

Table des matières

Résumé	5
Abstract	6
Zusammenfassung	7
Introduction générale	8
Partie 1 : Qu'est-ce qu'une collection en fluide ?	10
1.1 Composition d'un spécimen en fluide	10
1.1.1 Contenant	11
1.1.2 Matériaux de scellement.....	13
1.1.3 Spécimen	16
1.1.4 Fluide	16
1.1.5 Les matériaux de montage	22
1.1.6 Les étiquettes.....	23
1.2 Problématiques de conservation des collections en fluide	24
1.3 Connaissances préalables en conservation-restauration des collections en fluide.....	26
Partie 2 : Les préparations en fluide du Musée Botanique de l'Université de Zurich	28
2.1 Historique du Musée Botanique de l'Université de Zurich	28
2.2 Historique de la collection de l'institut	29
2.3 Valeurs culturelles actuelles associées	30
2.4 Evaluation globale de l'état de conservation de la collection de fluides	33
2.4.1 Des réserves défailtantes.....	33
2.4.2 L'état de conservation des collections en fluide.....	34
Partie 3 : Les 6 spécimens de la collection en fluide de l'université de Zurich	38
3.1 Méthodologie.....	38
3.2 Description et constat d'état des spécimens choisis.....	42
3.2.1 Spécimen 1 : <i>Hippophae rhamnoides</i> L.	42
3.2.2 Spécimen 2 : <i>Anacardium occidentale</i> L.	48
3.2.3 Spécimen 3 : <i>Capsicum longum</i> L.	51
3.2.4 Spécimen 4 : <i>Trapa natans</i> L.....	55
3.2.5 Spécimen 5 : <i>Brugmansia zippelii</i> Bl.....	59
3.2.6 Spécimen 6 : <i>Rhizobium</i> sp./ <i>Agrobacterium</i> sp.	62
3.3 Diagnostic	65
3.4 Problématique des matériaux de scellement	70
3.4.1 Étanchéité.....	70
3.4.2 Matériaux choisis pour les tests d'étanchéité	72
3.4.3 Mise en œuvre des tests	76
3.4.4 Solubilité	78

3.5	Objectifs et propositions de traitement.....	79
3.5.1	Rappel du mandat	79
3.5.2	Enjeux de la conservation-restauration.....	79
3.5.3	Nature des interventions proposées	80
3.5.4	Impact des choix de conservation-restauration sur les valeurs culturelles actuelles associées86	
Partie 4 : Rapport d'intervention de conservation-restauration de l'échantillonnage de spécimens.....		88
4.1	Traitements de conservation-restauration	88
4.1.1	Ouverture des bocal.....	88
4.1.2	Nettoyage des bocal et couvercles	89
4.1.3	Remplacement des fluides.....	90
4.1.4	Interventions de restauration sur les spécimens (collages, consolidations)	91
4.1.5	Interventions sur le support	92
4.1.6	Scellement	94
4.1.7	Etiquettes.....	94
4.2	Suivi de la collection et recommandations de conservation préventive.....	99
4.3	Note sur la future conservation-restauration de la collection	101
Synthèse et discussion		102
Conclusion générale.....		104
Références bibliographiques		105
Liste des ouvrages.....		105
Sites internet.....		109
Liste des communications personnelles orales et écrites.....		109
Lexique/glossaire.....		111
Liste des abréviations et des sigles		112
Liste des figures		113
Liste des tableaux, graphiques et schémas.....		117
Annexes.....		118
Annexes 1 : Photographies.....		118
Annexes 2 : Tableaux		120
Annexes 3 : Typologies		123
Annexes 4 : Protocoles.....		132
Annexes 5 : Graphiques		137
Annexes 6 : Fiches techniques et fiches de données de sécurité des produits utilisés		156

Résumé

Ce mémoire porte sur la conservation-restauration de 6 spécimens insolites de la collection botanique en fluide du Musée botanique de l'Université de Zurich. Notre étude s'est attachée dans un premier temps à définir et présenter la nature et les composants d'une collection en fluide via une revue de littérature. Cela a mis au jour le large panel de techniques et de matériaux employés pour ce type de collection et les spécificités liées au domaine de la botanique.

Dans un second temps, notre étude s'est attachée à réaliser un bref examen diagnostique de l'état de conservation de l'ensemble de la collection. Cela a permis de sélectionner un échantillonnage de 6 spécimens présentant des dégradations symptomatiques et représentatives de la collection du Musée Botanique de l'Université de Zurich. A l'image de la majorité des collections en fluide, les 6 objets qui font l'objet de notre étude présentent des défauts d'étanchéité au niveau du contenant et des joints qui mettent en péril l'intégrité physique des spécimens à court et moyen terme. Après avoir déterminé la nature des fluides en présence, la partie technico-scientifique de ce mémoire s'est focalisée sur des essais d'étanchéité dans le but de trouver un matériau de scellement le plus viable pour un stockage à long terme. Les essais se sont concentrés sur cinq matériaux employés à titre de joints pour la mise en fluide : la gélatine, deux types de silicones acétiques, un silicone neutre oxime et un adhésif photopolymérisable, NOA®61. Les résultats obtenus montrent que tous les silicones testés et la résine UV présentent les mêmes performances d'étanchéité. En revanche, la gélatine, n'a pas réellement démontré de performance au niveau de l'étanchéité.

La conservation-restauration des spécimens en fluide a pu être effectuée après ouverture des contenants et identification des fluides. Les spécimens ont été consolidés, collés, montés lorsque cela était nécessaire, remis en solution alcoolique progressivement et finalement scellés. Un protocole d'intervention global a pu être établi en prévision du traitement de la collection entière. Son application nécessitera toutefois l'étude attentive de chaque spécimen.

Abstract

This master thesis concerns the conservation-restoration of six uncommon specimens of the botanical spirit collection of the botanical Museum of Zurich University. Our study focused firstly to define and present the nature and components of a spirit collection via a literary journal. This revealed a large panel of techniques and materials employed within this type of collection and specificities linked to the botanical domain.

