le muséum d'histoire naturelle de la Chaux de Fonds a, par exemple, mis en place des équipements de protection individuelle (EPI) typiques à la problématique de l'arsenic dans les collections. Ils sont constitués d'une blouse à capuche en Tyvek^{®*}, de gants en nitrile et de masques à particules fines FFP3 ou de masques à gaz également spécialisés pour les vapeurs d'ammoniac.

Les blouses sont très importantes pour la non contamination des vêtements personnels évitant ainsi de faire sortir du musée des poussières d'arsenic. Le mieux serait de porter une combinaison intégrale mais il s'est avéré que le travail dans cette tenue était très pénible et qu'une veste à manches longues avec une capuche suffisait (cf. fig. 33). Le Tyvek[®] est une bonne matière pour ce genre de travail car il est léger, il ne peluche pas, il est non toxique et il résiste à l'eau, aux solvants et aux acides-bases. Il assure une protection complète du corps⁷⁹. Il doit être bien entendu changé régulièrement.

Ces équipements ont été prévus et fournis par le canton au musée d'histoire naturelle de la Chaux de Fonds en accord avec le médecin-inspectrice du travail Mme Chantal Scheen⁸⁰.

Une idée des plus astucieuses a été prévue pour le rangement des équipements personnels : une boîte avec les noms de chaque personne pour pouvoir ranger son masque, ses gants, ses bouchons d'oreilles, etc. Ainsi, il ne peut y avoir d'échange malencontreux du matériel personnel ni de contamination par les poussières ambiantes.

Nous recommandons également d'avoir un tapis autocollant à l'entrée de l'endroit où l'on travaille avec ces spécimens contaminés. En effet, les poussières qui pourraient être présentes sur le sol se

⁷⁹ Hildbrand, 2014.

⁸⁰ Terrapon, 2014.

retrouvent sous les semelles et le placement d'un tel tapis permet d'accrocher les poussières toxiques et donc de les garder dans le même lieu et ne pas les disperser⁸¹.

Nous rappelons aussi qu'il est indispensable de nettoyer la place de travail à chaque fois qu'il y a eu un spécimen contaminé dessus. Le nettoyage peut se faire avec l'aspirateur à filtre HEPA* et ensuite un linge humide ou même des lingettes.



Fig. 34 : filtre medic air placé sur la sortie d'air d'un aspirateur de musée

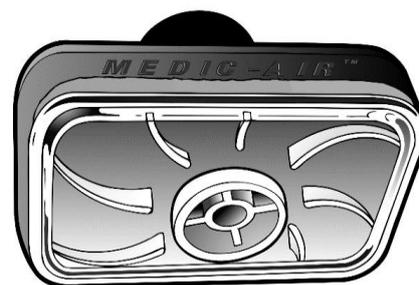


Fig. 35 : détail du filtre medic air qui se place à la sortie d'air de l'aspirateur

Lors d'un chantier de collection ou d'un nettoyage régulier des spécimens contaminés, l'aspirateur, permettant le dépoussiérage, doit être muni d'un filtre HEPA, et d'un filtre à charbon actif à l'entrée et à la sortie de l'aspirateur. Ceci permet d'éviter toute re-déposition de poussière ou de contamination de l'air par les particules fines. Ce filtre, placé à la sortie d'air, est appelé *medic air filter* (cf. fig. 34 et 35). Ce système a été mis en place au muséum de la Chaux de Fonds. Ce filtre a l'avantage d'être peu coûteux (21,90.- l'unité, à changer tous les 6 mois). Toutefois, ce filtre n'est disponible qu'avec les aspirateurs Muntz puisque les sorties d'air des aspirateurs ne sont pas les mêmes d'une marque à l'autre.

Tous les équipements jetables, sacs d'aspirateur et lingettes doivent être jetés dans des poubelles spéciales dédiées aux substances toxiques. Une entreprise extérieure spécialisée dans le traitement des produits toxiques devra prendre en charge ces déchets.

⁸¹ Wörle, 2014.

3.4.2 Stockage

Dans le meilleur des cas, nous devrions séparer collections contaminées et collections non contaminées. Cependant, face à l'ampleur des collections contaminées, il est ici difficile de les séparer à cause de la configuration des espaces au MHNN. Nous pencherons donc pour un isolement.

Pour certaines mises en peau, nous pouvons proposer un stockage confiné comme présenté dans l'article de Nancy Odegaard de 2003. Il s'agit de la mise en place d'une fine plaque de plexiglas® découpée à la taille du spécimen et placée dans un sac à glissière en polyéthylène⁸². Ce type de conditionnement à l'avantage de laisser la lisibilité des deux faces de l'objet et de contenir l'arsenic à l'intérieur du sachet (cf. fig. 36 et 37). Ce type de conditionnement est aussi censé porter toutes les indications d'alerte et de recommandations de manipulation.



Fig. 36 : conditionnement en sachet avec plaque de plexiglas



Fig. 37 : mise en place du conditionnement en sachet

Une autre possibilité est l'utilisation de tiroirs hermétiques⁸³. C'est un système facile à mettre en place dans les armoires métalliques Compactus® déjà existantes. Il pourrait permettre d'isoler les spécimens arsénieux (cf. fig. 38 et 39, p. 52). Cependant, il pourrait s'agir de solutions temporaires puisque l'isolement peut parfois engendrer des problèmes dus à la création de microclimats⁸⁴.

⁸² Odegaard, 2003, p. 39

⁸³ Anderson, 2009, p. 8

⁸⁴ Pfister, 2008, p. 76



Fig. 38 : tiroir hermétiquement fermé pour isoler les spécimens arsénieux

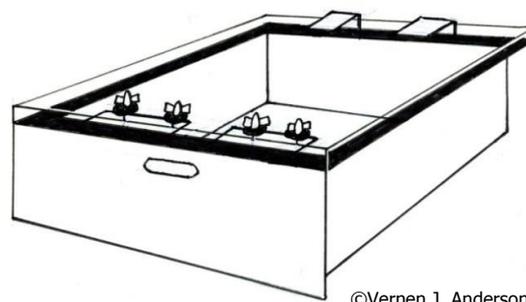


Fig. 39 : dessin général du tiroir hermétiquement fermé

Le docteur Marie Wörle, responsable du laboratoire de recherche en conservation au Musée National Suisse, nous a présenté un tissu qu'ils utilisent et qui est nommé Permasorb[®], contenant du charbon actif (cf. fig. 40). Il permet d'absorber les polluants (type PCP, PCB*) et pesticides ainsi que le radon dégagés par les objets (cf. annexes 6, document 6, p. 138).



Fig. 40 : tissu Permasorb[®], technologie Saratech[®] de chez Bluecher

Le musée national suisse a recouvert des objets assez plats en bois ayant été traités avec des pesticides. Dans notre cas, nous ne pouvons penser à recouvrir les objets mais une idée a émergée : utiliser ce tissu absorbant comme un rideau que l'on pourrait placer devant les rayonnages Compactus[®]. Celui-ci pourrait être fixé à l'aide de bandes Velcro[®] collées sur les parties extérieures métalliques ou avec des bandes aimantées. Cette fixation permettrait tout de même un accès facile aux collections tout en supprimant les polluants. Cette méthode fait partie de ce que l'on appelle une décontamination passive⁸⁵. Le Permasorb[®] est un mélange de coton et de polyester avec une couche intermédiaire de charbon actif. Il est très pratique car il peut permettre de confectionner des housses et des revêtements de protection⁸⁶. Ce tissu a une durée d'utilisation d'environ six mois selon le fournisseur. Il coûte entre 9 et 12 € le m². Il permettrait d'assainir l'air de la réserve et en même temps, décontaminer passivement les spécimens des pesticides organiques. C'est pourquoi nous recommandons vivement la mise en place de ce tissu.

Il est également possible de mettre en place des purificateurs d'air avec des filtres HEPA à charbon actif pour purifier l'air de la réserve. Ce système serait une bonne alternative, car il n'est actuellement

⁸⁵ Pracher, 2009, p. 43

⁸⁶ Piening, 2001, p. 253

pas possible de remplacer le système de ventilation existant à cause de la configuration du bâtiment et de son histoire. Le coût de ces colonnes serait plus élevé que l'achat du tissu au charbon actif.



Fig. 41 : ancienne signalisation utilisée dans d'autres musées

Il est important de signaler par une étiquette ou tout autre type de signalisation la contamination d'un spécimen par un produit toxique (cf. fig. 41). L'étiquette doit être lisible et un code couleur peut être utilisé pour signaler que cet objet doit être manipulé et stocké en suivant certaines règles. Ces indications doivent également être mentionnées dans l'inventaire informatique.

Les conditions environnementales recommandées pour ce genre de collection est une température entre 18 et 22°C et une humidité relative de 50% ($\pm 5\%$)⁸⁷. L'air est trop sec pour le développement de moisissures et la reproduction des insectes. La température n'est pas propice aux infestations⁸⁸.

Enfin, nous conseillons au muséum de contacter les services d'hygiène et de santé au travail du canton de Neuchâtel afin de réaliser des analyses plus poussées de la contamination des lieux et de la collection, ainsi que de mettre en place un équipement adéquat.

3.5 Note sur les spécimens pédagogiques et la collection Robert

Nous nous sommes rendus compte, grâce à notre série de tests, que les spécimens de la collection pédagogique sont également contaminés à l'arsenic. Cette collection est composée de 125 oiseaux et 41 mammifères et est prêtée aux écoles et aux étudiants.

Nous conseillons donc vivement de les enlever de cette collection pédagogique et de les remplacer par des spécimens naturalisés récemment ou par d'autres dont nous pouvons être sûrs qu'il n'y a aucune présence de substances toxiques telles que l'arsenic et le mercure.

Il faut éviter que le public ait des contacts avec les spécimens exposés et faciles d'accès⁸⁹. Le musée doit se charger de mettre en place des mesures d'éloignement, comme des vitrines ou des barrières.

⁸⁷ Dickinson, 2006, p. 137

⁸⁸ Purewal, 2012, p.17

⁸⁹ Jullien, 2002, p. 107

Il en est de même pour la contamination de la collection Robert. Nous conseillons donc pour les chercheurs et scientifiques voulant étudier cette collection de suivre les recommandations mises en place par le musée pour la manipulation des objets contaminés par des biocides résiduels.

3.6 Note sur la décontamination des spécimens

Il existe plusieurs méthodes de décontamination des spécimens. Celles-ci sont généralement compliquées à mettre en œuvre ou très coûteuses. De plus, une méthode ne sera pas efficace pour tous les types de biocides. Les méthodes de décontamination les plus efficaces peuvent être de type mécanique, thermique ou chimique.

La méthode par aspiration et filtration ne s'avère efficace que sur la poussière présente en surface de l'objet. La décontamination n'est que partielle. Nous avons pu voir, à travers plusieurs études, que le dépoussiérage avec un aspirateur muni de filtres spéciaux HEPA ne suffisait pas à enlever l'intégralité de l'arsenic encore présent dans le spécimen⁹⁰. Il existe également la méthode d'aspiration avec un apport d'eau et de tensioactifs⁹¹.

La décontamination passive est une méthode assez récente basée sur l'absorption des polluants qui se dégagent lentement par du charbon actif en tissu.

Le nettoyage au laser a été étudié, mais les effets à long terme ne sont pas bons et les spécimens présentent des taches dues à la chaleur et à la lumière⁹².

Une méthode a été mise au point avec la chaleur : celle-ci consiste en un courant d'air chaud à 60°C avec 50 % d'humidité relative dans une enceinte fermée pendant plusieurs semaines. Ceci permettrait de faire ressortir les pesticides à la surface des spécimens⁹³.

Un certain nombre de nouvelles méthodes ont été étudiées mais celles-ci semblent peu applicables aux spécimens naturalisés : dioxyde de carbone supercritique, chélateur et utilisation de bactéries⁹⁴.

L'utilisation d'un chélateur*, acide lipoïque*, en solution, permettrait de décontaminer les spécimens du mercure et de l'arsenic. Il a été démontré que sur les matériaux contenant du soufre, cette technique ne permettait d'enlever que l'arsenic⁹⁵. Cependant, cette technique n'en est qu'à ses débuts. Les inconvénients majeurs sont le trempage du matériau dans l'acide lipoïque puis le rinçage de celui-ci, convenant peu à des spécimens.

⁹⁰ De Beaulieu, 2010, p. 198 ; Charola & co-auteurs, 2010, p. 8

⁹¹ Charola & co-auteurs, 2010, p. 36

⁹² Tello, 2006, p. 69

⁹³ Pfister, 2008, p. 77 ; Tello, 2006, p. 70

⁹⁴ Charola & o-auteurs, 2010

⁹⁵ Ibid. p. 10

Les recherches sur l'usage de bactéries en sont aussi à leurs débuts. Cette technique consiste en l'application d'une bactérie sur les spécimens et de l'en retirer une fois que celle-ci a absorbé le mercure présent et l'a transformé en une forme gazeuse⁹⁶.

Le dioxyde de carbone peut, quant à lui, être utilisé dans deux états : liquide et super critique. A l'état liquide, il est un bon solvant pour les matériaux organiques, dégraissant et nettoyant⁹⁷. L'état supercritique signifie que la substance agit autant comme un liquide que comme un gaz (pénétration plus facile). Toutefois, cela inclut l'utilisation de très fortes pressions. Cependant, les tests effectués présentent de bons résultats quant à la décontamination d'objets ethnographiques⁹⁸. Elle demande notamment une grosse infrastructure.

Ces deux méthodes sont à l'état de recherches et de projets et ne sont pas encore applicables aux spécimens.

Est-ce que certains spécimens ne devraient pas être conservés en l'état puisque ces produits agissent toujours comme pesticides ou du moins comme répulsif ? La réponse est non, ils devraient tous être décontaminés puisque les insectes s'attaquent aussi à ceux contaminés à l'arsenic. De plus, la dangerosité de ces produits pour l'homme est un élément essentiel à prendre en compte.

3.7 Note sur le suivi du personnel

Il est possible de procéder à un suivi médical du personnel pour savoir s'ils sont exposés à une intoxication chronique. Pour cela, il faudrait effectuer des analyses d'urine et de sang pour détecter la présence de ces substances et si leur taux est acceptable ou non pour l'humain. Il est également recommandé de faire une radiographie pulmonaire chaque année pour les personnes les plus souvent en contact avec l'arsenic⁹⁹.

Il faudrait également effectuer une évaluation de la qualité de l'air au sein des réserves du musée pour savoir à quels taux sont exposées les personnes y travaillant.

Une notion très importante à ne pas oublier est la formation du personnel par rapport aux risques encourus face à ces produits et les règles de conduite à tenir lors d'un travail dans les collections d'un musée. Un exemplaire de la fiche réalisée devra être donné en mains propres à chacune des personnes ayant accès aux collections.

Nous pensons également qu'il est important de mettre en place une signalétique de sécurité sur les portes avant d'accéder aux réserves, notamment avec les symboles de sécurité proposés par la Suva

⁹⁶ Ibid. p. 34

⁹⁷ Pfister, 2008, p.81

⁹⁸ Charola & co-auteurs, 2010, p. 48

⁹⁹ Jullien, 2002, p. 107

et disponible sur leur site internet pour le personnel et les visiteurs scientifiques¹⁰⁰ (cf. fig. 42). Il s'agit de symboles représentant explicitement le port obligatoire de gants, de blouse et le lavage des mains.



Fig. 42 : pictogrammes de sécurité @SuvaPro

Il ne faut pas oublier de mettre en place un nettoyage régulier des surfaces de travail du personnel avec des lingettes humides.

Pour faire face à ces problèmes de toxiques, le muséum peut prendre contact avec la Suva ou le service de santé et sécurité au travail du canton de Neuchâtel qui pourra fournir une partie des équipements, voir les changer pour une meilleure protection, et également effectuer des analyses de l'air et des poussières.

¹⁰⁰ Suva, [en ligne]

Synthèse et discussion

Nous avons procédé à des analyses instrumentales pour détecter la présence de biocides résiduels. Grâce à ces analyses, nous avons pu confirmer la présence de résidus inorganiques comme l'arsenic et le mercure. Nous avons également pu conclure au fait que les spécimens récents n'ont pas encore été contaminés par des plus anciens. Cependant, il est possible que cela arrive bientôt si les dispositions pour les Compactus® ne sont pas prises en compte (appels d'air faisant bouger les particules de poussières et pose du textile Permasorb®).

Nos analyses pour détecter le produit organochloré n'ont pas permis la confirmation de sa présence. Pour cela, nous aurions aimé utiliser des *passive sampler* pour savoir quels produits sont dégagés par les spécimens.

Nous avons également pu constater que l'arsenic n'était pas un facteur déterminant dans la lutte contre les insectes puisque ceux-ci s'habituent aux toxiques et se nourrissent indépendamment de la présence de celui-ci.

Les recommandations que nous avons faites sont pour la plupart réalisables et peu coûteuses. Il s'agit essentiellement de prévention et d'information.

Conclusion générale

Ne cédon pas à la panique lorsque nous travaillons avec des objets traités aux pesticides. La connaissance est le meilleur moyen de se protéger : connaître le pesticide, connaître les manières de se protéger, etc. Les intoxications en milieu professionnel sont plus souvent chroniques, liés à une exposition récurrente et longue.

Nous nous devons de rappeler que la conservation préventive est la base d'une conservation à long terme : une gestion des réserves et un personnel qualifié permet notamment la surveillance et le suivi des collections (infestations, dégradations rapides...).

Les informations données ici ne sont pas exhaustives et nous ne sommes jamais à l'abri de la remise en question de certains insecticides considérés comme acceptables aujourd'hui avec des effets secondaire inattendus.

Nous devons, autant que cela est possible, faire de la prévention et un suivi de la collection pour éviter les dommages sur celle-ci et minimiser l'utilisation de pesticides.

Nous aurions aimé approfondir ce travail avec une étude de l'air des réserves. En effet, cette étude aurait pu nous permettre d'avoir des concentrations de différents produits et de mettre en place d'autres recommandations pour le personnel. Nous aurions également voulu considérer la question de la présence du plomb. En effet, à travers les analyses XRF, nous avons pu constater une présence de plomb sur beaucoup de spécimens.

Nous aurions également aimé approfondir cette question des insectes et des spécimens contaminés. En effet, il serait intéressant de savoir quelles sont les « préférences » alimentaires des insectes pour mieux protéger les spécimens concernés.

Nous avons pu apporter des réponses et des solutions concrètes au MHNN quant à la présence et à la gestion des toxiques au sein de leurs collections.

Références bibliographiques

Liste des ouvrages

- Anderson, 2009 : Anderson Gretchen. *Microclimate storage for metals (and other humidity-sensitive collections): Practical solutions*. Objects Specialty Group Postprints, Volume Sixteen, AIC, 2009.
- Bengston, 2005 : Bengston Lisa. *Testing for pesticide residues in the Public Program Collections at the Royal B.C. Museum*. In *Ethnographic conservation Newsletter*, n°26, 2005, p. 7-8.
- Bompeix, 2002 : Bompeix Gilbert. Modes d'action des biocides utilisables pour la protection des biens culturels. In *Les contaminants biologiques des biens culturels*. MNHN et Elsevier éditions, Paris, 2002.
- Carter, 1999: Carter, David et Walker, Annette K. *Care and Conservation of Natural History Collections*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999, p. 3-5.
- Charola & co-auteurs, 2010 : Charola A. Elena et Koestler J. Robert (ed.). *Pesticide Mitigation in Museum Collections: Science in Conservation: Proceedings from the MCI Workshops Series*. Smithsonian Institution Scholarly Press, Washington, 2010.
- Cuisin, 2004 : Cuisin Jacques. « Fragilité des naturalia, risques non fonctionnels des collections mammifères et oiseaux ». In *CRBC*, n°22, 2004, p. 18.
- De Beaulieu, 2010 : De Beaulieu Marie. *Etude et restauration d'un spécimen naturalisé et d'un squelette de lémurien du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN). Etude de la mise en place d'un dispositif de protection contre l'arsenic à l'usage des restaurateurs*. Mémoire de master en conservation-restauration de l'INP, 2010, non publié.
- Dickinson, 2006 : Dickinson J.A. Taxidermy. In *Conservation of leather and related materials*. Kite Marion, Thomson Roy, Elsevier Ltd, Oxford, 2006.
- Fuhmann, 1916 : Fuhmann O. *Instructions pour la préparation et la conservation des objets d'histoire naturelle*. Musée d'Histoire Naturelle, Neuchâtel, 1916, p. 11.

Haenni, 1985 : Haenni Jean-Paul et Dufour Christophe. *Musée d'histoire naturelle de Neuchâtel*. Editions Gilles Attinger, Hauterive, 1985, p. 9.

Hatchfield, 2002 : Hatchfield Pamela. *Pollutants in the Museum Environment: Practical strategies for problem solving in design, exhibition and storage*. Archetype Publications, Londres, 2002, p. 27.

INRS, 2006 : INRS, fiche toxicologique arsenic FT 192, édition 2006.

INRS, 2014 : INRS, Fiche toxicologique Lindane FT 81, mise à jour 2014.

INRS, 2014 : INRS, Fiche toxicologique Mercure FT 55, édition 2014.

Jullien, 2002 : Jullien Franz. « Arsenic et vieux spécimens ». In *La Lettre de l'OCIM*, Hors-série, Dijon, décembre 2002.

Knapp, 2000 : Knapp Anthony. « Arsenic Health and Safety Update ». In *Conserve O Gram*, National Park Service, n° 2/3, Washington, 2000.

Larsen, 1945 : Larsen Henry. *La taxidermie moderne : éléments de la technique pour la préparation et le montage des animaux*. Editions de la Frégate, Genève, 1945.

NPS, 2001 : National Park Service. *Museum Handbook*, Washington, 2001 [en ligne] [consulté le 2014] <http://www.nps.gov/museum/publications/handbook.html>

Odegaard, 2003 : Odegaard Nancy et al. « New ideas for the testing, documentation, and storage of objects previously treated with pesticides ». In *AIC Objects Speciality Group Postprints*, vol. 10, 2003, p. 33-42.

Parascandola, 2012 : Parascandola John. *King of poisons : a history of arsenic*. Potomac Books, Washington, 2012.

Péquignot, 1999 : Péquignot Amandine. *La taxidermie au muséum : un témoignage historique et muséologique*. Mémoire de fin d'études, Muséum Nation d'Histoire Naturelle, Paris, 1999.

Péquignot, 2002 : Péquignot Amandine. *Histoire de la taxidermie en France (1729-1928)-Etude des facteurs de ses évolutions techniques et conceptuelles, et ses relations à la mise en*

exposition du spécimen naturalisé. Thèse de doctorat, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 2002.

Péquignot, 2006 : Péquignot, Amandine et al. « L'arsenic dans les collections d'Histoire naturelle ». In *La Lettre de l'OCIM*, n°105, 2006, p. 4-10.

Péquignot, 2008 : Péquignot, Amandine. « Évaluation de la toxicité des spécimens naturalisés ». In *La Lettre de l'OCIM*, n°116, 2008, p. 4-9.

Pfister, 2009 : Pfister Aude-Laurence. « Mise en évidence et identification des biocides résiduels dans les naturalia ». In *La Lettre de l'OCIM*, n°123, 2009, p. 22-30.

Pfister, 2008 : Pfister Aude-Laurence. *L'influence des biocides sur la conservation des « naturalia »*. Mémoire de fin d'études, La Chaux de Fonds, Haute Ecole d'arts appliqués Arc, 2008.

Piening, 2001 : Piening Heinrich. « Depot-Kontamination Schloss Nymphenburg München ». *Restauro*, vol. 4, 2001, p. 253.

Pinniger, 1994 : Pinniger David. *Insect Pests in Museums*. Third edition, Archetype Publications, Londres, 1994.

Pracher, 2009 : Pracher Martin. « Wenn Kunst krank Macht ». In *Kunst und Auktionen spektrum*, n°4, Février 2009, p. 40-43.

Purewal, 2012: Purewal Victoria. *Novel Detection and removal of hazardous biocide residues historically applied to Herbaria*. Thèse de doctorat, Université de Lincoln, 2012.

Robert, 2006 : Robert André. *Une leçon d'empaillage*. In *Le monde des oiseaux : œuvres de Léo-Paul et Paul-André Robert*, Fondation Collection Robert, Bienne, 2006.

Sofer, 2003 : Sofer Garance. *Risques professionnels et surveillance médicale des personnels de l'herbier de phanérogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle*. Thèse de doctorat médecin du travail, Université Paris 5 René Descartes, Faculté de médecine cochin Port-Royal, Paris, 2003.

Suva, 2014 : Suva. Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2014. SuvaPro, Lucerne, 2014.

Suva, [en ligne] : Suva. [en ligne] [consultée le /06/2014] <http://www.suva.ch/fr/sicherheitszeichen-als-clipart-suva.htm>

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.

Tranier, 2002: Tranier Michel. « L'exemple de la prévention des insectes et des champignons à la zoothèque du Muséum national d'histoire naturelle ». In Roquebert Marie-France (éd.). *Les contaminants biologiques des biens culturels*. Elsevier, Paris, 2002, p. 223-232.

Turner, 2013 : Turner Alexis. *Taxidermie*. Editions Gallimard, Paris, 2013.

Liste des communications personnelles orales et écrites

Cuisin Jacques, Chargé de Conservation des collections Mammifères et Oiseaux, Muséum national d'histoire naturelle de Paris, 2014, communication écrite, du 09/04/2014 au 02/06/2014.

Litman Jessica, entomologiste au muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel, 2014, communications orales, 25/06/2014.

Terrapon Vanessa, conservatrice-restauratrice au Musée d'histoire naturelle de la Chaux de Fonds, 2014, communications écrite et orale, du 05/05/2014 au 05/07/2014.

Wörle Marie. Chef de la recherche en conservation au Musée National Suisse, 2014, communications écrites et orales, du 26/05/2014 au 07/07/2014.

Zimmerli Martin, taxidermiste au Muséum d'histoire naturelle de Neuchâtel, 2014, communications orales, du 12/05/2014 au 17/07/2014.

Crédits photographiques

Fig. 1, 11, 14 : ©Wikipédia

Fig. 2 : ©Amandine Péquignot

Fig. 3 : ©MHNN

Fig. 5, 6, 7 et 8: ©Larsen, 1945

Fig. 4, 9, 10, 12, 13, 18, 19, 20, 23, 27, 28 et 34: ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

Fig. 16 : ©journal suisse Le Rhône 1952

Fig. 17 : ©MAAG

Fig. 21 et 22 : ©SNM, source Marie Wörle

Fig. 24, 25, 26 et 29 : ©INRS

Fig. 31 et 32 : ©3M

Fig. 33 : ©Dupont de Nemours

Fig. 35 : © Perel-Russia

Fig. 30, 36, 37 et 41 : ©Odegaard

Fig. 38 : ©Gretchen Anderson

Fig. 39 : ©Verne J. Anderson

Fig. 40 : ©Bluecher

Fig. 42 : ©SuvaPro

Glossaire

Toutes les définitions proviennent du dictionnaire Larousse et Suva.

Acide lipoïque : coenzyme avec un groupe carboxyle intervenant dans la synthèse des acides gras.

Alcalis : substances basiques (soude, potasse)

Biocide : large famille de substances chimiques regroupant les pesticides, les antiparasitaires, les antibiotiques et les désinfectants.

Céphalée : maux de tête

Chapelle : hotte de laboratoire, aussi appelée sorbonne, avec un extracteur d'air et des filtres

Chélateur : produit chimique qui peut, en s'associant à des cations métalliques, former un complexe appelé chélate.

Collecteur : personne ayant collectée (chasser et/ou regrouper) et donnée à un muséum un certain nombre de spécimens (ex : De Meuron, Tschudi, Desor).

Collection en fluide : spécimens conservés dans des bocaux contenant de l'alcool, de l'éthanol et/ou formol.

DDT : dichloro-diphényl-trichloroéthane, produit organochloré de synthèse utilisé à partir de 1930 comme insecticide et déclaré polluant persistant à partir des années 1960, cancérigène et reprotoxique.

Diorama : système de présentation par la mise en scène d'un animal, personnage... dans son environnement habituel.

FRX : spectrométrie de fluorescence à rayons X

GC-MS : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM).

HEPA : filtre à air avec pour acronyme Haute Efficacité pour les Particules de l'Air ou High Efficiency Particulate Air

Hyperkératose : augmentation de la couche cornée de l'épiderme.

ICP-MS : spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif (SM-CPI)

Insecticide : substance active ayant la propriété de tuer les insectes.

IRTF : spectroscopie à infrarouge à transformée de Fourier

Liqueur : bain temporaire ou lavages/frictions à l'aide de produits préservatifs.

Mise en peau : Technique de préparation spécifique de la taxidermie, visant à préparer l'animal sous forme sans intention de lui redonner l'apparence de la vie.

Montage : Technique de préparation spécifique de la taxidermie, visant à préparer l'animal dans une position naturelle sur un socle.

Nuisible : se dit d'une espèce animale dont la présence cause des dommages.

Numéro CAS : numéro d'enregistrement unique d'un produit chimique dans la base de données de Chemical Abstract Service regroupant toutes les substances chimiques depuis 1907.

Passive sampler : cartouche permettant l'absorption passive des pesticides contenus dans l'air et/ou dégagés par un spécimen contrairement aux pompes d'air.

PCB : polychlorobiphényles aussi appelés pyralènes faisant partie des polluants persistants

Pesticide : Terme générique utilisé pour lutter contre des organismes dits nuisibles regroupant insecticide, fongicide, herbicide et parasiticide.

Système de piégeage d'insectes par UV : pièges à insectes basés sur l'attraction des insectes pour la lumière UV-A; une plaque de glu est placée sous le tube UV pour piéger les insectes.

Taxidermie : art de donner l'apparence du vivant aux animaux morts

Types : spécimen ayant permis de définir une espèce, spécimen très importants pour la recherche scientifique.

Tyvek® : matériau synthétique non tissé fabriqué à partir de fibres de polyéthylène, marque déposée DuPont de Nemours.

VBT : valeur biologique tolérable, concentration d'une substance pour laquelle la santé d'un travailleur n'est pas mise en danger même lors d'expositions répétées ou à long terme.

VLE : valeur limite d'exposition, est calculée sur une courte période, est la valeur qui ne doit pas être dépassée même sur une courte durée.

VME : valeur moyenne d'exposition, indique la concentration moyenne dans l'air des postes de travail en un polluant donné qui ne met pas en danger la santé, à raison de 8h par jour, pendant de longues périodes. Le polluant peut être sous forme de gaz, vapeur ou poussière.

Liste des abréviations

EPI : équipement de protection individuelle

FRX/XRF : spectrométrie de fluorescence à rayons X

FT : fiche toxicologique

HEPA : Haute Efficacité pour les Particules de l'Air ou High Efficiency Particulate Air

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

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité (France)

IRTF/FTIR : spectroscopie à infrarouge à transformée de Fourier

MHNN : Musée d'Histoire Naturelle de Neuchâtel

NPS : National Park Service

PCB : polychlorobiphényles

PDB : paradichlorobenzène

POP : polluants organiques persistants

SPNHC: Society for the Preservation of Natural History Collections

SUVA : Caisse nationale suisse d'assurance en cas d'accidents ou Schweizerische UnfallversicherungsAnstalt (Suisse)

VBT : valeur biologique tolérable

VLE : valeur limite d'exposition

VME : valeur moyenne d'exposition

Liste des tableaux et graphiques

Tableau 1 : présentation des spécimens contaminés en pourcentages	27
Tableau 2 : classification des masques anti-particules	48
Graphique 1 : spectres caractéristiques de l'arsenic obtenus.....	28
Graphique 2 : spectres IRTF échantillon, kératine et alun.....	37
Graphique 3 : spectre IRTF lindane en poudre.....	38

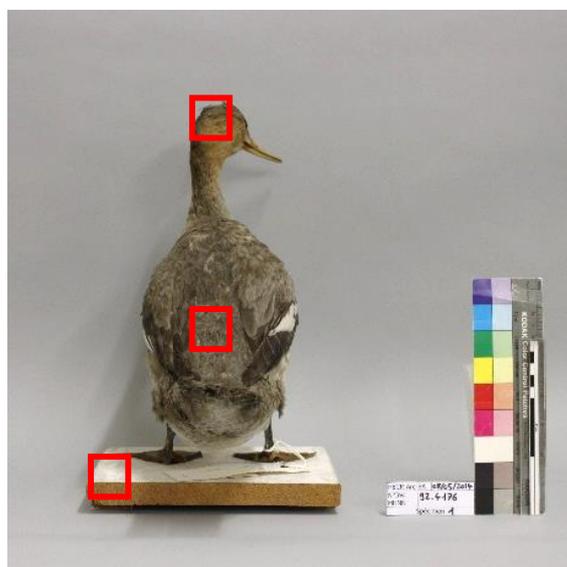
Liste des figures

Fig. 1 : vue extérieure du muséum de Neuchâtel	14
Fig. 2 : schéma statut de l'objet naturalisé dans un musée au XX ^{ème} siècle.....	16
Fig. 3 : vue générale du Grand Pingouin	16
Fig. 4 : exemple de spécimens de la collection Robert.....	17
Fig. 5 : première incision.....	19
Fig. 6 : extraction de la queue.....	19
Fig. 7 : dégagement du corps de la peau	20
Fig. 8 : création de la forme qui sera placée dans la peau	20
Fig. 9 : canard faisant partie de l'échantillonnage et daté de 1874.....	22
Fig. 10 : belette albinos faisant partie de l'échantillonnage et datée de 1920.....	22
Fig. 11 : arsenic natif.....	23
Fig. 12 : test de détection FRX sur un rapace	26
Fig. 13 : spécimen de la Collection Robert attaqué par les insectes	28
Fig. 14 : mercure natif	30
Fig. 15 : structure chimique du lindane	32
Fig. 16 : article de presse favorisant l'emploi du lindane.....	33
Fig. 17 : publicité pour le produit HexaVap®	33
Fig. 18 : évaporateur ayant été utilisé au muséum de Neuchâtel	34
Fig. 19 : boîte d'emballage de l'évaporateur	34
Fig. 20 : pastilles de lindane.....	34
Fig. 21 : passive sampler sur une chaussure.....	35
Fig. 22 : vue rapprochée du passive sampler	35
Fig. 23 : cristal et poil prélevés sur un petit singe	35
Fig. 24 : matières toxiques, dangereux pour la santé, toxique pour l'environnement.....	41
Fig. 25 : matières toxiques, dangereux pour la santé, toxique pour l'environnement.....	42
Fig. 26 : matières toxiques, dangereux pour la santé, toxique pour l'environnement.....	42

Fig. 27 : zone de prélèvement de poussière sur le sol de la réserve	45
Fig. 28 : étagère sélectionnée pour les prélèvements de poussières.....	45
Fig. 29 : dessin représentant les protections collective et individuelle	46
Fig. 30 : technique pour enlever les gants sans toucher la surface extérieure	47
Fig. 31 : masque de type FFP3	48
Fig. 32 : lingettes nettoyantes pour masques	48
Fig. 33 : blouse en Tyvek® adaptée au travail avec des poussières de biocides.....	49
Fig. 34 : filtre medic air placé sur la sortie d'air d'un aspirateur de musée	50
Fig. 35 : détail du filtre medic air qui se place à la sortie d'air de l'aspirateur.....	50
Fig. 36 : conditionnement en sachet avec plaque de plexiglas	51
Fig. 37 : mise en place du conditionnement en sachet	51
Fig. 38 : tiroir hermétiquement fermé pour isoler les spécimens arsénieux	52
Fig. 39 : dessin général du tiroir hermétiquement fermé	52
Fig. 40 : tissu Permasorb®, technologie Saratech® de chez Bluecher.....	52
Fig. 41 : ancienne signalisation utilisée dans d'autres musées	53
Fig. 42 : Pictogrammes de sécurité	56

Annexes

Annexes 1 : Photographies



Figures 1 et 2 : emplacements des zones de tests pour la FRX sur les oiseaux ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014



Figure 3 : emplacements des zones de tests pour la FRX sur les mammifères ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

