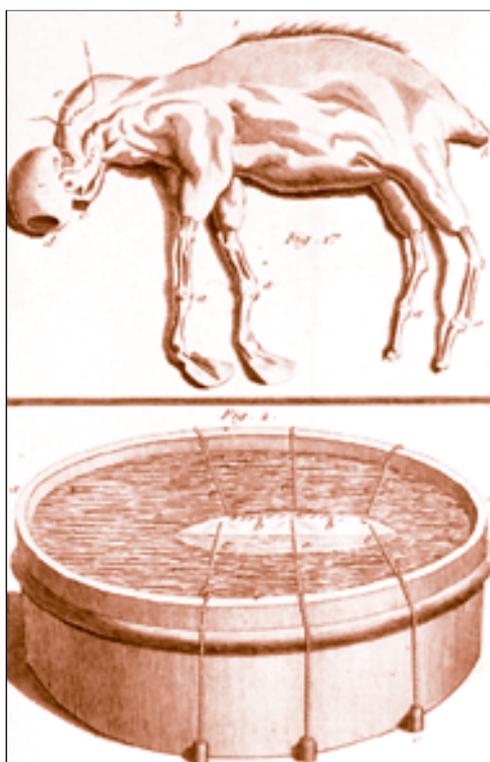


L'arsenic dans les collections d'Histoire naturelle

Amandine Péquignot, Fernando Marte
et David Von Endt *



Taxidermie : peau d'un animal séparée du corps et peau mise en macération (Nicolas, P.-F. *Méthode de préparer et de conserver les animaux de toutes les classes pour les cabinets d'Histoire naturelle*. Paris : F. Buisson, 1801)
© Bibliothèque centrale MNHN Paris

* Amandine Péquignot est maître de conférence au Muséum national d'Histoire naturelle de Paris
apeq@mnhn.fr
Fernando Marte est ingénieur chimiste au centro de Producción e Investigación en Restauración y Conservación artística y bibliográfica patrimonial, Escuela de Humanidades, universidad Nacional de San Martín, Buenos Aires
David Von Endt est chercheur au Smithsonian center for Materials Research and Education, Smithsonian Institution, Washington

Entre le XVIII^e siècle et la fin du XX^e siècle, l'arsenic a été communément employé pour la préparation et la conservation des collections dans les musées d'Histoire naturelle. La présence d'arsenic et de ses composés pose le problème des moyens disponibles pour les détecter et des précautions à prendre dans la gestion des collections contaminées.

L'arsenic dans les musées d'Histoire naturelle : une longue histoire

Pouvant être un objet faisant des collections minéralogiques à part entière, l'arsenic est également présent sous une forme beaucoup plus inattendue dans les musées d'Histoire naturelle. En effet, dès le XVIII^e siècle, cet élément chimique entre dans la composition de certains préservatifs employés pour la préparation des spécimens et comme insecticide, fongicide et raticide dans la conservation des collections d'Histoire naturelle comme pouvaient l'être à la même époque le soufre ou le mercure. Aux vues des méthodes de préparation et de conservation appliquées dans les cabinets (Péquignot, 2002), de nombreuses collections ont été traitées à l'arsenic sur une période longue de deux siècles.

Parmi toutes les collections, les spécimens naturalisés présentent une forte probabilité de contenir de l'arsenic en raison de son utilisation dans la préparation des peaux. Comme en témoignent les manuels de taxidermie des XVIII^e et XIX^e siècles qui préconisent l'emploi d'« arsenic » ou « arsenic blanc » (trioxyde