Secondly, our study focused on the execution of a brief diagnostic examination regarding the conservation status of the entire collection. This enable us to select a sampling of six specimens presenting symptomatic and representative degradations of the collection of the Zurich museum. Like the majority of spirit collections, the six objects, which are the focus of our study, present hermiticity defects in the container and seals, endangering the specimen's physical integrity in the short and medium term. After having determined the nature of the present fluids, the technico-scientific part of this thesis focused on sealing tests in order to find the most viable material for long term storage. The tests were centered around five materials used as sealants on the spirit collection: gelatin, two types of acetic silicone, a neutral oxime silicone and a photopolymerizable adhesive; NOA[®]61.

The conservation-restoration of the specimens was done after opening the containers and identifying the fluids. The specimens were consolidated, glued, mounted when proven necessary, progressively put back in an alcohol solution and finally sealed. The intervention protocol was done in anticipation for the processing of the entire collection and as such is reproducible, although each specimen has to be carefully analyzed prior to afore mentioned processing.

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit behandelt die Konservierung-Restaurierung von sechs besonderen Exemplaren der botanischen Nasspräparatesammlung der Universität Zürich. Bei der Untersuchung wurde zunächst anhand einer Übersicht der Fachliteratur die Art und Zusammensetzung einer Nasspräparatesammlung definiert und beschrieben. Dabei konnten die grosse Bandbreite der für diese Art von Sammlung verwendeten Techniken und Materialien sowie die Besonderheiten im Zusammenhang mit dem Gebiet der Botanik aufgezeigt werden.

In einem zweiten Schritt wurde eine kurze diagnostische Untersuchung in Bezug auf den Erhaltungszustand der gesamten Sammlung durchgeführt. Dies ermöglichte eine Auswahl von sechs Probeexemplaren, die für die Sammlung des Botanischen Museums der Universität Zürich symptomatische und repräsentative Schäden aufweisen. Wie dies für die meisten Nasspräparatesammlungen der Fall ist, konnten für die sechs hier untersuchten Objekte Dichtungsdefekte an den Behältnissen und den Verschlüssen festgestellt werden, die die Körperintegrität der Exemplare kurz- und mittelfristig gefährden. Im Anschluss an die Bestimmung der existenten Aufbewahrungslösungen konzentriert sich der technisch-wissenschaftliche Teil der vorliegenden Abschlussarbeit auf Versuche zu Verschlussmöglichkeiten der Behältnisse mit dem Ziel, ein Dichtungsmaterial ausfindig zu machen, das für eine dauerhafte Lagerung am beständigsten ist. Bei den Versuchen wurden fünf Materialien getestet, die als Dichtungsmaterial beim Verschluss der Nasspräparate verwendet werden: Gelatine, zwei Arten von Acetat-Silikon, ein neutrales oximvernetzendes Silikon und ein lichthärtender Klebstoff, NOA®61.

Die Konservierung-Restaurierung der Nasspräparate konnte nach der Öffnung der Behältnisse und der Bestimmung der Aufbewahrungslösung erfolgen. Die Präparate wurden, soweit dies notwendig war, konsolidiert, geklebt, montiert, dann progressiv in Alkohollösung eingelagert und schliesslich abgedichtet. Das Untersuchungsprotokoll wurde im Hinblick auf eine Behandlung der gesamten Sammlung entwickelt und ist daher reproduzierbar, obwohl jedes einzelne Nasspräparat mit besonderer Sorgfalt analysiert werden muss.

Introduction générale

La collection en fluide est un monde à part dans l'histoire naturelle. Entre ressource scientifique et curiosité, les spécimens en fluide troublent les esprits. Souvent objet de supports pédagogiques aux débuts des domaines médicaux et scientifiques, l'étrange vision des chairs, organes ou spécimens, très proches de notre condition humaine, provoque parfois le bouleversement voire le dégoût. Ces émotions négatives conjuguées au fait que les collections en fluide étaient souvent davantage attribuées au domaine universitaire qu'au domaine muséal ont vraisemblablement été des facteurs préjudiciables à leur mise en valeur et à leur conservation depuis plus de 300 ans.

Aujourd'hui encore, on peine à considérer ces objets dans leur ensemble, constitué de plusieurs éléments – contenant, fluide, spécimen, étiquette – qui chacun confère à l'objet des valeurs culturelles. L'objectif initial de la mise en fluide étant la conservation du spécimen, il arrive encore qu'on remplace et jette les différents autres constituants qui ne remplissent plus correctement leur rôle, sans toujours mesurer les impacts de ces pertes.

La collection botanique en fluide de l'Université de Zurich, tombée dans l'oubli depuis 1976, présente des dégradations importantes, très représentatives des altérations rencontrées sur ce type de collections. La problématique majeure pour les collections en fluide, sur laquelle nous concentrerons la partie de recherche de ce travail, se situe au niveau des défauts d'étanchéité des bocaux et du vieillissement des joints. Ces dégradations engendrent une évaporation du fluide qui ne remplit plus son rôle de liquide de conservation des spécimens et met en péril l'intégrité physique des objets. Les collections en fluide font ainsi fréquemment l'objet d'interventions telles que le remplacement des joints et le remplacement ou la mise à niveau du fluide. Or, non seulement ces interventions sont susceptibles d'engendrer de nouveaux dommages sur les objets mais elles modifient également la nature même des collections en fluide. Par ailleurs, ces opérations sont le plus souvent réalisées sans protocole défini et sans être nécessairement bien documentées.