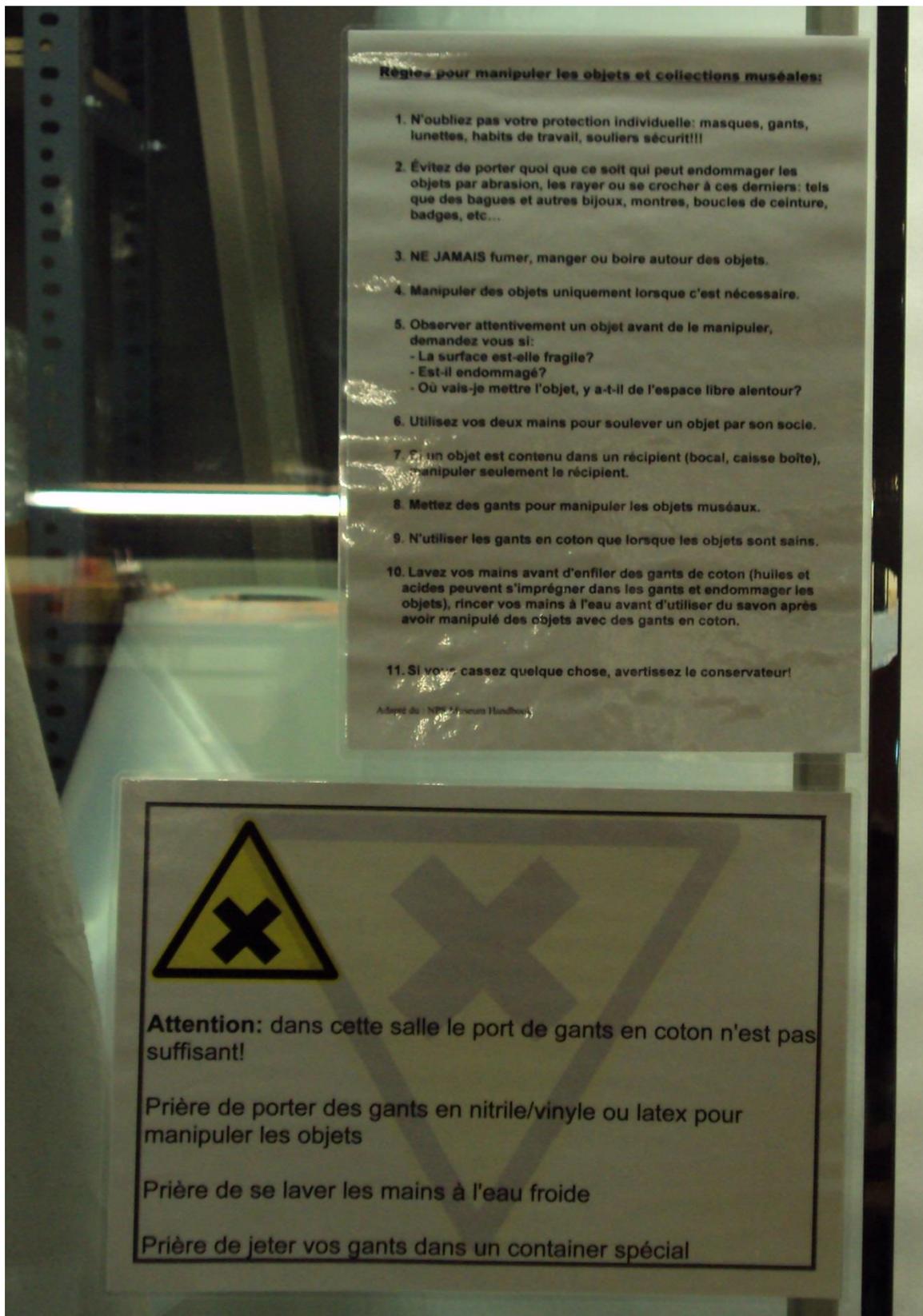
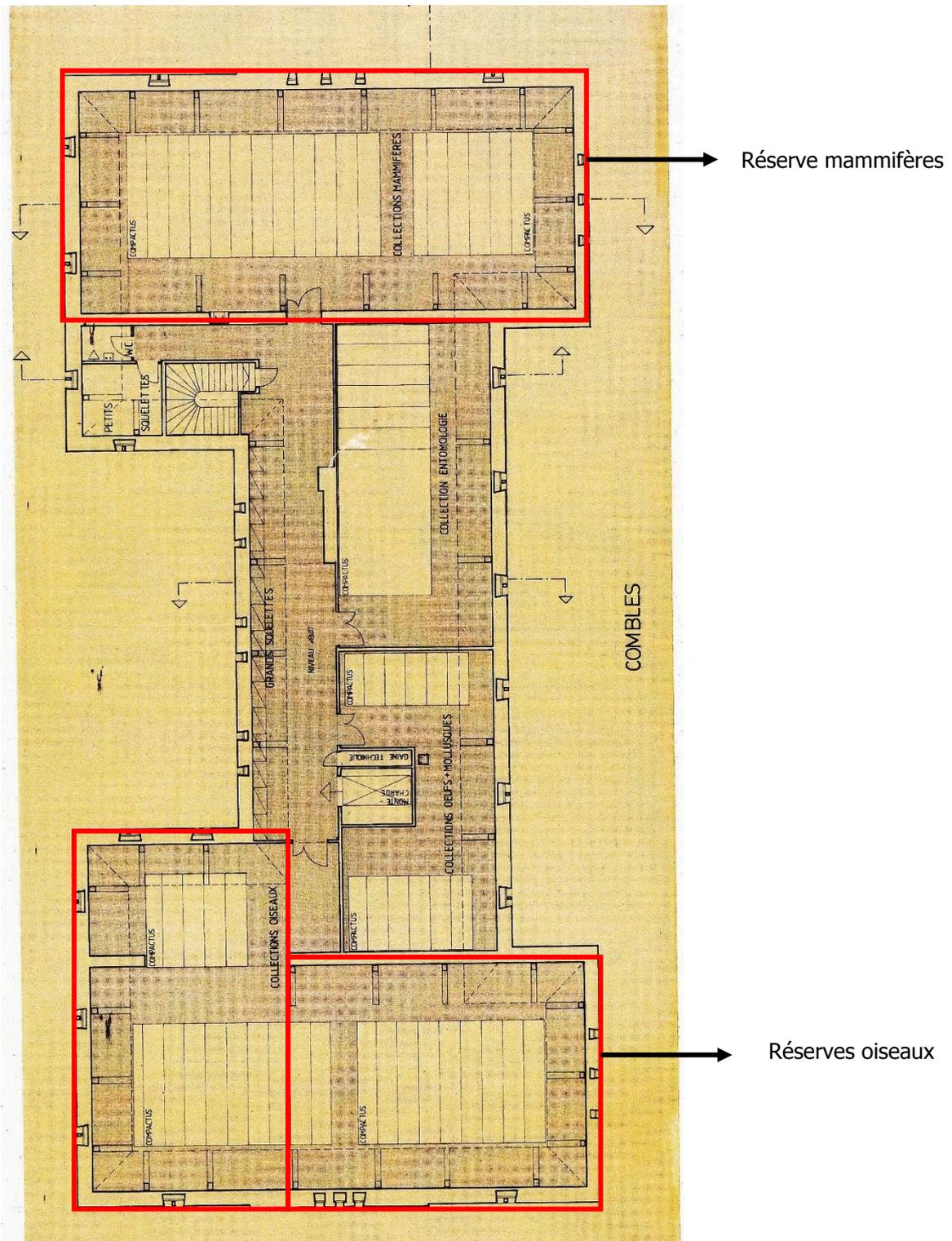


Fig. 4 : exemple de recommandations mises en place au muséum d'histoire naturelle de la Chaux de Fonds à l'entrée du chantier de déménagement des collections ©MHN Chaux de Fonds

Annexes 2 : Plans et schémas



Plan 1 : plan des réserves situées au 3^{ème} étage du muséum ©MHNN

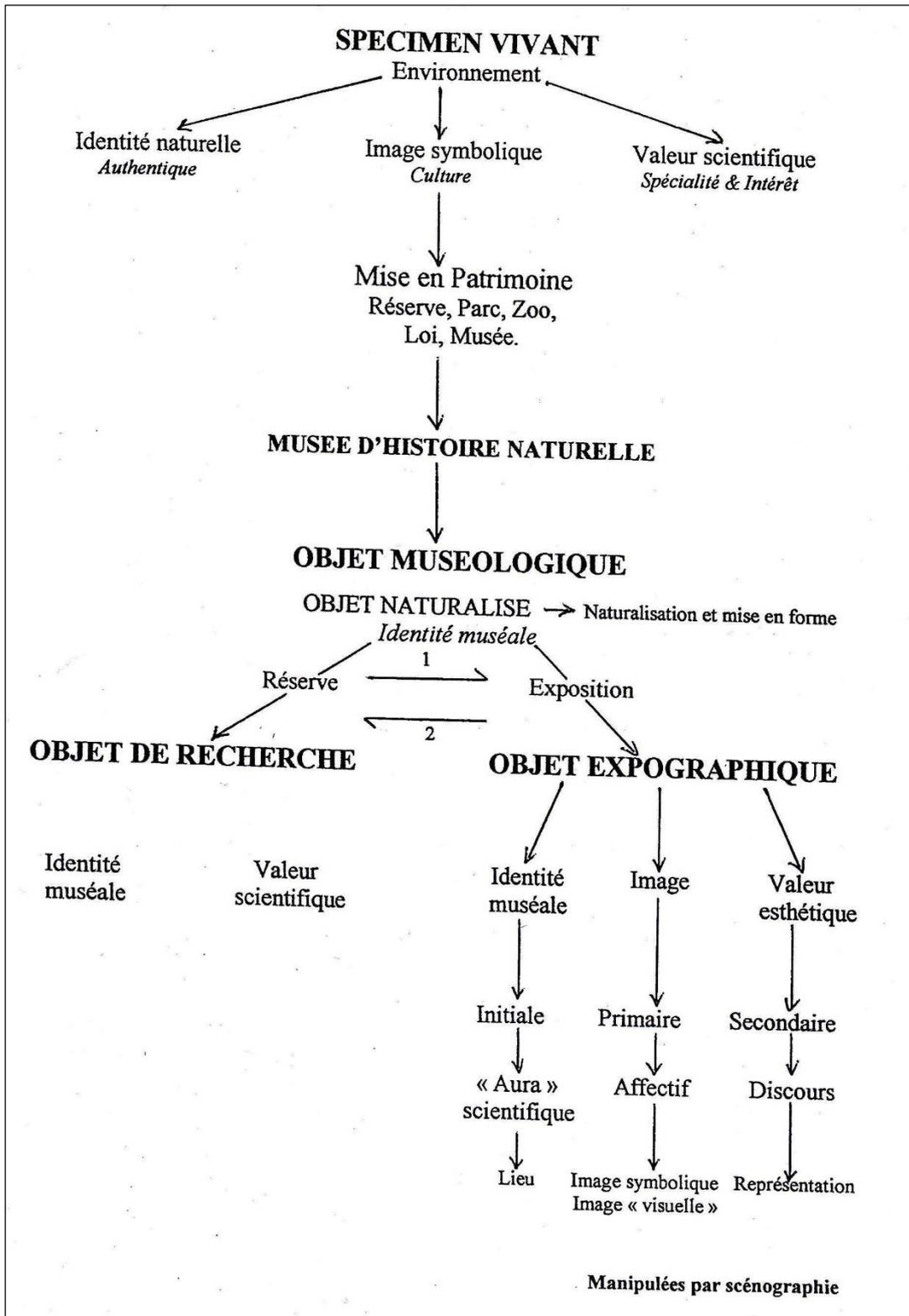


Schéma 1 : statut de l'objet naturalisé dans un musée au XXème siècle ©Amandine Péquignot

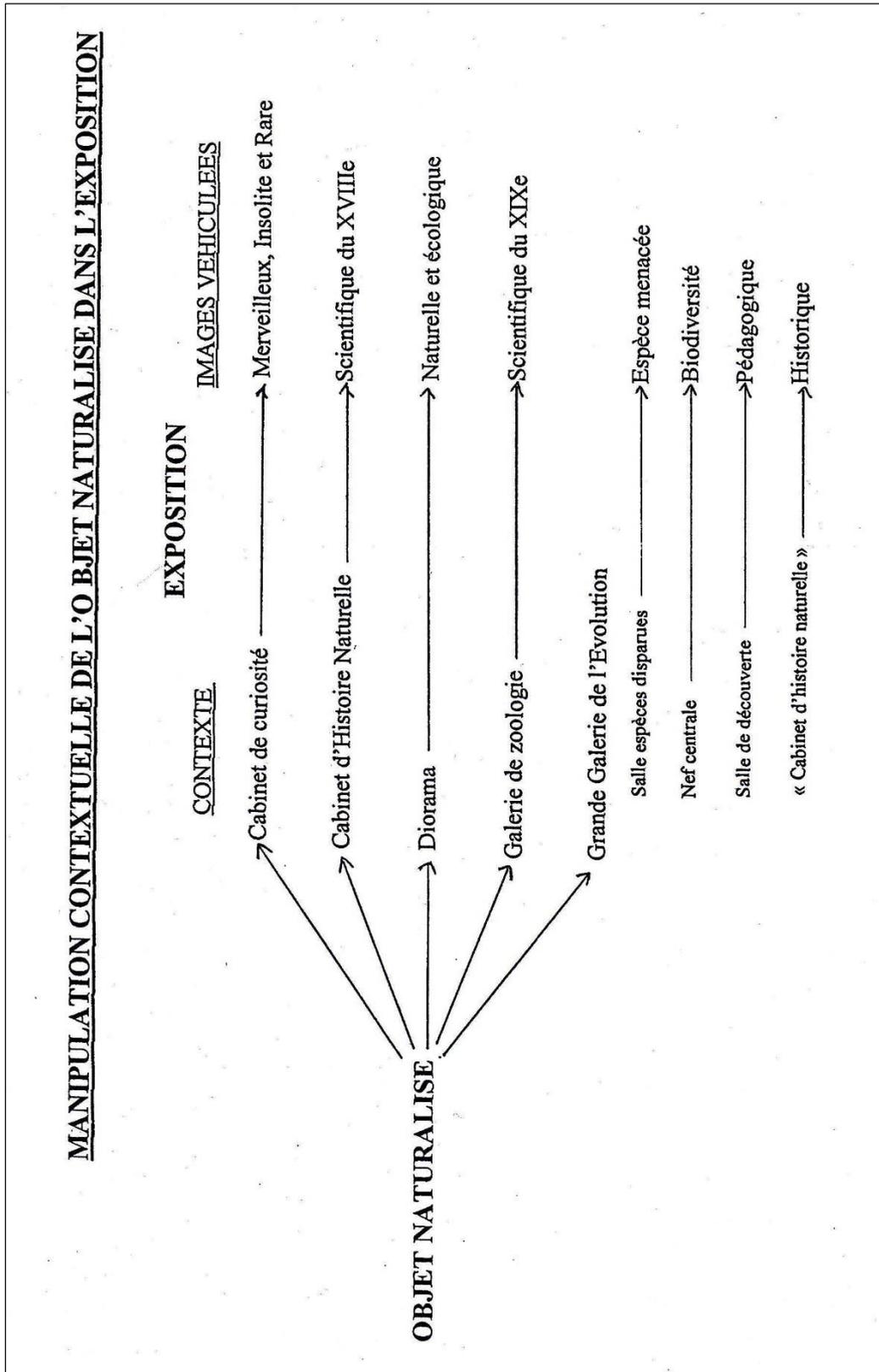


Schéma 2 : vision de l'objet naturalisé dans l'exposition ©Amandine Péquignot

Annexes 3 : Tableaux

Av. J.-C.	XVIe	XVIIe-XVIIIe	XIXe	XXe																									
<table border="1"> <tr> <td>« Momification » Av. J.-C.</td> </tr> <tr> <td>Homme Animal</td> </tr> <tr> <td>Cire Essence Résine</td> </tr> <tr> <td>Eviscération Excérébration</td> </tr> <tr> <td>Religieux</td> </tr> </table>	« Momification » Av. J.-C.	Homme Animal	Cire Essence Résine	Eviscération Excérébration	Religieux	<table border="1"> <tr> <td>« Embaument » (XVIe)</td> </tr> <tr> <td>Homme Animal</td> </tr> <tr> <td>Plantes Résine</td> </tr> <tr> <td>Dépeçage Bourrage</td> </tr> <tr> <td>Anatomie Médical</td> </tr> </table>	« Embaument » (XVIe)	Homme Animal	Plantes Résine	Dépeçage Bourrage	Anatomie Médical	<table border="1"> <tr> <td>« Embaument » (XVII-XVIIIe)</td> </tr> <tr> <td>Homme Animal</td> </tr> <tr> <td>Injection Liqueurs Adipocire</td> </tr> <tr> <td>Enseignement Médical</td> </tr> </table>	« Embaument » (XVII-XVIIIe)	Homme Animal	Injection Liqueurs Adipocire	Enseignement Médical	<table border="1"> <tr> <td>« Embaument » (XIXe)</td> </tr> <tr> <td>Vertébrés Invertébrés</td> </tr> <tr> <td>Préservatifs</td> </tr> <tr> <td>Dépeçage Bourrage Montage</td> </tr> <tr> <td>Scientifique Décoratif Muséologique</td> </tr> </table>	« Embaument » (XIXe)	Vertébrés Invertébrés	Préservatifs	Dépeçage Bourrage Montage	Scientifique Décoratif Muséologique	<table border="1"> <tr> <td>« Embaument » (XXe)</td> </tr> <tr> <td>Vertébrés</td> </tr> <tr> <td>Préservatifs</td> </tr> <tr> <td>Dépeçage</td> </tr> <tr> <td>Montage <i>Apparence de la Vie</i> Muséologie</td> </tr> <tr> <td>Mise en peau <i>Conservation</i> Scientifique</td> </tr> </table>	« Embaument » (XXe)	Vertébrés	Préservatifs	Dépeçage	Montage <i>Apparence de la Vie</i> Muséologie	Mise en peau <i>Conservation</i> Scientifique
« Momification » Av. J.-C.																													
Homme Animal																													
Cire Essence Résine																													
Eviscération Excérébration																													
Religieux																													
« Embaument » (XVIe)																													
Homme Animal																													
Plantes Résine																													
Dépeçage Bourrage																													
Anatomie Médical																													
« Embaument » (XVII-XVIIIe)																													
Homme Animal																													
Injection Liqueurs Adipocire																													
Enseignement Médical																													
« Embaument » (XIXe)																													
Vertébrés Invertébrés																													
Préservatifs																													
Dépeçage Bourrage Montage																													
Scientifique Décoratif Muséologique																													
« Embaument » (XXe)																													
Vertébrés																													
Préservatifs																													
Dépeçage																													
Montage <i>Apparence de la Vie</i> Muséologie																													
Mise en peau <i>Conservation</i> Scientifique																													
			<table border="1"> <tr> <td>« Naturalisation » (XXe)</td> </tr> <tr> <td>Plantes Champignons Vertébrés Invertébrés Montage Muséologique</td> </tr> </table>	« Naturalisation » (XXe)	Plantes Champignons Vertébrés Invertébrés Montage Muséologique																								
« Naturalisation » (XXe)																													
Plantes Champignons Vertébrés Invertébrés Montage Muséologique																													

Tableau 1 : récapitulatif de l'évolution des termes de la taxidermie ©Amandine Péquignot

spéci mens	n° inventaire	espèce	collecteur	date	classe	Autres
1	92.4176	Mergus Serrator	Chatelain	Nov. 1874	Oiseaux	femelle, Neuchâtel, Anatidae, 612/26.26
2	92.2484	Myristicivora Spilorrhoea	L. de Coulon	1820-1894	Oiseaux	immature, male Australie, Duculidae
3	92.8613	Aimophila Rufescens		1877	Oiseaux	immature, male, Salvador, Emberizidae
4	92.4496B	Lyrurus Tetricus	Challandes	1852	Oiseaux	Phasianidae, Alpes suisses, immature, male
5	92.4353	Francolinus Francolinus	A. Berthoud	1843	Oiseaux	Phasianidae, Naples, immature, male
6	92.8118; 92.8119	Alauda Arvensis	Collection Robert	01.03.1921	Oiseaux	Alaudidae, Hauterive, 2 immatures males, collection Robert 180, 713/16.61
7	92.1972	Chlidonias Leucopterus	Schneider	01.05.1921	Oiseaux	Sternidae, Augst, male immature, 21.74
8	92.3503	Circus Macrourus	L. De Coulon	1839	Oiseaux	Accipitridae, Neuchâtel, male immature, remis en état en 1956, 474/24.87
9	92.2157	Uria lomvia	Mathey-Dupraz	01.08.1911	Oiseaux	Alcidae, Norvège, male immature, poussin
10	92.4972A	Alcedo Atthis	Schertenleib	01.05.1989	Oiseaux	Alcedinidae, male immature, tué contre une vitre, préparation M. Zimmerli
11	92.5686E	Dendrocopos Major	collection Gehringer	01.06.1985	Oiseaux	Picidae, femelle immature, Neuchâtel
12	92.3787	Thalassornis Leuconotus	Jacottet	01.09.1912	Oiseaux	Anatidae, Afrique du Sud, femelle immature
13	92.4268	Phasianus Colchicus	De Rougemont	01.11.1941	Oiseaux	Phasianidae, male immature
14	92.4983A	Corythornis Cristatus	M.S.S.A	01.07.1932	Oiseaux	Alcedinidae, male, Angola
15	92.3691	Erythocnus Rufiventris	M.S.S.A	01.01.1934	Oiseaux	Ardeidae; Angola; femelle
16	92.2168	Pinguinus Impennis	L. de Coulon	1820-1894	Oiseaux	Alcidae, Europe du Nord, immature, acheté 300 frs, espèce disparue
17	94.2116	Arvicola Terrestris	Schneider	1939	Mammifères	Muridae, Lucerne, albinisme
18	94.1393E	Mustela Nivalis		1920	Mammifères	Mustelidae, Rheintal
19	94.2098	Clethrionomys Rutilus	Deyrolle		Mammifères	Muridae, Alaska, achat
20	94.1106A	Neomys Anomalus	Von Burg	1920	Mammifères	Soricidae, Bohême, achat
21	94.2157	Microtus Pennsylvanicus	Spangler	1858	Mammifères	Muridae, Carlisle USA
22	94.2129	Arvicola Terrestris		1980	Mammifères	Muridae, St-Blaise, préparation J. Henriksson

23	94.1104A	Sorex Minutus	Zollikofer	1903	Mammifères	Soricidae, Untervate suisse
24	94.2473	Ochotona Alpina	Tschudi	1838-1843	Mammifères	Ochotonidae, Altaï
25	94.2064	Cricetus Cricetus	Von Burg	1921	Mammifères	Muridae, Alsace
26	94.1989	Tamias Minimus	Desor	1853	Mammifères	Sciuridae, Amerique du Nord
27	94.2305	Peromyscus Maniculatus	E. Galmer	1867	Mammifères	Muridae, Tucson USA, male
28	94.1912	Sciurus Vulgaris	De Meuron	1853	Mammifères	Sciuridae, Oberland suisse, albinos
29	94.1389A	Mustela Erminea	Borel	1885	Mammifères	Mustelidae
30	94.2003	Callosciurus Prevost	Schneider	1933	Mammifères	Sciuridae, Sumatra
31	94.1204	Microcebus Coqueleri			Mammifères	Cheirogaleidae, Madagascar
32	92.5443	Caprimulgus Europaeus	Collection Robert		Oiseaux	Caprimulgidae, femelle, collection Robert 310, 195/17.91

Tableau 2 : présentation de l'échantillonnage entier ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

N°	n° inv.	Catég.	N° d'analyse	ANALYSES FRX %					
				tête	poitrail	arrière	socle	partie autour des yeux	œil
1	92.4176	oiseau monté	4742/4743 /4744/4745	1,8% d'As et 0,011% de Pb	0,478% d'As	1,19% d'As	0,007% d'As et 0,010% de Pb		
2	92.2484	oiseau monté	4746/4747 /4748/4749	4,51% d'As et 0,007% de Pb	1,03% d'As et 0,005% de Pb	0,771% d'As	0,010% d'As		
3	92.8613	oiseaux, mise en peau	4750/4751 /4752	0,795% d'As	1,05% d'As	0,680% d'As			
4	92.4496B	oiseau monté	4753/4754 /4755/4756/4757/4758	0,090% d'As, 0,029% de Pb et pic d'Hg	0,122% d'As	0,321% d'As	0,002% d'As	0,302% d'As et 8,35% de Pb	0,495% d'As et 4,28% de Pb
5	92.4353	oiseau monté	4759/4760 /4761/4762	3,02% d'As et 0,012% de Pb	6,25% d'As et 0,007% de Pb	7,15% d'As	0,018% d'As		
6	92.8118; 92.8119	oiseau monté	4763/4764 /4765/4766	13,26% d'As	6,56% d'As	6,58% d'As	0,021% d'As		
7	92.1972	oiseau monté	4771/4772 /4773/4774	14,56% d'As	8,18% d'As	4,90% d'As	pas d'As		
8	92.3503	oiseau monté	4767/4768 /4769/4770	2,71% d'As	1,53% d'As	0,819% d'As	petit pic d'As		
9	92.2157	oiseau monté	4775/4776 /4777/4778	1,89% d'As	1,05% d'As	1,63% d'As	0,003% d'As		
10	92.4972A	oiseau monté	4787/4788 /4789/4790	pas d'As	pas d'As	pas d'As	pas d'As		
11	92.5686E	oiseau monté	4791/4792 /4793/4794	0,003% d'As	0,003% d'As	pas d'As	0,478% d'As		
12	92.3787	oiseau monté	4795/4796 /4797/4798	0,235% d'As	0,116% d'As	0,287% d'As	0,009% d'As		
13	92.4268	oiseau monté	4805/4806 /4807/4808	4,42% d'As	2,06% d'As	1,20% d'As	0,075% d'As et 2,39% de Pb		
14	92.4983A	oiseaux, mise en	4799/4800 /4801	3,24% d'As	2,56% d'As et	3,10% d'As			

		peau			0,037% de Pb				
15	92.3691	oiseaux, mise en peau	4802/4803 /4804	2,06% d'As	1,24% d'As	1,09% d'As			
16	92.2168	oiseaux, espèce disparue	4852/4853 /4855/485 6	0,772% d'As	0,158% d'As et 0,004% de Pb	0,085% d'As et 1,54% de Pb	0,868% d'As et 0,004% de Pb		
17	94.2116	mammifè re monté	4809/4810 /4811	0,244% d'As		2,33% d'As	0,035 d'As et 0,228 de Pb		
18	94.1393E	mammifè re monté	4812/4813 /4814	0,302% d'As		2,33% d'As et 0,003% de Pb	3,23% de Pb et pas d'As		
19	94.2098	mammifè re monté	4818/4819 /4820	0,348% d'As		0,208% d'As et 0,031% de Pb	0,012% d'As et 0,038% de Pb		
20	94.1106A	mammifè re mise en peau	4826/4827	0,764% d'As et 0,008% de Pb		0,555% d'As et 0,009% de Pb			
21	94.2157	mammifè re monté	4828/4829 /4830	10,62% d'As		6,18% d'As et 0,008% de Pb	0,001% d'As		
22	94.2129	mammifè re monté	4815/4816 /4817	pas d'As		0,004% d'As	0,001% d'As		
23	94.1104A	mammifè re monté très petit	4821/4822			2,85% d'As et 0,003% de Pb	0,012% d'As et 0,006% de Pb		
24	94.2473	mammifè re monté	4823/4824 /4825	0,920% d'As		0,319% d'As	0,003% d'As		
25	94.2064	mammifè re monté	4831/4832 /4833	0,202% d'As		0,356% d'As	0,003% d'As et 0,002% de Pb		
26	94.1989	mammifè re monté	4834/4835 /4836	2,23% d'As et 0,037% de Pb		1,84% d'As	0,007% d'As et 0,006% de Pb		
27	94.2305	mammifè re monté	4837/4838 /4839	4,66% d'As et 0,202% de Pb		2,16% d'As et 0,004% de Pb	0,044% d'As et 0,796% de Pb		
28	94.1912	mammifè re monté	4849/4850 /4851	1,28% d'As et 0,003% de Pb		0,766% d'As	0,006% d'As et 0,003% de Pb		

29	94.1389A	mammifère monté	4846/4847 /4848	1,35% d'As et 0,003% de Pb		0,132% d'As et 0,003% de Pb	0,009% d'As et 0,012% de Pb		
30	94.2003	mammifère monté	4843/4844 /4845	0,151% d'As et 0,004% de Pb		2,39% d'As et 0,012% de Pb	0,059% d'As et 0,949% de Pb		
31	94.1204	mammifère monté	4840/4841 /4842	0,712% d'As et 0,030% de Pb		0,486% d'As et 0,045% de Pb	0,006% d'As		
32	92.5443	oiseau monté	4857/4858 /4859/4860	2,42% d'As	1,25% d'As	0,330% d'As	0% d'As		

Tableau 3 : présentation des pourcentages obtenus sur l'échantillonnage avec la FRX ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

Salles	Emplacements	Zones	niveau	N° d'analyse FRX	Résultats analyses FRX
Oiseaux	Fond à gauche	zone 1	sol	4948	pas d'As
Oiseaux	Entre compactus grd pingouin	zone 2	sol	4949	pas d'As
Oiseaux	Couloir derrière les compactus	zone 3	sol	4950	pas d'As, 2 petits pics
Oiseaux	Fond à droite	zone 4	sol	4951	pas d'As, 1 petit pic
Oiseaux	Compactus 24, 5ème travée	zone 1	Etagère haute	4952	0,002%
Oiseaux	Compactus 18, 5ème travée	zone 2	Etagère haute	4953	0,006%
Oiseaux	Compactus 9, 5ème travée, 2nde étagère du haut	zone 3	Etagère haute	4955	0,003%
Oiseaux	Armoire 8, étagère du haut	zone 4	Etagère haute	4956	0,004%
Oiseaux	Compactus 9, 1ère travée vide	zone 5	Etagère haute	4957	0,006%
Oiseaux	Compactus 23, 3ème travée	zone 6	Etagère basse	4958	0,003%
Oiseaux	Compactus 19, 3ème travée	zone 7	Etagère basse	4959	0,012%
Oiseaux	Compactus 17, 1ère travée	zone 8	Etagère basse	4960	0,008%
Oiseaux	Compactus 7, 1ère travée	zone 9	Etagère basse	4961	0,013%
Oiseaux	Compactus 12, 2ème travée	zone 10	Etagère basse	4964	0,022%
Mammifères	Fond à gauche	zone 1	sol	4963	pas d'As, 1 petit pic
Mammifères	Entre compactus lynx et tiroirs	zone 2	sol	4965	pas d'As, 1 petit pic
Mammifères	Couloir derrière les compactus	zone 3	sol	4966	pas d'As
Mammifères	Fond à droite gorille	zone 4	sol	4967	pas d'As, 1 petit pic
Mammifères	Compactus 12, 2ème travée	zone 1	Etagère haute	4968	0,002%
Mammifères	Compactus 13, 2ème travée	zone 2	Etagère haute	4969	0,003%
Mammifères	Compactus 16, 1ère travée	zone 3	Etagère haute	4970	0,002%
Mammifères	Compactus 17, 3ème travée, 2e étagère du haut	zone 4	Etagère haute	4971-4972	pas d'As
Mammifères	Compactus 11, 1ère travée	zone 5	Etagère haute	4973	pas d'As
Mammifères	Compactus 13, 1ère travée	zone 6	Etagère basse	4974	0,012%
Mammifères	Compactus 11, 1ère travée	zone 7	Etagère basse	4975	0,012%
Mammifères	Compactus 9, 2ème travée, milieu	zone 8	Etagère basse	4976-4977	pas d'As
Mammifères	Compactus 17, 1ère travée	zone 9	Etagère basse	4978	0,003%
Mammifères	Compactus 18, 5ème travée	zone 10	Etagère basse	4979-4980	0,004% Pb, pas d'As

Tableau 4 : présentation des zones de prélèvements de poussières et des pourcentages obtenus ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

Méthodes d'identification des métaux lourds	Abréviations	Prélèvements	Destructif
Spot-test pour arsenic		oui	non
Spectrométrie de fluorescence X	FRX	non	non
Spectrométrie de masse couplée à un plasma inductif	ICP-MS	oui	oui
Spectrométrie d'absorption atomique	AAS	oui	oui

Tableau 5 : tableau récapitulatif des méthodes d'analyses permettant la détection des métaux lourds ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

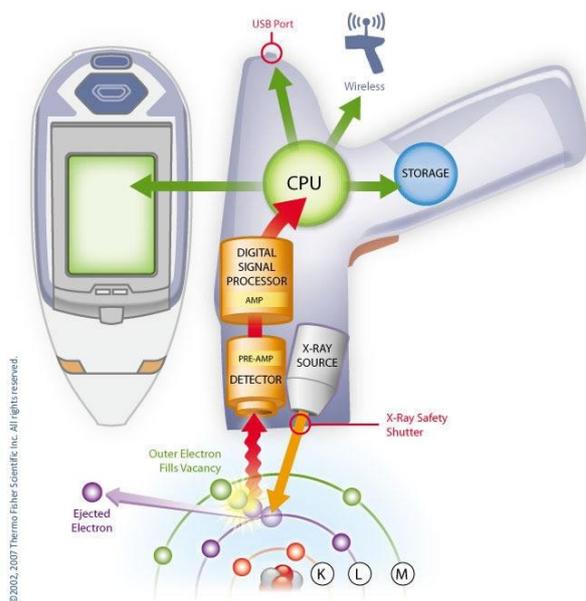
Méthodes d'identification des pesticides	Abréviations	Prélèvements	Destructif
Chromatographie en phase gazeuse	CG	Echantillon d'air ou gaz	non
Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse	CG-SM	oui	Oui si solide
Spectroscopie à fluorescence X	FRX	non	non
Spectroscopie à transformée de Fourier	IRTF	oui	non
Spectroscopie photo électronique à rayon X	SPX	oui	non
Passive sampler couplé à CG-MS		Echantillon d'air ou gaz	non

Tableau 6 : récapitulatif des méthodes d'analyses permettant la détection des pesticides ©He-Arc CR, Marion Dangeon, 2014

Annexes 4 : Protocoles

Protocole 1 : Protocole d'analyse par fluorescence des rayons X

Principe :



La spectrométrie par fluorescence X a l'avantage d'être rapide, non-destructive, non-invasive, qualitative et semi-quantitative dans de nombreux cas.

Le principe de la fluorescence X est l'émission de rayons secondaires caractéristique à un atome. Cette émission est reçue par un détecteur et analysée. Un spectre est alors produit. Cela se présente sous forme de pics correspondant aux éléments présents sur un graphique.

L'appareil que nous avons utilisé est un outil de type EDXRF (FRX en dispersion d'énergie)

Thermo Fisher® Niton XL3t.

Matériel :

- Film transparent de type Mylar™
- Scotch
- Fluorescence X portable EDXRF Thermo Fisher Niton XL3t
- Série de spécimens à analyser
- Equipement de protection individuelle

Conditions opératoires :

Les analyses ont eu lieu dans la réserve des oiseaux du Muséum de Neuchâtel.

Les analyses ont été pratiquées dans des zones similaires sur chaque objet. En raison des dimensions des spécimens, nous n'avons pu utiliser d'enceinte close. L'analyse s'est faite en mode mining, durant 10 à 15 secondes. Nous avons commencé par effectuer des tests sur la durée de l'analyse. Ceci nous a montré que les résultats étaient les mêmes entre 10 sec. et 1 min. Nous avons donc opté pour 10 sec. d'analyse.

Protocole :

1. Sortir le pistolet de la mallette de rangement et passer la dragonne autour du poignet et le connecter à l'ordinateur. Scotcher le Mylar™ sur la tête de l'appareil pour éviter la contamination de la zone d'analyse.
2. Choisir le mode Mining sur le menu de l'appareil
3. Placer l'ouverture circulaire de 8 mm de diamètre sur la partie à analyser sur le spécimen
4. Appuyer en même temps sur la gâchette orange du pistolet et sur le bouton situé en bas de l'écran de l'appareil.
5. Maintenir le pistolet durant les 10 secondes d'analyse
6. Faire un printscreen de l'écran d'ordinateur indiquant la même chose que sur l'écran de l'appareil portable, le coller dans un document word.
7. Penser à bien noter les nombres références de l'analyse effectuée.
8. Répéter l'opération pour les différentes zones à analyser.
9. Tirer les spectres obtenus pour vérification des éléments trouvés

Protocole 2 : Protocole d'analyse par IRTF

Principe :



*Fig. 2 : appareil IRTF ThermoScientific
©ThermoScientific*

L'analyse IRTF est reconnue pour être très polyvalente et permet l'analyse de nombreux matériaux. De plus, elle n'est pas destructive et les échantillons peuvent être très petits et variés (liquide, solide, gaz).

L'infrarouge à transformée de Fourier est une méthode d'analyse par spectroscopie. Elle permet d'obtenir des spectres caractéristiques de certains éléments d'un matériau. Elle a l'avantage d'avoir un spectre large et donc de pouvoir détecter un grand nombre d'éléments organiques ou inorganiques. Les analyses FTIR ont été réalisées au moyen d'un microscope Thermo Scientific Nicolet iN10 MX qui appartient à la Haute école Arc. Pour

faire les mesures en réflectance totale atténuée (ATR), cet appareil est muni d'un cristal de germanium. La surface de mesure est de 150 x 150 µm. Le logiciel OMNIC Picta™ nous a permis de collecté les données et de les traiter en graphiques¹⁰¹.

¹⁰¹ Information transmise par Brambilla Laura, adjointe scientifique Recherche Appliquée et développement Haute Ecole Arc, par courriel daté du 17 juin 2014.

Matériel :

- Appareil IRTF Nicolet iN10
- Plaque de verre
- Echantillons placés dans des tubes en verre Pyrex®
- Equipement de protection individuelle

Conditions opératoires :

Les analyses ont eu lieu à la Haute école Arc, à Neuchâtel, le 27/05/2014 et faites par Mme Laura Brambilla.

Protocole :



Fig. 3 : analyseur @ThermoScientific

- Les échantillons ont été placés sur une plaquette de verre
- La plaquette a été placée sur l'appareil
- Le détecteur a été placé sur l'appareil après avoir été nettoyé à l'éthanol
- L'appareil a été rempli d'azote liquide
- L'analyseur a été placé sur l'échantillon grâce à l'image du microscope sur l'écran d'ordinateur

- L'analyse a pu être faite
- L'interprétation et la comparaison des différents spectres a été faite par Mme Laura Brambilla.

Protocole 3 : Protocole de prélèvements de poussières, poils et plumes et analyse

FRX :

Matériel :

- Ouate 100% coton
- Bâtonnet en bois
- Tubes à essais en verre avec bouchon
- Sachets à glissière de type MiniGrip®
- Flacon d'eau déminéralisée
- Flacon d'éthanol
- Equipement de protection individuelle (masque, gants, blouse)

Conditions opératoires :

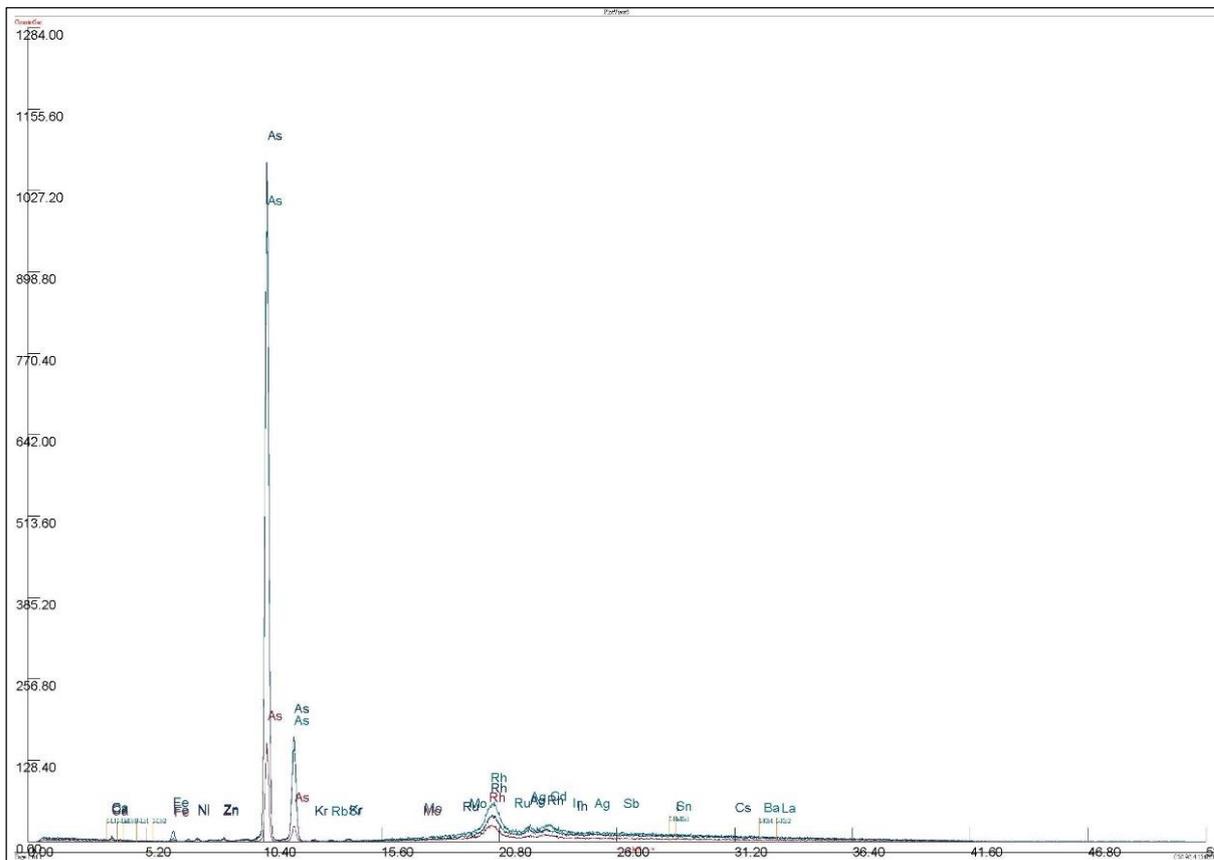
Les analyses ont eu lieu à la Haute école Arc, à Neuchâtel, le 04/06/2014. Les analyses ont été effectuées avec l'enceinte close de l'appareil à fluorescence X portable. Les échantillons en sachet à glissière de type MiniGrip® ont été directement placés dans l'enceinte.