d'arsenic, As_2O_3) dans la composition des préservatifs. Le plus connu d'entre eux reste le savon arsenical, préservatif révolutionnaire inventé par l'apothicaire messin Jean-Baptiste Bécœur (1718-1777) au cours du XVIII^e siècle. De son vivant, Bécœur se garde bien de dévoiler la composition de son produit miracle. Louis Dufresne, aide-naturaliste au Muséum de Paris, est le premier à publier la formule en 1800 dans le *Traité élémentaire et complet d'Ornithologie* de François-Marie Daudin. Le préservatif se compose de « quatre espèces de drogues conservatrices » : du camphre, de l'arsenic, du carbonate de potasse et de la chaux en poudre associés à du savon. Cette pâte arsenicale est appliquée à l'intérieur de la peau et sur les os conservés dans le spécimen. Utilisé dans la préparation des peaux dans les musées comme nous le venons de voir, le savon de Bécœur fait également partie des « *pacotilles* »⁽¹⁾ données au XIX^e siècle aux voyageurs-naturalistes du Muséum de Paris pour la préparation des peaux sur le terrain lors de leurs expéditions⁽²⁾. Au gré des années et des préparateurs, la composition du savon arsenical va très peu varier ; certains y ajouteront des gouttes d'essence de serpolet ou de thym pour parfumer (Didier et Boudarel, 1981), d'autres y ajouteront de l'alcool pour permettre une meilleure pénétration dans la peau (Péquignot, 2002). Même si le préparateur Boitard le considérait au XIX^e siècle comme « *le préservatif le plus sûr, et en même temps le moins dangereux* »⁽³⁾ le savon arsenical est pros crit en France des préparations dans les années 1960 en raison de sa toxicité (INERIS 2005). Néanmoins il sera employé jusque dans les années 1990 dans les musées en France (Le Dimet et Jullien, 2002), en Suède (Lönnberg, 1926), aux États-Unis (Hawks et Williams, 1986 ; Knapp, 2000), en Australie (Olsen, 2001), ou en Argentine (Morganti, 1970 ; Budín, 1976).

Mais la présence d'arsenic dans les collections de spécimens naturalisés n'est pas uniquement due à l'usage du savon de Bécœur. En effet, au XIX^e siècle, il est courant de faire macérer les peaux dans des bains de tannage contenant de l'arsenic mélangé à de la strychnine⁽⁴⁾ ou à de la glycérine, ou de les enduire d'une liqueur à base de sel de tartre, de camphre, d'arsenic, de chaux vive et d'alcool à 50° (Péquignot, 2002). Bien que les peaux soient tannées, elles restent sujettes à d'éventuelles attaques d'insectes et autres rongeurs. Pour protéger les spécimens de ces ravages, les naturalistes saupoudrent des mixtures d'alun, de sublimé corrosif (bichlorure de mercure) et d'« arsenic rouge » (réalgar, As_2S_2)

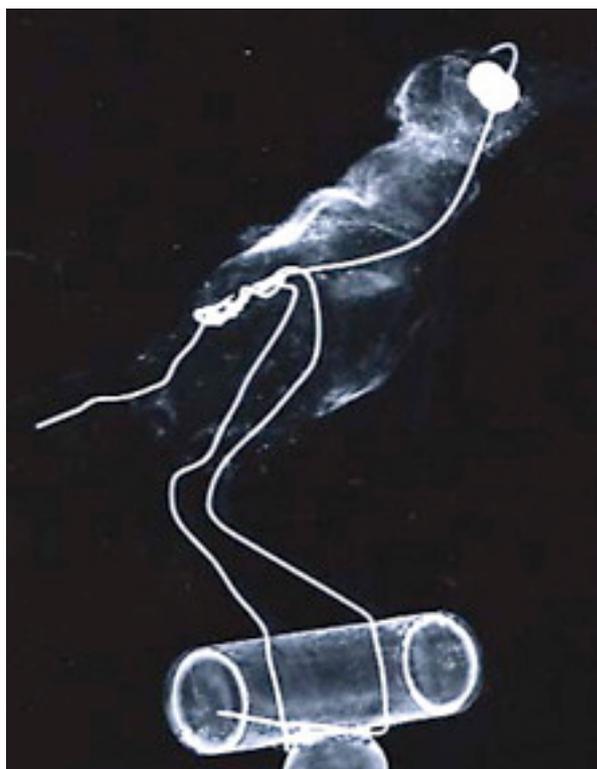
ou d'« arsenic jaune » (orpiment, As_2S_3), ou des mélanges d'« arsenic blanc », d'alun calciné et de sel marin purifié.