Ce mémoire traite de la conservation-restauration de 6 spécimens en fluide de la collection du Musée botanique de l'Université de Zurich et de la recherche d'un scellement adéquat à une conservation à long terme. Dans ce travail, nous commencerons par définir ce qu'est une collection en fluide puis nous présenterons le Musée Botanique de l'Université de Zurich, sa collection et l'échantillonnage choisi pour l'étude de conservation-restauration. L'identification des différents matériaux constituant les échantillons (types de contenants, de liquides, de spécimens etc.) permettra de donner un aperçu du large panel existant pour ce type de collections. Nous présenterons ensuite les constats d'état et

diagnostics des spécimens choisis pour aboutir à des propositions de traitement et testerons différents joints d'étanchéité via une étude technico-scientifique. Pour se faire, nous effectuerons des essais d'étanchéité sur les deux matériaux les plus couramment utilisés dans le domaine des collections en fluide (gélatine et silicone) et sur un adhésif photopolymérisant aux ultraviolet (UV) dont les propriétés semblent intéressantes pour le cas étudié. D'après les résultats de ces tests, un protocole de conservation-restauration, reproductible sur des objets analogues et présentant les mêmes types d'altérations sera proposé.

Rapport-Gratuit.com

Partie 1 : Qu'est-ce qu'une collection en fluide ?

Une collection en fluide est constituée de spécimens conservés dans des liquides, choisis pour leurs qualités préservatrices. Le principe est de stopper la dégradation des tissus animaux ou végétaux par le biais de fluides, le plus généralement à base d'alcool, d'où l'appellation courante de « collection en alcool ». La première idée dans la constitution des collections en fluide est de préserver dans le but de comparer. L'engouement pour cette technique provient initialement du domaine médical qui y voit des intérêts considérables, permettant l'étude du corps humain et des animaux y compris des malformations et des maladies¹.

Cet engouement s'étend rapidement à la botanique. La conservation en fluide offre en effet des avantages dépassant largement ceux de l'herbier et de la conservation en bocal à sec : simplicité de mise en œuvre, rapidité, préservation des volumes et des tissus, possibilité de traitement directement à la collecte. Du point de vue scientifique, la conservation en fluide offre la possibilité de conserver la structure micromoléculaire et ainsi, la dissection du spécimen et la réalisation d'analyses ultérieures. Elle conserve également la structure macroscopique, permettant l'étude en volume et en profondeur de la plante. Enfin une étude anatomique approfondie peut être entreprise, car le contenu des cellules est aussi fixé. Le rôle de la collection en fluide est donc de fournir des supports d'étude, pour la comparaison et/ou à la dissection, permettant une observation précise – proche de l'état vivant – des structures macro et microscopiques². A l'inverse, la conservation en herbier ou en bocal à sec n'admettent pas cette étude car une fois sèches, les cellules sont rétractées sur elles-mêmes et la structure macroscopique de la plante n'est plus observable.

1.1 Composition d'un spécimen en fluide

Les collections en fluide sont des objets composites complexes qui sont constitués d'au minimum cinq éléments assemblés : le contenant qui comprend un bocal et couvercle, le scellement ou joint, le spécimen et le fluide. Dans de nombreux cas, s'ajoutent encore des étiquettes intérieures et/ou extérieures et dans certains cas, un matériau de montage (verre, plexiglas, nylon...), particulièrement intéressants pour leur valeur documentaire et/ou historique (cf. schéma 1). La technologie des fluides qui se développe initialement à travers les cabinets de curiosités répond à une démarche intellectuelle et scientifique propre à une époque. Cette technique est ensuite reprise par des scientifiques avec une démarche systématique. Parallèlement, la mise en fluide a été conditionnée par l'évolution de l'industrie et des matériaux au cours des siècles. On note ainsi une grande diversité dans les collections en fluide avec un large panel de matériaux.

¹ Simmons, 2014, p. 8

² Tredwell, 2006, p. 2

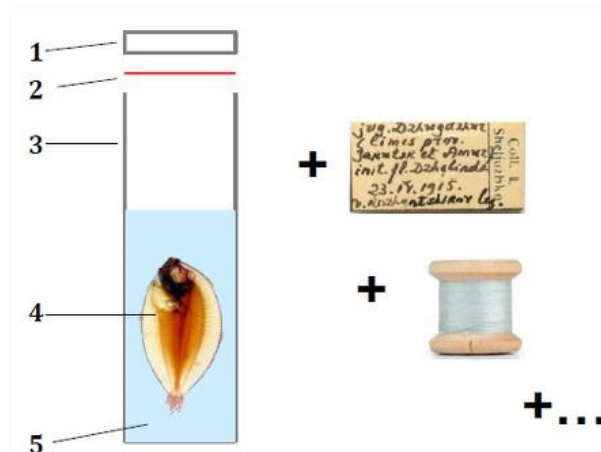


Schéma 1 : schéma représentant la composition d'un fluide ©J.Cuisin, 2016, n°1 : couvercle, n°2 : joint d'étanchéité, n°3 : contenant, n°4 : spécimen, n°5 : fluide

Nous allons à présent définir ces différents composants puis commenter les changements notables dans les matériaux employés au cours du temps. Nous décrivons le but et les caractéristiques de chacun de ces éléments ci-dessous.

1.1.1 Contenant

Nous définissons ici le contenant comme étant un bocal et son couvercle. Le but du contenant est de renfermer le spécimen et le liquide préservatif³. Il doit donc être étanche pour la conservation du spécimen. Il est le plus souvent transparent pour permettre une observation directe, sans ouverture du bocal. La nature, les dimensions et la forme du contenant dépendent de plusieurs facteurs : l'époque, la finalité de la collection et la taille des spécimens à préserver.

Les contenants les plus fréquemment rencontrés sont en verre, plastique et parfois en céramique. Ce dernier matériau opaque ne permettant pas la visibilité du spécimen, il a été peu utilisé et peu documenté, on ne le trouve pas dans la collection de l'université de Zurich. Pour ces raisons, nous ne nous focaliserons que sur les matériaux les plus employés, à savoir les contenants en verre et en plastique.

La première idée pour conserver durablement s'est portée sur le verre, matériau durable, transparent et relativement peu cher dans les périodes de développement des cabinets de curiosités. La forme générale du bocal était principalement cylindrique. La diversité se retrouve dans les systèmes de fermetures de ces bocal : ruban adhésif, à vis, bouchon avec élément de préhension ou non, couvercle plat (cf. fig. 1 p. 12). Après les verres soufflés puis industrialisés du XIX^{ème} siècle, de

³ Tous les termes suivis d'un astérisque sont définis dans un glossaire en fin de travail.