Protocole :

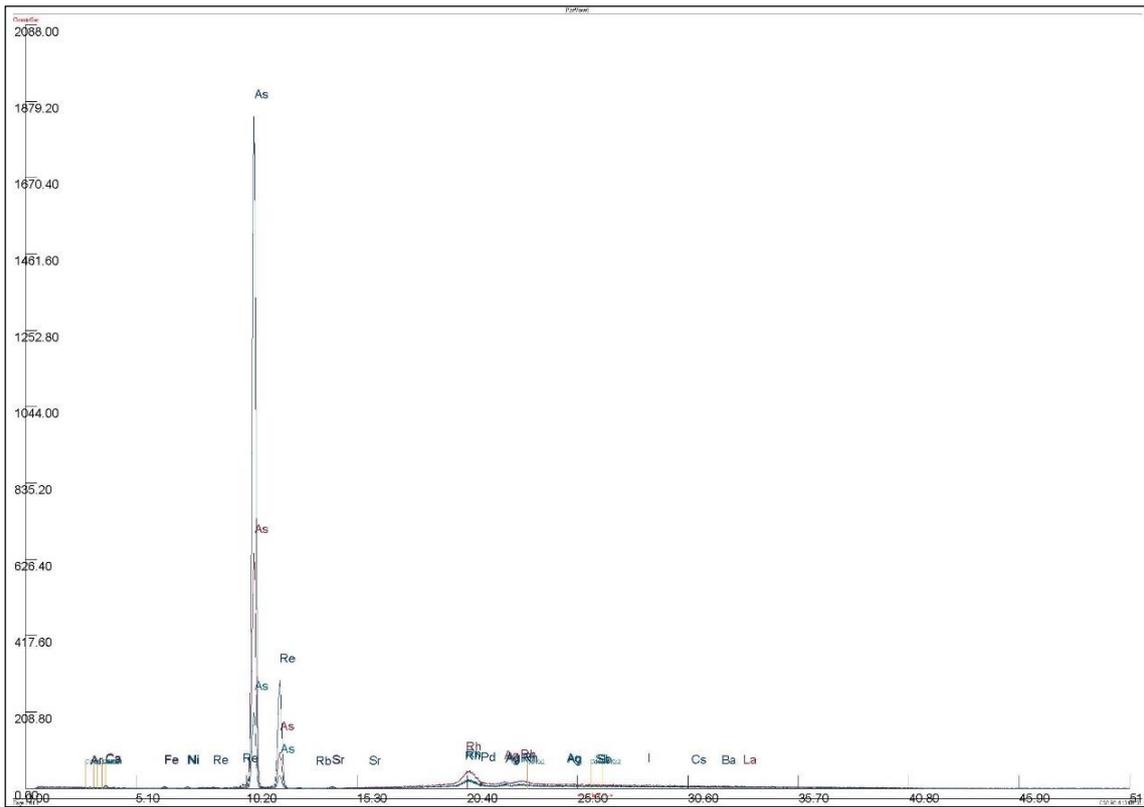
1. Sortir le pistolet de la mallette de rangement et le placer correctement sous l'enceinte fermée.
2. Placer les échantillons en sachet à glissière dans la chambre d'analyse au niveau de l'ouverture circulaire de l'appareil.
3. Fermer l'enceinte
4. Mettre l'appareil en mode Mining
5. Procéder à la mesure en appuyant sur « start »
6. Effectuer l'analyse pendant 30 à 10 secondes puis appuyer sur « stop »
7. Relever les valeurs obtenues
8. Tirer les spectres obtenus pour vérification des éléments trouvés

Annexes 5 : Graphiques

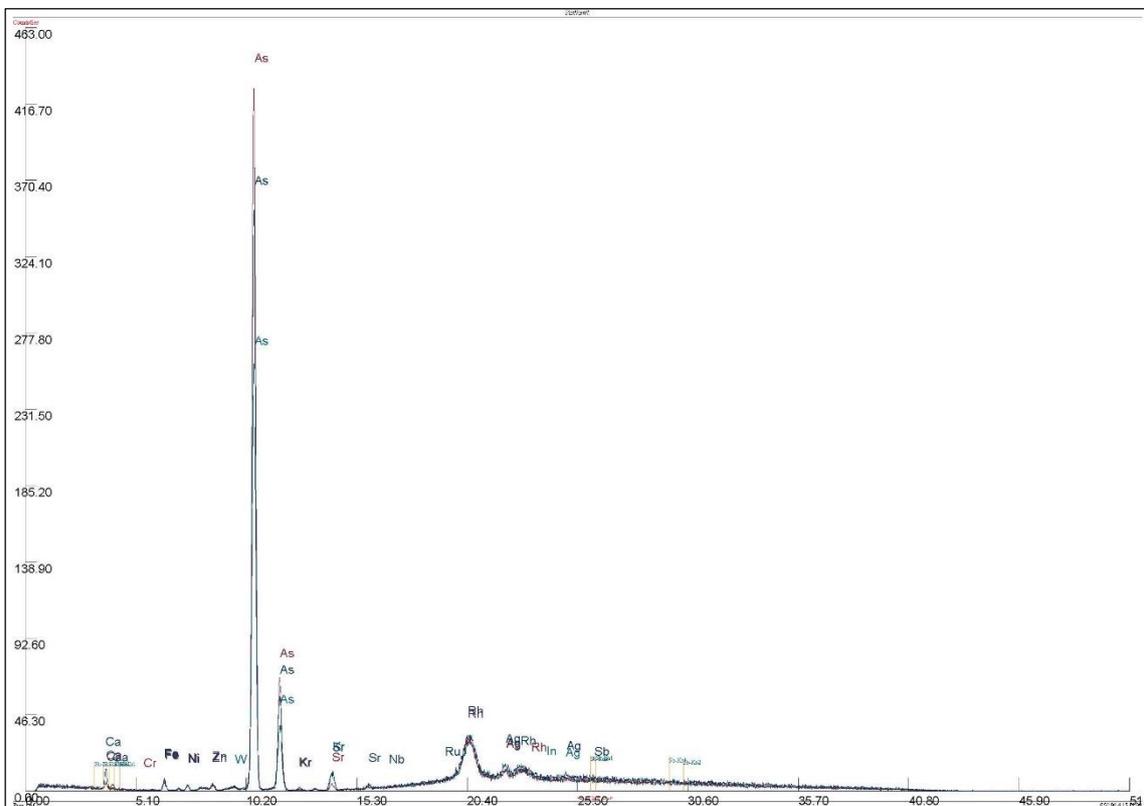
Oiseaux : analyses corps



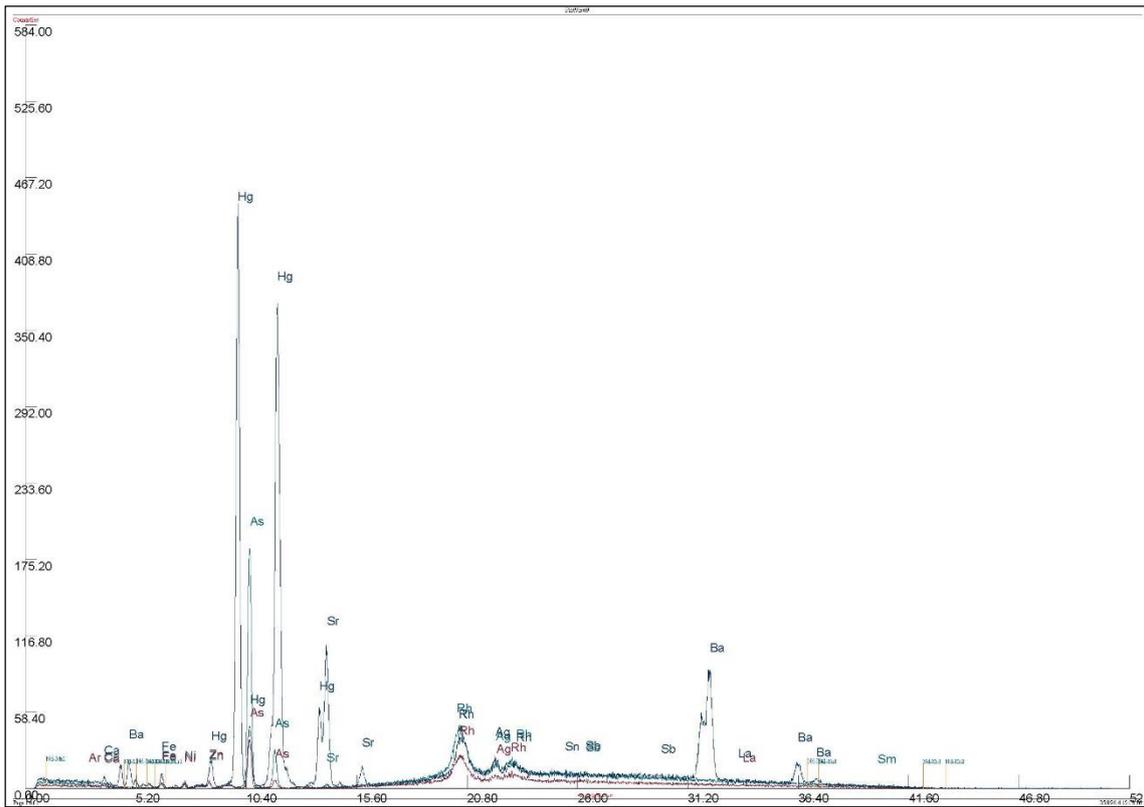
Graph 1 : spectres spécimen 1, n° 92.4176, analyses 4742-4744, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



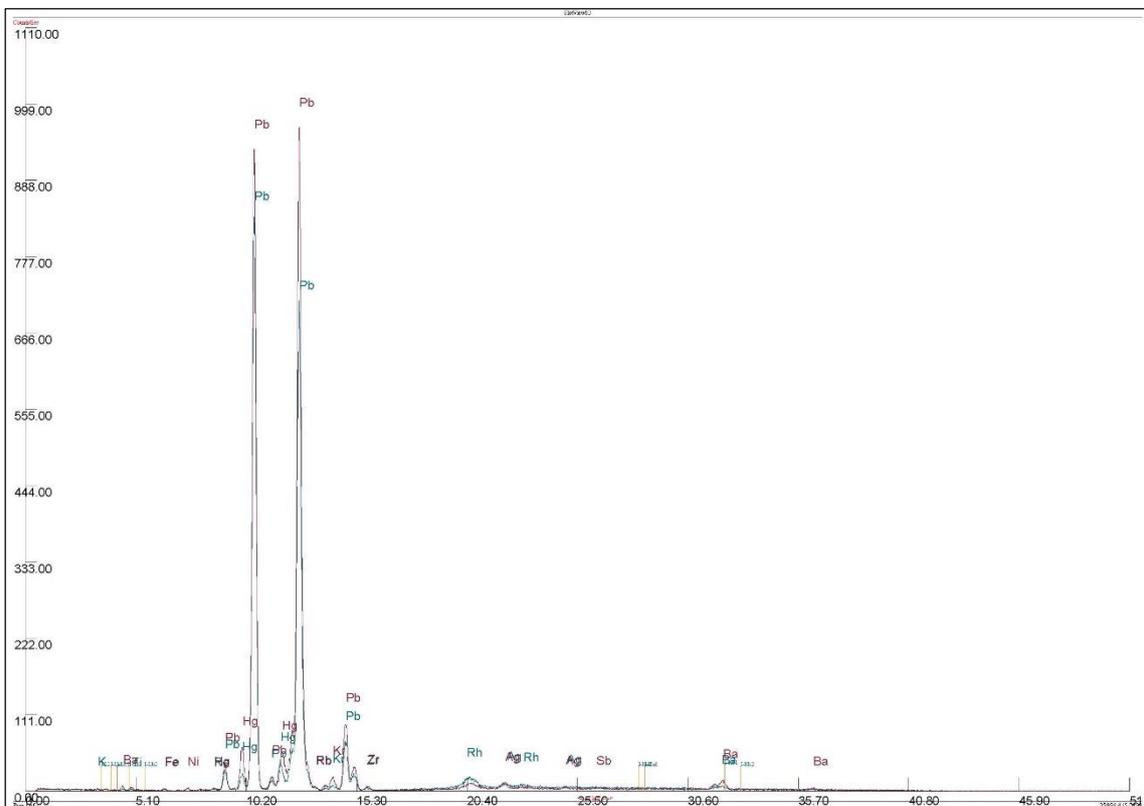
Graph 2 : spectres spécimen 2, n°92.2484, analyses 4746-4749, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



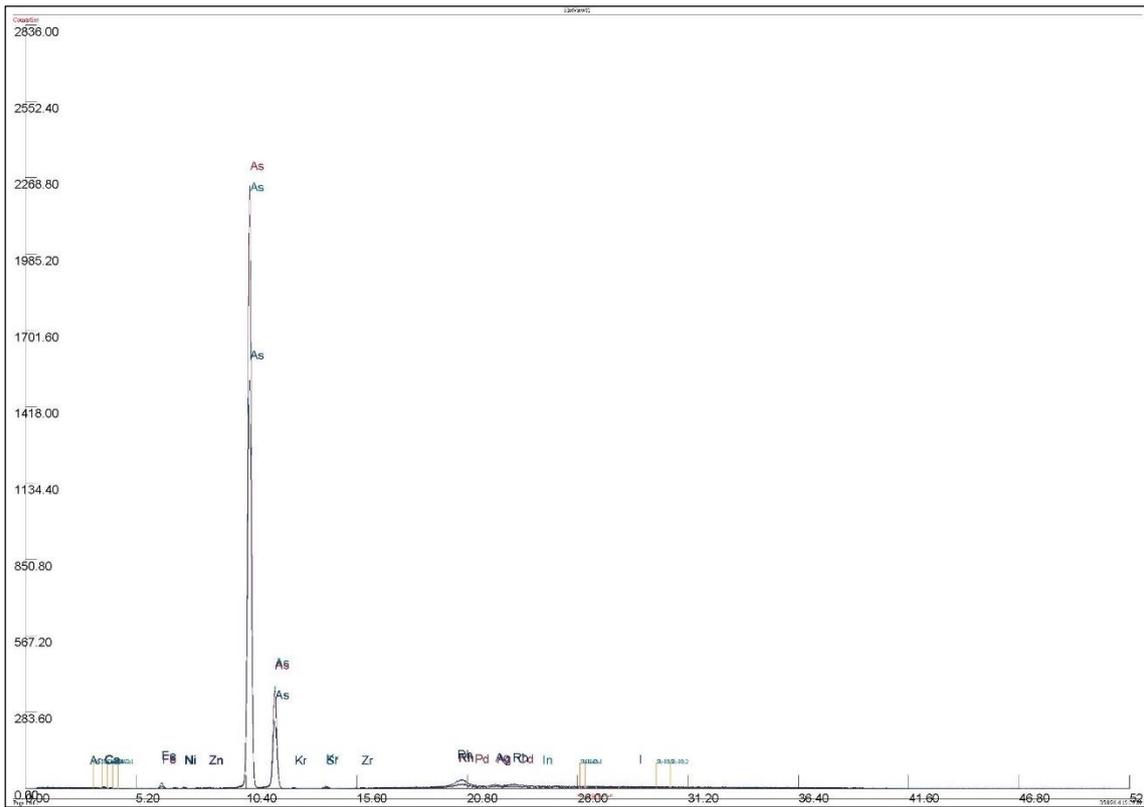
Graph 3 : spectres spécimen 3, n°92.8613, analyses 4750-4752, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



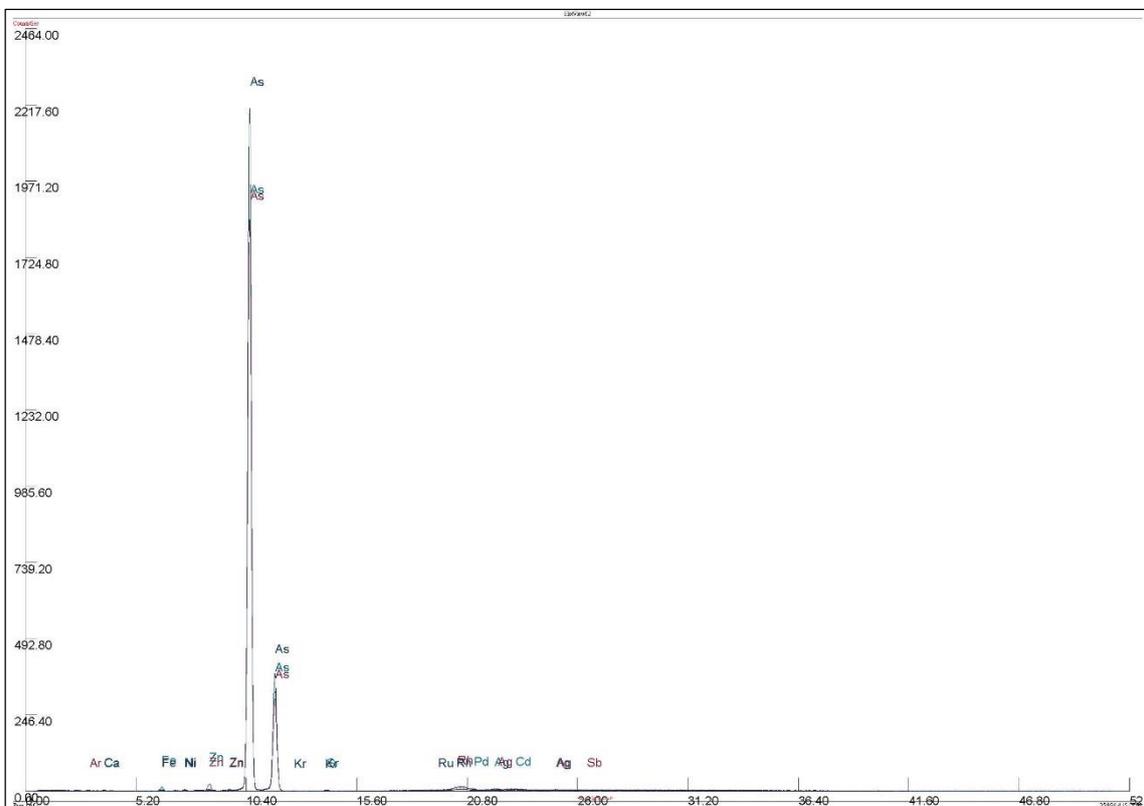
Graph 4 : spectres spécimen 4, n°92.4496B, analyses 4753-4758, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



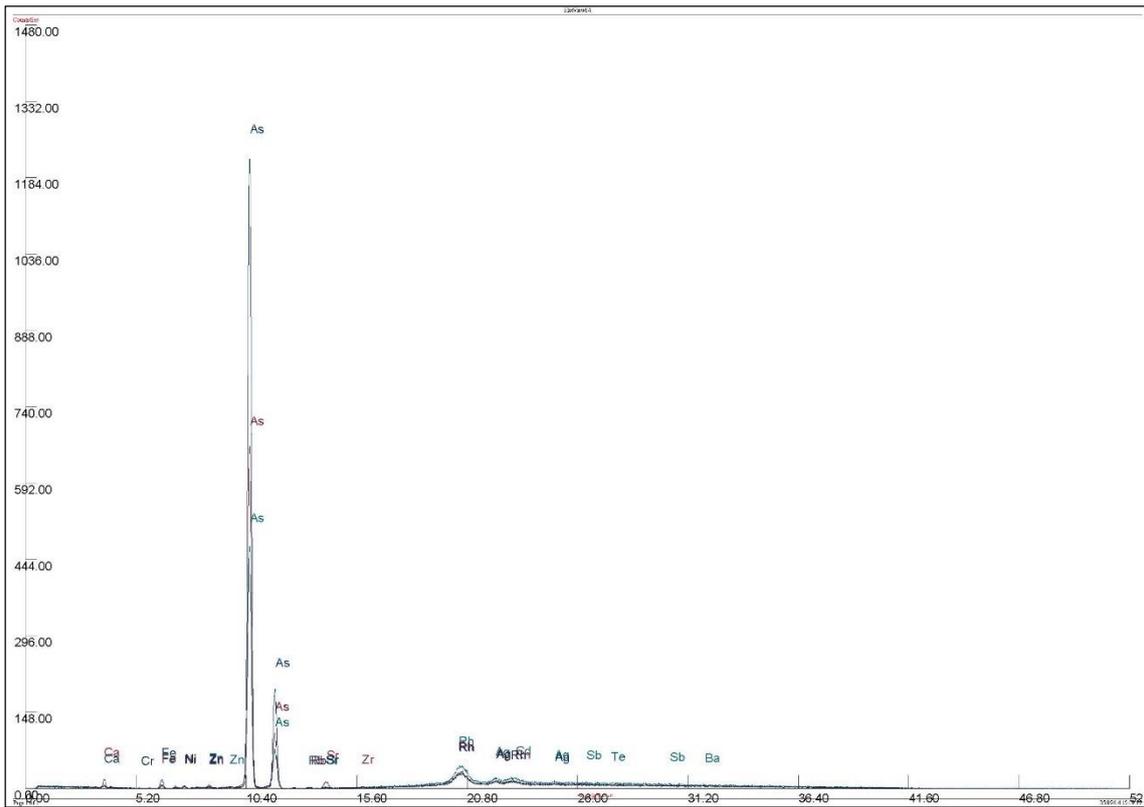
Graph 5 : spectres spécimen 5, n° 92.4353, analyses 4759-4762, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



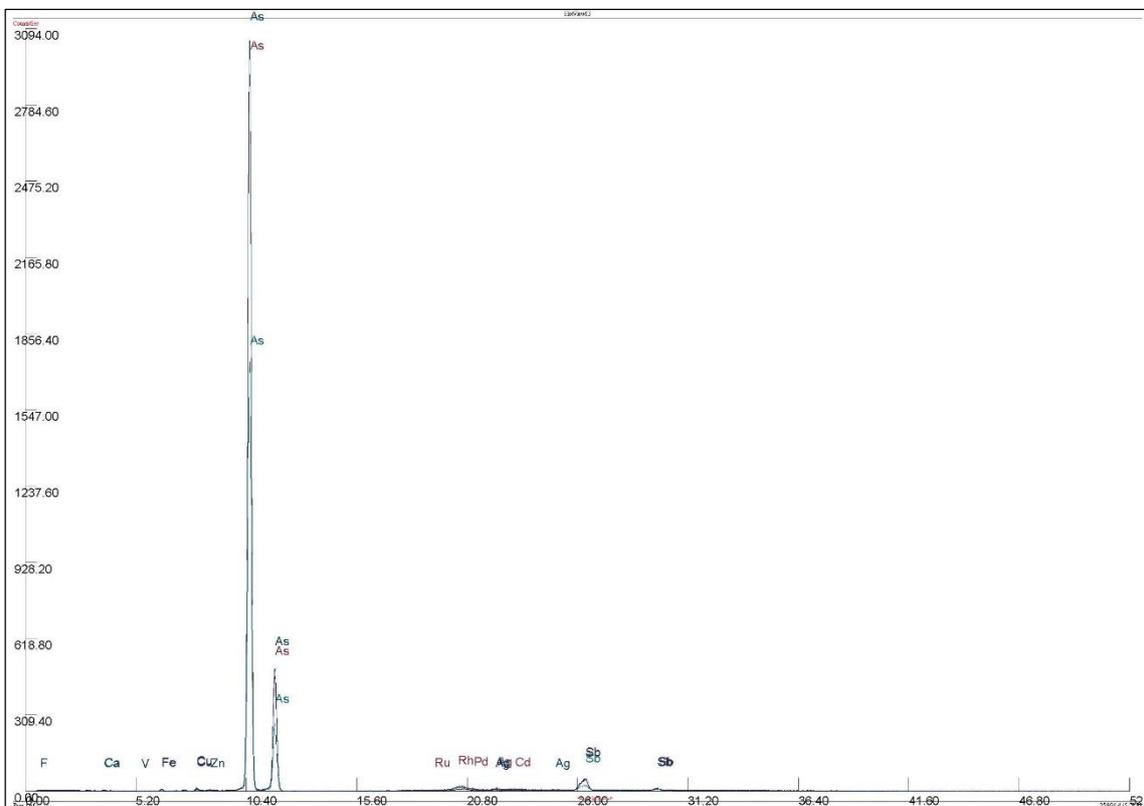
Graph 6 : spectres spécimen 6, n° 92.8118, analyses 4763-4766, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



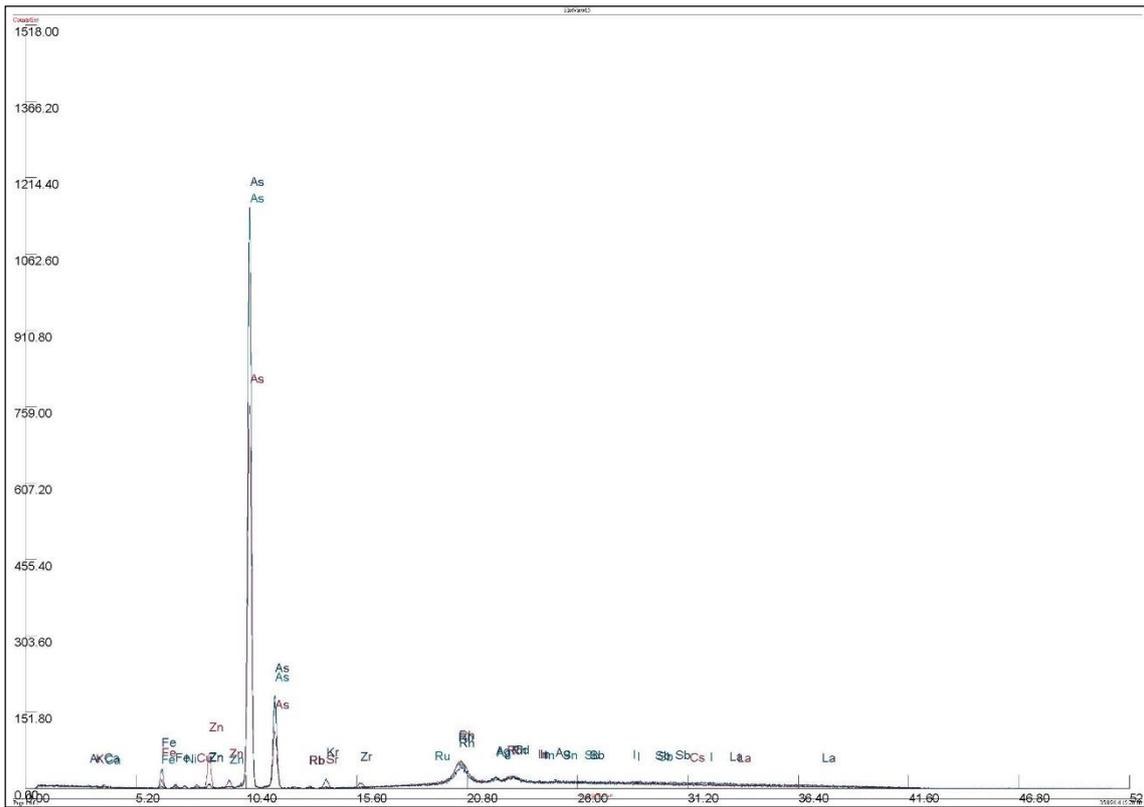
Graph 7 : spectres spécimen 7, n° 92.1972, analyses 4771-4774, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



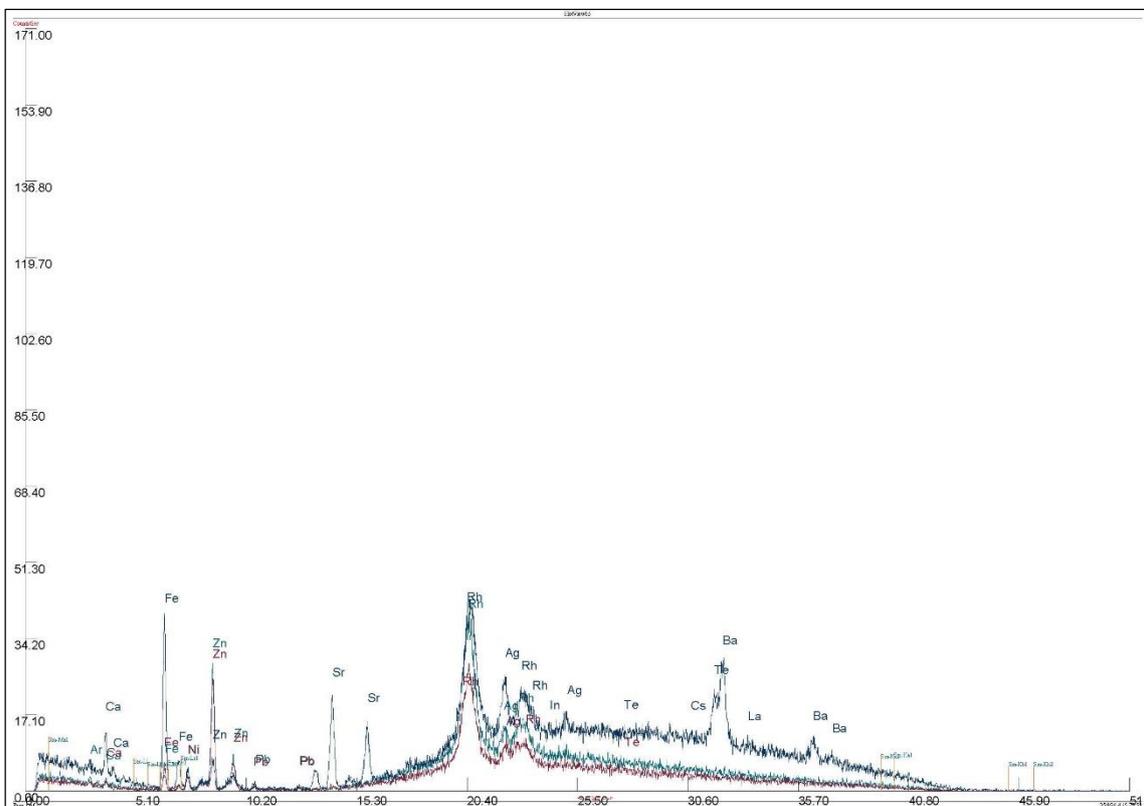
Graph 8 : spectres spécimen 8, n° 92.3503, analyses 4767-4770, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



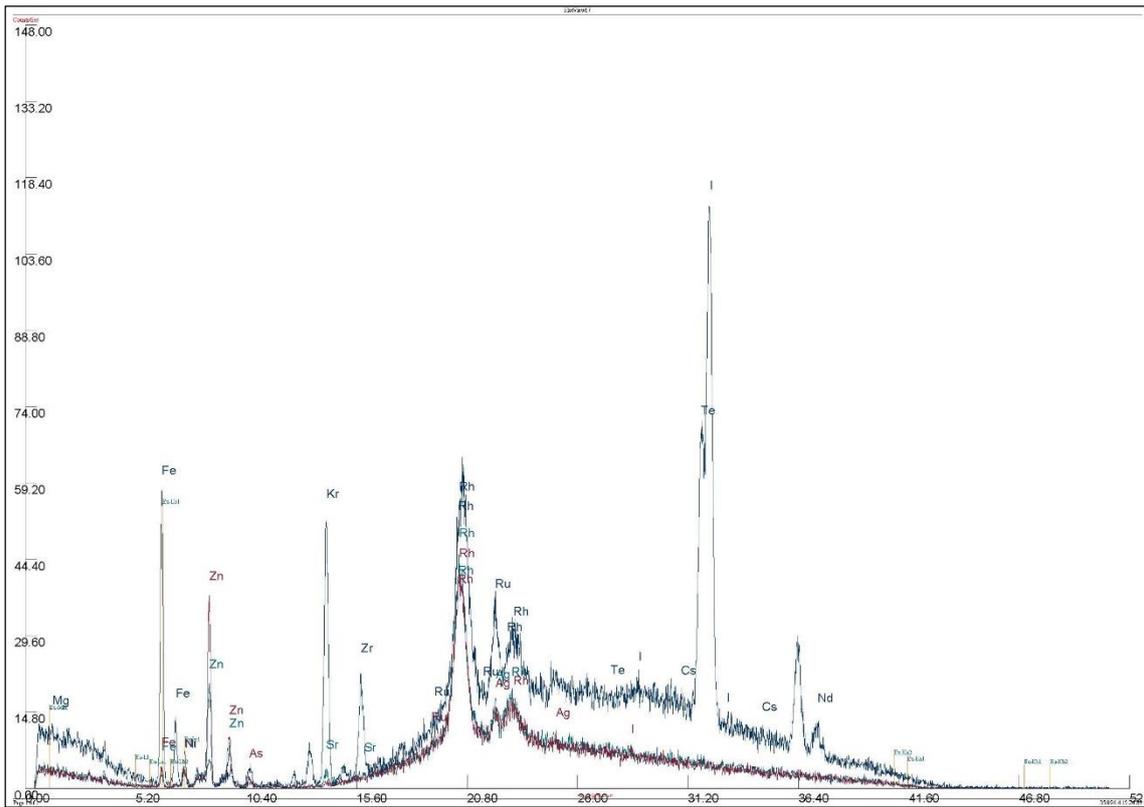
Graph 9 : spectres spécimen 9, n° 92.2157, analyses 4775-4778, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



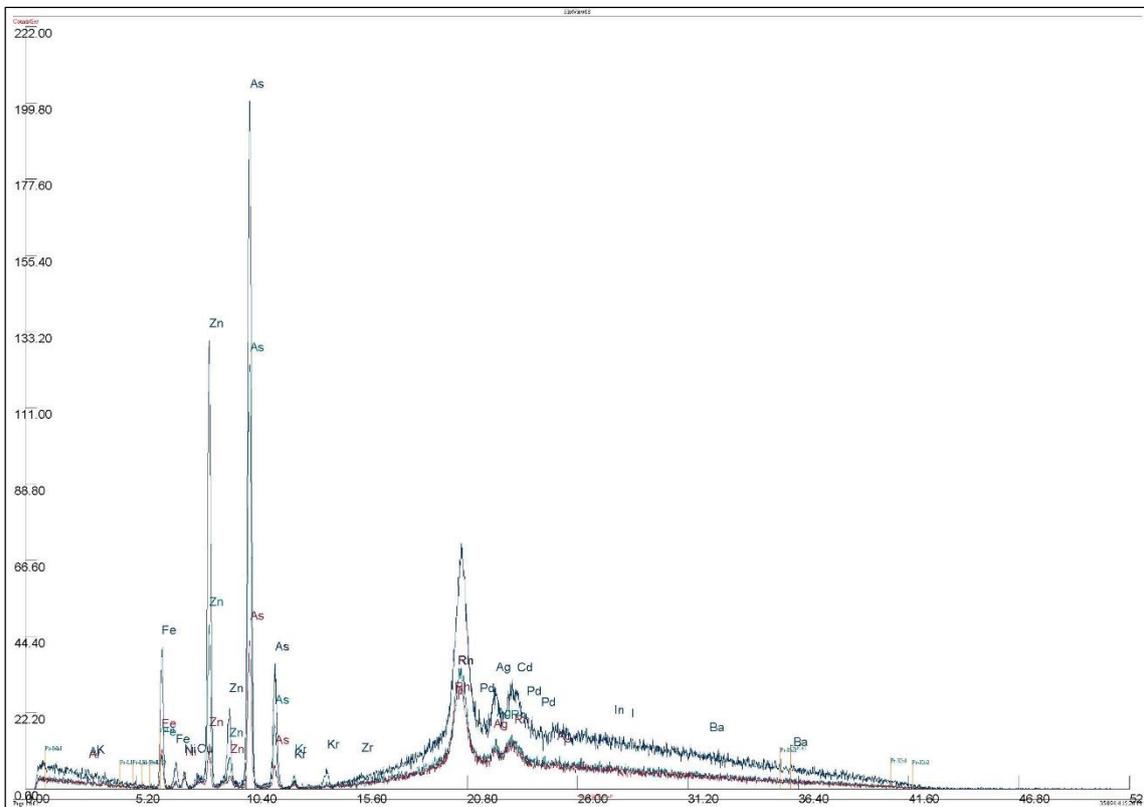
Graph 10 : spectres spécimen 10, n° 92.4972A, analyses 4787-4790, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



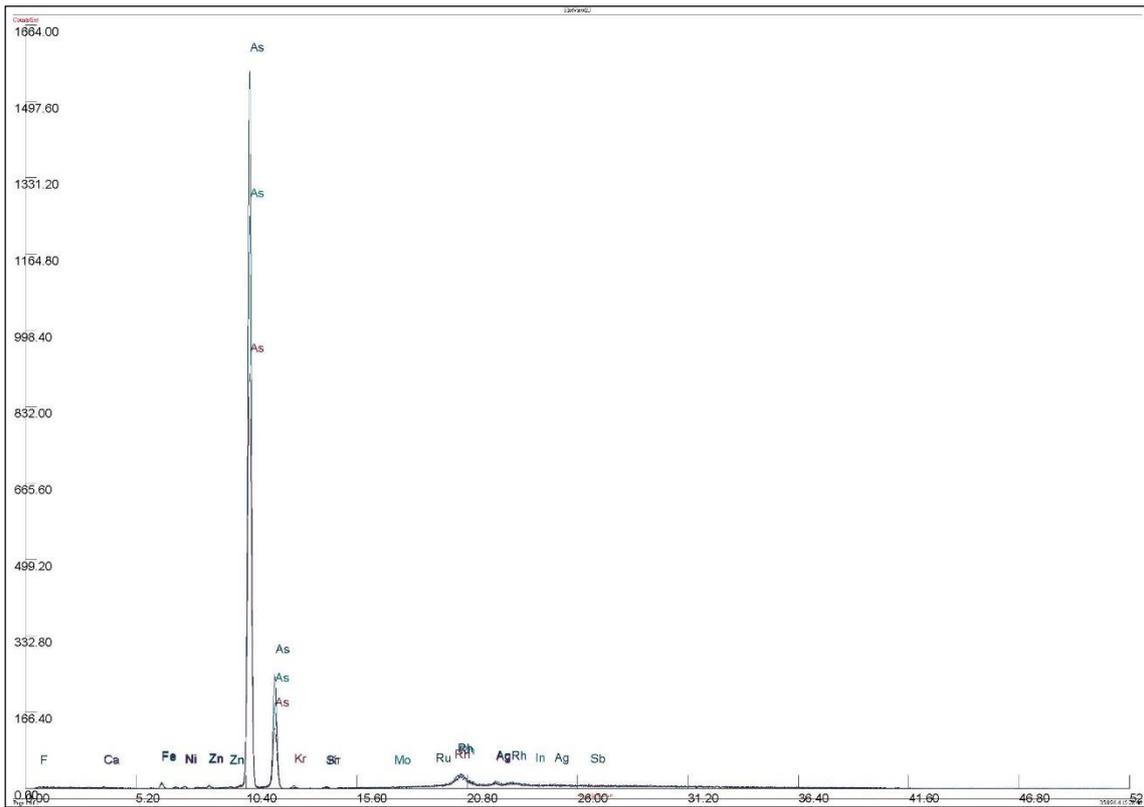
Graph 11 : spectres spécimen 11, n° 92.5686E, analyses 4791-4794, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