Malheureusement les spécimens naturalisés ne sont pas les seuls objets pouvant contenir des résidus d'arsenic. En effet, au XIX^e siècle et début XX^e siècle, pour une meilleure conservation des collections, les naturalistes et les conservateurs traitent les cabinets et les pièces des musées dans leur intégralité par fumigation ou saupoudrage d'arsenic. Il est donc courant de saupoudrer les herbiers de trioxyde d'arsenic ou de sel de Macquer (arséniat de potassium, KH_2AsO_4). Cette pratique s'est trouvée vérifiée par une étude anglo-saxonne qui a récemment montré le fort taux de concentration d'arsenic mais également de mercure dans les herbiers du National Museum and Galleries of Wales (Purewal, 2001). Les collections ethnographiques ont également fait les frais de traitement par une large gamme de pesticides notamment des poudres à base d'arsenic ou de mercure, des liqueurs appliquées directement sur les objets comme la liqueur de Fowler⁽⁵⁾ ou des fumigations arsenicales qui étaient jugées efficaces contre les teignes (Golberg, 1996).

Détecter pour protéger

L'historique des méthodes de préservation montre qu'une certaine partie des collections d'Histoire naturelle a été traitée avec des produits contenant de l'arsenic. Ayant connaissance de cette utilisation jusqu'à une période très récente, il serait dangereux de limiter la présence de ce poison aux « vieux spécimens » comme il a souvent été le cas dans la pensée collective. Face à cette réalité, il est recommandé de prendre des mesures préventives concernant la santé du personnel susceptible d'être en contact avec les collections comme les préparateurs, les restaurateurs, le personnel de conservation, les chercheurs et le public dans le cas éventuel où ces objets sont en exposition.

Tout d'abord, il est nécessaire d'inspecter les objets et de localiser la présence de cette cristallisation blanche caractéristique de l'arsenic. Pour les spécimens naturalisés, elle peut se localiser à la base des phanères, autour des yeux, dans ou à la base des oreilles, autour de la gueule ou du bec et dans les extrémités des pattes. Autant cette inspection peut être fructueuse en taxidermie autant elle l'est beaucoup moins pour les collections ethnographique et botanique où l'arsenic n'est pas spécialement localisé. Les fissures, les fentes ou les coutures dans certains



Radiographie d'un oiseau naturalisé *Copsychus saularis* (1843), spécimen issu des collections du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris : cette technique permet de révéler (taches blanches opaques) les résidus d'arsenic.
© Amandine Péquignot



Prélèvement de résidus sur le spécimen au moyen d'un coton-tige
© Amandine Péquignot

objets ethnographiques peuvent être des zones d'accumulation d'arsenic. Néanmoins, il est difficile de conclure sur la présence ou non d'arsenic en se basant sur une inspection toute relative des objets. Une recherche historique sur la collection afin d'obtenir des informations sur la préparation, la conservation ou le préparateur, est un complément dans la mesure où les documents sont encore présents, ce qui n'est malheureusement pas souvent le cas !

Face à cette limite et pour une détection sûre, il est nécessaire de tester l'objet. Pour cela, il existe différentes techniques disponibles et applicables selon la possibilité d'échantillonner ou non l'objet. La radiographie à rayons X est un premier examen qui permet de révéler les résidus d'éléments lourds comme l'arsenic, qui apparaissent sous forme de petites taches ou de masses blanches opaques, et de les localiser sur l'objet. La radiographie n'identifiant pas les éléments chimiques, il faut donc avoir recours à des techniques d'analyse. Il existe de nombreuses méthodes d'analyse qualitative soit non-destructives comme la spectrométrie de fluorescence X (ou XRF pour *X-ray fluorescence spectrometry*) dont le Muséum de Paris a fait l'acquisition, soit qui nécessitent un échantillonnage comme la spectrométrie

de masse à plasma inductif (ICPM), la diffraction à rayons X (XRD) ou la microanalyse couplée à la microscopie électronique à balayage (MEB-EDS).

Tous les musées d'Histoire naturelle n'ont pas l'opportunité d'accéder à la haute technologie, mais tous ont un même besoin de contrôler leur collection : les spots tests sont alors un bon moyen pour y remédier. Le spot test est une détection de surface – échantillonnage à l'aide d'un coton-tige sur l'objet – basée sur une suite de réactions chimiques qui aboutissent à une coloration spécifique en présence d'arsenic. Nous avons testé et comparé deux spots tests : le test de Weber et un kit vendu dans le commerce (Marte et al, sous presse).