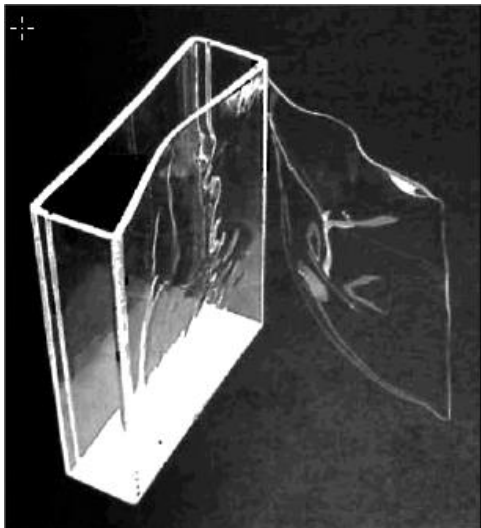
nouveaux types de bocaux sont apparus tels ceux de la marque « Le Parfait® » avec des systèmes de fermetures dits à bascule, à lamelle ou à vis (cf. fig. 2 et fig. 3). Pour de très grands spécimens, on utilisait aussi des armatures métalliques sur tous les angles du bocal, généralement rectangulaire. Il est également fréquent de retrouver dans les collections des contenants de remplissage utilisés par praticité et/ou opportunisme pour la mise en fluide. A titre d'exemples, on note la présence de bocaux réutilisés lors de missions de terrain et provenant d'un usage domestique comme des bouteilles, des conserves alimentaires ou encore de pots pour bébé. Ces bocaux inadaptés à la conservation, au stockage à long terme, à la mise en valeur des collections et à la sécurité du personnel et du public, engendrent ainsi des problématiques importantes. A ce jour, les verres les plus adaptés à tous ces critères sont les borosilicates ⁴, créés au début XX^{ème} siècle. Leur rareté dans les collections est attribuée à leur coût élevé.



Fig. 1, 2 et 3 : bocaux avec couvercles en bouchon, bocaux avec couvercles à bascule, bocaux avec couvercles à lames ©S. Moore, 2010

Depuis le milieu XX^{ème} siècle, les contenants en différents polymères plastiques (PET, HDPE, PMMA) ont remplacé le verre. Ils offrent plusieurs avantages pour l'étude et la manipulation des collections : un poids plus modeste, un risque de bris plus restreint et un coût moindre, qui ont séduit les conservateurs de musée. Néanmoins, certains contenants en polyméthacrylate de méthyle (PMMA), aussi appelé sous leurs noms commerciaux Perspex™, Plexiglas™, ont tendance à se déformer et à s'incurver vers l'intérieur du bocal lorsqu'ils sont en contact avec une solution préservative à base d'alcool (cf. fig. 4 p. 13). Ce point est extrêmement problématique pour la conservation à long terme des collections car il fait craindre des défauts structurels au niveau des arêtes du contenant et joints de scellement. De nouveaux systèmes avec une valve sur le couvercle ont été industrialisés afin de permettre de faire un vide d'air ou de remplir le contenant à l'aide d'une seringue. Ils semblent être légèrement plus performants mais accroissent parallèlement le risque de fuite ou d'évaporation du

⁴ Verres à base de silice et de borates conférant de très bonnes propriétés mécanique et thermiques



*Fig. 4 : Bocal rectangulaire en PMMA
présentant une déformation importante due
à l'interaction avec une solution alcoolique
©S. Moore, 2010*

fluide. De plus, de manière globale, le plastique a une stabilité chimique beaucoup plus réduite que le verre à moyen et long terme⁵.

En 2002, M. Simmons a apprécié et résumé les propriétés des contenants, de leurs performances et de leurs coûts, selon son expérience professionnelle (cf. annexes 2 tableau 1 p. 119).

1.1.2 Matériaux de scellement

Nous entendons par « matériau de scellement » un joint d'étanchéité qu'il soit appliqué à l'interface couvercle-contenant ou lié à un système mécanique (vis, rodage, bouchon...). La nature (verre/plastique) et la forme du contenant (couvercle plat, à bouchon ou avec un système mécanique) influencent le matériau de scellement.

Initialement, les matériaux de scellement étaient destinés au maintien de l'étanchéité nécessaire à la bonne préservation du spécimen. Par la suite, les problèmes liés à l'évaporation des fluides ont conduit les naturalistes à donner un nouveau rôle au matériau de scellement, à savoir la facilité d'ouverture et de fermeture du bocal dans le but d'accéder au spécimen dans un premier temps et de maintenir un niveau du liquide acceptable par re-remplissage dans un second temps⁶.

Un grand nombre de matériaux ont été essayés au fil du temps avec plus ou moins de succès. L'un des plus anciens systèmes mis en place consistait à rôder bouchons et bocaux de verre pour obtenir une accroche mécanique (XVII^{ème} siècle). Des matériaux étaient parfois ajoutés pour renforcer le rodage : la cire et le plomb (XVIII^{ème} siècle), la vaseline, la paraffine et la gélatine (milieu XIX^{ème} siècle), impliquant de nouveaux problèmes⁷. Non seulement ces matériaux ne sont performants que sur le moyen terme en raison de leur mauvais vieillissement mais de surcroît, ces ajouts successifs

⁵ Moore, 1999, p. 122-125

⁶ Simmons, 2014, p. 25

⁷ Moore, 2007, p. 20

provoquent une accumulation de matériaux différents qui rendent plus difficile leur retrait si nécessaire.

Dans les anciens scellements, le bitume (1900) et la gutta percha (gomme issue du latex, milieu XIX^{ème} siècle) ont été utilisés⁸ (cf. fig. 5 et 6).