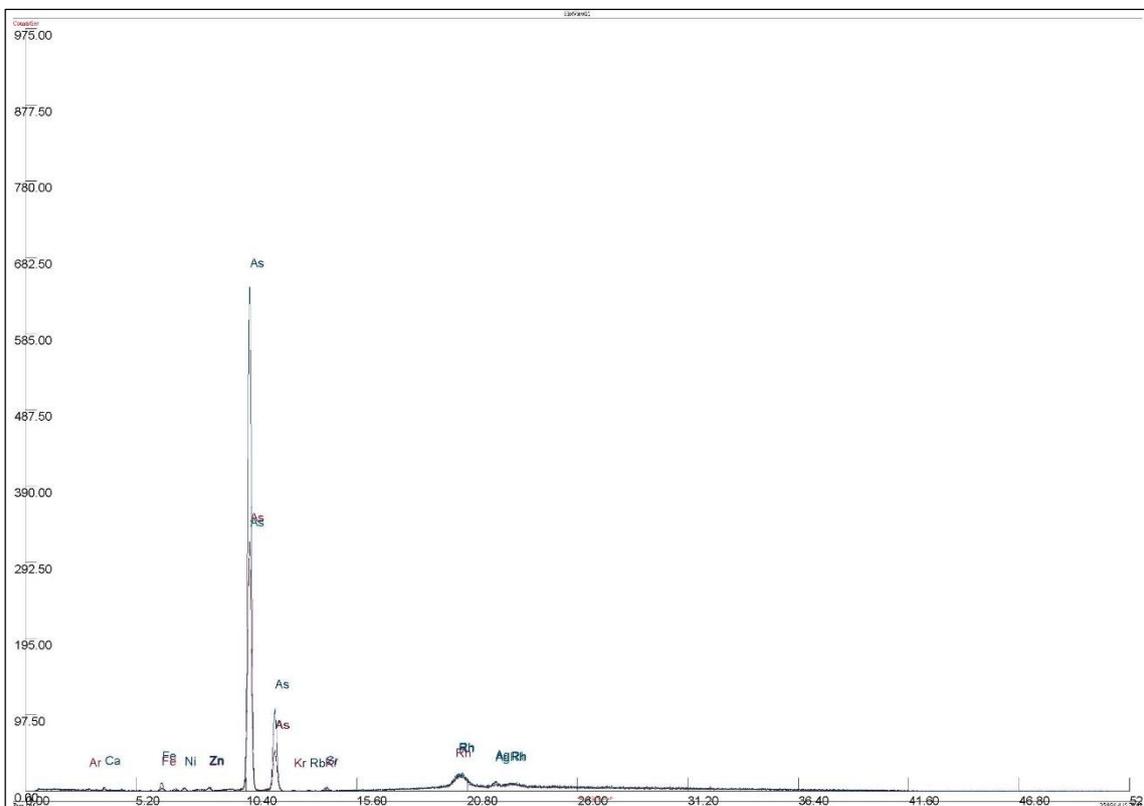
Graph 12 : spectres spécimen 12, n° 92.3787, analyses 4795-4798, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



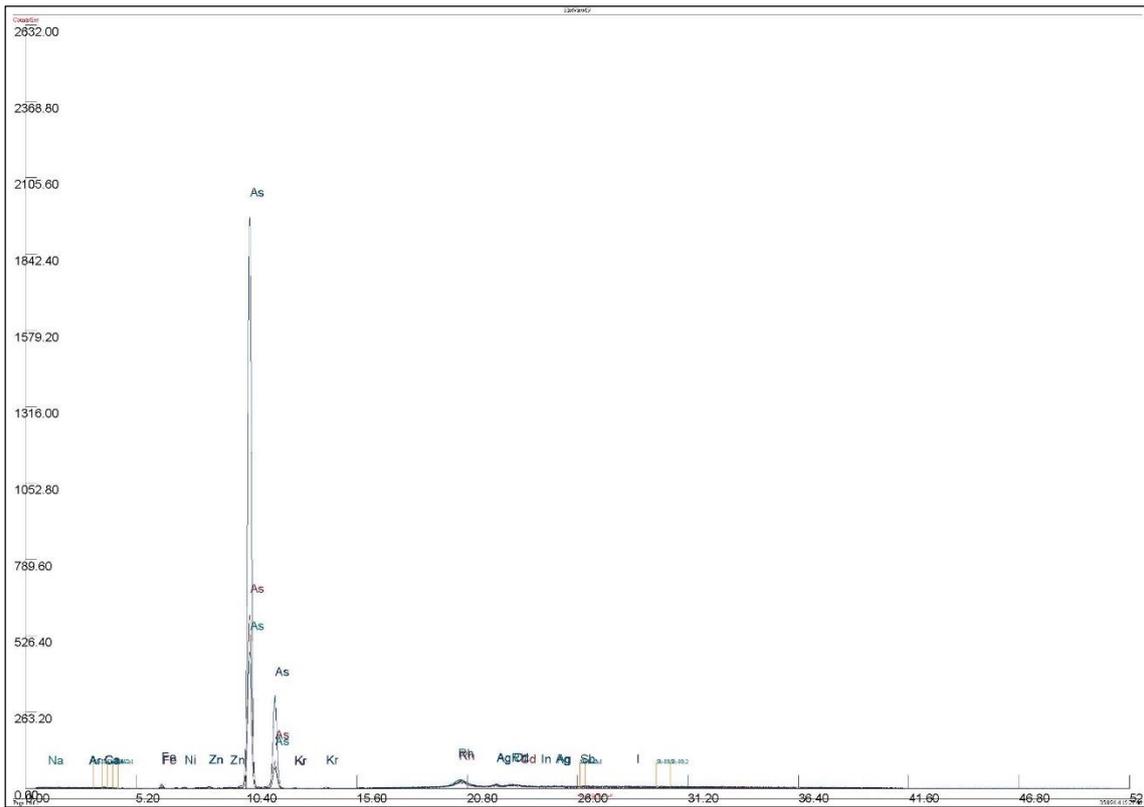
Graph 13 : spectres spécimen 13, n° 92.4268, analyses 4805-4808, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



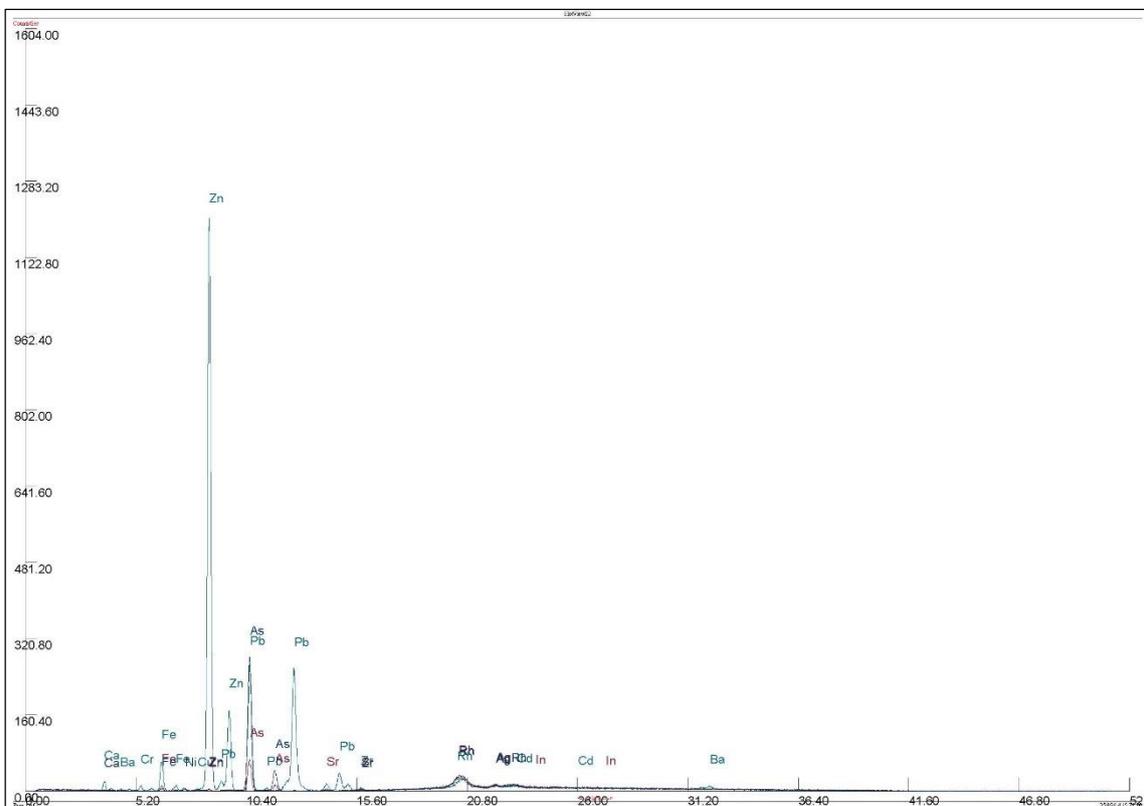
Graph 14 : spectres spécimen 14, n° 92.4983A, analyses 4799-4801, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 15 : spectres spécimen 15, n° 92.3691, analyses 4802-4804, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

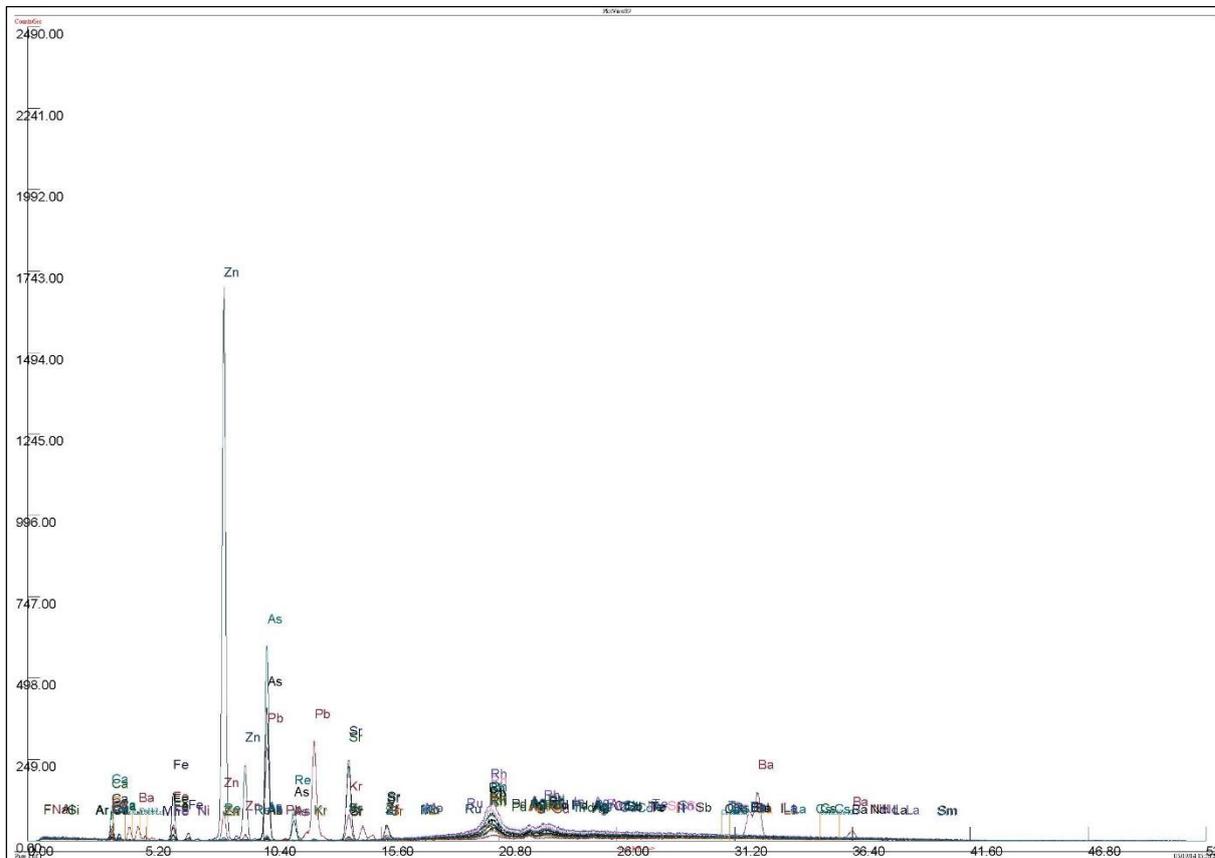


Graph 16 : spectres spécimen 16, n° 92.2168, analyses 4852-4856, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



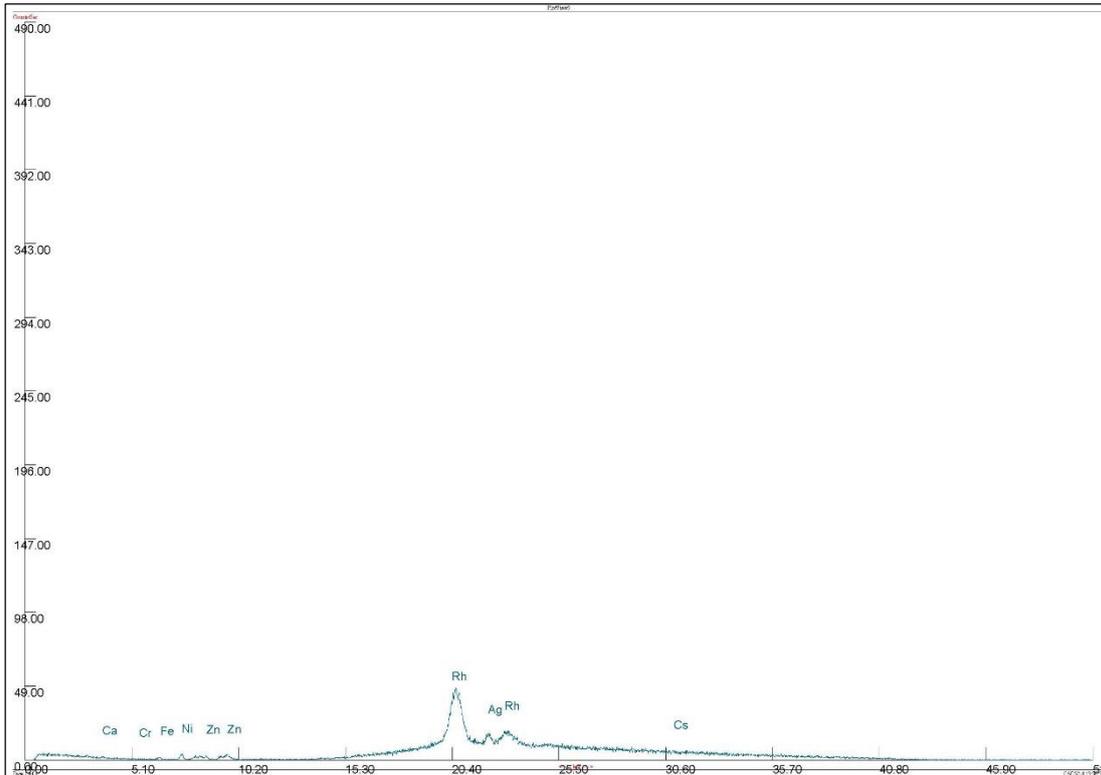
Graph 17 : spectres spécimen 32, n° 92.5443, analyses 4857-4860, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Oiseaux : analyses soles

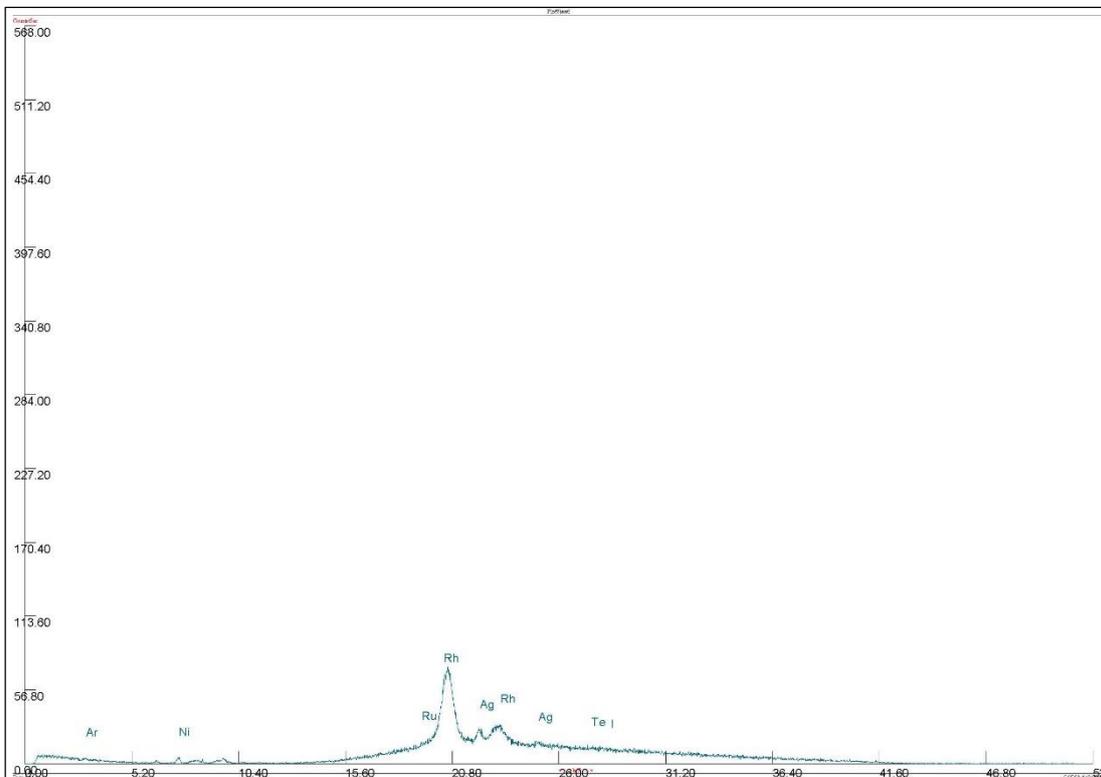


Graph 18 : spectres des soles des oiseaux, analyses 4745-4856, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

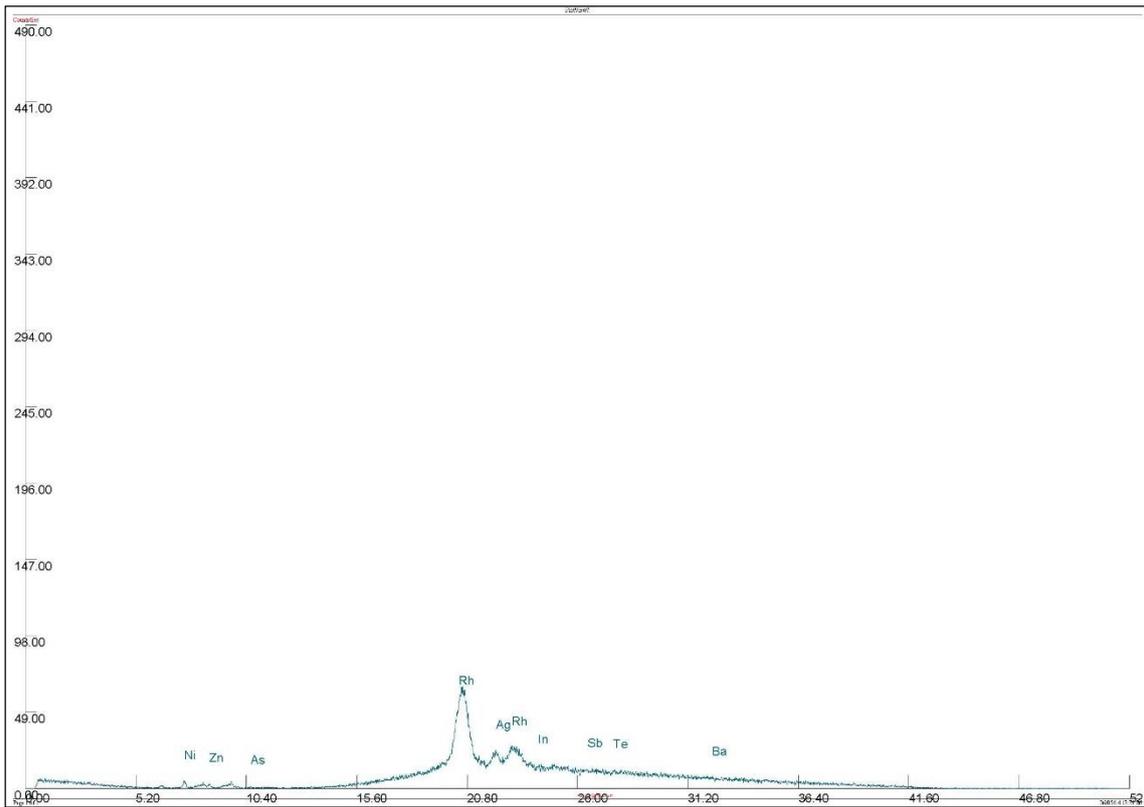
Oiseaux : analyses sols



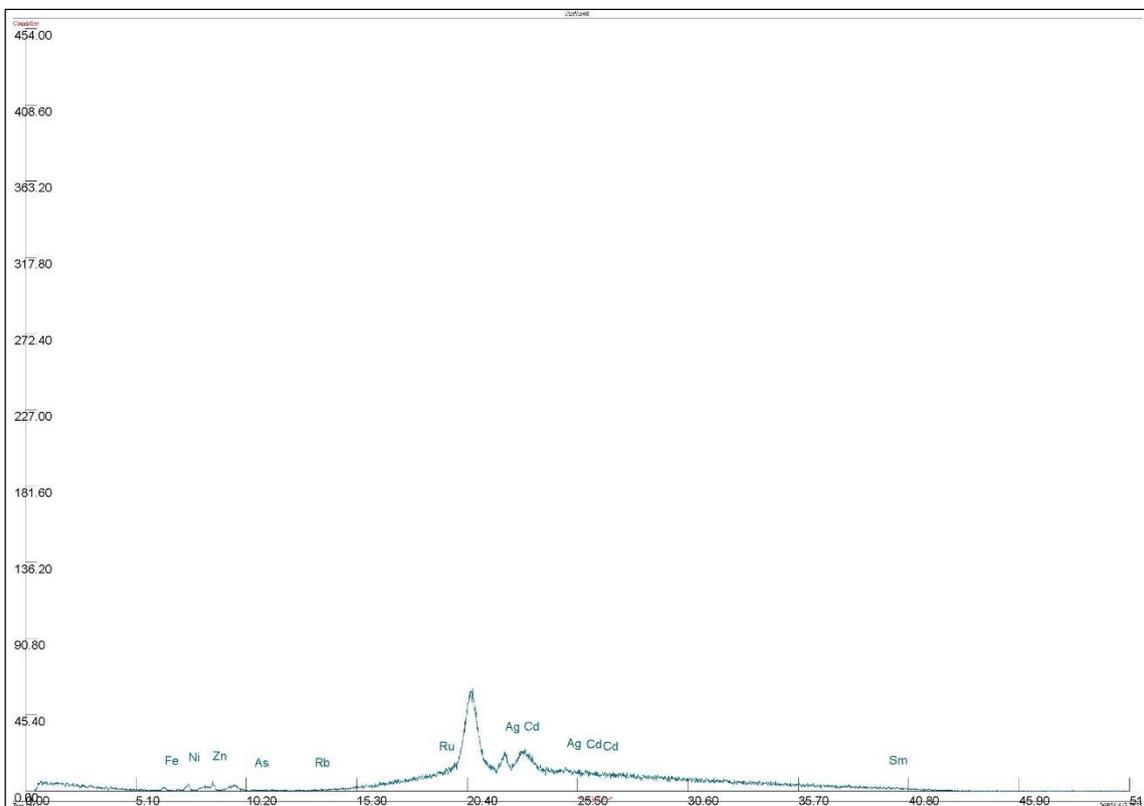
Graph 19 : spectre de la zone 1, analyse 4948, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 20 : spectre de la zone 2, analyse 4949, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

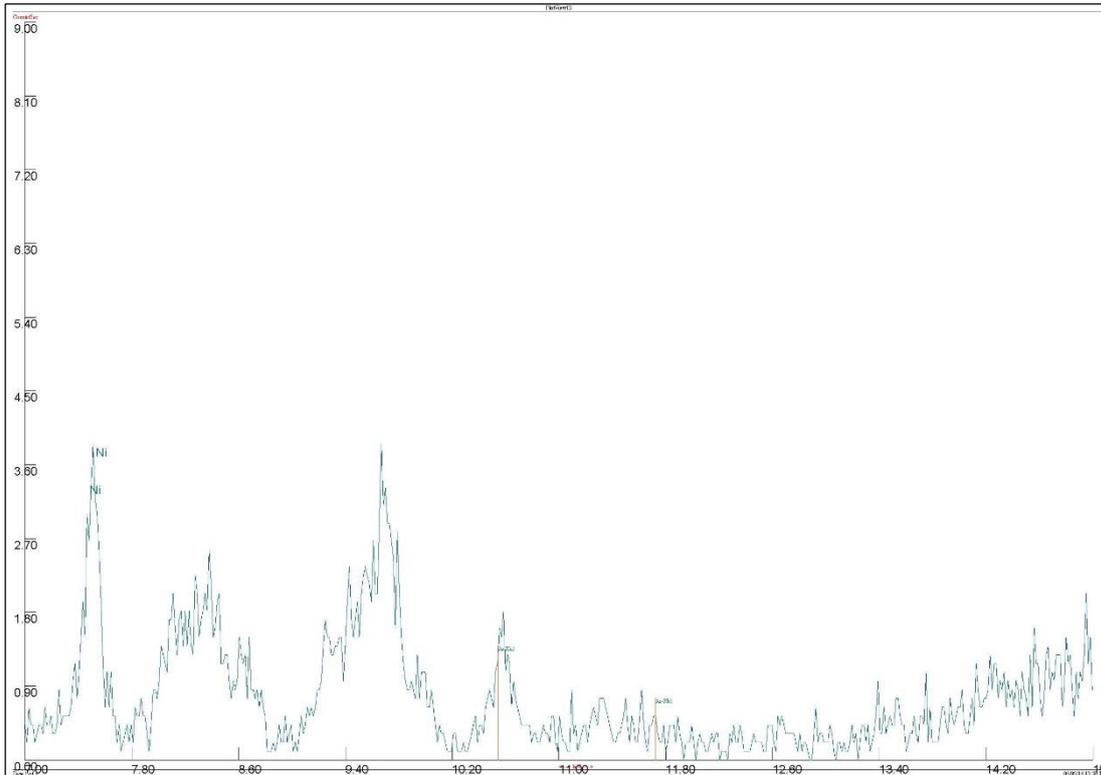


Graph 21 : spectre de la zone 3, analyse 4950, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

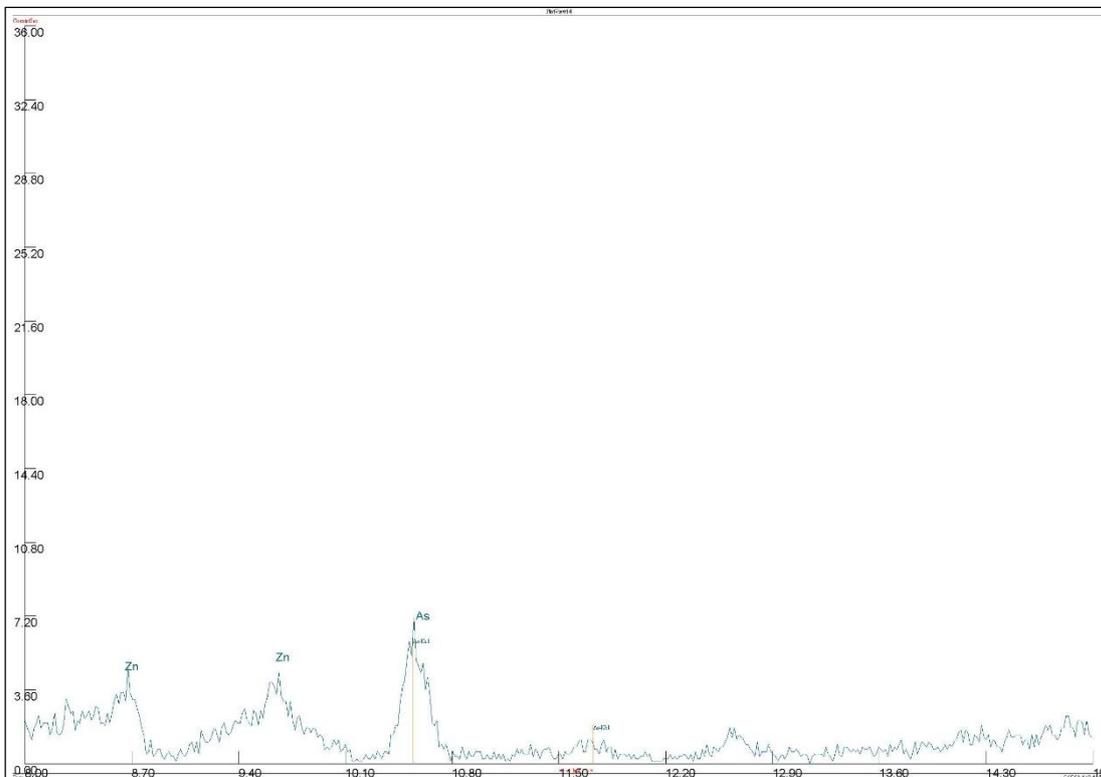


Graph 22 : spectre de la zone 4, analyse 4951, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

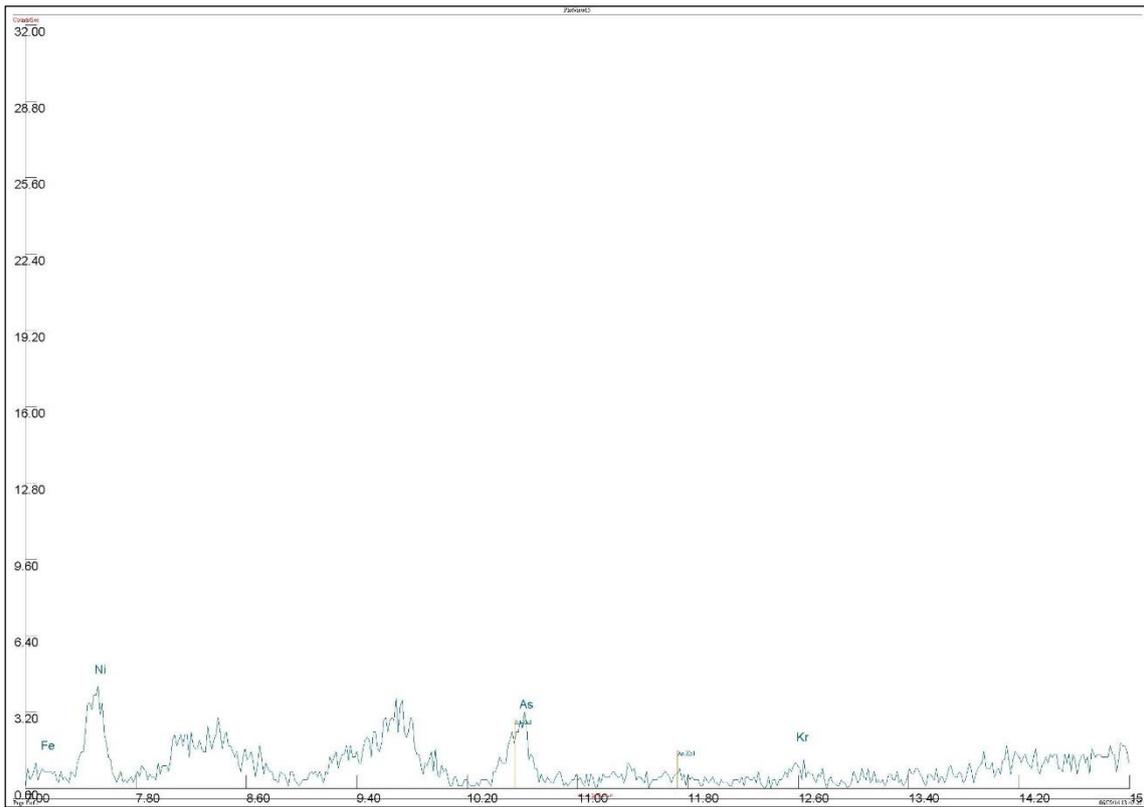
Oiseaux : analyses étagères



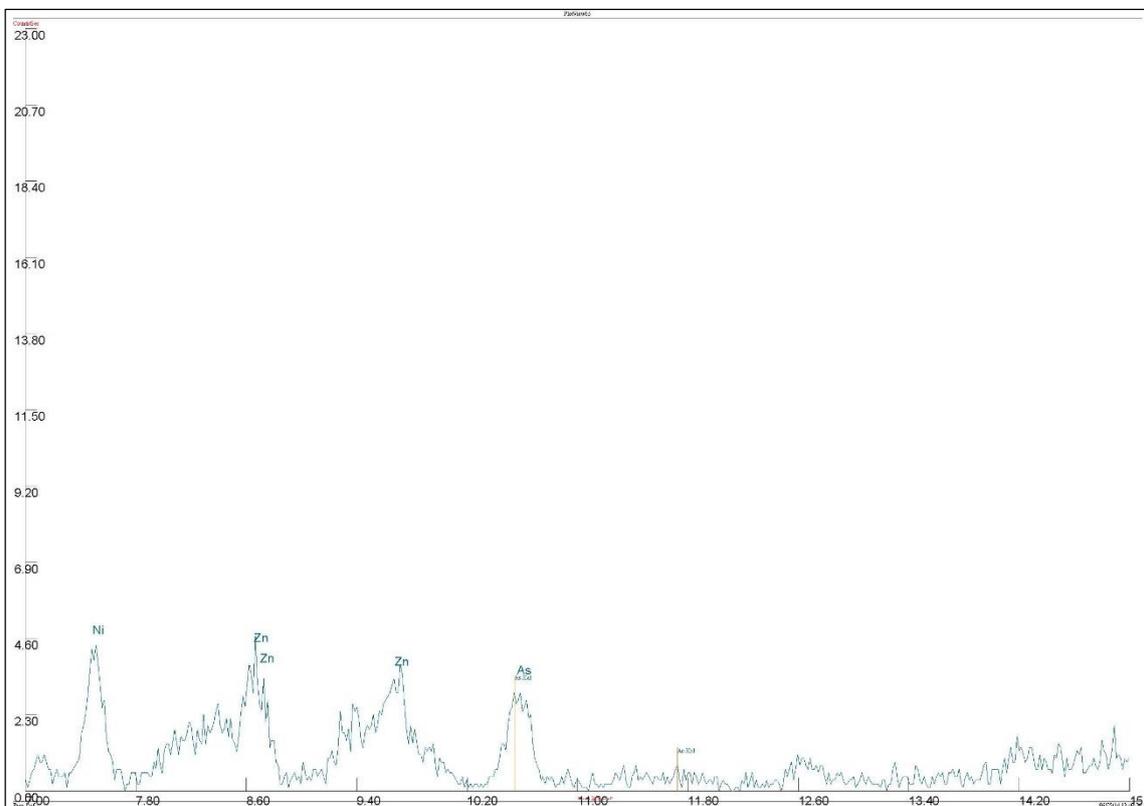
Graph 23 : spectre étagère haute, zone 1, analyse 4952, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



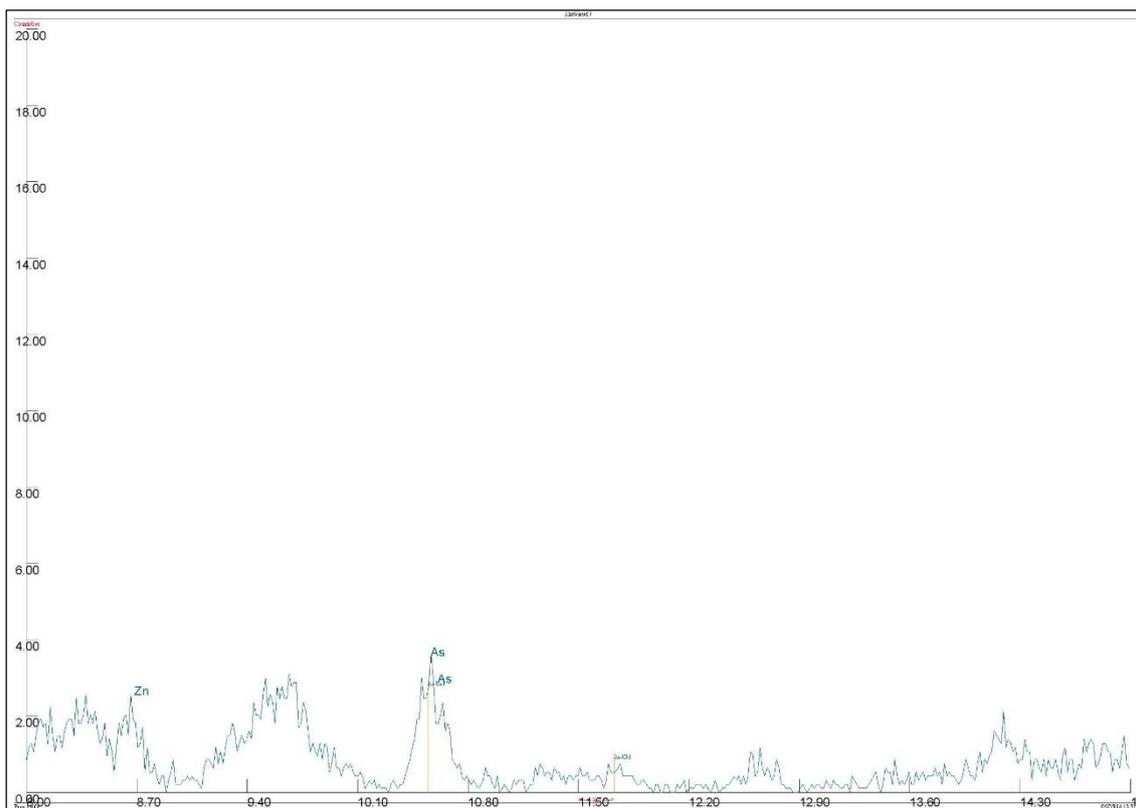
Graph 24 : spectre étagère haute, zone 2, analyse 4953, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



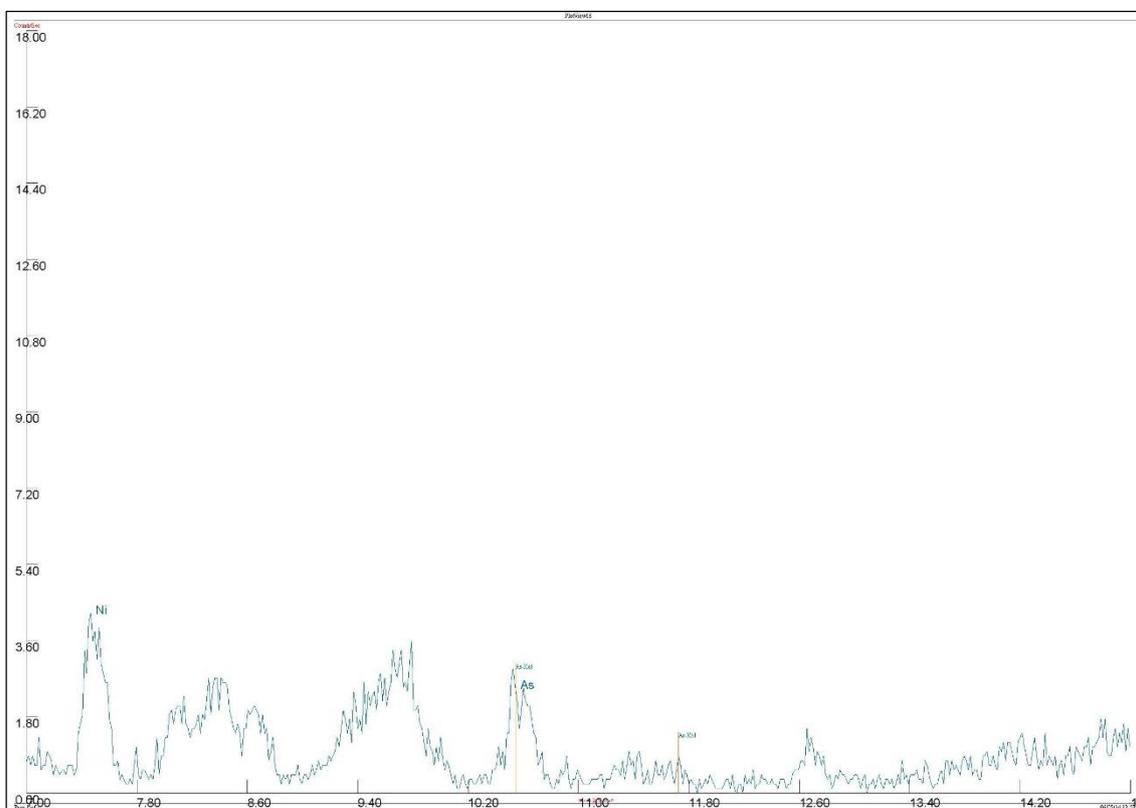
Graph 25 : spectre étagère haute, zone 3, analyse 4955, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