Le premier test est très largement employé en Amérique du Nord dans les musées. Sirois et Taylor (1988), Hawks et Williams (1986), et Rémillard (2001) font référence à ce test mis au point par Stephant Weber (université de Pittsburg) et basé sur la méthode de Gutzeit (Vogel, 1965). Le principe est la réaction de l'arsenic avec l'hydrogène dégagé par la réaction du zinc avec l'acide chlorhydrique. L'hydrogène réduit l'arsenic en un gaz très toxique, l'arsine (AsH_3). L'arsenic présent dans ce gaz est alors exposé à un papier imprégné d'une solution de

Détection de l'arsenic

Test de Weber-Gutzeit

Fournitures

Éprouvettes de petit format (2 ml)
 Pipettes jetables
 Cotons-tiges
 Brucelles
 Papier filtre coupé en languette de la largeur de l'éprouvette de longueur 3 à 4 cm
 Spatule
 Coton
 Petites fioles
 Parafilm™

Réactifs chimiques

Chlorure cuivreux CuCl
 Zinc en poudre (sans arsenic)
 Hydroxyde de potassium KOH 1M
 Acide chlorhydrique HCl 3M
 Nitrate d'argent AgNO₃ 0.1N
 Eau distillée

Méthode

1° Préparation de la solution de chlorure cuivreux : dans une petite fiole, ajouter une pointe de spatule de chlorure cuivreux dans 5 ml d'eau distillée. Agiter.
 2° Mettre quelques spatules de poussière de zinc dans l'éprouvette.
 3° Prélever l'échantillon en roulant un coton-tige humidifié d'eau distillée sur l'objet à tester. Extraire le coton au moyen de brucelles et l'introduire dans l'éprouvette. Additionner 1 à 2 gouttes de KOH (1M) pour dissoudre l'échantillon.
 4° Ajouter des gouttes de HCl (3M) jusqu'à ce que débute l'effervescence.
 5° Très rapidement mettre un léger morceau de coton à la moitié du tube imbibé de 2 ou 3 gouttes de la solution de CuCl.
 6° Placer le filtre de papier imprégné de solution de AgNO₃ (0.1N) en prenant garde de ne pas le mettre en contact avec la solution et fermer hermétiquement l'éprouvette au moyen du film Parafilm™.
 7° L'arsenic est indiqué par l'apparition d'une coloration variant du jaune au marron selon la concentration présente.

NB :

- Il est nécessaire de préparer une solution fraîche de chlorure cuivreux à chaque fois que l'on démarre une série de test.
- L'hydroxyde de potassium est utilisé pour amener l'arsenic en solution.
- Le chlorure de cuivre présent sur le coton réagit avec l'antimoine (Sb), la phosphine (Ph₃) et le sulfure d'hydrogène (H₂S) ; la présence de ces substances interférerait avec le résultat du test.

Test de Macherey-Nagel

Réaction

$$\text{Zn (s)} + 2\text{HCl (aq)} \rightarrow 2\text{H}^+ \text{ (g)} + \text{ZnCl}_2 \text{ (aq)}$$

$$\text{As}^{3+} \text{ (aq)} + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{AsH}_3 \text{ (g)}$$

$$\text{AsH}_3 + \text{HgBr}_2 \text{ (aq)} \rightarrow \text{As (HgBr)}_3 \text{ (aq)} + \text{HBr}$$

(jaune à marron)

Fournitures

Tube à essai (20 ml)
 Erlenmeyer (50 ml)
 Pipettes jetables
 Cotons-tiges
 Brucelles
 Spatule
 Parafilm™

Réactifs chimiques

Arsenic Test Paper [Macherey-Nagel] : toxic
 Zinc en poudre (sans arsenic)
 Acide chlorhydrique HCl
 Eau distillée

Méthode

1° Rouler des cotons-tiges imbibés d'eau distillée sur différentes parties du spécimen.
 2° Le coton doit être coupé, et haché dans un Erlenmeyer contenant 25 ml d'eau distillée.
 3° Après une heure, prélever 5 ml de cette solution dans un tube.
 4° Ajouter de la poudre de zinc, puis 10 gouttes d'acide chlorhydrique.
 5° Rapidement, insérer le papier test en prenant garde de ne pas le mettre en contact avec la solution et fermer hermétiquement le tube au moyen du film de Parafilm™.
 6° Attendre 30 minutes pour la lecture.