Fig. 5 : Scellement au plomb
©S. Moore, 2007



Fig. 6 : Scellement au bitume ©S. Moore, 2007

Egalement à partir du XVIII^{ème} siècle, le couvercle pouvait être recouvert avec une vessie de porc, qui pouvait être elle-même recouverte d'une feuille d'étain ou de plomb pour renforcer l'étanchéité. Ce type de peau se retrouve le plus souvent sur des fermetures avec bouchons de type liège, bois, cire et verre. D'autres bocaux pouvaient être recouverts par une pièce de parchemin⁹ voire de peau simplement salée ou mégie*. Ce système pensé comme optimal à l'époque a depuis démontré des faiblesses du point de vue de l'étanchéité¹⁰. Il nécessite en tout cas un suivi important.

A partir du XIX^{ème} siècle, le caoutchouc a été utilisé plutôt sous forme de joints/rondelles pressés par un système à bascule dans des bocaux de type « Le Parfait » (1930)¹¹. Néanmoins, le caoutchouc se dégrade au cours du temps : rétractation, assèchement puis cassure (cf. fig. 7 et 8 p. 15). Selon la nature du liquide employé et les interactions qui s'opèrent, il peut également « fondre », couler sur le verre, comme nous pouvons le voir sur les images ci-dessous.

⁸ Moore, 2007, p. 21

⁹ Herbin, 2013, p. 8

¹⁰ Simmons, 2014, p. 114

¹¹ Cuisin, 2016



*Fig. 7 : Joint de caoutchouc dégradé
ayant coulé dans le bocal et
sur le spécimen ©J. Cuisin, 2015*



Fig. 8 : Joint de caoutchouc dégradé ©J. Cuisin, 2015

Parmi les matériaux contemporains, on note la présence de rubans adhésifs de nature diverse (ruban adhésif d'encadrement, ruban adhésif transparent, etc.). Ces matériaux, plutôt utilisés pour de la réparation temporaire, présentent des avantages séduisants pour l'utilisateur : facilité d'obtention, facilité de mise en œuvre, rapidité d'assemblage, prix modeste, etc. Ils portent néanmoins préjudice à la conservation des spécimens, n'ayant aucun caractère d'étanchéité. L'utilisation de résines époxydes*, parfois également employées, est également inappropriée pour un scellement à long terme. Ces résines thermodurcissables, infusibles et difficilement solubles, empêchent le retrait aisé du scellement. Dans les systèmes à vis, il est courant de rajouter une feuille plastique de paraffine de type Parafilm™ pour améliorer l'étanchéité.

Depuis 1980¹² et encore actuellement, les joints sont réalisés avec du silicone, qui est ensuite lissé sur le couvercle pour assurer la bonne étanchéité du contenant tout en restant discret. L'étanchéité du système ainsi que l'appréciation de leur stabilité physico-chimique sur le moyen et long terme n'ont été que peu testées jusqu'à présent. C'est sur le point de l'étanchéité du contenant par un joint silicone que nous concentrerons nos efforts dans la partie de recherche technico-scientifique de notre travail.

¹² Moore, 2007, p. 21

1.1.3 Spécimen

En sciences naturelles, un spécimen peut être de nature très diverse (animal, végétal). Dans ce travail, nous nous concentrerons sur l'étude des spécimens botaniques. En botanique, un spécimen peut désigner une plante entière ou une partie de plante à savoir une graine, une racine, une feuille, une bactérie ou encore les éléments symptomatiques d'une maladie typique de certaines plantes.

1.1.4 Fluide

Nous distinguons deux types de fluides : un fluide fixatif* et un fluide préservatif. Le fluide fixatif permet de stopper la dégradation naturelle des tissus. Le fluide préservatif est utilisé pour conserver le spécimen à long terme¹³.

Nos recherches bibliographiques ont démontré que les solutions employées pour des collections botaniques étaient très diversifiées. Une synthèse des différentes solutions que nous avons rencontrées dans la littérature est donnée en annexe 2 tableaux 2 et 3 p. 120 et 121. Nous nous concentrerons dans ce chapitre sur les fluides les plus couramment employés et/ou trouvés sur nos 6 spécimens.

Il est récurrent de trouver dans le fluide préservatif des traces du fluide fixatif et des produits tampons, qui limitent ou neutralisent l'impact de l'acidité du fixatif sur le spécimen. Cela est dû à plusieurs raisons comme un mauvais rinçage du spécimen après la fixation ou encore l'ajout de produit fixatif dans le fluide préservatif dans l'idée d'une meilleure préservation à long terme. Ces traces sont intéressantes car elles permettent parfois de donner une indication quant à la datation du spécimen en fonction des produits chimiques employés.

De manière générale, nous rendons attentif au fait que les solutions, les produits tampons et/ou adjuvants employés peuvent présenter un danger toxique, notamment des produits comme le formol*, le mercure, l'arsenic, le plomb ou les acides.

Fluide fixatif

La fixation est une étape cruciale et nécessaire pour la préservation de spécimens en fluide. Pour ce faire, on emploie des produits dont l'acidité accélère la précipitation des cellules protéiniques en rendant les protéines insolubles en milieu aqueux. La fixation est utilisée pour prévenir les changements/dégradations *post mortem* des tissus. D'une part, elle empêche les processus d'autolyse¹⁴ et ainsi la putréfaction du spécimen. D'autre part, elle empêche la coagulation du contenu des cellules en substances insolubles, ce qui permet de conserver les dimensions des spécimens. La

¹³ Simmons, 2014, p. 48

¹⁴ Dégradation des protéines en acides aminés.

fixation doit être effectuée rapidement après la mort du spécimen pour réduire au maximum ces changements¹⁵.

On distingue deux types de fixatifs : les fixatifs « faibles » ou « pseudofixatifs* » et les fixatifs « forts ». Les fixatifs « faibles » sont principalement des alcools et parfois de l'acide acétique¹⁶. Ils sont les premiers employés pour la mise en fluide et montrent les inconvénients suivants : perturbation des protéines et altérations des liaisons hydrogène par déshydratation¹⁷ et une pression osmotique¹⁸ de l'alcool plus basse que celle de l'eau contenue dans les plantes vivantes¹⁹.