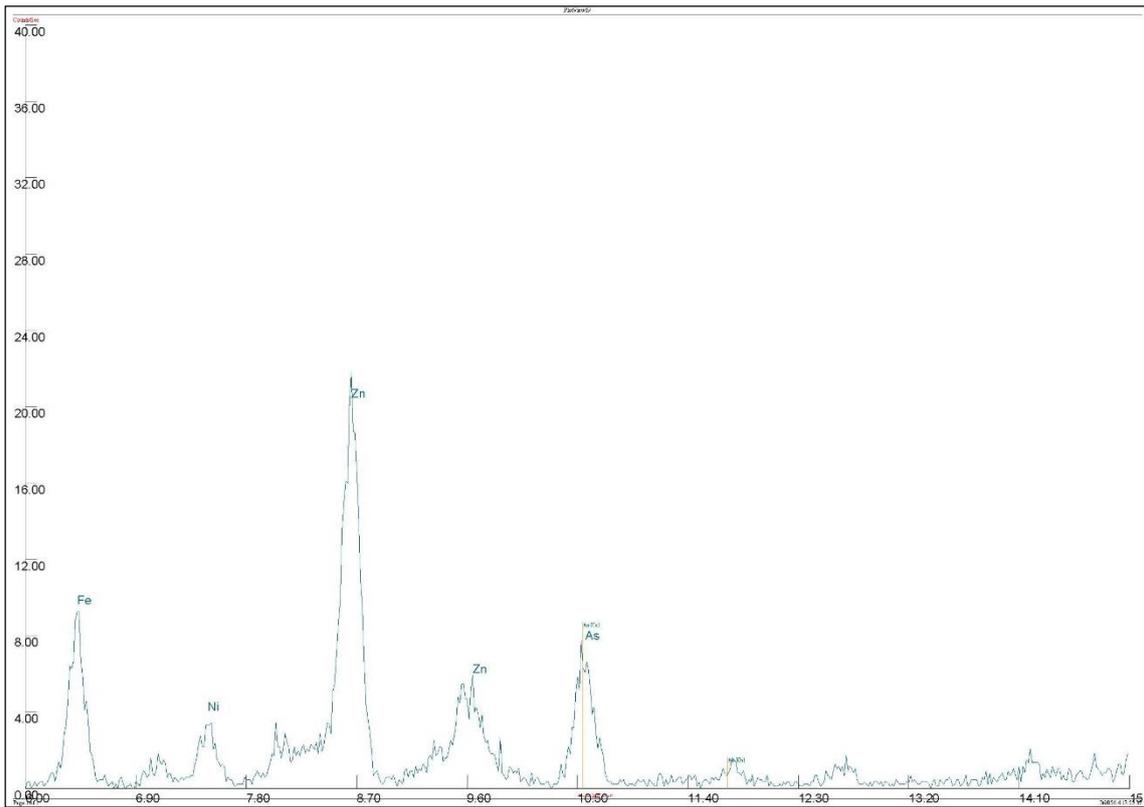
Graph 26 : spectre étagère haute, zone 4, analyse 4956, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



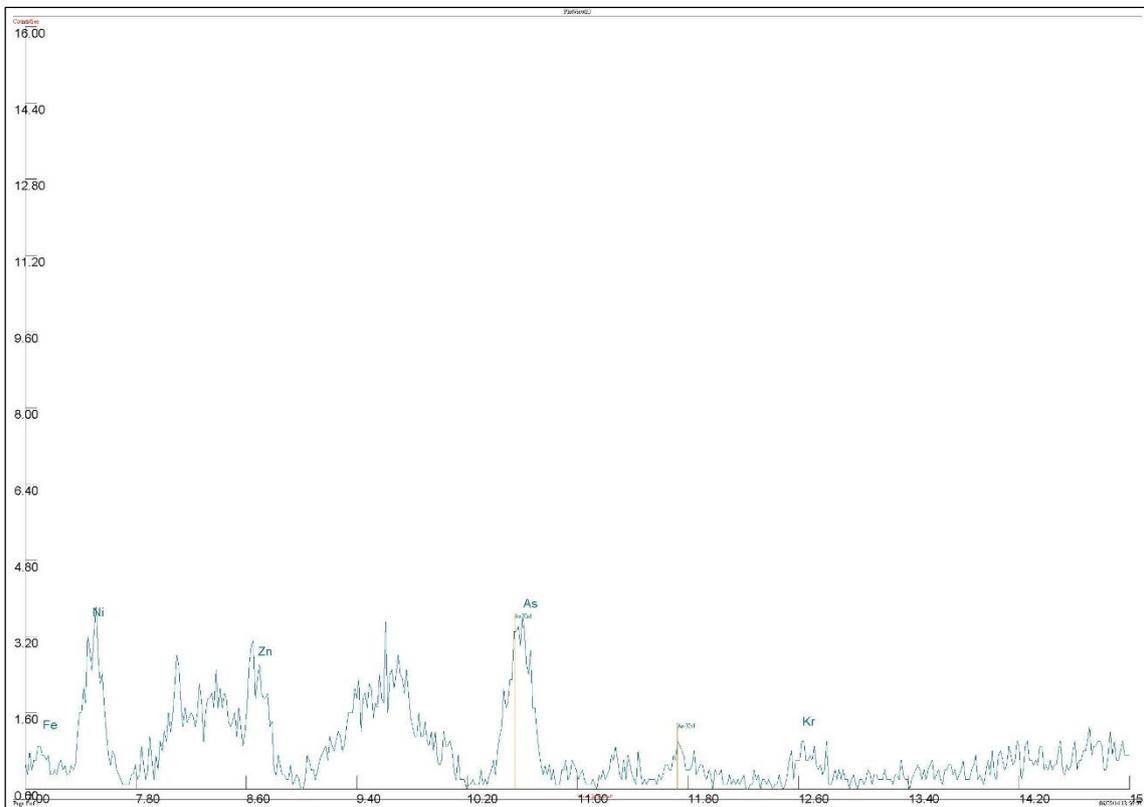
Graph 27 : spectre étagère haute, zone 5, analyse 4957, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



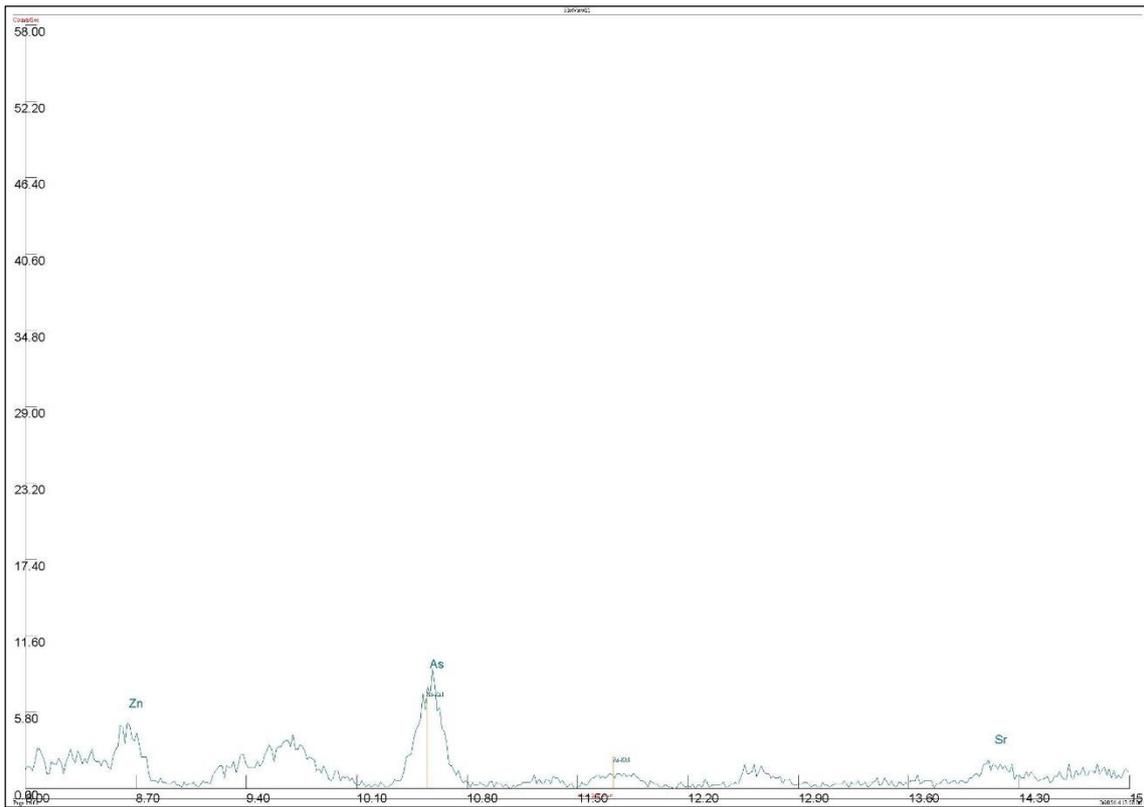
Graph 28 : spectre étagère basse, zone 6, analyse 4958, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



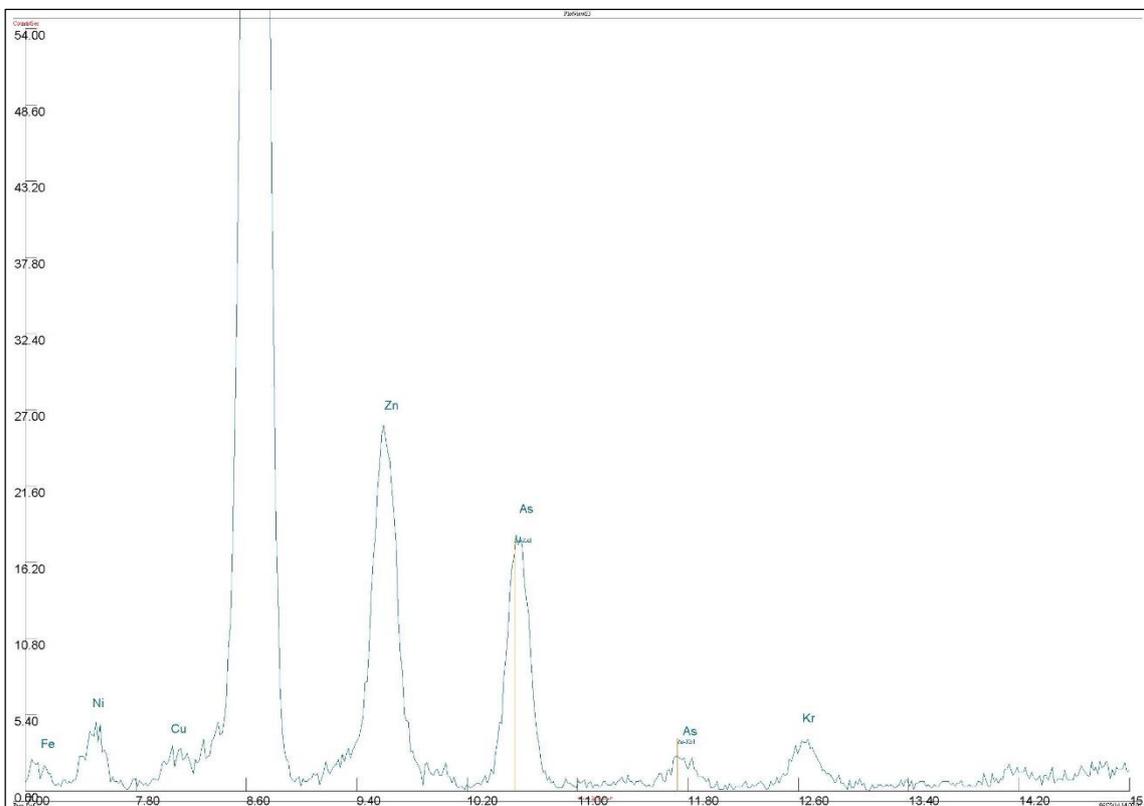
Graph 29 : spectre étagère basse, zone 7, analyse 4959, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 30 : spectre étagère basse, zone 8, analyse 4960, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

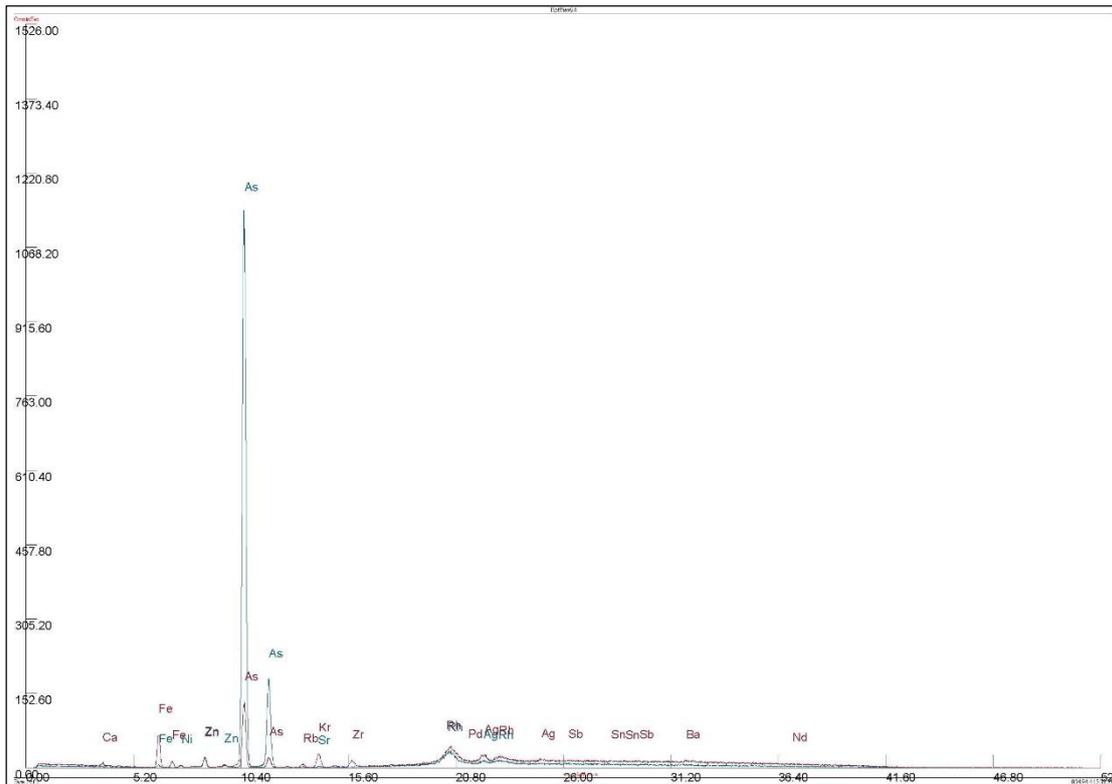


Graph 31 : spectre étagère basse, zone 9, analyse 4961, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

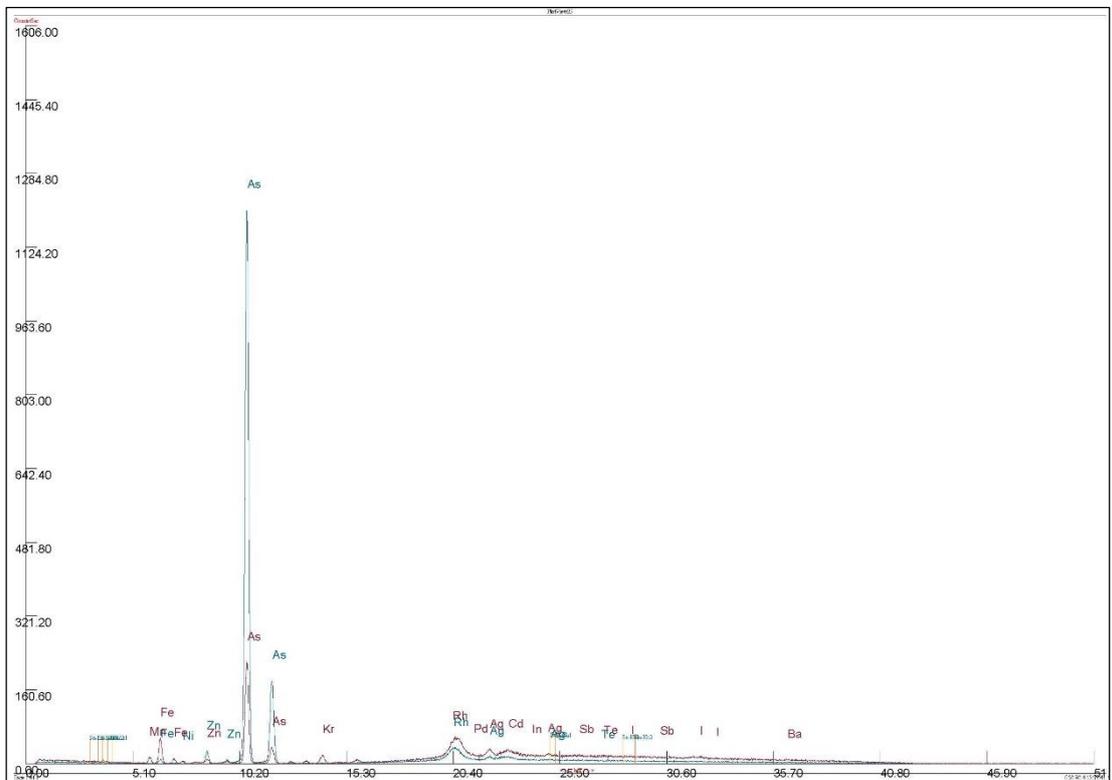


Graph 32 : spectre étagère basse, zone 10, analyse 4964, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

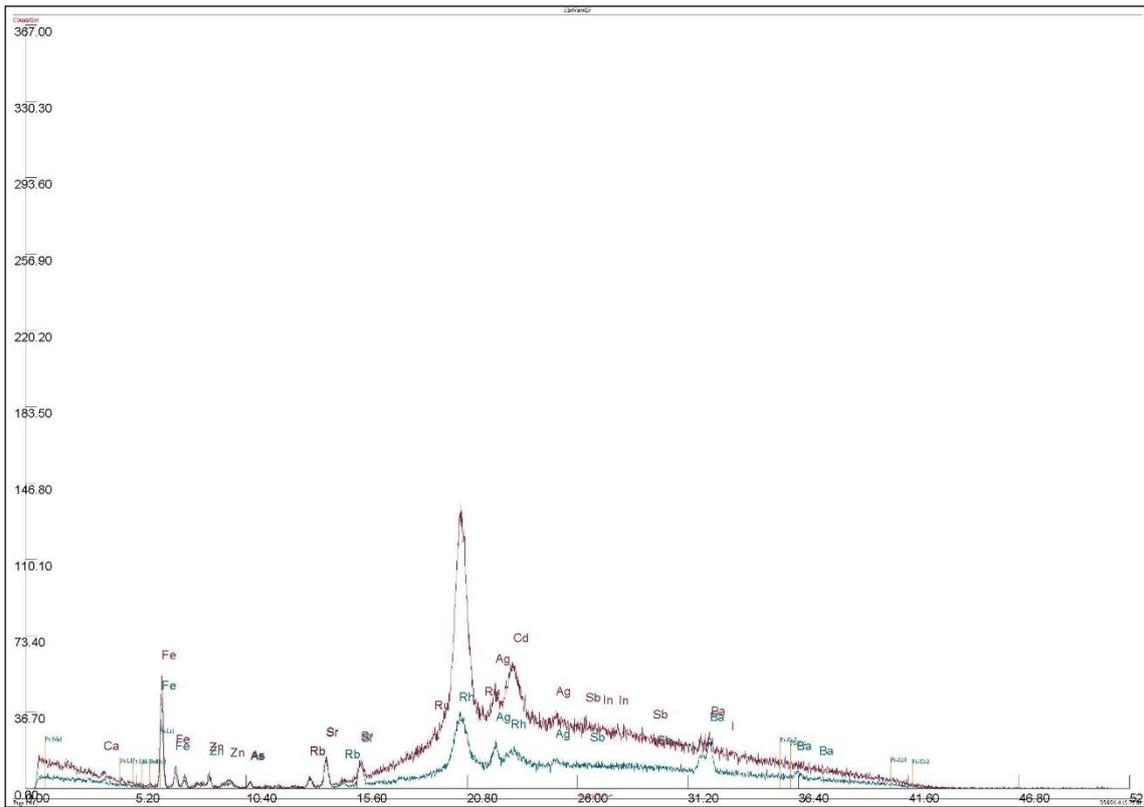
Mammifères : analyses corps



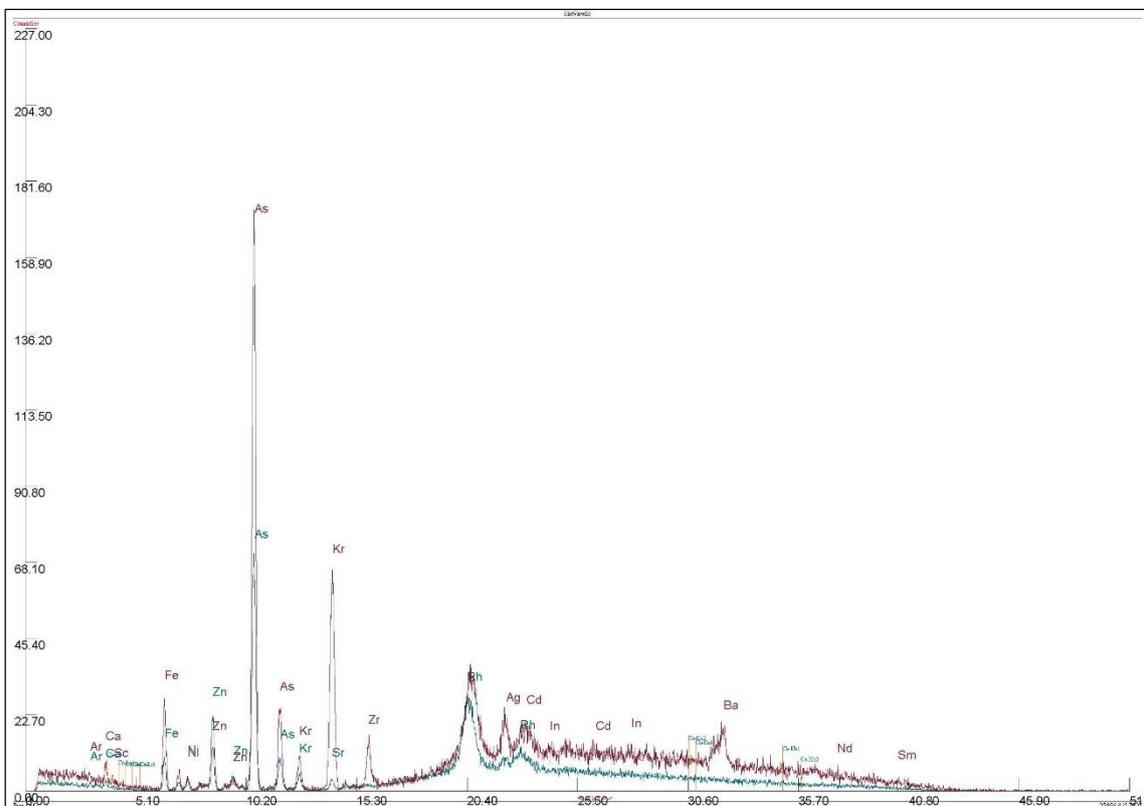
Graph 33 : spectres spécimen 17, n° 94.2116,, analyses 4809-4811, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



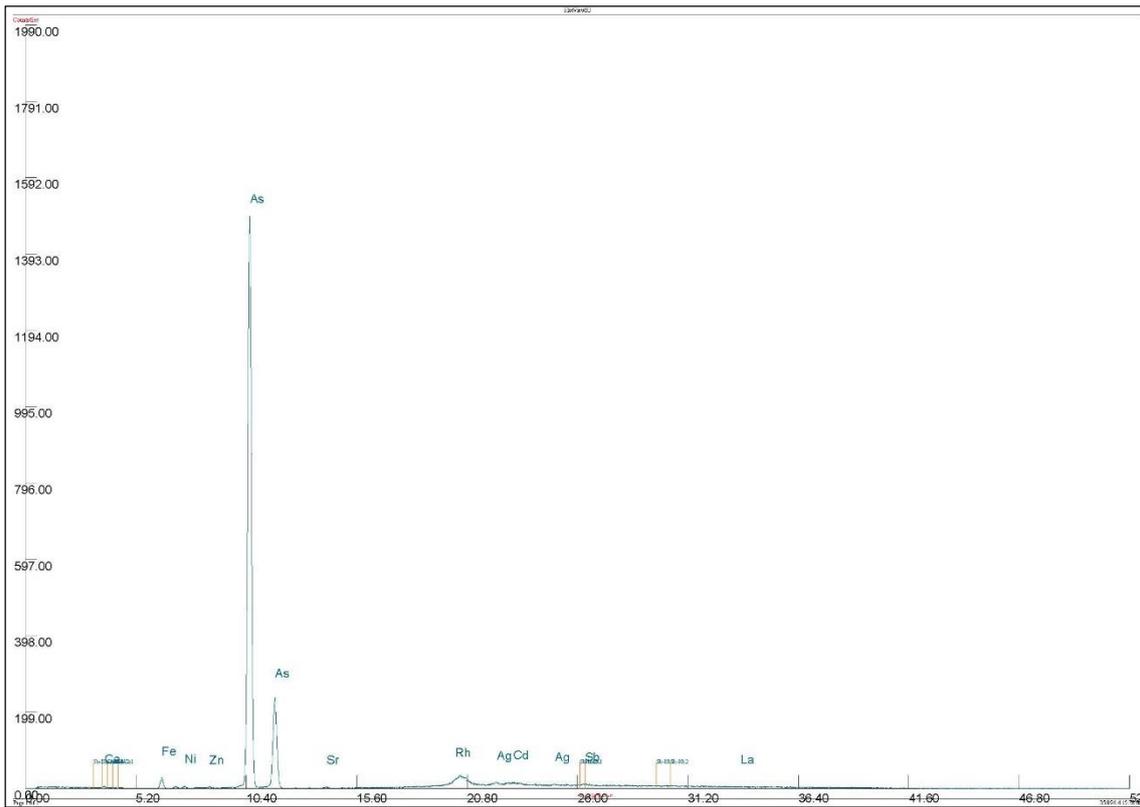
Graph 34 : spectres spécimen 18, n° 94.1393E,, analyses 4812-4814, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



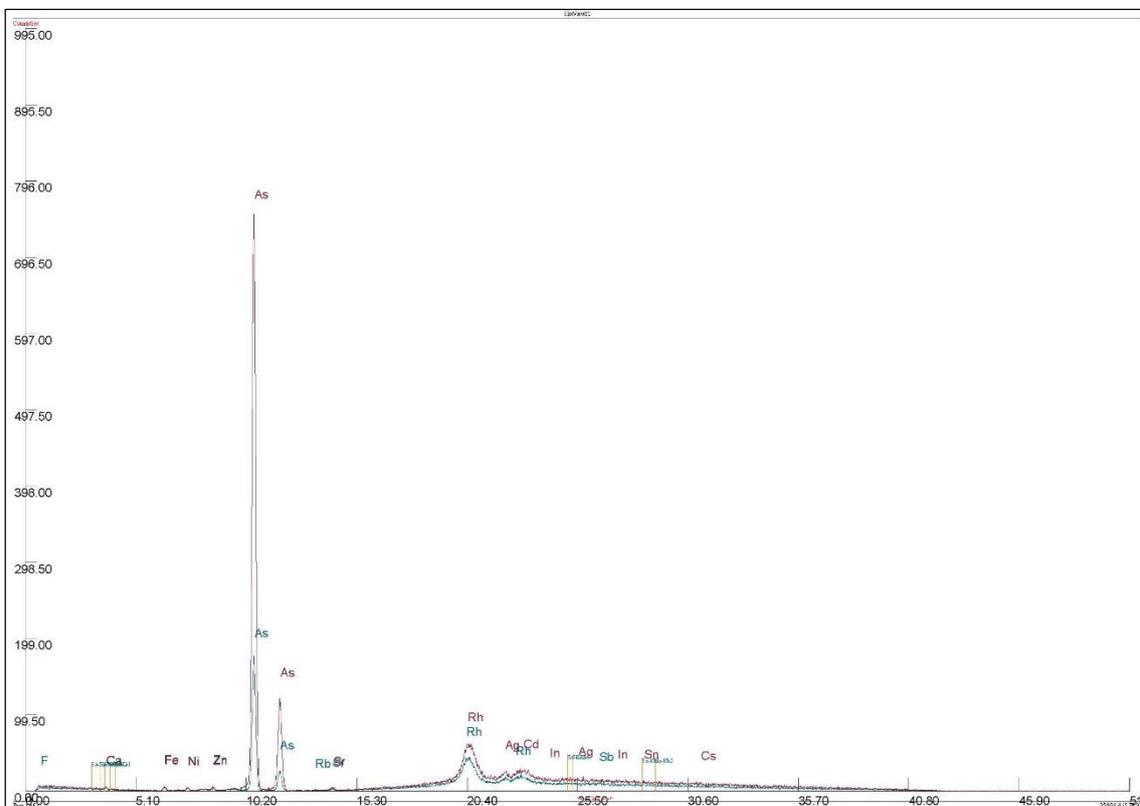
Graph 35 : spectres spécimen 19, n° 94.2098,, analyses 4818-4820, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



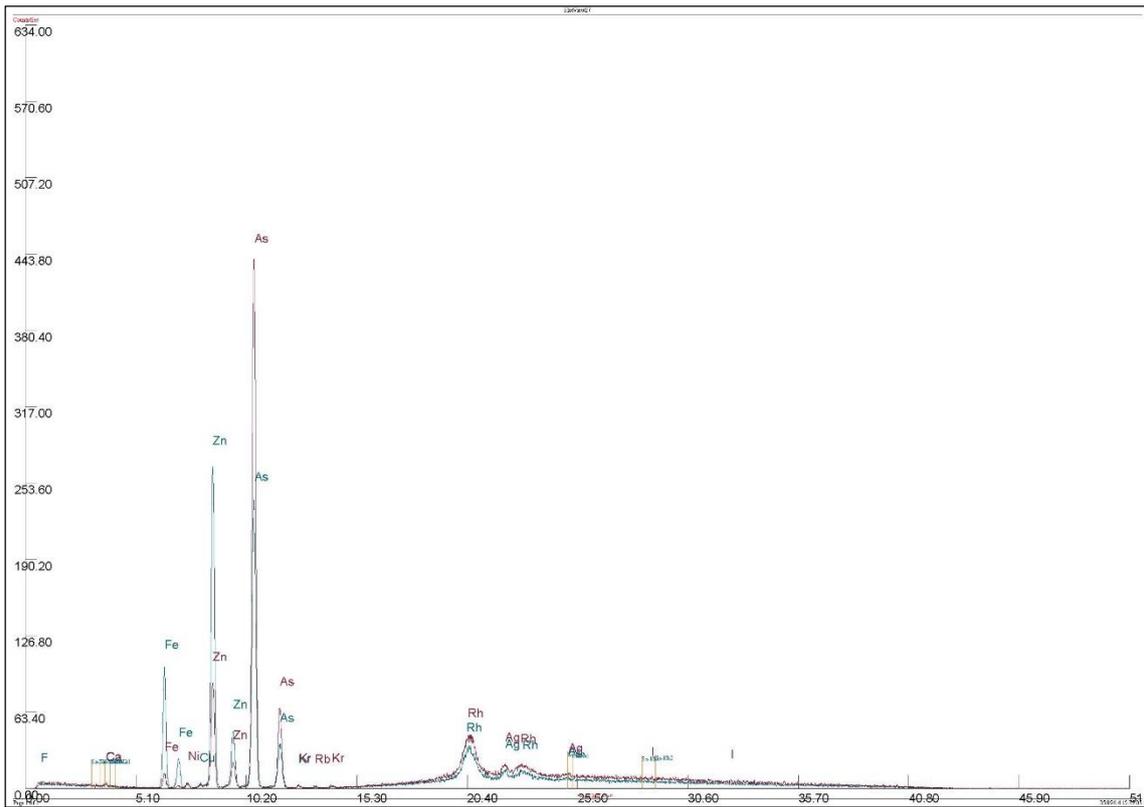
Graph 36 : spectres spécimen 20, n° 94.1106A, analyses 4826-4827, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



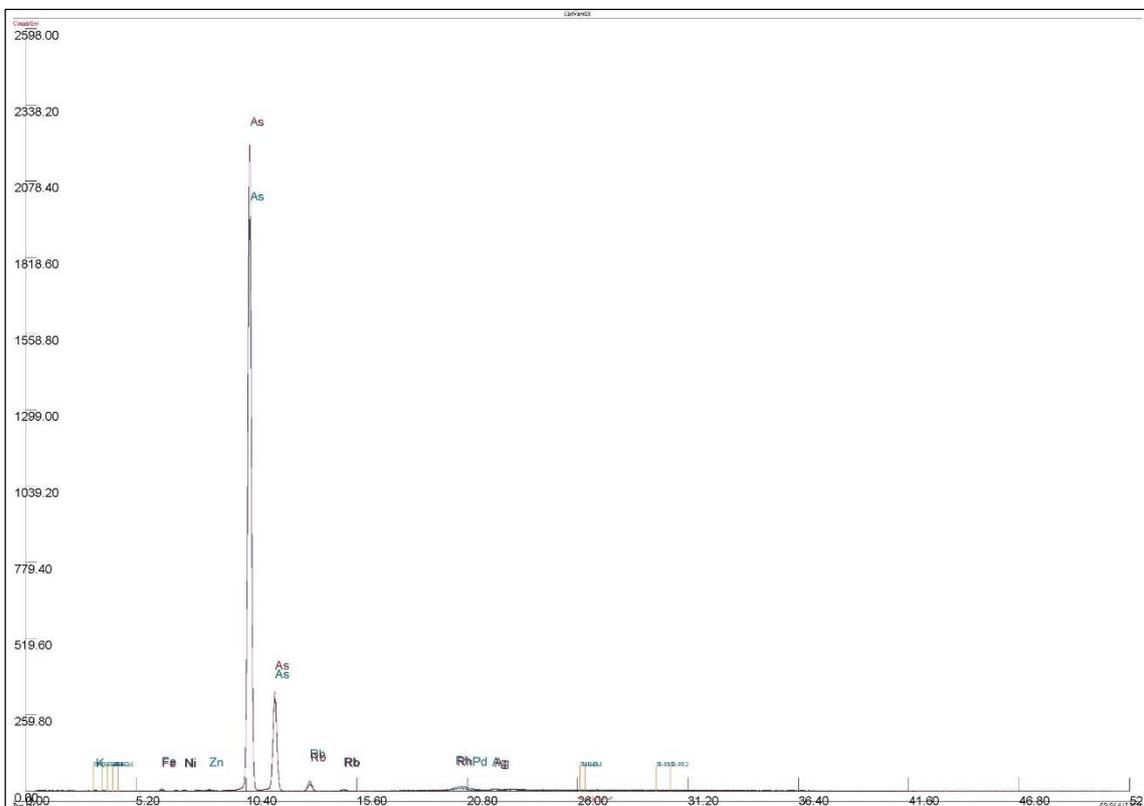
Graph 37 : spectres spécimen 21, n° 94.2157, analyses 4828-4830, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



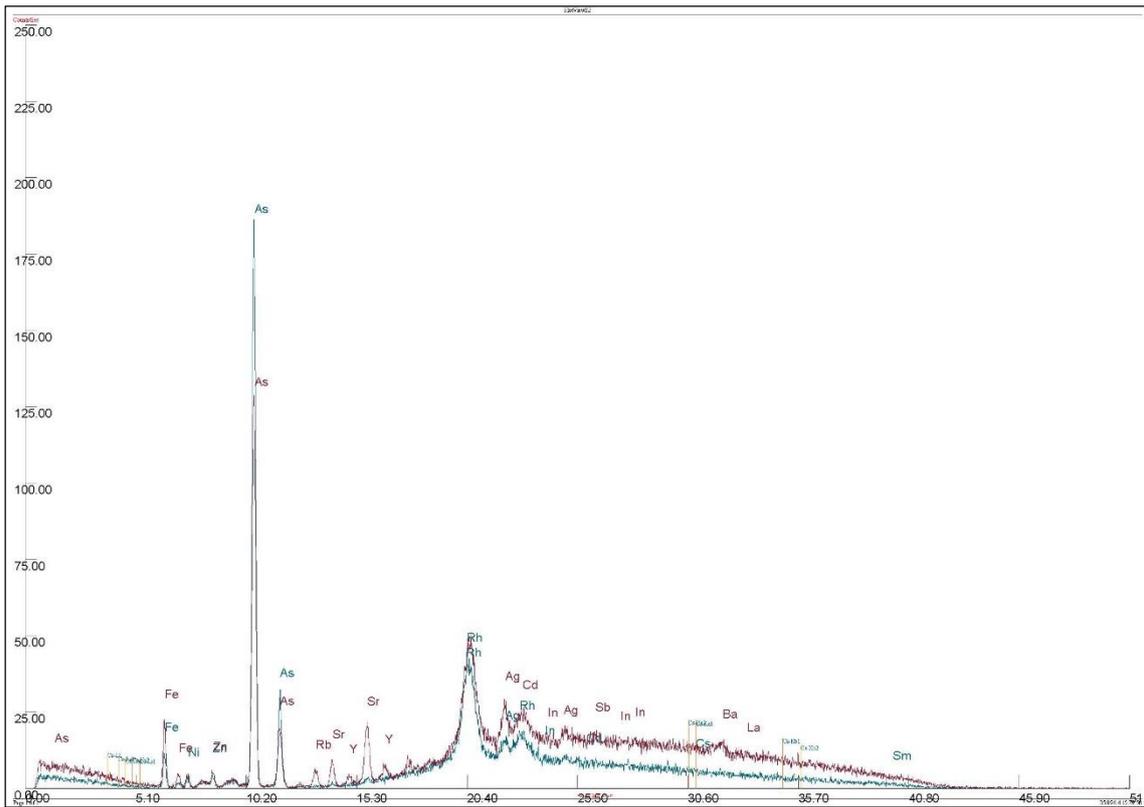
Graph 38 : spectres spécimen 22, n° 94.2129, analyses 4815-4817, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