Recommandations :

- Il est nécessaire de porter des gants, un masque anti-poussière et des vêtements de protection pour manipuler les objets et lors des tests.
- L'arsenic émanant des réactions est un gaz très toxique et ne doit pas être inhalé. Il est donc obligatoire de travailler sous hotte aspirante lors des tests.
- Le matériel utilisé lors des tests doit être jeté dans un container labellisé « Arsenic »/« Déchet toxique ». La vaisselle doit être rincée à l'eau courante et les eaux de lavage doivent être récupérées dans un container labellisé « Arsenic »/« Déchet toxique ». Une petite quantité d'isopropanol ou de propanol doit être utilisée pour le rinçage final.



Différentes réactions selon la teneur en arsenic avec l'*Arsenic Test Paper*, vendu par la société Macherey-Nagel (États-Unis)
© Amandine Péquignot

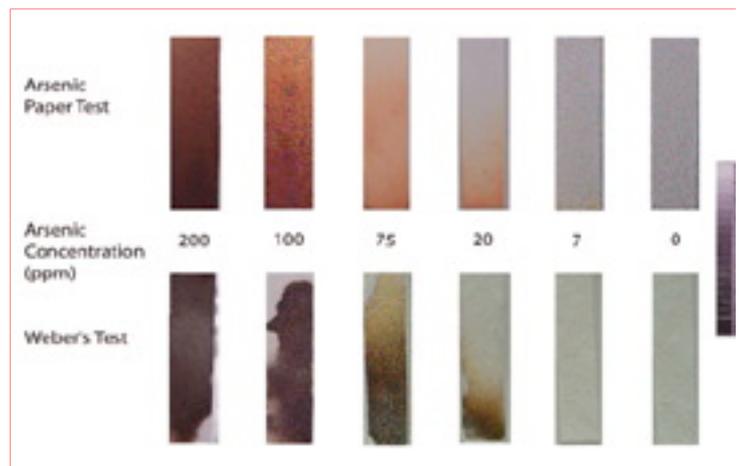
nitrate d'argent qui réagit au contact de l'arsenic en donnant une couleur variant du jaune au marron selon la concentration d'arsenic présente. La limite de sensibilité communément acceptée est de 20 mg par goutte d'arsenic standard (Hawks & Williams 1986, Sirois et Taylor 1988) ; cette limite peut être estimée autour de 400 ppm ⁽⁶⁾.

Le second test est l'*Arsenic Test Paper*, kit vendu par la société Macherey-Nagel (États-Unis) et recommandé par Odegaard et al. (2005). En présence d'arsine, le papier-test blanc (imprégné de bromure de mercure II) passe du jaune citron au brun selon la concentration. La limite de sensibilité varie étrangement selon les notices et les traductions de 0,5 ppb ⁽⁷⁾ (soit 0,5 mg d'arsenic dans un litre) à 0,1ppm par 5 ml de solution (soit 20 mg dans un litre de solution, soit 20 ppm) !

Devant cette énorme incertitude, nous avons comparé la sensibilité des deux tests sur un jeu de solutions d'arsenic comprises entre 7 et 200 ppm contrôlées par ICPMS, l'eau pure étant le contrôle et de l'antimoine (contenant 0,10 % d'arsenic) étant le témoin. Les deux tests réagissent très bien à des concentrations de 200, 100, 75 et 20 ppm. En deçà, la réaction n'est plus clairement identifiable ; une certaine pratique et bonne observation est nécessaire pour détecter une légère coloration autour de 7 ppm. La lecture se trouve plus difficile pour l'*Arsenic Test Paper* entre le blanc du papier et la coloration jaune citron très pale à cette faible concentration d'arsenic. Donc nous pouvons ajuster la limite de détection autour de 20 ppm pour les deux tests. Cette limite est selon nous « raisonnable » sachant que le but premier des *spots tests* est une détermination qualitative et non quantitative d'arsenic dans les collections.

Dans la pratique, le test de Weber nécessite une certaine aisance dans la manipulation et la chimie, dans

la mesure où tous les réactifs doivent être préparés avant chaque test. L'avantage de ce test est de lire directement et sans ambiguïté les résultats. Contrairement au kit où il est nécessaire de dissoudre le coton-tige dans 25 ml d'eau distillée pendant une heure avant d'en prélever 5 ml pour la réaction, et où la lecture ne se fait qu'après une attente de 30 minutes. Pour qu'un test soit correctement mené, nous recommandons de pratiquer au minimum 5 à 9 prélèvements à différents endroits de l'objet. Ce nombre varie évidemment selon le type d'objet et sa taille : pour un spécimen naturalisé et afin de couvrir correctement toute la surface du spécimen, le nombre de prélèvements sera ainsi plus important pour une girafe que pour un moineau. Dans le cas d'un objet ethnographique composé de différents matériaux, il est nécessaire de faire 3 à 4 prélèvements sur chaque type de matériau.