Afin de pallier ces inconvénients, de nouveaux fixatifs, dits « forts » ont été mis au point à partir de 1859²⁰. Ce sont des aldéhydes qui forment des liaisons covalentes (liaisons fortes) entre les molécules composant les tissus, sans déshydrater les spécimens²¹.

Nous présentons les différentes propriétés de ces fixatifs dans le tableau ci-dessous :

Propriétés	Agents fixateurs		
	Ethanol- Méthanol- Acétone	Acide acétique	Formaldéhyde
pH	de 3,6 à 8,6	2 à 3	de 2,8 à 4 pour une solution à 37%
Modification du volume tissulaire	↓+++	↑+++	non (légère pour les vertébrés)
Réactions sur les protéines	Coagulant non additif	Non légère extraction	additif non coagulant
Réactions sur les acides nucléiques	Non	Précipitation	Légère extraction
Réactions sur les lipides	Extraction	Non	Préservés mais avec une perte dans le temps
Effets sur l'activité enzymatique	Préservée si gardé à froid	Inhibition	Préservés (si congélation courte)
Effets sur les organites (mitochondries)	Détruits	Détruits	Préservés

Tableau 1 : Tableau comparatif de trois fixatifs utilisés ©L. Venteo, 2010

¹⁵ Venteo, 2010, p.26.

¹⁶ Simmons, 2014, p. 26

¹⁷ Ibid.

¹⁸ La pression osmotique est la pression minimum nécessaire pour empêcher le passage des molécules d'une solution vers une autre.

¹⁹ Moore, 2010

²⁰ Simmons, 2014, p. 27

²¹ Simmons, 2014, p. 26

Le formaldéhyde*, étant la solution la plus rencontrée dans les collections en fluide, nous nous concentrerons sur sa description. Il s'agit d'un gaz très volatile à température ambiante qui constitue aujourd'hui la seule véritable solution pour la fixation des spécimens²². C'est pourquoi il est encore largement utilisé, malgré plusieurs inconvénients, notamment au niveau de la toxicité.

Les principales caractéristiques chimiques du formaldéhyde sont synthétisées dans le tableau ci-dessous:

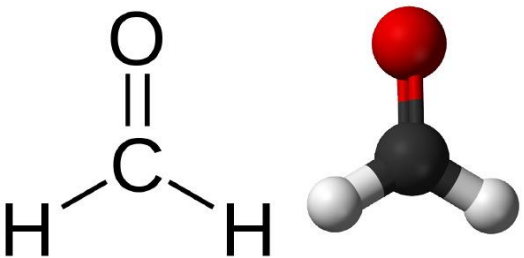
Formule chimique	HCHO 
Etat	Gazeux à température ambiante
Solubilité	Extrêmement soluble sans l'eau mais se polymérise facilement à froid et devient insoluble. Il doit donc être stabilisé avec du méthanol
Oxydation	En solution, il s'oxyde lentement et forme de l'acide formique, puis du CO ₂ et de l'eau
Sensibilité	Sensible à la lumière (destruction rapide par photolyse)
Dangers	Inflammable sous forme gazeuse et liquide, corrosif, toxique par inhalation, ingestion et contact avec la peau, cancérigène pour l'homme (2004)

Tableau 2 : Tableau résumant les propriétés du formaldéhyde ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016, inspiré des fiches toxicologique de l'INRS.

Du point de vue de la conservation du spécimen, le formaldéhyde s'oxyde facilement en acide formique, ce qui engendre une acidification de la solution et un danger pour le spécimen. Pour corriger cela, on ajoute un produit tampon dans la solution²³. Du point de vue de la santé, sécurité et environnement, le formaldéhyde est particulièrement nocif²⁴. En Suisse, d'après les données de la

²² Simmons, 2014, p. 47

²³ Venteo, 2010, p. 27

²⁴ Heudre, 2008

SUVA²⁵, le formaldéhyde est classifié comme étant cancérigène uniquement si la valeur minimale d'exposition (VME) n'est pas respectée. La VME suisse est située à 0.3 ppm²⁶ et la valeur limite d'exposition (VLE) à 0.6 ppm²⁷. En France, il a été classé comme étant cancérigène, mutagène et reprotoxique (CMR) en 2004-2005 et c'est pourquoi il est depuis remplacé progressivement par de l'alcool dans les collections. La VME française est située à 0.5 ppm et la VLE à 1 ppm²⁸. Anciennement, pour le reconnaître, il était recommandé de sentir le bocal car il est caractérisé par une odeur piquante²⁹. Cela est encore parfois appliqué aujourd'hui. Au vu des risques précités, cette reconnaissance doit absolument être abolie. Comme nous le montre le tableau ci-dessous, les valeurs auxquelles nous pouvons détecter le formaldéhyde par nos sens sont au-dessus des VME établies dans les deux pays. Nous devons donc nous méfier et nous protéger en conséquence dès que nous pensons avoir à faire avec ce produit. Actuellement, pour identifier le formaldéhyde, plusieurs techniques peuvent être utilisées : des bandes tests, le réactif dit « de Schiff ³⁰ » (ces deux techniques ne peuvent donner de valeur sur la concentration) ou des analyses moléculaires (chromatographie en phase gazeuse).

Symptômes	Valeurs seuil établies
Détection de l'odeur	En dessous de 0,5 ppm (0,625 mg/m ³)
Irritation oculaire	0,5-1 ppm (0,625-1,25 mg/m ³)
Irritation du nez et de la gorge	1 ppm (1,25 mg/m ³)

Tableau 3 : tableau donnant les valeurs auxquelles le formaldéhyde est détectable par les sens humains
©Doonaert, 2004, p. 9

Pour diminuer la toxicité du produit, Van Dam à l'université de Leyde a récemment proposé une nouvelle solution avec une concentration de 0.1% de formaldéhyde sans phénols, au lieu des 10% habituellement employés. Ses recherches depuis 2003, toujours en cours, cherchent à également conjuguer fixation et préservation en une seule solution³¹.