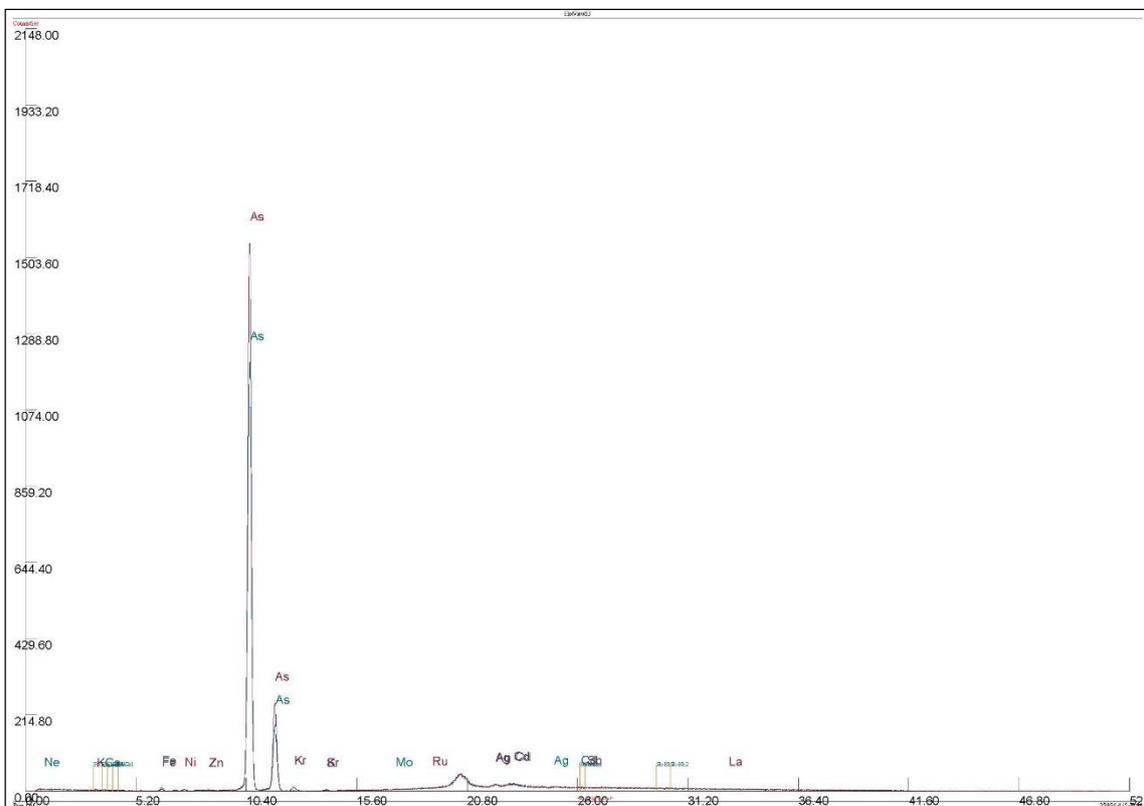
Graph 39 : spectres spécimen 23, n° 94.1104A, analyses 4821-4822, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



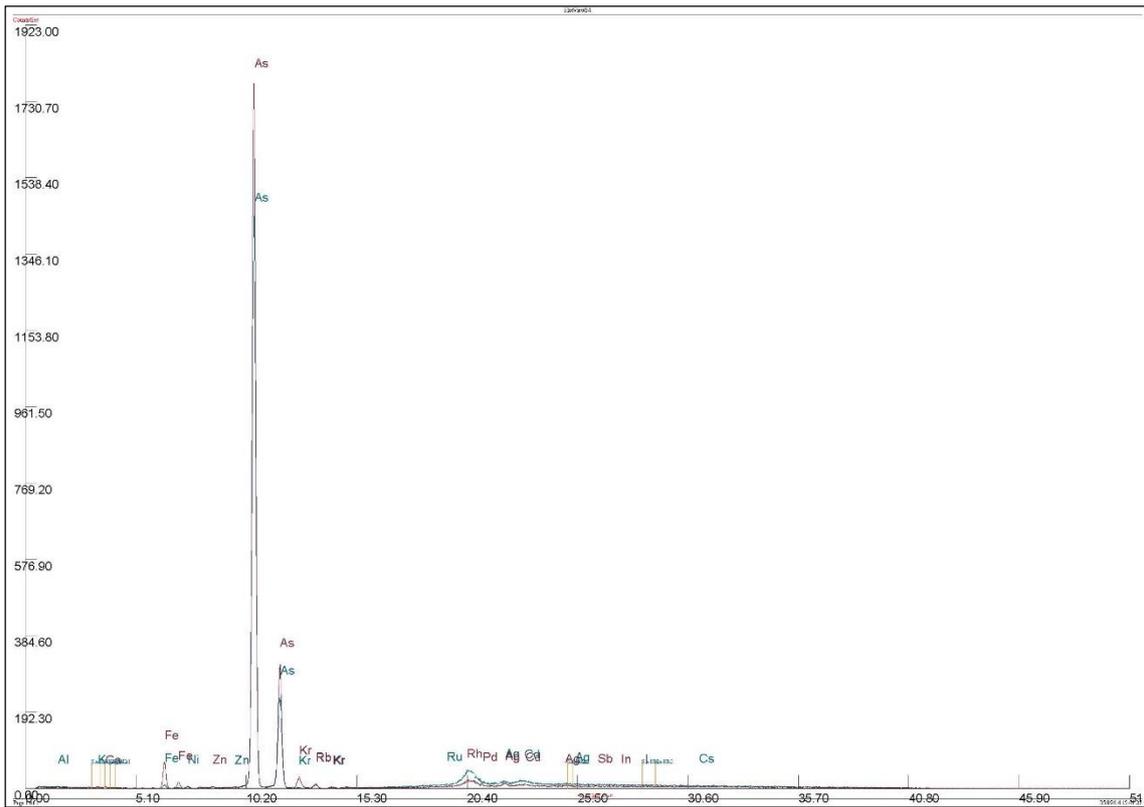
Graph 40 : spectres spécimen 24, n° 94.2473, analyses 4823-4825, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



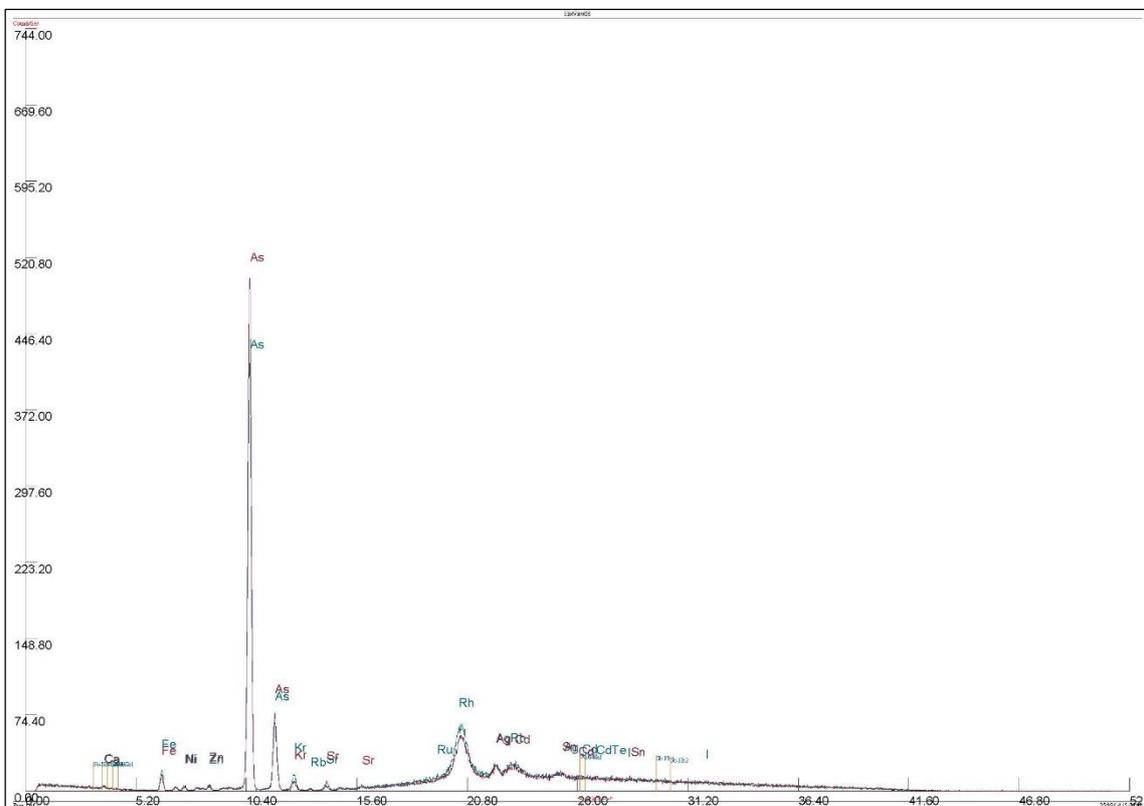
Graph 41 : spectres spécimen 25, n° 94.2064, analyses 4831-4833, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



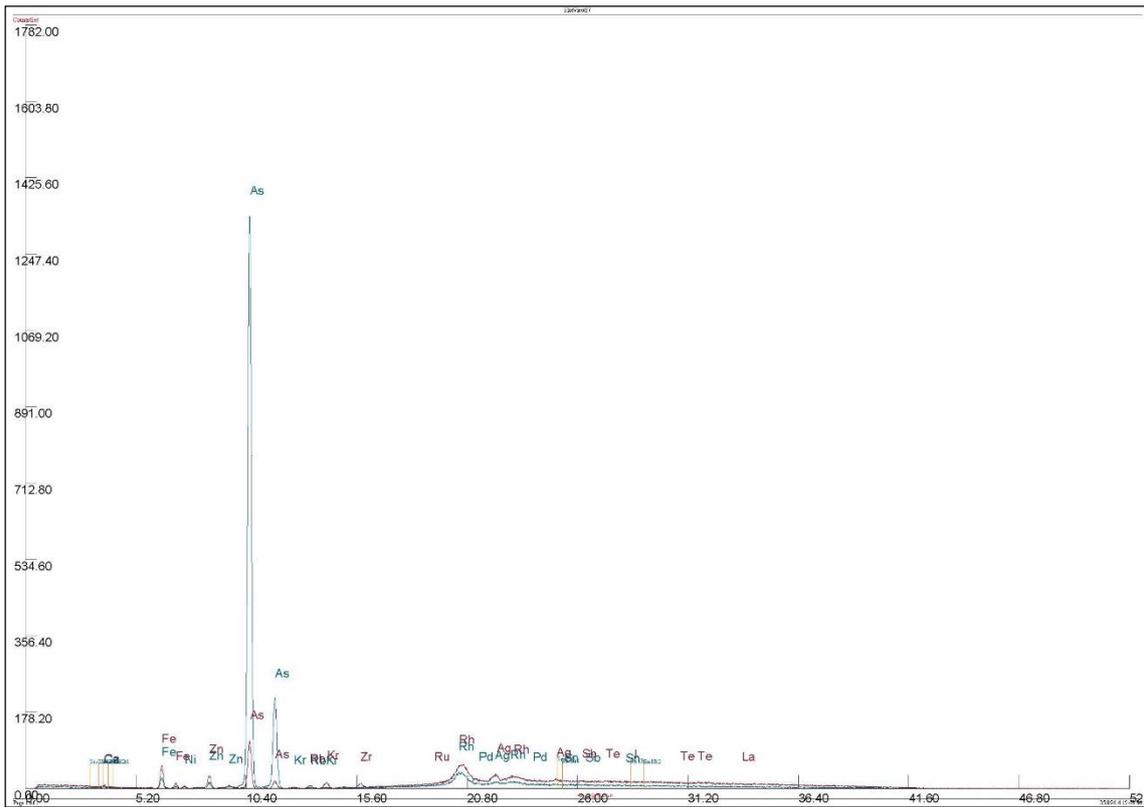
Graph 42 : spectres spécimen 26, n° 94.1989, analyses 4834-4836, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



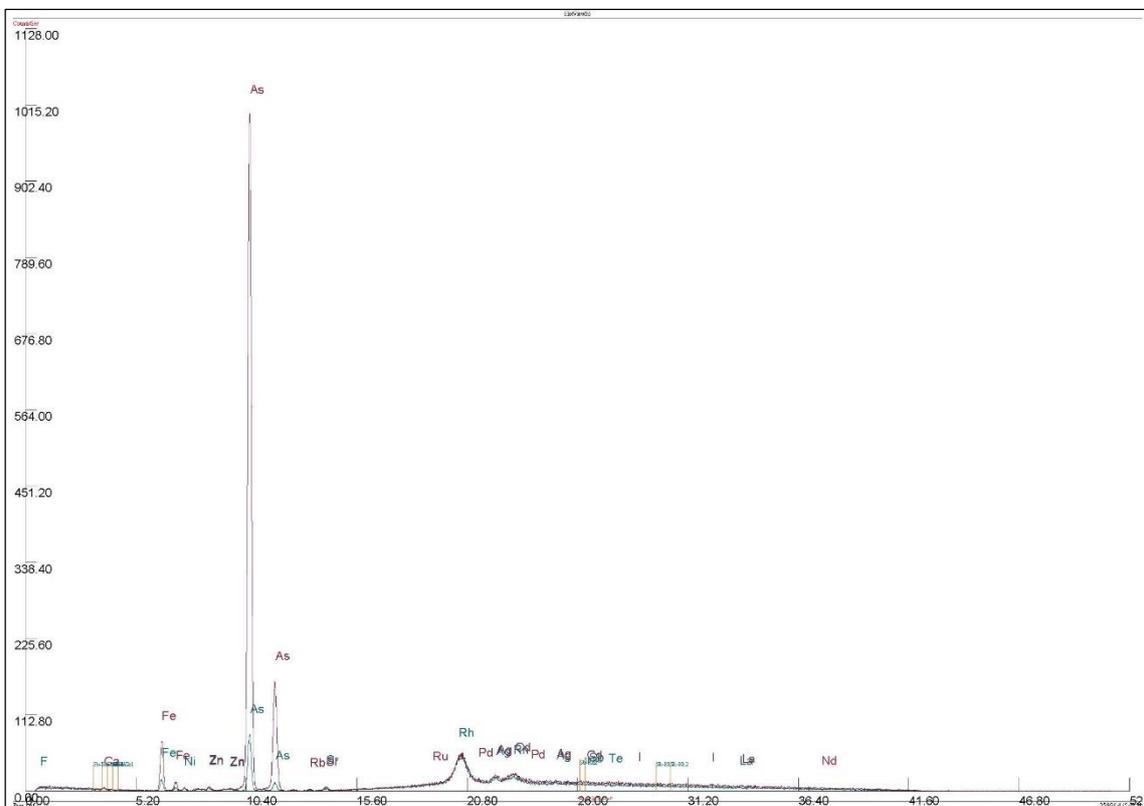
Graph 43 : spectres spécimen 27, n° 94.2305, analyses 4837-4839, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



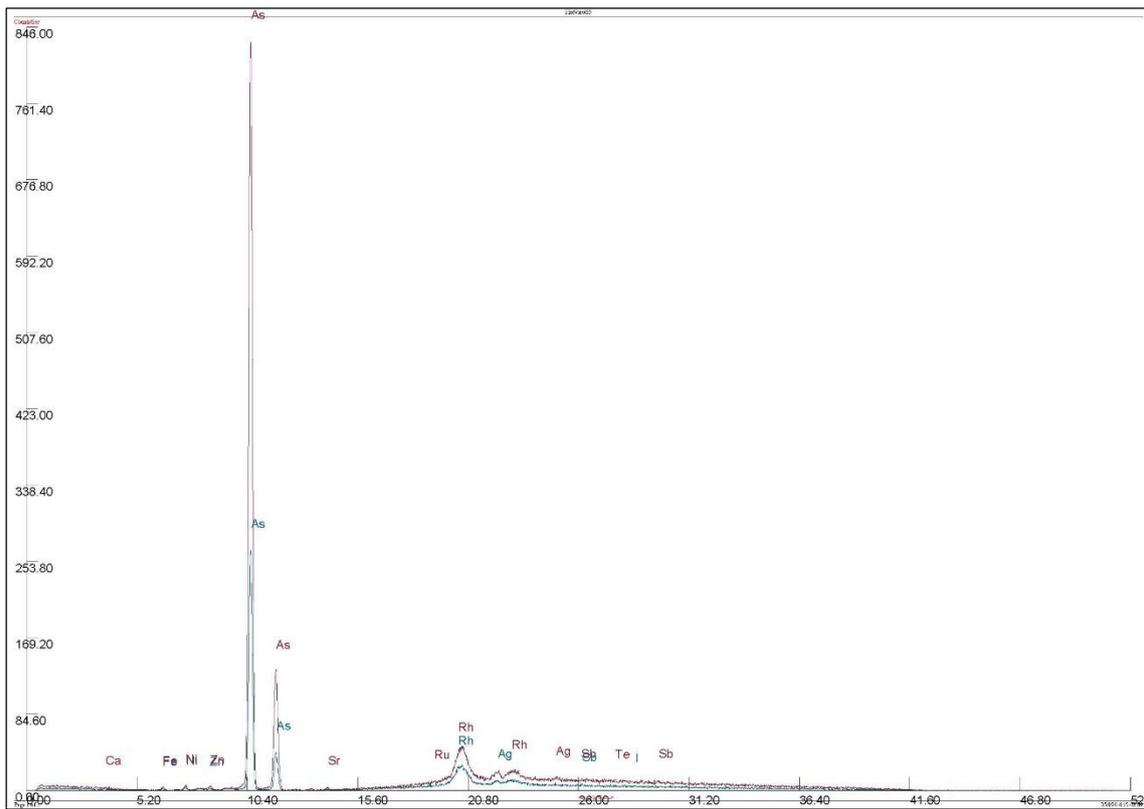
Graph 44 : spectres spécimen 28, n° 94.1912, analyses 4849-4851, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 45 : spectres spécimen 29, n° 94.1389A, analyses 4846-4848, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

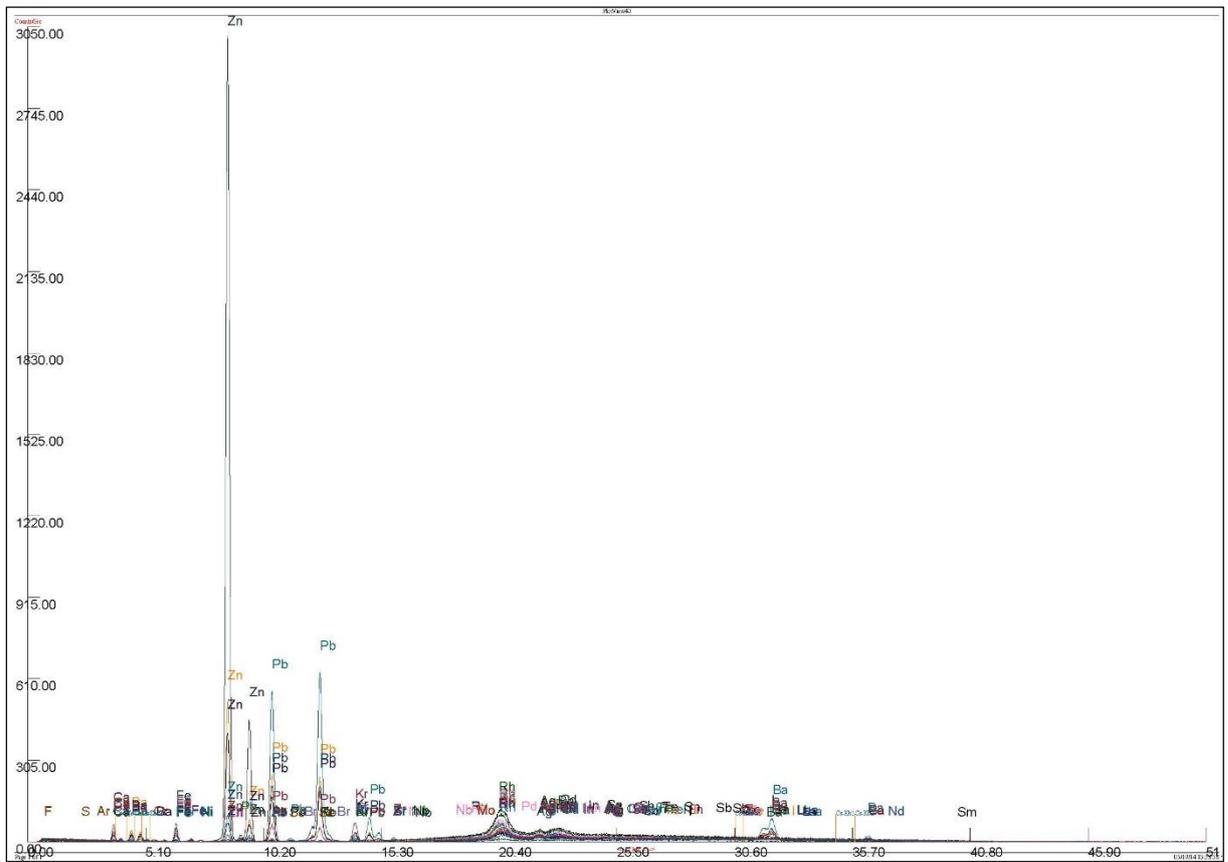


Graph 46 : spectres spécimen 30, n° 94.2003, analyses 4843-4845, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



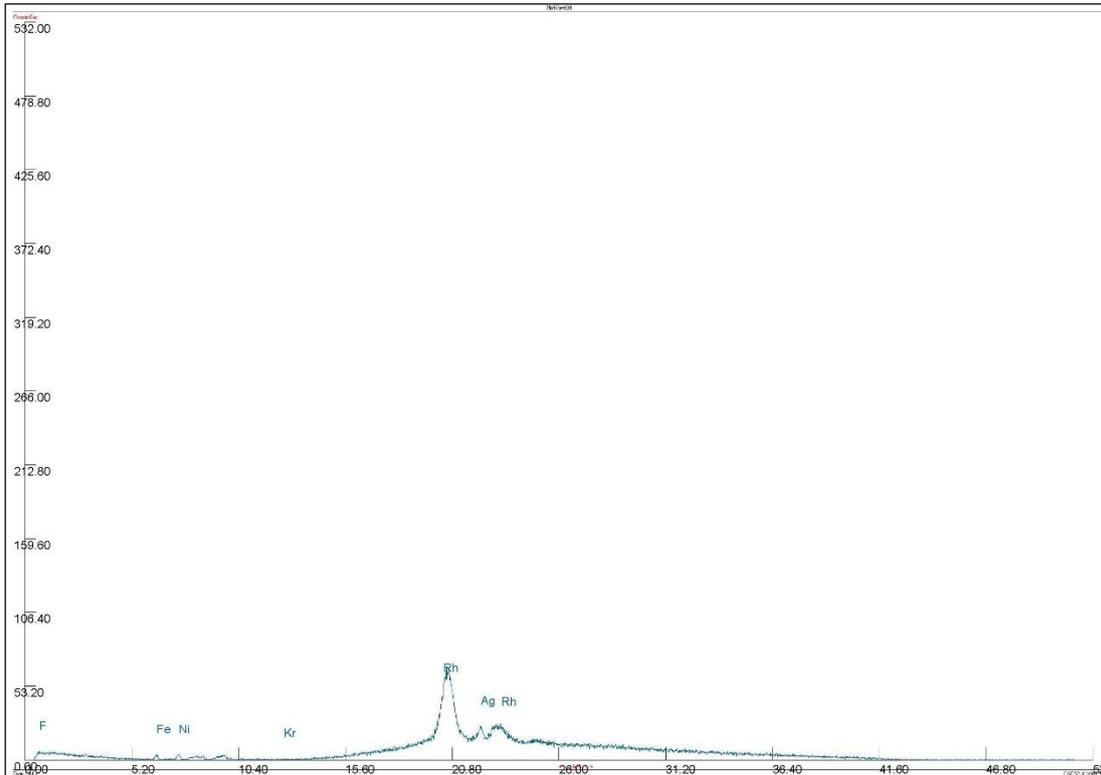
Graph 47 : spectres spécimen 31, n° 94.1204, analyses 4840-4842, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Mammifères : analyses soles

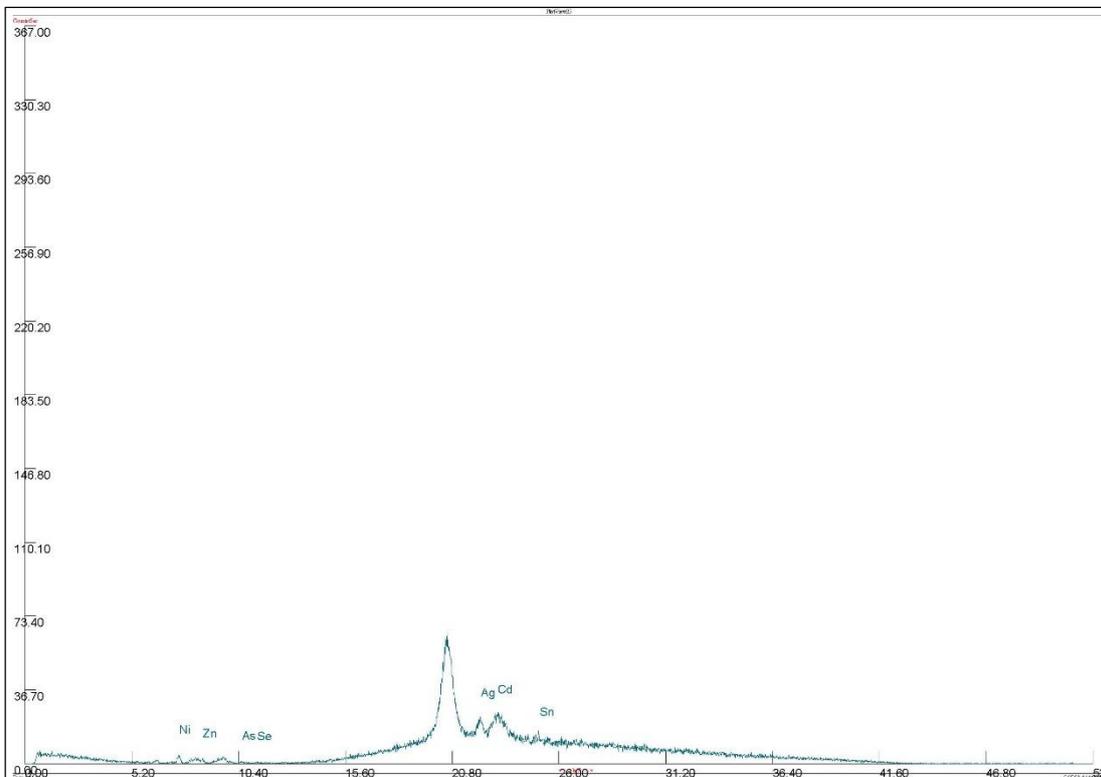


Graph 48 : spectres des soles des mammifères, analyses 4811-4851, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

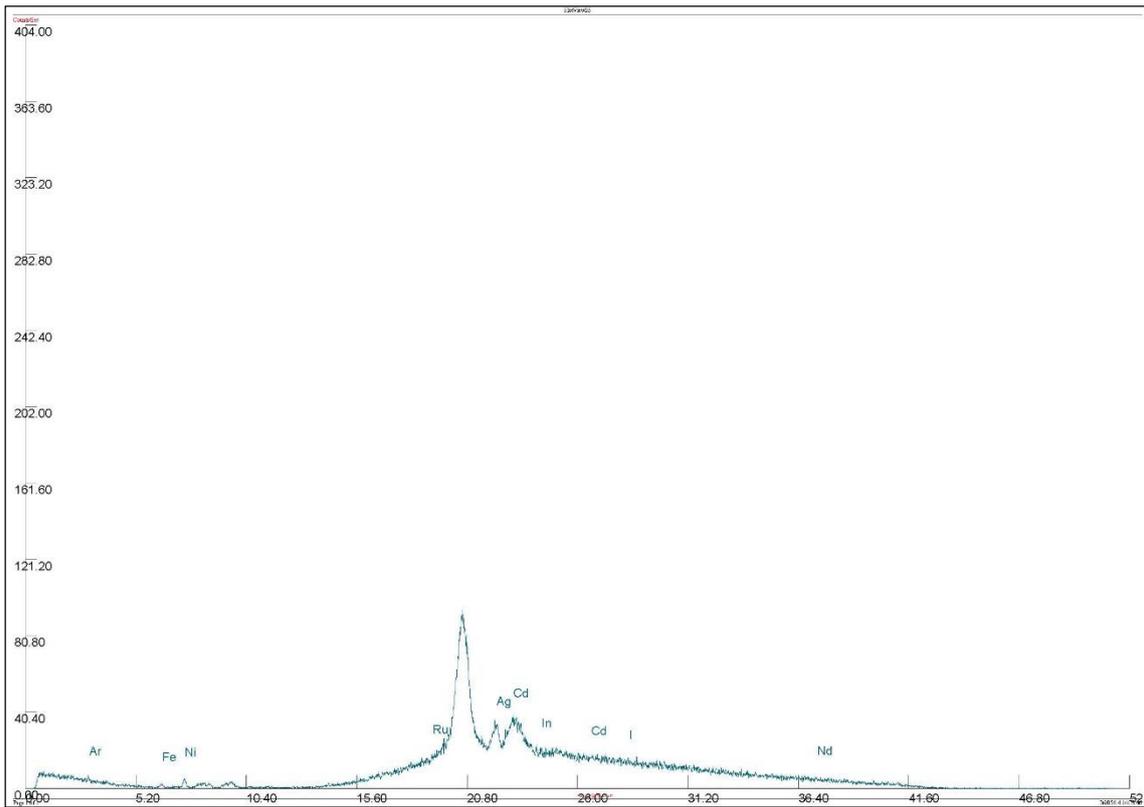
Mammifères : analyses sols



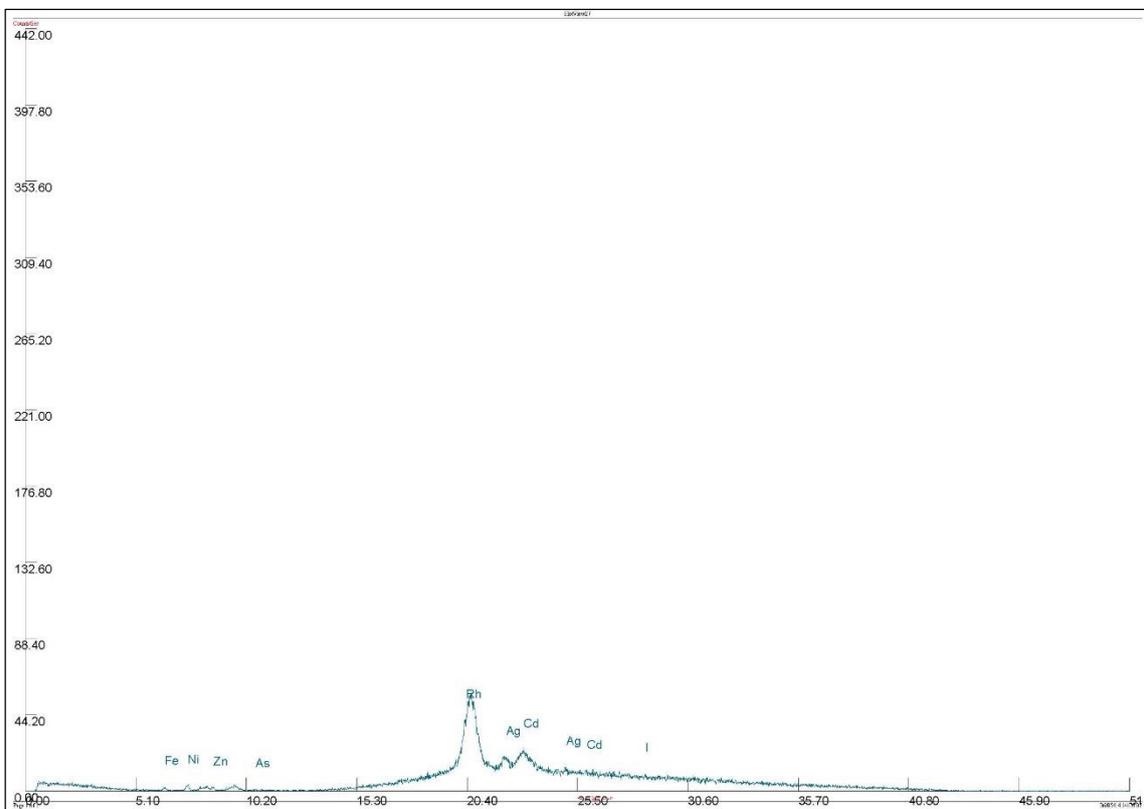
Graph 49 : spectre de la zone 1, analyse 4963, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 50 : spectre de la zone 2, analyse 4965, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

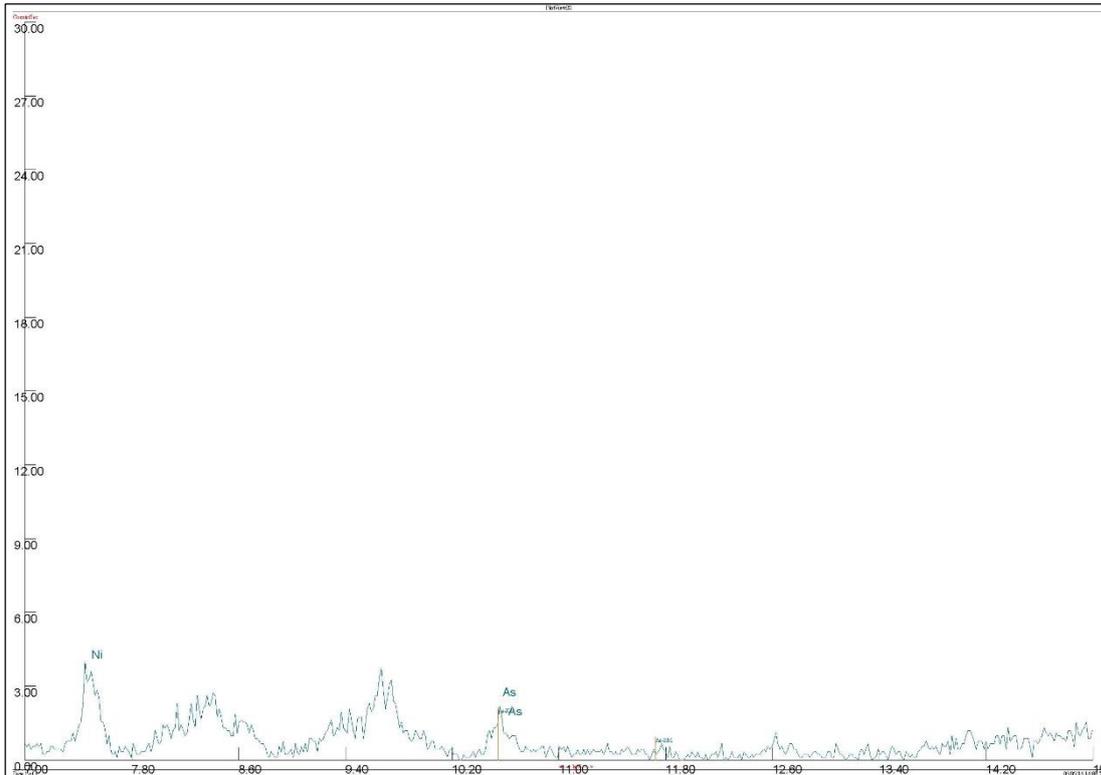


Graph 51 : spectre de la zone 3, analyse 4966, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

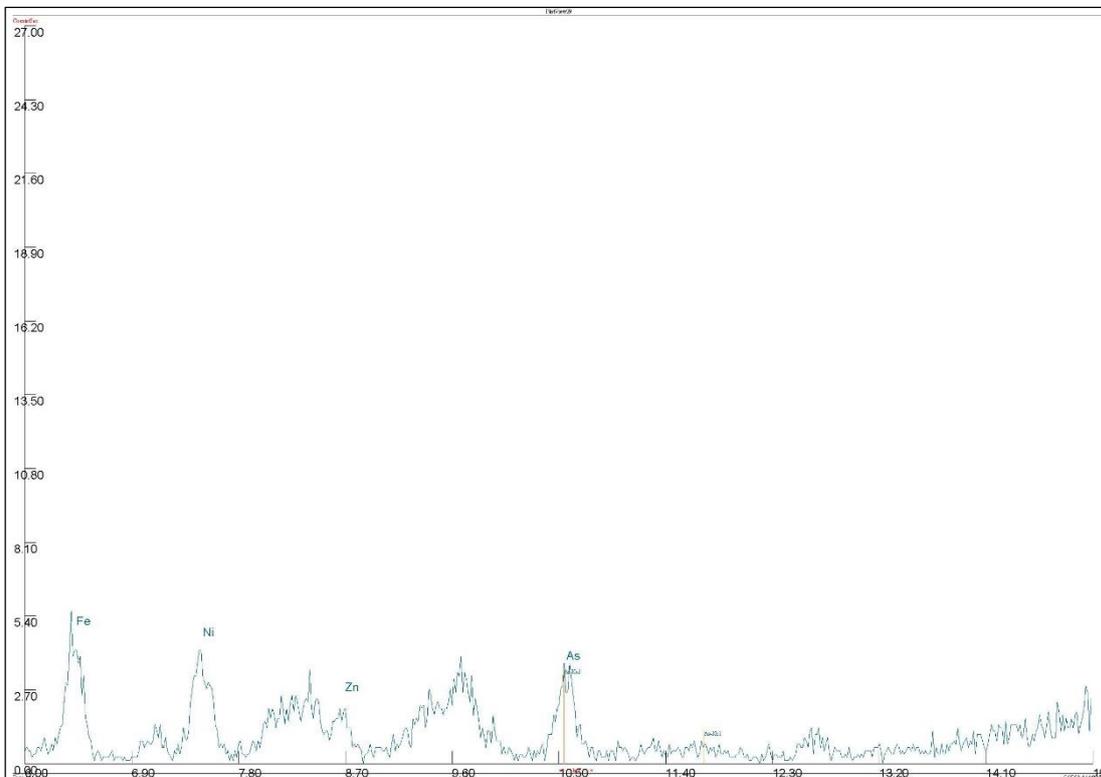


Graph 52 : spectre de la zone 4, analyse 4967, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