Comparaison des deux spots tests à différentes concentrations en arsenic (0, 7, 20, 75, 100, 200 ppm)

© Amandine Péquignot

Il est important de garder à l'esprit que le spot test reste une identification réalisée à partir de résidus prélevés sur la surface de l'objet. Cela pose une limite dans la mesure où, dans certains cas, l'arsenic n'est pas présent en surface mais à l'intérieur de l'objet comme dans le cas particulier des spécimens naturalisés tannés au savon arsenical.

La gestion d'un poison

La présence d'un poison dans une collection nécessite une gestion d'urgence des objets et également une information non équivoque. Il est impératif pour les institutions de mettre en place des mesures de sécurité concernant ces collections. Ces procédures ne doivent pas uniquement être destinées aux personnels de collections, mais concerner également les chercheurs et les visiteurs. N'importe quel objet connu ou suspecté de contenir de l'arsenic ne devrait jamais être manipulé sans protection appropriée (gant nitrile, blouse, masque). Dans le cas de restauration de spécimens, le travail doit être effectué obligatoirement sous une hotte aspirante ou avec un aspirateur autonome.

Les spécimens testés « positif » à l'arsenic doivent être clairement labellisés « Arsenic » sur le socle ou sur l'étiquette. Cette information doit également être reportée sur les registres de collections. Nous tenons à avertir que les spécimens testés « négatif » avec les spots tests, peuvent néanmoins détenir de l'arsenic comme l'ont montrées certaines études (Palmer, 2001). Ceux-ci doivent alors faire l'objet d'un suivi et d'un test tous les 2 ou 3 ans. Chaque test, négatif ou positif, doit être consigné dans le catalogue d'inventaire ou clairement associé au numéro de l'objet. Les objets contaminés ne doivent en aucun cas être exposés directement au public (sous vitrine) ; ils doivent être conservés dans un endroit approprié et isolés des autres éléments de la collection. Nous sommes conscients que, dans certaines collections, les spécimens contenant de l'arsenic sont majoritaires, frôlant les 70 % ! Dans ce cas particulier, malheureusement le problème de la gestion demeure.

Conclusion

L'arsenic et ses composés ont été longtemps employés dans la préparation et/ou dans la conservation des collections d'Histoire naturelle. De nos jours, la détection de ce poison est nécessaire pour la santé.

En plus des dangers pour les personnes en contact avec ces collections dans les musées, le cas des collections ethnographiques pose un autre problème dans le cadre de restitution d'objets pratiquée notamment aujourd'hui aux États-Unis. En effet depuis 1990, le NAGPRA (Native American Graves Protection and Repatriation Act) reconnaît aux différentes ethnies natives d'Amérique (Indiens, Hawaïens, peuples d'Alaska) le droit de réclamer certains objets culturels et les restes humains de leurs ancêtres auparavant conservés dans les musées. Or, ces pièces contiennent souvent des produits toxiques employés naguère pour leur conservation dans les musées et leur restitution nécessite de détecter ces pesticides avant toute réimplantation de ces objets dans leur cadre culturel et sacré. Enfin, le problème de la présence d'arsenic dans les collections d'Histoire naturelle n'est pas unique et peut être également appliqué à d'autres pesticides dangereux comme le chlorure de mercure (sublimé corrosif), le DDT (dichloro diphenyl trichloroéthane) ou encore le thrichloroéthylène...

Il est de la responsabilité des institutions d'identifier les objets éventuellement contaminés afin d'assurer un lieu sécurisé pour le personnel et un musée sans danger pour les visiteurs.

Les auteurs tiennent à remercier le docteur Laure Dussubieux pour leur avoir permis de réaliser les analyses à l'ICP-MS, Ron Cunningham pour la réalisation des radiographies et Cathy Hawks pour ses conseils.