Actuellement, il existe deux recettes principales à base de formaldéhyde couramment employées pour la botanique³² :

²⁵ SUVA [en ligne] <https://extra.suva.ch/webshop/54/54BC7469D03481C0E10080000A63035B.pdf>

²⁶ Partie par million

²⁷ SUVA [en ligne] <https://extra.suva.ch/webshop/54/54BC7469D03481C0E10080000A63035B.pdf>

²⁸ INRS [en ligne] <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20984>

²⁹ Doonaert, 2004, p. 9 et retour d'expérience

³⁰ Produit chimique réactif permettant d'identifier les aldéhydes dans une solution

³¹ Van Dam, 2006, p. 49

³² Moore, 2010, p. 86

- La Kew mixture : 4-5% de formaldéhyde pur, 53% d'alcool, 5% de glycérol³³ et 37% d'eau déminéralisée
- Le formol acétique alcool (FAA): 48ml de formaldéhyde (37.6% formaldéhyde), 160ml d'alcool, 8 ml d'acide acétique glacial (pur) et 320 ml d'eau déminéralisée

Fluide préservatif

Le fluide préservatif est la solution de conservation définitive prévue pour un stockage à long terme. Il doit posséder certaines propriétés comme être germicide/fongicide, protéger de la putréfaction, avoir les propriétés physiques suffisantes pour maintenir les volumes du spécimen, être transparent, avoir un pH neutre, être stable chimiquement dans le temps et peu toxique pour les humains³⁴.

La diversité des collections en fluide étant très importante, les fluides préservatifs le sont également. Leur composition varie en fonction des expérimentations, des recettes établies et modifiées par les naturalistes au fil du temps. L'approche est souvent plus artisanale que scientifique, chacun ayant sa vérité sur les épices ou alcools permettant une meilleure conservation. Pour illustrer cela, le premier terme utilisé pour définir ces solutions était le mot « liqueur », terme utilisé depuis le Moyen-Age pour désigner tout liquide puis tout distillat d'alcool³⁵.

Les fluides préservatifs peuvent contenir différents produits selon les buts recherchés comme la préservation de la couleur ou la mise en évidence d'une partie du spécimen. En dehors des objectifs scientifiques, la composition des fluides de préservation a également évolué en fonction des lieux et des ressources locales. Ainsi, les premiers liquides préservatifs ont été le vinaigre, le sel et « l'esprit de vin »³⁶, qui correspond à de l'éthanol. Les premiers travaux à proprement scientifiques sur la conservation en « esprit de vin » sont faits par Robert Boyle vers 1660-1662³⁷. Puis vers le début du XVIII^{ème} siècle, Frederik Ruysch proposa une « recette » de solution de conservation, qu'il utilisa au sein de son cabinet de curiosités (cf. fig. 9 et 10 p. 21) et dont il garda le secret sur la composition exacte³⁸.

³³ Alcool, liquide visqueux et incolore présents dans les huiles et graisses

³⁴ Simmons, 2014, p. 48

³⁵ Simmons, 2014, p. 8

³⁶ Simmons, 2014, p. 7

³⁷ Simmons, 2014, p. 8

³⁸ Martin, 2013, p. 375

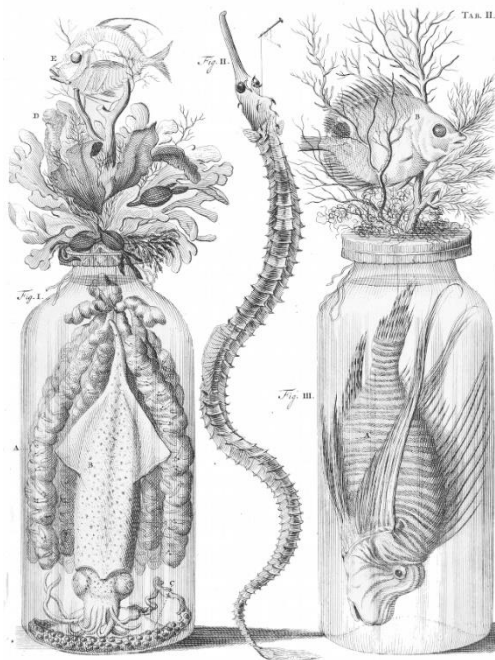


Fig. 9 : Illustration de fluides présents dans la collection de Frederick Ruysch ©BNF



Fig. 10 : Illustration de typologie de bocaux par Jean Daullé, XVIII^{ème} siècle ©BNF

Généralement, le fluide préservatif est composé d'alcool ou de formol. D'après Stoddart, les plantes ont le plus souvent été traitées avec des pseudo-fixatifs tels l'éthanol, plutôt que du formol³⁹.

En ce qui concerne les alcools, plusieurs types sont employés pour la conservation des fluides : primaires, secondaires ou tertiaires. Un alcool est constitué chimiquement de base par la séquence R-OH où R est un radical organique variable. La différence de type entre les alcools est le nombre d'atomes de carbone auquel sont rattachés les radicaux. Cela influence leur volatilité : un alcool primaire sera plus volatile qu'un alcool tertiaire⁴⁰. Pour la mise en fluide, on rencontre plusieurs alcools : éthanol, méthanol (depuis 1884) et isopropanol (depuis 1928)⁴¹. L'éthanol est l'alcool le plus largement employé depuis le début de la conservation des spécimens et le seul que nous avons rencontré dans notre échantillonnage. Il s'agit d'un alcool primaire inflammable dont la concentration la plus utilisée actuellement pour la mise en fluide est de 70%⁴².