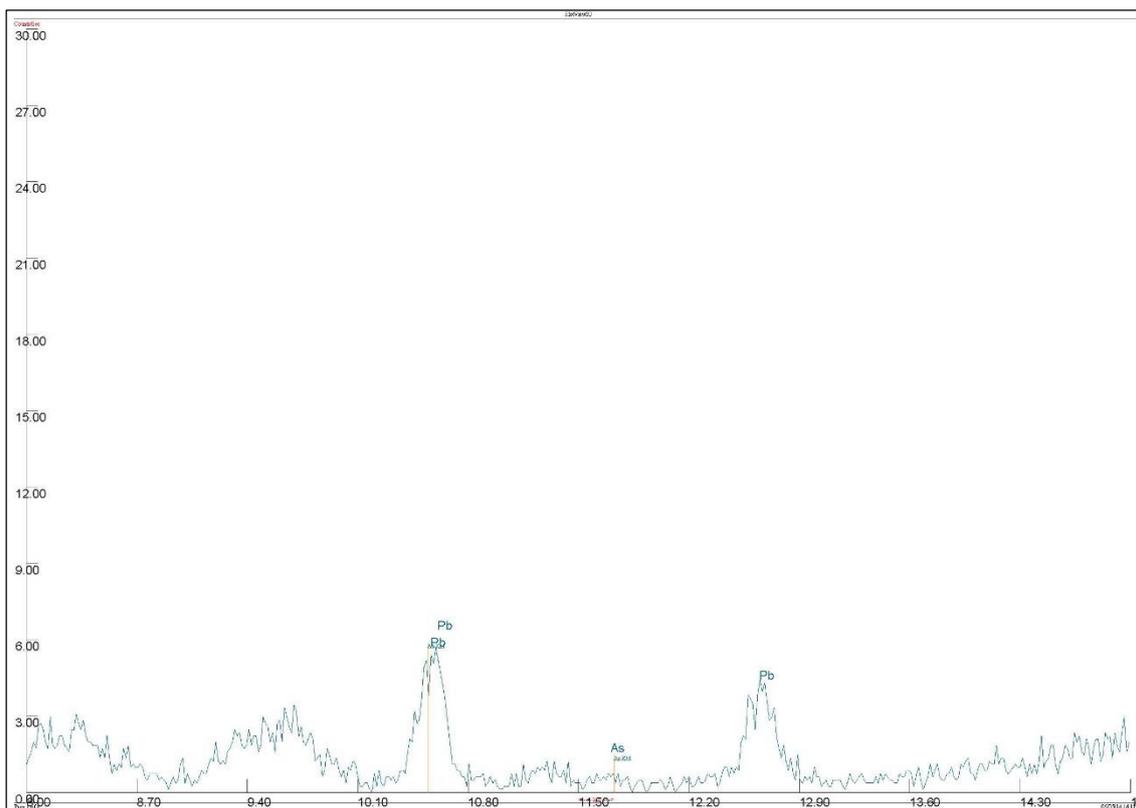
Mammifères : analyses étagères



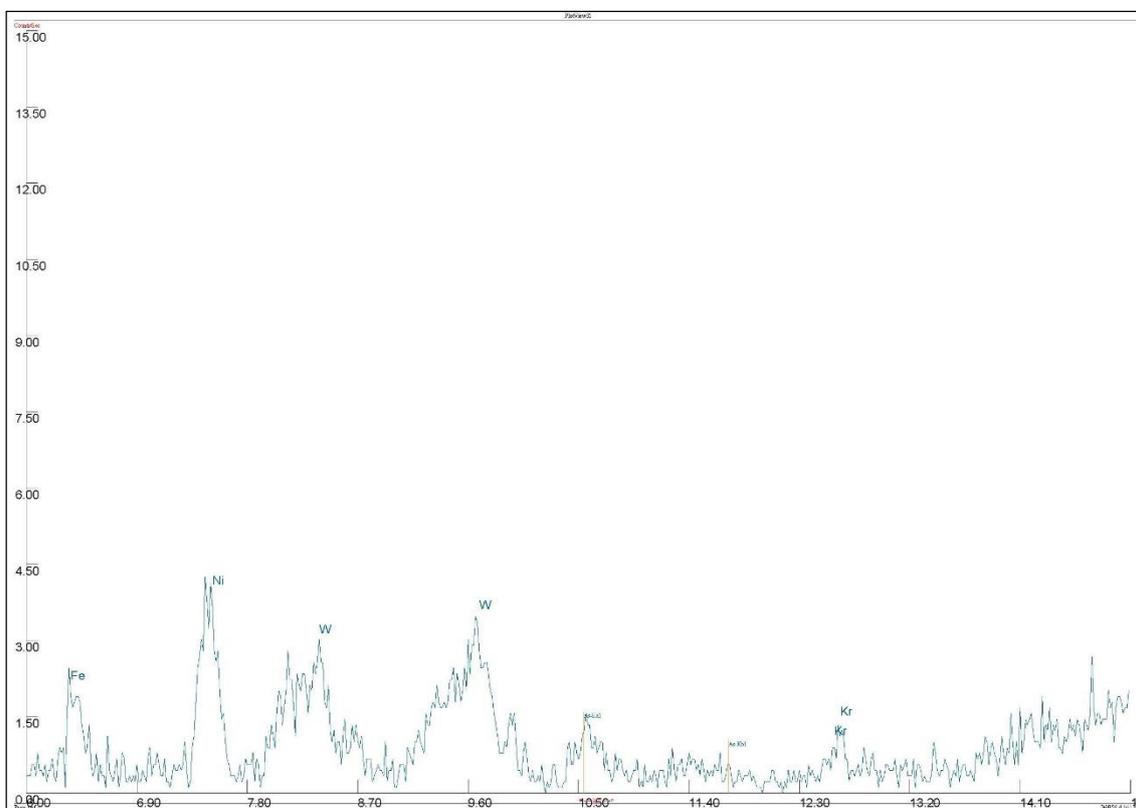
Graph 53 : spectre étagère haute, zone 1, analyse 4968, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



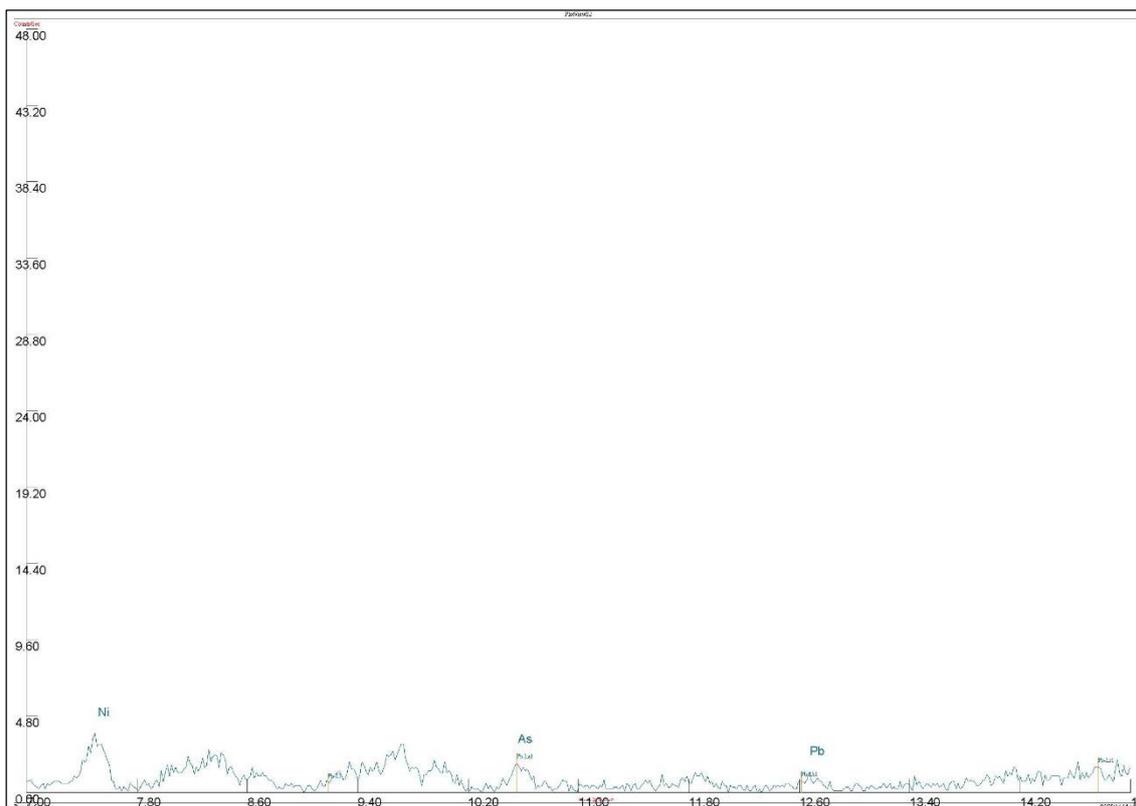
Graph 54 : spectre étagère haute, zone 2, analyse 4969, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



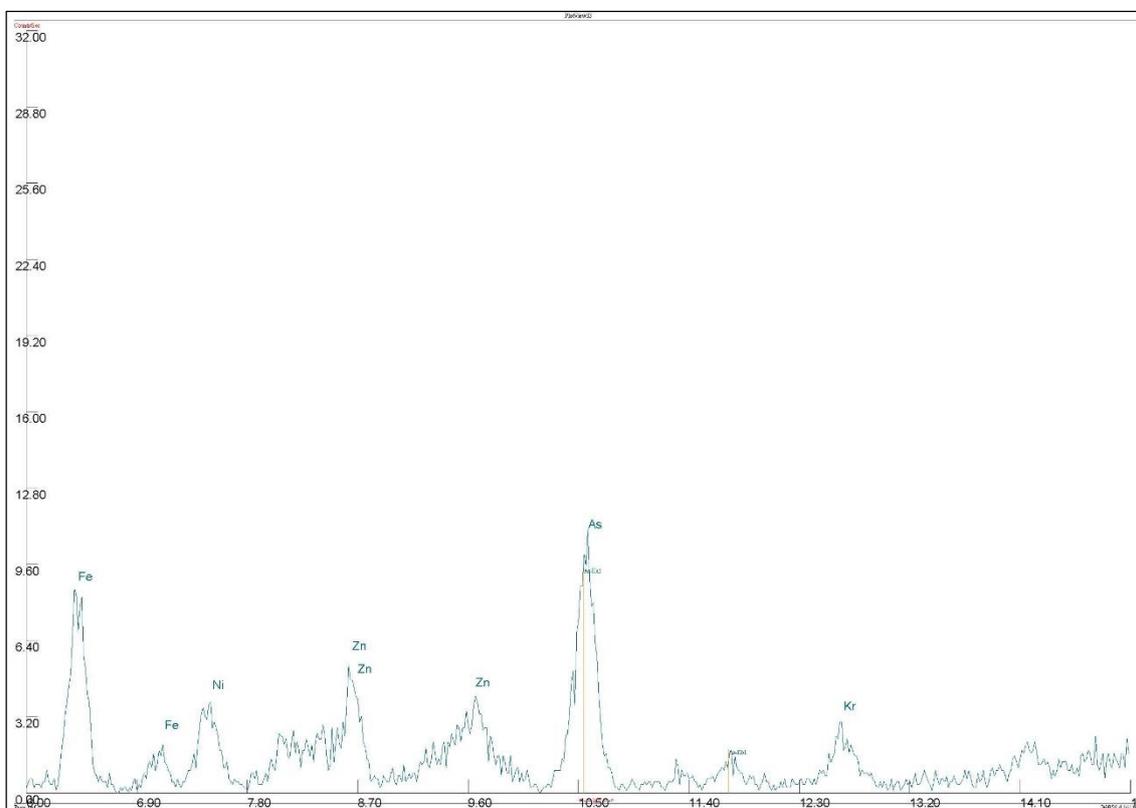
Graph 55 : spectre étagère haute, zone 3, analyse 4970, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



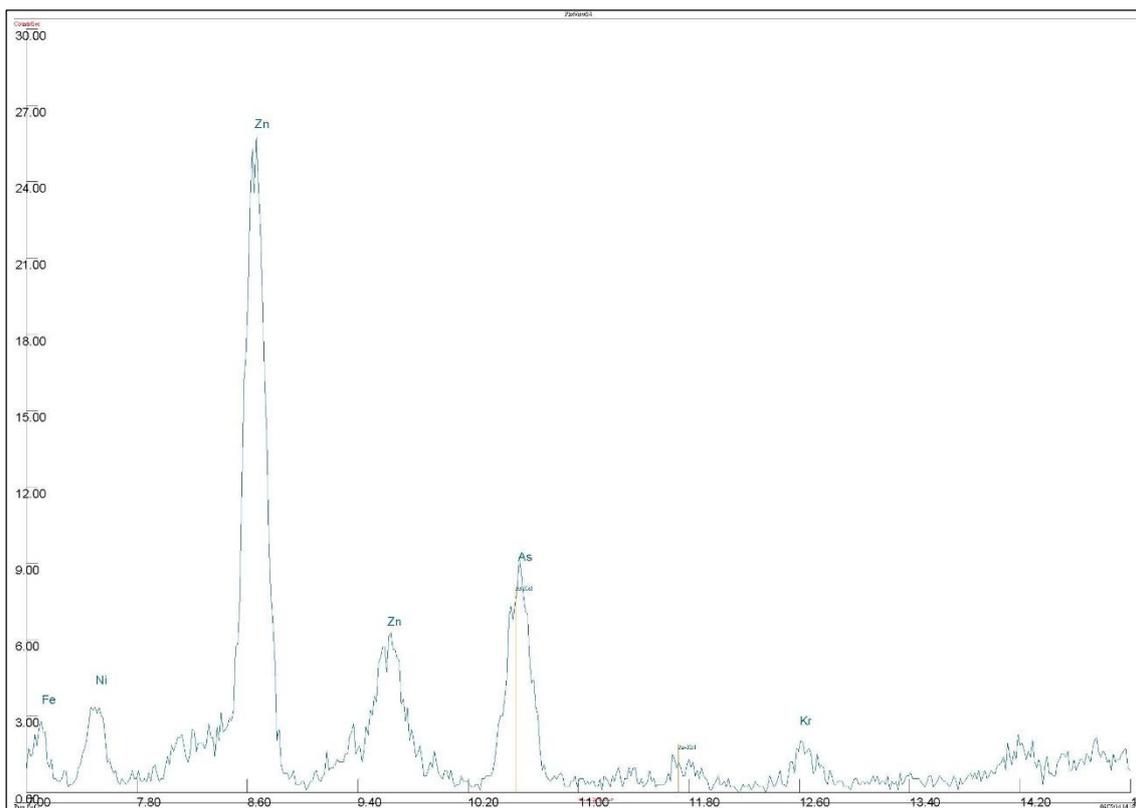
Graph 56 : spectre étagère haute, zone 4, analyse 4971-4972, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



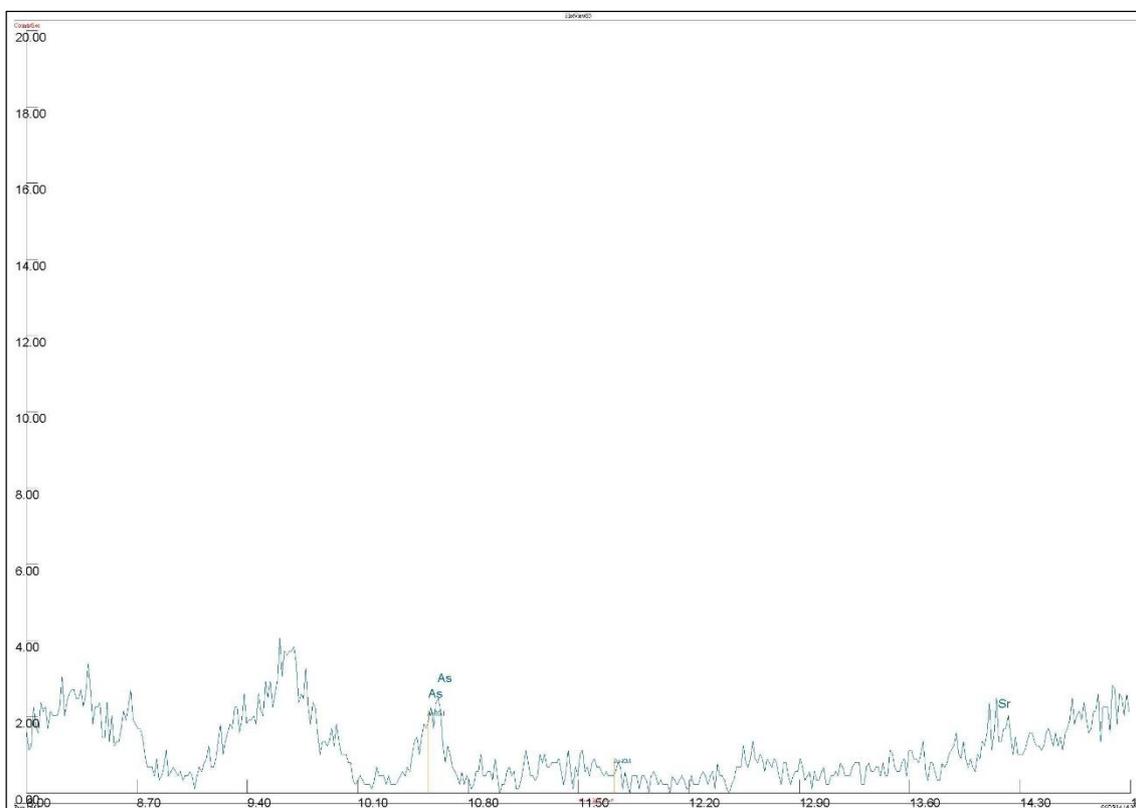
Graph 57 : spectre étagère haute, zone 5, analyse 4973, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



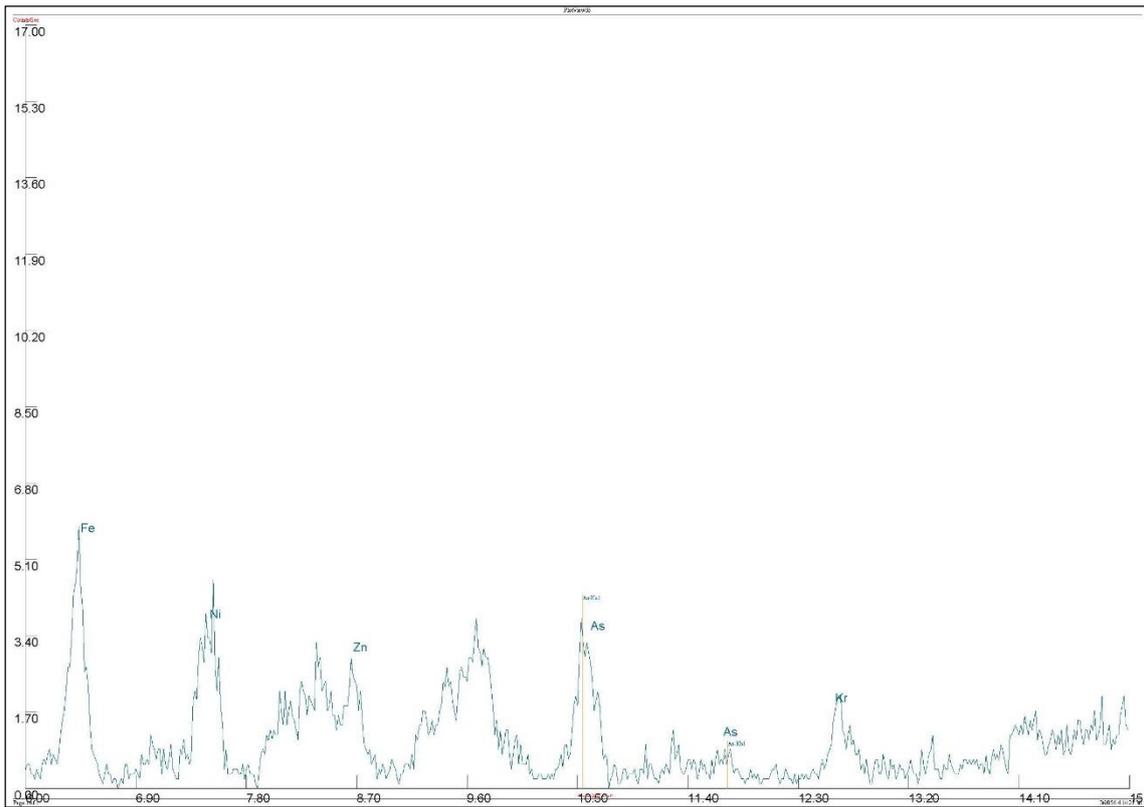
Graph 58 : spectre étagère basse, zone 6, analyse 4974, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



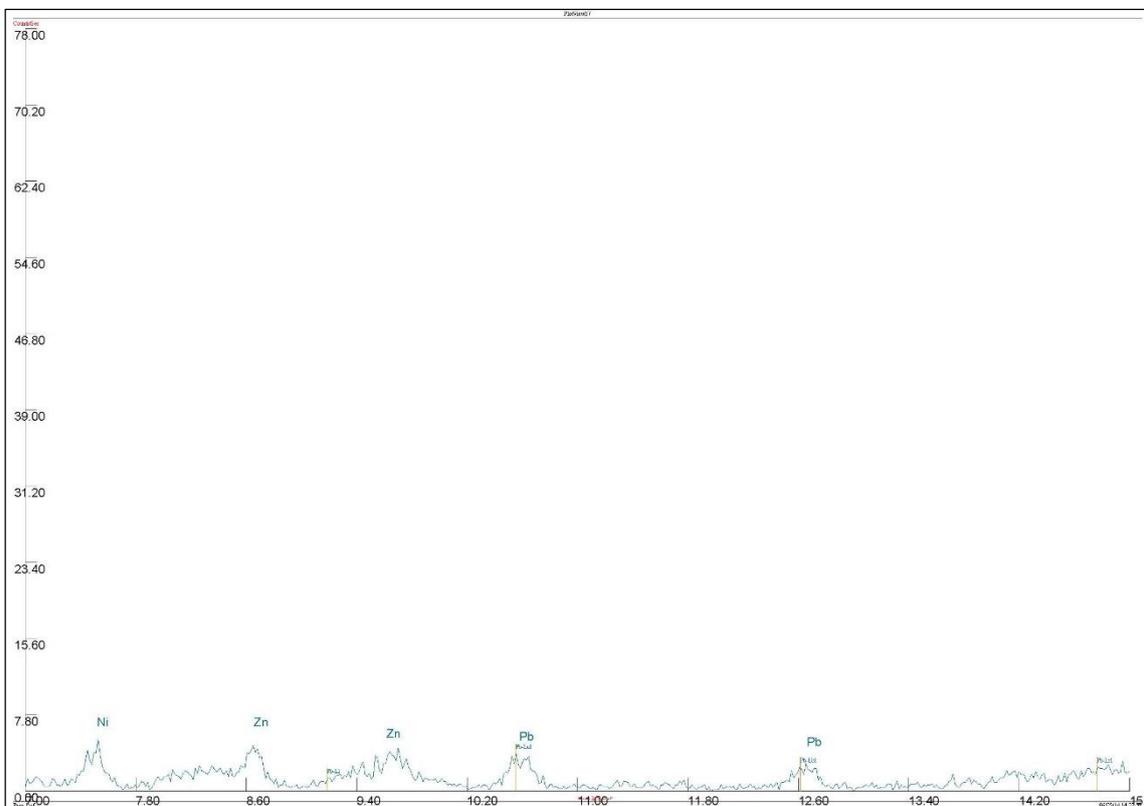
Graph 59 : spectre étagère basse, zone 7, analyse 4975, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 60 : spectre étagère basse, zone 8, analyse 4976-4977, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

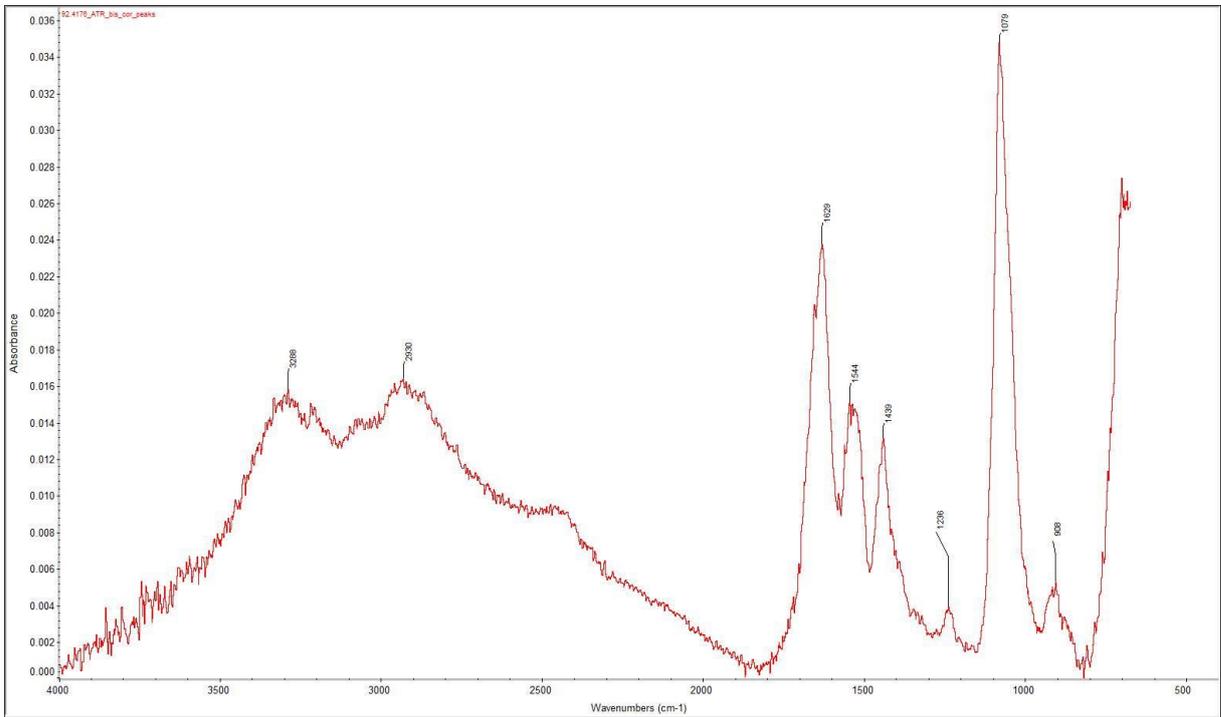


Graph 61 : spectre étagère basse, zone 9, analyse 4978, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

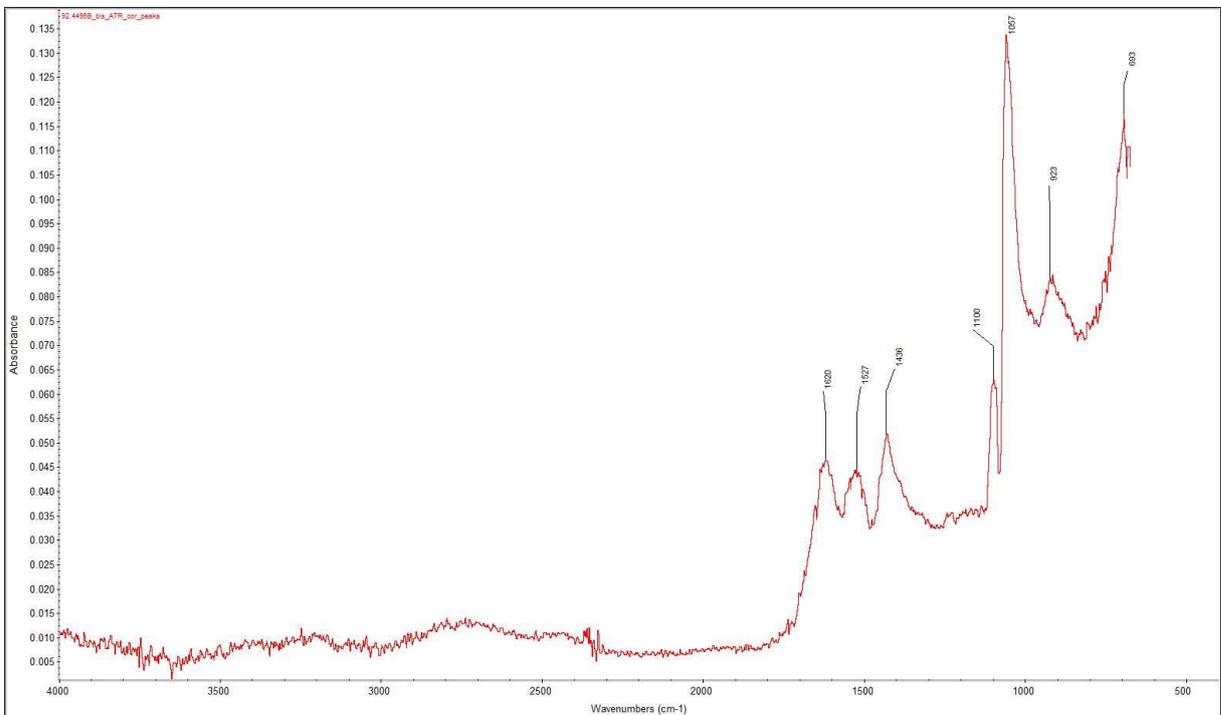


Graph 62 : spectre étagère basse, zone 10, analyse 4979-4980, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

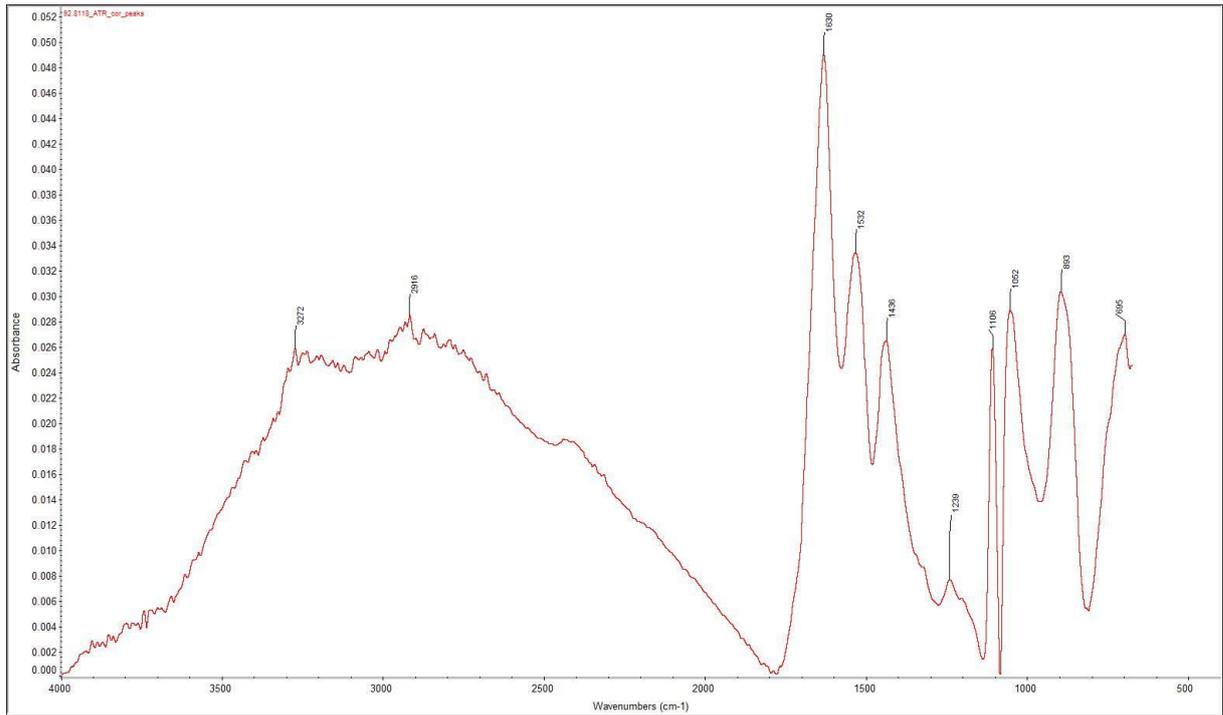
Spectres IRTF :



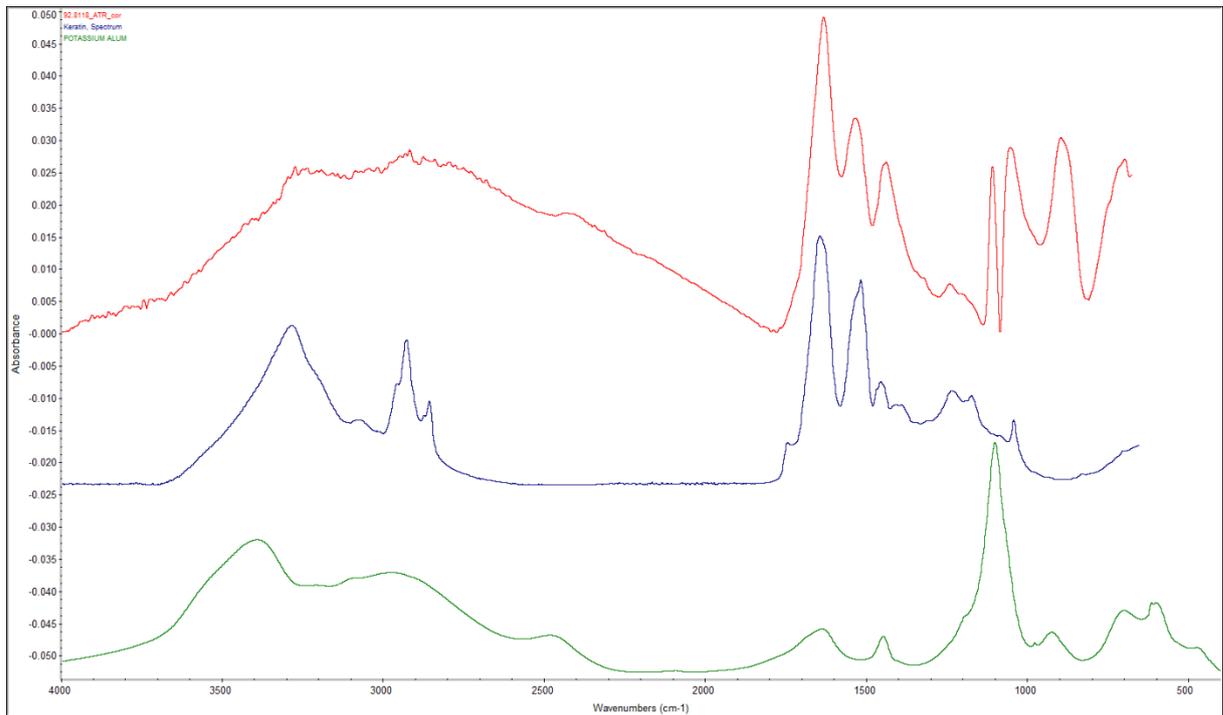
Graph 63 : spectre spécimen 92.4176, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



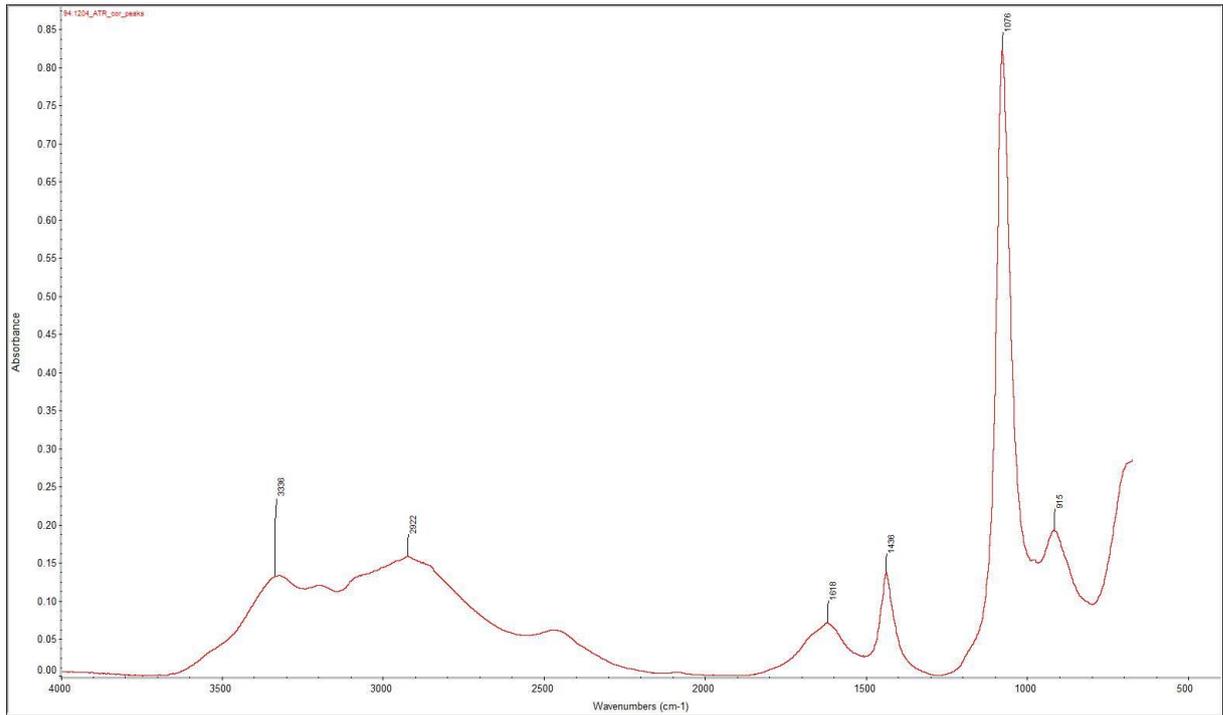
Graph 64 : spectre spécimen 92.4496B, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



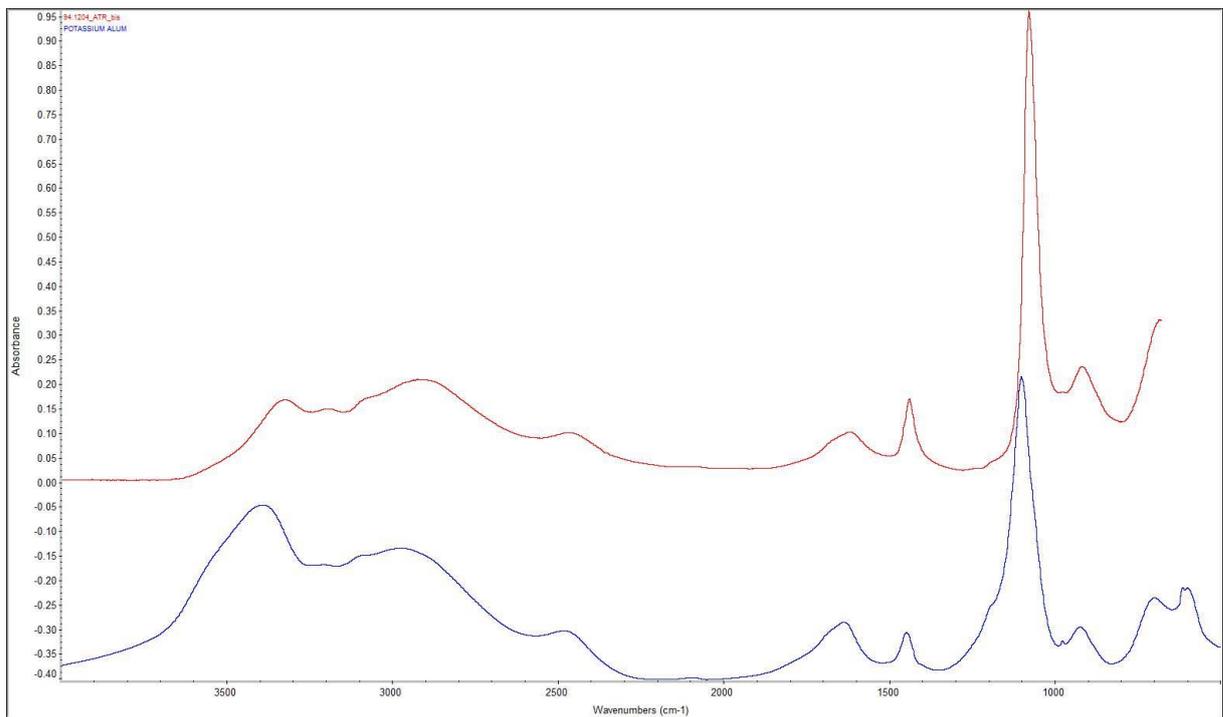
Graph 65 : spectre spécimen 92.8118, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