Notes

(1) Est regroupé sous le terme de « pacotille », tout le matériel nécessaire à la collecte, à la préparation et à l'envoi des spécimens par le voyageur-naturaliste au Muséum de Paris.

(2) Archives du laboratoire de Zoologie Mammifères et Oiseaux, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris

(3) Boitard, *Nouveau manuel complet du naturaliste préparateur*. 1881, p. 27.

(4) La strychnine est un alcaloïde toxique de la noix vomique (*Strychnos nux vomica*, Loganiacées), utilisé comme stimulant à très faibles doses. C'est le poison classique dans la lutte contre les corbeaux et les petits rongeurs, mais, curieusement, elle n'est pas toxique pour le cochon d'Inde. Son utilisation est interdite en France depuis 1999.

(5) Employée à des fins médicales thérapeutiques la solution de Fowler ou « solute dit d'arsénite de potassium » est composée d'anhydride d'arsénieux, de carbonate potassique, d'alcool de Mélisse, d'alcool à 90° et d'eau.

(6) 1ppm = 1mg/L

(7) 1ppb = 1mg/L

Bibliographie

- Anonyme. *Arsenic et ses dérivés inorganiques*. Fiche de données toxicologiques et environnementales des substances chimiques, INERIS, 2005, 77 p.
- Budín, O.-A. *Taxidermia y captura de aves*. Tucumán : Ed. Fundación Miguel Lillo, Miscelánea 58. San Miguel de Tucumán, 1976, 67 p.
- Golberg, L. An history of Pest control measures on the Anthropology Collections, National Museum of Natural History Museum, Smithsonian Institution, *Journal of the American Institute for Conservation*, 1996, vol. 35, n°1, 1996, pp. 23-43.
- Hawks, C.-A. et Williams, S. Arsenic in natural history collections, *Leather Conservation News*, vol. 2, n°2, 1986, pp. 1-4.
- Knapp, A.-M. Arsenic Health and Safety, *Conserve O Gram*, september 2000, n°2/3, 3 p.
- Le Dimet, S. et Jullien, F. Arsenic et vieux spécimens, *la Lettre de l'OCIM*, Hors série Taxidermie, décembre 2002, pp.105-107.
- Lönnberg, E. The Ornithological Collection of the Natural History Museum in Stockholm, *The Auk*, vol. XLIII, n°4, october 1926, pp. 434-446.
- Marte, F., Péquignot, A. et Von Endt, D. Arsenic in Taxidermy collection: history, detection, and management, *Collection Forum* (sous presse).
- Morganti, C. *Taxidermia, entomología y herbarios*, Buenos Aires : Editorial Hobby, 1970, 175 p.
- Odegaard, N. Sadongei, A. *Old Poissons, New Problems, A Museum Resource for Managing Contaminated Cultural Materials*, New York : AtlaMira Press, 2005, 126 p.
- Olsen, P. *Feather and Brush, Three Centuries of Australian Bird Art*, Melbourne : CSIRO Publishing, 2001, 240 p.
- Palmer, P.-T. A review of analytical methods for the determination of Mercury, Arsenic, and Pesticide residues on Museum objects, *Collection Forum*, vol. 16, n°1-2, 2001, pp. 25-41.
- Péquignot, A. *Histoire de la Taxidermie en France de 1729-1928, Étude des facteurs de ses évolutions techniques et conceptuelles, et ses relations à la mise en exposition du spécimen naturalisé*. Thèse de Doctorat, Paris : Muséum national d'Histoire naturelle, 2002, 390 p.
- Purewal, V. The identification of four persistent and hazardous residues present on historic plant collection housed within the National Museum and Galleries of Wales, *Collection Forum*, vol. 16, n°1-2, pp. 77-86.
- Rémillard, Fr. *Détection de l'arsenic et du mercure dans les collections d'animaux naturalisés*. Centre de Conservation du Québec, février 2001, 4 p.
- Sirois, J.-P. et Taylor, J. The determination of arsenic and mercury in natural history specimens using radioisotope X-ray energy spectrometry and scanning electron microscopy, *Proceedings of the 14th Annual IIC-CG Conference, 27-30 may 1988, Toronto*, pp. 124-136.
- Vogel, A.-E. A textbook of macro and semi-micro qualitative inorganic analysis. Londres : Longmans, 1965, 663 p.