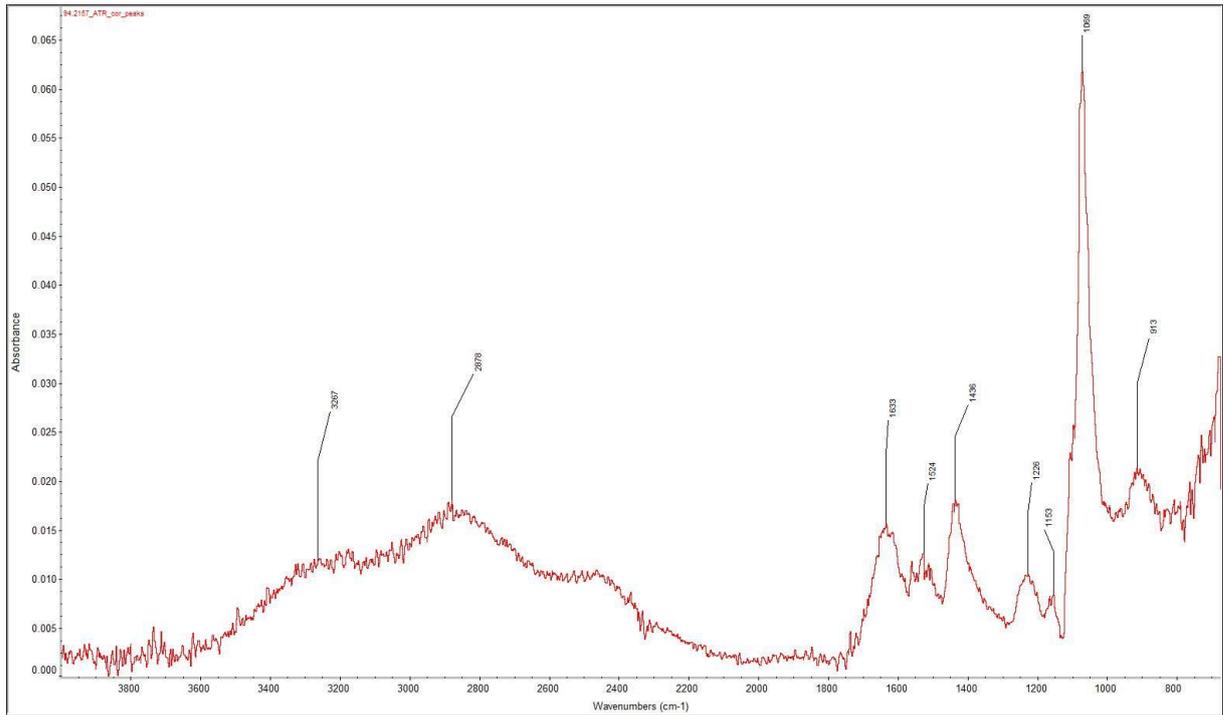
Graph 66 : interprétation spectre spécimen 92.8118, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



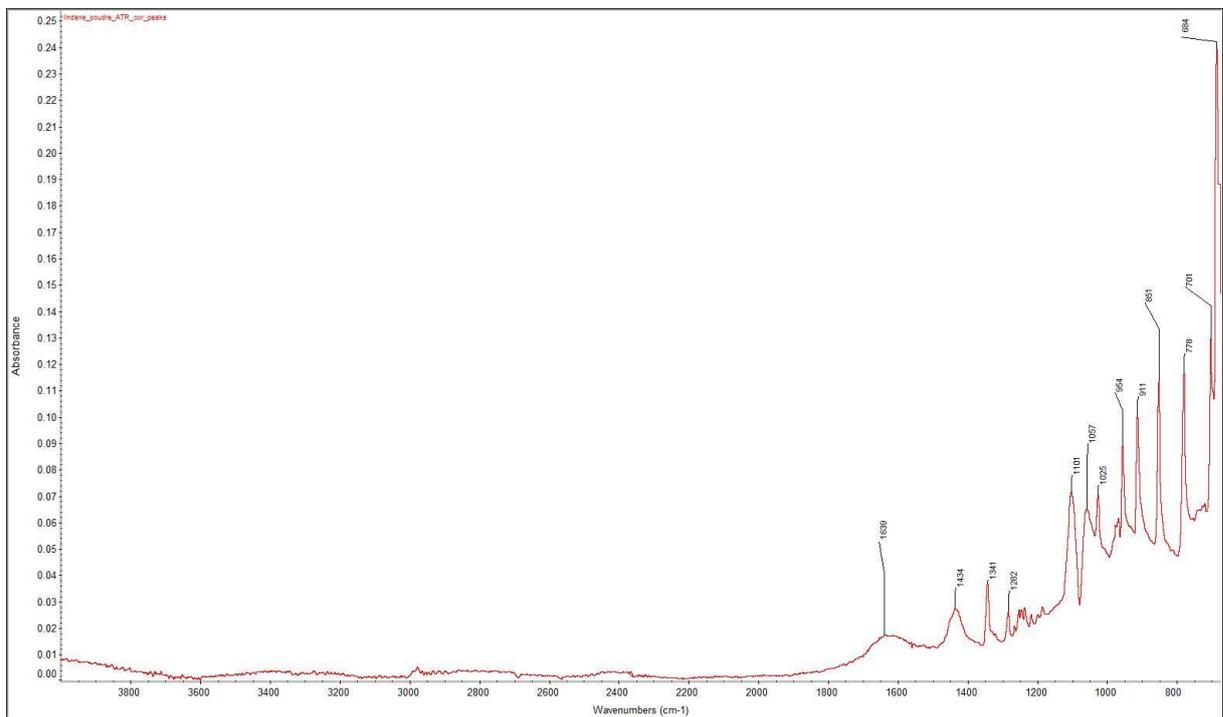
Graph 67 : spectre spécimen 94.1204, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 68 : interprétation spectre spécimen 94.1204, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 69 : spectre spécimen 94.2157, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014



Graph 70 : spectre pastille de lindane, ©He-Arc CR, M. Dangeon, 2014

Annexes 6 : Autres documents

«Dès mon enfance, j'ai desséché, injecté, écorché des oiseaux: j'ai demandé des recettes, j'en ai imaginé sans fruits et j'en ai suivi une infinité, sans pouvoir me satisfaire. Irrité des obstacles, j'ai observé, j'ai reconnu non seulement que les exhalaisons des animaux attiraient les insectes) mais que chaque insecte avait son exhalaison favorite. [.. .]

J'en ai conclu la nécessité d'annuler ces odeurs. Dès lors, initié dans la connaissance des drogues, j'en entrevis plusieurs qui pouvaient remplir mon projet. Je choisis une cinquantaine de drogues ; j'en imprégnais autant d'oiseaux différents. Je les numérotais, j'en tins registre, et je les laissais à l'air. C'était en 1739.

Ce qui me paraissait le plus difficile était de tromper les teignes. Leur acharnement sur les laines teintes et inodores de nos meubles, et sur les plumes colorées, me faisait craindre de ne pas réussir. Cependant, ayant suivi le même procédé pour le poil et pour la plume, dont je fis autant de paquets furent moins touchés que les oiseaux. Ceux-ci ne le furent point la première année.

Dans la seconde, il y en eut beaucoup d'altérés; la troisième, il n'en resta que huit bien conservés. Je commençais à craindre qu'il ne m'en restât plus qu'à la quatrième année.

Néanmoins, en 1743, j'apprêtais trois oiseaux avec chacune des espèces de drogues dont les plumes et les oiseaux avaient été imprégnés. Je les exposais par huit à l'air, et au grand jour, et à l'obscurité. Les dermestes ni les autres coléoptères ne parurent plus; trois oiseaux encore furent légèrement touchés par les teignes au commencement de la quatrième année, un autre au mois d'août. Depuis ce moment, je n'eus plus d'oiseaux endommagés. J'avais donc quatre espèces de drogues conservatrices à ma disposition, que j'employais indifféremment; cependant, ayant aperçu que des mites se plaisaient encore à l'une de mes préparations, je ne la réformais pas ; mais je pris le parti de combiner tous mes ingrédients, et de n'en composer qu'un seul: c'est le préservatif dont je me sers toujours, et qui, dès la seconde ou troisième année, prive les oiseaux de toute odeur. ».

Document 1 : extrait de « Bécoeur, Apothicaire à Metz et Taxidermie, Histoire de son savon arsenical » par P. Dorvaux In Le Bulletin de la Société d'Histoire de la Pharmacie, 1924, p. 14

Virey, *Traité de Pharmacie théorique et pratique*, 1811, t I, p 289 :

Savon et Oxyde blanc d'arsenic.....	32 parties
Sous-carbonate de potasse (sel de tartre).....	12 parties
Camphre.....	5 parties
Chaux vive.....	4 parties

Bourdet, *Mémoire à Messieurs les Professeurs-Administrateurs du Muséum d'histoire naturelle du Jardin du roi.*, 1820, p 22 :

Camphre.....	5 onces (156g25)
Arsenic en poudre.....	2 livres (1kg)
Savon blanc.....	2 livres (1kg)
Sel de Tartre.....	12 onces (375g)
Chaux en poudre.....	4 onces (126g)

Lecoq H. & Boisduval A., *Taxidermie enseignée en 10 leçons*, 1826, p 20 :

Savon blanc.....	1 livre
Sous carbonate de potasse.....	6 onces
Chaux vive en poudre.....	2 onces
Oxide blanc d'arsenic.....	1 livre
Camphre en poudre.....	3 onces

Dupont L. aîné, *Traité de Taxidermie ou l'art de conserver et d'empailler les animaux*, 1827, p 29 :

Camphre.....	5 onces (156g25)
Arsenic en poudre.....	2 livres (1kg)
Savon blanc.....	2 livres (1kg)
Sel de tartre.....	12 onces (375g)
Chaux en poudre.....	4 onces (126g)

Lesson, « *Taxidermie* », *Dictionnaire des Sciences Naturelles*, 1828, t LII, p 360 :

Oxyde blanc d'arsenic (Arsenic blanc du commerce).....	240g
Potasse.....	90g
Chaux en poudre.....	30g
Savon.....	240g
Camphre.....	12g

Gannal, Histoire de l'embaumement..., 1838, p 232 :

Arsenic pulvérisé.....	2 livres (1kg)
Sel de tartre.....	12 onces (375g)
Camphre.....	5 onces (156g25)
Savon blanc.....	2 livres (1kg)
Chaux en poudre.....	8 onces (250g)

Crespon, Art d'empailler les oiseaux, 1844, t II, p 319 in Boitard, *Manuel du Naturaliste* :

Arsenic pulvérisé.....	1 kg
Sel de tartre.....	3 hg 7 dag
Camphre.....	1 hg 6 dag
Savon blanc.....	1 kg
Chaux en poudre.....	2 hg 5 dag

Guibourt, Journal de Pharmacie et de Chimie, 1847, t XI, p 196 :

Acide arsénieux.....	320g
Carbonate de potasse pur et desséché.....	120g
Eau distillée.....	320g
Savon Marbré de Marseille.....	320g
Chaux vive en poudre.....	40g
Camphre.....	50g

Guibourt, Journal de Pharmacie et de Chimie, 1847, t XI, p 197 : cf dictionnaire des sciences naturelles de Levrault, t LII, p 360. (selon lui, cette formule est fautive pour le camphre)

Camphre.....	1,6 parties
Acide arsénieux.....	32 parties
Savon blanc.....	32 parties
Sel de tartre.....	12 parties
Chaux vive en poudre.....	4 parties

Arrêté par le roi Louis-Philippe, 28 mars 1848, publié dans le *Journal de Chimie Médicale*, t IV, pp 494-498, 1848 :

Acide arsénieux pulvérisé.....	320g
Carbonate de potasse desséché.....	120g
Eau distillée.....	320g
Savon marbré de Marseille.....	320g
Chaux vive en poudre fine.....	40g
Camphre.....	10g

Evans P., L'art de préparer, monter et conserver les oiseaux ainsi que les papillons et autres insectes, 1850, pp 91-92 :

M. Arrault, fabricant de produits chimiques :

Arsenic en poudre.....	4 livres
Sel de tartre.....	1 livre ½
Savon blanc.....	4 livres
Chaux pulvérisée.....	1 livre
Camphre.....	1 livre

Boitard & Maigne, Nouveau Manuel complet du Naturaliste préparateur, 1881, p 28 :

Arsenic blanc pulvérisé.....	1 kg
Sel de tartre.....	375g
Camphre.....	153g
Savon blanc.....	1kg
Chaux en poudre.....	250g

Capus G. & Roquebrune, Guide du Naturaliste préparateur & du voyageur scientifique, 1883, p 135 :

Camphre en poudre.....	6 parties en poids
Acide arsénieux.....	37 parties en poids
Savon de Marseille.....	37 parties en poids
Chaux en poudre.....	15 parties en poids

Granger A., Manuel du Naturaliste, 1894, p 231 :

Savon blanc.....	500g
Arsenic en poudre.....	500g
Sel de tartre.....	200g
Camphre dissous dans l'alcool.....	75g
Chaux en poudre.....	125g

Capus G. & Bohn G., Guide du Naturaliste préparateur et du voyageur scientifique, 1903, p 269 :

Camphre en poudre.....	6 parties en poids
Acide arsénieux.....	37 parties en poids
Savon de Marseille.....	37 parties en poids
Chaux en poudre.....	15 parties en poids

Didier & Boudarel, L'art de la taxidermie au XXe siècle, 1981, p 19 :

Savon blanc.....	1kg
Acide arsénieux.....	500g
Carbonate de potassium.....	250g
Camphre.....	50g
Blanc de Meudon.....	1kg 500

Document 2 : Liste des produits utilisés à base d'arsenic au cours du temps selon les préparateurs ©Amandine Péquignot



Berner Fachhochschule
Architektur, Holz und Bau
Forschung und Entwicklung

BFH-AHB | Postfach 6096 | CH-2500 Biel 6

Dr. Marie Wörle
Schweizerisches Nationalmuseum
Sammlungszentrum
Lindenmoosstr.1
CH-8910 Affoltern am Albis

Solothurnstrasse 102
Postfach 6096
CH-2500 Biel 6
Telefon +41 32 344 03 41
Telefax +41 32 344 03 91
www.ahb.bfh.ch

18. Juni 2014

Pauschalpreis-Offerte-Nr. 65.14.083
Bestimmung von Pestizidemissionen aus Kulturgütern mit thermisch desorbierbaren
Passivsammlern

Sehr geehrte Frau Wörle,

Gerne unterbreiten wir Ihnen das folgende Angebot:

Zweck / Problemstellung

Bestimmung der Emissionen chlorierter Pestizide aus einzelnen Objekten im Sammlungsbestand eines Museums. Die Pestizidemissionen sollen in einem kontaktfreien und zerstörungsfreien Verfahren vor Ort ermittelt werden.

Grundlagen / Prüfungsgrundlagen

Die Bestimmung erfolgt nach einem an der BFH-AHB entwickelten Verfahren. Passivsammler (Twister, Fa. Gerstel) werden für einen Zeitraum von 7 Tagen unter einer abgeschlossenen Atmosphäre (z.B. unter Uhrglas) über der Objektoberfläche in einem offenen Glasröhrchen gelagert. Dabei absorbiert die Polydimethylsiloxan (PDMS)-Beschichtung der Passivsammler emittierende apolare Pestizide. Zur analytischen Auswertung werden die Passivsammler mittels Gaschromatographie-Massenspektrometrie (GC-MS) analysiert. Hierfür werden die Passivsammler thermisch desorbiert, die Pestizide in einer Kältefalle kryofokussiert und anschliessend mittels GC-MS charakterisiert und quantifiziert. Durch dieses Verfahren lassen sich die auf der Oberfläche der Passivsammler über den Probenahmezeitraum absorbierten Pestizide bestimmen.

Ablauf / Vorgehen

Die Passivsammler werden an der BFH-AHB gereinigt und konditioniert und dem Auftraggeber zur Auslage auf die zu untersuchenden Objekte zugeschickt. Das Platzieren der Passivsammler auf den Objekten, das Herstellen von geschlossenen Atmosphären über den Objektoberflächen (mittels Uhrglas, o.ä.) und das Entnehmen der Passivsammler nach Beendigung der Probenahmedauer von 7 Tagen erfolgt durch den Auftraggeber. Die Rücksendung der beprobten Passivsammler an die BFH-AHB erfolgt per Post. Die Passivsammler werden an der BFH-AHB nach dem oben beschriebenen Verfahren

Angegliederte Schule:
Höhere Fachschule Holz Biel



ausgewertet. Die routinemässige Analyse umfasst insgesamt 9 Pestizide: Aldrin, α -Lindan, β -Lindan, o,p-DDD, p,p-DDE, p,p-DDT, o,p-DDT, Dieldrin und Endrin. Diese Substanzen sind als Reinsubstanzen am GC-MS System kalibriert. Weitere eindeutig zu identifizierende Substanzen werden über Lindan-Äquivalente quantifiziert.

Zeitraum und Dauer

Nach weiterer Absprache.

Kosten

Überblick der Kosten nach Arbeitspaketen und Anzahl der Passivsammler

Pos	Unsere Leistung	Kosten	Kosten	Kosten
		insg. (CHF) 10 Stück	insg. (CHF) 6 Stück	insg. (CHF) 3 Stück
1	Konditionieren von 10 Passivsammlern als Vorbereitung für die Messungen. Bereitstellung der Passivsammler.	480.-	480.-	480.-
	Total Position 1	480.-	480.-	480.-
2	Analytische Auswertung der Passivsammler mittels Thermodesorptions-GC-MS.	2'100.-	1'260.-	630.-
	Total Position 2	2'100.-	1'260.-	630.-
3	Berichterstellung. Auflistung der identifizierten Substanzen mit CAS-Nr. und Angabe der auf den Passivsammlern absorbierten Stoffmenge	360.-	360.-	360.-
	Total Position 3	360.-	360.-	360.-
	Total aller Positionen (exkl. MwSt und Spesen)	2'940.-	2'100.-	1'470.-



Konditionen:

Die Gültigkeit der Offerte beträgt 3 Monate. Es gelten ausschliesslich die AGB der BFH. Der offerierte Betrag versteht sich als Pauschalpreis. Die Preise verstehen sich ohne die gesetzliche Mehrwertsteuer und ohne Spesen. Allfällige Material-, Spesen- und Reisekosten werden separat in Rechnung gestellt.

Nach Abschluss der Dienstleistung erhalten Sie einen Bericht über Durchführung und Ergebnisse. Über Zwischenergebnisse können Sie schriftlich oder telefonisch informiert werden.

Integrierter Bestandteil dieser Offerte sind unsere Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der Berner Fachhochschule. Subsidiär kommen die Bestimmungen des Obligationenrechts zur Anwendung.

Zur Durchführung des Auftrages benötigen wir eine schriftliche Auftragsbestätigung. Nach erfolgter Auftragsbestätigung werden obenstehende Regelungen zur vertraglichen Vereinbarung. Die Parteien melden sich gegenseitig die Projektverantwortlichen.

Auf eine Zusammenarbeit würden wir uns freuen und stehen Ihnen für Fragen und Terminabsprachen gerne zur Verfügung.

Freundliche Grüsse

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Ingo Mayer', is written over a faint blue rectangular stamp.

Dr. Ingo Mayer
Leiter Kompetenzbereich Materialemissionen und Extraktstoffe



Allgemeine Geschäftsbedingungen der Berner Fachhochschule (BFH)

Geltungsbereich

Diese allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) gelten für F+E Aufträge und Dienstleistungen und beruhen auf Schweizer Recht. Mit der Auftragsbestätigung oder der Vertragsunterzeichnung akzeptiert der Auftraggeber diese AGB. Änderungen und Nebenabreden sind nur wirksam, wenn sie von der BFH schriftlich bestätigt werden. Im Übrigen gelten die Bestimmungen des Obligationenrechts sowie die Fachhochschulgesetzgebung des Kantons Bern.

Angebote der BFH

Offerten, die schriftlich, per Fax oder per E-Mail gemacht werden, gelten als verbindlich. Eine Offerte ist 3 Monate ab dem Datum der Offerte gültig, sofern nicht schriftlich etwas anderes vereinbart ist. Verlangt der Auftraggeber Lieferungen, Produkte oder Leistungen, die in der Offerte nicht enthalten sind, werden diese zusätzlich in Rechnung gestellt. Alle mit der Offerte abgegebenen Materialien bleiben Eigentum der BFH. Ohne Einwilligung der BFH darf Dritten keine Einsicht in die Angebotsunterlagen gewährt werden.

Eine Offerte wird angenommen, indem der Auftraggeber dies schriftlich, per Fax oder E-Mail erklärt.

Wünscht der Auftraggeber eine Änderung gegenüber der Offerte, teilt er dies der BFH mit. Die BFH teilt dem Auftraggeber innerhalb zweier Wochen mit, ob die Änderung möglich ist und welche Auswirkungen sie auf die Erbringung der Leistungen, die Termine und Preise hat. Die von der BFH bestätigte Abänderung wird Bestandteil der Offerte. Für bereits gelieferte Produkte/Leistungen gilt die Änderung nicht.

Integrierender Bestandteil von Offerten, F+E Aufträgen sowie Dienstleistungsaufträgen sind die Allgemeinen Geschäftsbedingungen (AGB) der Berner Fachhochschule. Subsidiär kommen die Bestimmungen des Obligationenrechts zur Anwendung.

Termine

Die Berner Fachhochschule verpflichtet sich, dem Auftraggeber die vereinbarten Produkte oder Leistungen an den festgelegten Terminen zu liefern. Der Auftraggeber verpflichtet sich, diese Produkte oder Leistungen an den vereinbarten Terminen abzunehmen und zu bezahlen. Die Termine werden angemessen verschoben, wenn Hindernisse auftreten, die ausserhalb des Willens der BFH liegen.

Bei sonstigen Verzögerungen kann der Auftraggeber

1. auf weitere Lieferungen verzichten: Dies hat er der BFH unverzüglich mitzuteilen.

2. Teillieferungen verlangen, sofern dies möglich ist: Dies muss unverzüglich vereinbart werden.
3. der BFH eine angemessene Frist zur nachträglichen Erfüllung ansetzen: Erfüllt die BFH bis zum Ablauf dieser Nachfrist nicht, darf der Auftraggeber, sofern er es sofort erklärt, auf die nachträgliche Leistung verzichten oder vom Vertrag zurücktreten.

Vertragserfüllung

Die Rechte und Pflichten für die Vertragserfüllung sind in der Offerte bzw. im Vertrag festgelegt. Sie dürfen nicht ohne schriftliche Erlaubnis der Parteien an Dritte übertragen werden.

Sofern kein besonderes Abnahmeverfahren vereinbart ist, hat der Auftraggeber die Produkte/Leistungen innerhalb zweier Wochen selbst zu prüfen und allfällige Mängel schriftlich anzuzeigen. Erfolgt keine Anzeige innerhalb dieser Frist, gelten die Produkte/Leistungen als mängelfrei und die Lieferung als genehmigt. Der Auftraggeber ist dann zur termingerechten Bezahlung verpflichtet.

Bei Aufträgen mit Forschungscomponenten nimmt der Auftraggeber zur Kenntnis, dass die Vertragserfüllung keine Garantie irgendwelcher Art für die Erreichung der Forschungsziele und der Funktionalitäten der Forschungsergebnisse beinhaltet. Der Forschungsauftrag gilt als erfüllt, sobald der Schlussbericht im vereinbarten Rahmen geliefert ist.

Die Vertragsparteien werden sich im zumutbaren Masse die benötigte gegenseitige Hilfestellung leisten, damit sie die Rechte und Pflichten, die sie durch diesen Vertrag erwerben, ausüben können. Insbesondere werden sie für die Erlangung oder Anmeldung/Registrierung von Rechten am Geistigen Eigentum die jeweils notwendigen Erklärungen und Unterschriften leisten.

Austausch von Informationen, Unterlagen, Gegenständen und Hilfsmitteln

Die Parteien werden sich gegenseitig die zur Durchführung des Projektes erforderlichen Auskünfte rechtzeitig erteilen und benötigte Unterlagen, Gegenstände und Hilfsmittel für die Dauer des Projektes leihweise rechtzeitig zur Verfügung stellen. Bei Beendigung des Projektes sind sie, falls nichts anderes vereinbart wurde, vollständig zurückzugeben bzw. im Fall elektronischer Unterlagen zu löschen.

Preise und Zahlungsbedingungen

Bei den festgelegten Preisen wird die gesetzliche Mehrwertsteuer hinzugerechnet.

Bei Pauschalpreisen wird zum offerierten Betrag abgerechnet. Bei als Kostendach offerierten



Preisen wird nach effektivem Aufwand abgerechnet, jedoch maximal zum offerierten Betrag. Bei Richtpreisen bleiben Abweichungen bis 20% in jedem Fall vorbehalten. Verrechnet werden die effektiv geleisteten Stunden.

Allfällige Reisekosten und Spesen werden separat in Rechnung gestellt. Der Rechnungsbetrag wird mit Zustellung der Rechnung fällig und ist innerhalb von 30 Tagen auf ein von der BFH zu bestimmendes Konto zu überweisen. Zahlungen erfolgen grundsätzlich in CHF. Bankspesen für Zahlungen in fremder Währung gehen zu Lasten des Auftraggebers. Werden Zahlungsbedingungen nicht eingehalten, ist die BFH berechtigt,

1. Forderungen gegen den Auftragsteller sofort zu stellen oder
2. für alle ausstehenden Forderungen Sicherheiten zu verlangen und/oder
3. noch ausstehende Leistungen nur gegen Vorkasse auszuführen bzw. zu liefern.

Kündigung

Falls eine der Parteien wesentliche Verpflichtungen nicht erfüllt, kann diese schriftlich ermahnt werden, die Verpflichtungen einzuhalten und den vertragsgerechten Zustand innerhalb einer angemessenen Frist wieder herzustellen. Nach unbenutztem Ablauf dieser Frist kann der Vertrag unter Einhaltung einer einmonatigen Kündigungsfrist auf ein Monatsende gekündigt werden.

Der Auftraggeber ist verpflichtet, der BFH die bis zur vorzeitigen Beendigung entstandenen Kosten zu vergüten sowie die bedingt durch die Forschungszusammenarbeit und die dadurch eingegangenen Verpflichtungen noch für eine beschränkte Zeit weiterhin anfallenden Kosten.

Gewährleistung / Haftung

Die BFH haftet für die gebotene Wissenschaftlichkeit und Sorgfalt in der Durchführung der übertragenen Aufgaben. Die BFH bietet Gewähr für die fachgerechte Auswertung der Resultate. Im Übrigen übernimmt die BFH keine Sach- und Rechtsgewährleistung. Im Allgemeinen haftet die BFH nur bei grober Fahrlässigkeit. Für die Verwendung von Forschungsergebnissen oder -produkten ist jede Haftung und Gewährleistung ausgeschlossen. Für Produkte oder Prozesse, die aus der Forschung entstehen, wird nicht gehaftet.

Geheimhaltung

Die Parteien verpflichten sich zur Geheimhaltung der ihnen vor und während der Vertragsdauer überlassenen Informationen und Materialien, auch wenn diese nicht ausdrücklich als geheim oder vertraulich bezeichnet worden sind. Details werden in Geheimhaltungsvereinbarungen geregelt.

Beide Parteien haben ihre Mitarbeitenden,

beigezogene Dritte und weitere Personen, die in irgendeiner Form Zugang zu vertraulichen Projektinformationen und -materialien haben, entsprechend zur Geheimhaltung der überlassenen Informationen und Materialien zu verpflichten.

Berichterstattung

Die Berichterstattung erfolgt grundsätzlich in der Sprache des schriftlichen Auftrags, entweder deutsch, französisch oder englisch. Soll der Bericht in einer anderen Sprache erstellt werden, erfolgt die Übersetzung auf Kosten des Auftraggebers. Wird der Bericht in mehr als einem Exemplar resp. in mehr als einer Sprache gewünscht, so wird dies zusätzlich in Rechnung gestellt. Aufzeichnungen und Berichte werden durch die BFH archiviert und 5 Jahre aufbewahrt.

Publikationsrecht

Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung können der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, soweit nicht überwiegende öffentliche oder private Interessen entgegenstehen. Die Parteien holen vor einer Veröffentlichung die gegenseitige Zustimmung ein. Bis zu diesem Zeitpunkt bleiben die Ergebnisse grundsätzlich vertraulich. Ergebnisse der mit öffentlichen Mitteln finanzierten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind in der Regel in geeigneter Form zu veröffentlichen. Vorbehalten bleibt die vertraglich vereinbarte Geheimhaltung.

Berichte sind grundsätzlich in der kompletten Fassung zu veröffentlichen. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf einer Genehmigung des zuständigen BFH Projektverantwortlichen.

Immateriälgüter

Immateriälgüter, die im Rahmen eines von Dritten finanzierten F+E Auftrags an der BFH entstehen, werden in der Regel mit Ausnahme des Urheberpersönlichkeitsrechtes dem Partner abgetreten.

Das Eigentum an und die Nutzung von immateriellen Ergebnissen richten sich im Übrigen nach der Politik vom 12. November 2008 der Berner Fachhochschule bezüglich Immateriälgüter. Von dieser Politik abweichende Bestimmungen sind unter den Parteien vertraglich zu regeln.

Die BFH behält sich das Recht vor, im Rahmen von F+E Aufträgen entstandene Immateriälgüter für nicht-kommerzielle Zwecke in Forschung und Lehre zu nutzen. Vorbehalten bleiben die vereinbarten Bestimmungen bezüglich Publikation und Geheimhaltung.

Technische Prüfungen

Die Teilnahme des Auftraggebers an Expertenprüfungen bedarf der Zustimmung des verantwortlichen Projektleitenden der BFH. Der Auftraggeber erhält nach Abschluss des Auftrags einen schriftlichen Bericht. Die Einsichtnahme in die Auftrags-Dokumentation muss durch den Projektleitenden genehmigt werden.

Angegliederte Schule:
Höhere Fachschule Holz Biel



Transport, Prüfmaterial, Lagerung

Risiken und Kosten von Transporten bei Anlieferung oder Rückversand gehen zu Lasten des Auftraggebers. Die BFH haftet für fahrlässige Beschädigungen an Objekten, sobald sich diese in ihrem Besitz befinden. Das zu untersuchende Material wird nach Beendigung des Auftrages während 4 Wochen aufbewahrt. Wird während dieser Zeit das Material durch den Auftraggeber nicht abgeholt, wird es nach Absprache mit dem Auftraggeber fachkundig entsorgt oder dem Auftraggeber zurückgesandt. Die Kosten der Entsorgung gehen zu Lasten des Auftraggebers.

Informationspflicht

Die Parteien machen sich gegenseitig und rechtzeitig auf besondere Voraussetzungen sowie auf die gesetzliche, behördliche und andere Vorschriften am Bestimmungsort aufmerksam, soweit sie für die Ausführung des Auftrags von Bedeutung sind. Die Parteien informieren sich rechtzeitig über Hindernisse, welche die vertragsmässige Erfüllung in Frage stellen oder zu unzumutbaren Lösungen führen können.

Vertretung gegenüber Dritten

Die Parteien sind ohne ausdrückliche Genehmigung nicht berechtigt, Rechtshandlungen im Namen der anderen Partei oder im Namen der Vertragsparteien vorzunehmen.

Korrespondenz

Jede Korrespondenz ist an die Projektverantwortlichen zu richten. Für Fragen betreffend den Schutz von Immaterialgütern ist die departementale zuständige Stelle für den Wissens- und Technologietransfer (DZS) zu kontaktieren.

Salvatorische Klausel

Sollten einzelne Bestimmungen eines Vertrages oder dieser AGB unwirksam oder undurchführbar sein oder nach Vertragsabschluss unwirksam oder undurchführbar werden, so wird hierdurch die Wirksamkeit der übrigen Teile des Vertrages nicht beeinträchtigt. Die Vertragsparteien verpflichten sich für diesen Fall, unverzüglich die betroffene Bestimmung durch eine zulässige und wirksame Vereinbarung zu ersetzen, die nach ihrem Inhalt der ursprünglichen Absicht am nächsten kommt. Das Gleiche gilt im Falle einer Vertragslücke.

Schlussbestimmungen

Änderungen und Ergänzungen von Verträgen bedürfen der Schriftform. Verträge unterliegen Schweizerischem Recht (unter Ausschluss von Kollisionsrecht und Wiener Kaufrecht). Gerichtsstand ist am Sitz der Berner Fachhochschule. Die Parteien werden sich bemühen, etwaige Streitigkeiten, die sich aus der Durchführung eines Vertrages ergeben, auf gutlichem Wege beizulegen.

Auftragsbestätigung

Wir haben die Offerte, 6 Seiten umfassend inkl. AGB, und deren Bedingungen vollumfänglich zur Kenntnis genommen und akzeptiert. Wir erteilen Ihnen hiermit den Auftrag.

Ort, Datum:.....

Unterschrift:.....

Angegliederte Schule:
Höhere Fachschule Holz Biel

MUSÉE d'HISTOIRE NATURELLE

Comptes 19⁷¹

Achat et entretien des collections

	Recettes	Dépenses
Solde au 31 juillet 1971	13.985.49	
Dima Genève, div. fournitures, fact. du 30.6.71		9.500.-
Kohler Ad. div. fournitures		82.40
Librairie Payot, "Die Kaefer Mitteleurop.		179.-
Nos Oiseaux, abonnement 71		12.-
Eléxa, dépose stat. tél.		56.85
Bailloz, div. fournitures		45.75
Schneitter, div. fournitures		45.35
Reymond, div. fournitures		9.55
Economat, bon 5522		68.80
Kurth, div. fournitures, pavatex		481.70
Badertscher H. & E. div. fournitures		976.50
Schneitter, div. fournitures		49.85
Musée zool. Lausanne, 12 cages		199.90
Wildhaber M.A. 50 kg Paradichl.		112.50
Schneitter, div. fournitures		147.30
Heusmann & Co. div. fournitures		32.50
Reymond, div. fournitures		35.15
Uniphot SA, 1 labor anti istaticum		5.30
Kohler A. div. fournitures		25.80
Hauser E. mowicoll		38.80
Armourias, div. fournitures		39.75
Bailloz, div. fourniture.		65.40
Gehring Fr. utilisation voiture privée		78.-
Gehring Fr. frais Congrès taxidermistes		577.70
Insecta Helvetica, 1 bd. Heloridae		8.30
Calendrier d'oiseaux 1972		5.-
Schneitter, div. fournitures		47.95
Nafag, Gossau, 50 kg Maense und Ratten Zucht		65.25
Wildhaber, 50 kg Paradichloro Benzol		112.50
Librairie Payot "Les Lichens"		185.15
Bailloz, div. fournitures		77.55
Kohler A. div. fournitures		53.20
Besson G. 4 part. Tubifex		9.-
Economat, bon 6115		49.10
Reymond, div. fournitures		32.35
Pharmacie Orangerie, Paradichloro		128.25
Electrona, cuves en verre		24.-
Payot, "Fliegende Fische"		85.25
à reporter	13.985.49	13.748.70
		./.

S. E. ou O.

Neuchâtel, le

VILLE DE NEUCHÂTEL
 BIBLIOTHÈQUE ET MUSÉES

MUSÉE suite MUSEE D'Histoire naturelle

Comptes 19⁷¹

Achat et entretien des collections

	Recettes	Dépenses
Report	13.985.49	13.748.70
Kohler A. div. fournitures		26.80
Gehring Fr. frsis déplacements		151.60
Economat, bons 6376, 6442		21.30
Martin Luther, 2 Brussels		14.60
Schneitter, 12 Hexavap		84.-
Payot, 1 Ternier Paleontologie		182.25
Muller M. veste, duvet, pantalon		415.50
Montandon, pharmacie, div. fournitures		34.10
Blanc E. 1 balle tourbe		4.40
Reymond, div. fournitures		24.85
Baillod, div. fournitures		58.40
Complément écr. pièce 31 984		3.-
FAN, Annonces musées		104.-
Solde pour balance	888.01	
	14.873.50	14.873.50
Solde au 31 décembre 1971		888.01

Document 4 : quittance d'achat du muséum pour du lindane et du paradichlorobenzène ©MHNN

Règles de conduite à tenir pour la manipulation des spécimens et l'étude en réserve

- Porter l'équipement de protection personnelle prévu : blouse, gants en nitrile/vinyle et masque



- Eviter le port d'objets pouvant abîmer les spécimens (bagues, montres, bracelets...)
- Ne jamais boire, manger ou fumer dans les locaux de réserve et de travail
- Ne pas porter ses mains à la bouche, se frotter les yeux ou se ronger les ongles
- Manipuler les spécimens uniquement lorsque cela est nécessaire.
- Utiliser ses deux mains pour la manipulation.
- Observer attentivement le spécimen avant de la manipuler : est-il endommagé ? La surface est-elle fragile ? Ai-je l'espace nécessaire pour le déplacer et ou le poser ?

- Prière de vous laver les mains à l'eau froide une première fois après la manipulation de spécimens puis à l'eau tiède une seconde fois.



- Prière de jeter vos gants dans un container spécial résidus toxiques



- Si vous remarquez quelque chose d'inhabituel ou si vous cassez quelque chose, prière d'en informer le conservateur ou le taxidermiste
- Signaler au service médical toutes manifestations allergiques ou respiratoires et grossesse dès qu'elle est connue.

PRESERVING TREASURES

Many cultural treasures, particularly those in museums, are showing the ravages of time. Environmental influences accelerate the process. In order to specifically prevent contact with contaminants in the air or damaging gas emissions from within the object itself, special [SARATECH®](#) filter systems are necessary. The same principle also applies to contaminated cultural objects. By storing such objects inside a textile sleeve, contaminants cannot permeate to the outside and a process of active decontamination takes place. [SARATECH®](#) high-performance adsorbers reliably bind the undesirable substances which means that many treasures of times past can be preserved for the benefit of future generations

THE CLEAN-UP SYSTEM FOR CONTAMINATED BUILDING INTERIORS

Pollution due to contamination in building interiors continues to be a relevant topic. Numerous studies have proven that off-gassing in interiors has a considerable impact on our health and well-being. Headaches, nausea, and dizziness are just a few of the less serious symptoms. These toxic contaminants are released largely by construction and auxiliary materials used primarily in the 1960s and 70s.

Typical contaminants include:

- PCB (additive in joint and sealing compounds to increase flexibility)
- PCP (disinfectant and fungicidal additive in wood preservatives)
- Pesticides and insecticides (used in wood, to preserve artworks in churches and museums etc.)
- Radon (from masonry containing uranium, walls, and floors)

Occupants of former paint shops, tyre warehouses, and dry-cleaners in particular are exposed to various contaminants released into the atmosphere.

Owners of buildings proven to be polluted generally must count on a reduction – usually substantial – in the value of their property.

The solution

SARATECH® Permasorb® is a breathable adsorptive wall covering from Blücher. The concentration gradient between the contaminant-laden wall and the adsorber layer automatically initiates a diffusion process. Noxious gas molecules migrate towards the room interior, make their way into the adsorbents, and are bonded safely and permanently. The process only stops once the gradient is eliminated and the wall is free of contaminants. The large adsorptive capacity of the wall covering ensures safe adsorption even over a very long period and even in highly contaminated buildings.

SARATECH® Permasorb® is superior to traditional decontamination methods since ground-up renovations are generally very expensive and building downtimes are long. Various sealing methods can cause moisture and mildew to build up because the seal acts as a barrier, and these methods leave toxins in the wall. Even minimal damage to the barrier can result in intense off-gassing of toxins at any time.

Document 6: informations récoltées à propos du tissu Permasorb®