La solution préservative actuellement la plus couramment employée est la Copenhagen mixture qui se compose de 53% d'éthanol, 5% de glycérol et 37% d'eau déminéralisée⁴³. Le glycérol est souvent ajouté dans le but de prévenir la déshydratation en cas d'évaporation du fluide⁴⁴. Son efficacité dans

³⁹ Stoddart, 2007, p. 42

⁴⁰ Alcools, Encyclopedia Universalis [en ligne]

⁴¹ Simmons, 2014, p. 286

⁴² Cuisin, 2016 et retour d'expérience

⁴³ Moore, 2010, p. 86

⁴⁴ Allington, 2006, p. 200



ce domaine n'a néanmoins pas réellement été vérifiée. Il présente de surcroît d'autres désavantages tels que : un substrat favorable au développement des moisissures⁴⁵ et une texture grasse qui a tendance à suinter au travers des joints et peut endommager les étiquettes extérieure⁴⁶.

En ce qui concerne le formol en solution de préservation, Péquignot a pointé le fait qu'il détruirait une partie de l'ADN en 2012 et présentait ainsi des désavantages au sujet des informations génétiques⁴⁷. Néanmoins, son utilisation courante dans le domaine médical tend à prouver que le formol permet de conserver suffisamment d'informations au sujet de l'ADN pour être exploité à titre de solution préservative⁴⁸.

1.1.5 Les matériaux de montage

Il est parfois nécessaire de recourir à un montage à l'intérieur du contenant pour une meilleure présentation du spécimen. Les montages évitent l'affaissement des spécimens au fond du bocal mais peuvent également engendrer des dommages mécaniques lorsqu'ils ne sont pas adaptés.

Les matériaux et techniques peuvent être variés, du verre au plastique, de la ficelle au morceau de bois. Les formes également peuvent différer. En général, il s'agit de plaques de verre découpées à la taille du bocal et du spécimen. Les spécimens peuvent être soit collés sur la plaque par de la gélatine ou du collodion⁴⁹ (cf. fig. 11), soit simplement ligaturés sur la plaque (liens de type fil ou élastique), soit maintenus sur la plaque par des liens en nylon passant au travers du spécimen et au travers de la plaque trouée à cet effet (cf. fig. 12).



Fig. 11 : Coquille d'escargot collée à une plaque de verre au collodion ©M.Dangeon, UCL 2015



Fig. 12 : Millipède fixé à une plaque de verre avec du fil de Nylon ©M.Dangeon, UCL 2015

⁴⁵ Simmons, 2014, p. 57

⁴⁶ Moore, 2010

⁴⁷ Péquignot, 2012

⁴⁸ Morlot Pauline, conservatrice-restauratrice de collections histoire naturelle à Lyon, communication orales et écrites, de Février à Juillet 2016

⁴⁹ Liquide composé de nitrocellulose dissoute dans un mélange d'éther et d'alcool

Le bois peut être utilisé pour donner l'illusion d'une suspension du spécimen dans le fluide. Il s'agit généralement d'une petite baguette reposant sur les bords du bocal auquel est accroché un fil souvent en nylon, passant autour ou à travers du spécimen pour le suspendre (cf. fig. 13).



Fig. 13 : Baguette de bois avec fil pour suspendre un spécimen ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Pour des spécimens particuliers (type méduses ou autres invertébrés marins), le montage se fait avec une bulle de verre à laquelle est attaché un fil de nylon passant au travers du spécimen. Ce montage se pratique lorsque l'on veut que le spécimen soit présenté comme flottant dans le liquide qui s'apparenterait à son milieu naturel (cf. fig. 14). Cela évite aussi et surtout qu'il ne s'affaisse au fond du bocal et qu'il ne se dégrade mécaniquement.

Fig. 14: Système de bulle en verre ©M.Dangeon, Zoologisches Museum der Universität Zürich, 2016

Il existe aussi d'autres techniques comme des tiges ou des arches en verre ou plastique (au lieu d'une plaque), des bourrages de ouates (pour soutenir le spécimen ou conserver le volume de certains organes creux...

1.1.6 Les étiquettes

Les étiquettes sont un élément très important car porteuses non seulement de l'identification du spécimen mais également des informations scientifiques reliant le spécimen à sa famille, ordre et genre. Elles fournissent également des données sur le collecteur, la date de collecte et la provenance du spécimen. Elles sont souvent la seule documentation d'une collection ancienne sans laquelle les fluides perdent une partie de leur valeur scientifique et historique. L'étiquette en soi est un ensemble complexe à appréhender car il y a plusieurs composants interagissant. Elle est constituée d'un support papier, d'une inscription et d'une colle ou d'un système de fixation mécanique au bocal.

Les étiquettes peuvent se rencontrer à l'extérieur ou à l'intérieur des contenants. Leur interaction avec le fluide lorsqu'elles sont placées à l'intérieur du bocal conditionne les matériaux employés qui doivent résister à ce fluide. Du métal et des plastiques divers (notamment les étiqueteuses Dymo™) ainsi que différents papiers adaptés au milieu liquide ont ainsi été employés (papier Byron-Weston™, papier Resistall™). Les inscriptions intérieures sont le plus souvent écrites au crayon graphite dans les solutions aqueuses ou alcooliques⁵⁰.

En ce qui concerne les étiquettes extérieures, la diversité de matériaux est importante : papier, papier plastifié, plastique, etc. Les inscriptions sur les étiquettes extérieures sont généralement réalisées avec de l'encre de Chine, des encres ferro-galliques, des encres synthétiques ou du crayon graphite. Les étiquettes les plus anciennes ont été écrites à la main et les étiquettes imprimées arrivent à partir de la fin du XIX^{ème} siècle.

Les colles utilisées pour adhérer au verre dépendent des époques: colle de poisson et colle d'amidon (XVII^{ème}-XVIII^{ème} siècle), gélatine (à partir du XIX^{ème} siècle) et plus récemment des éthers de cellulose⁵¹.

1.2 Problématiques de conservation des collections en fluide

Les différents éléments et matériaux que nous avons passés en revue peuvent interagir ensemble. La multitude d'interactions possibles correspond à autant d'altérations qui peuvent nuire à la conservation des collections en fluides :

- Dégradations endogènes liées aux interactions entre les matériaux : *spécimen-fluide* : durcissement du spécimen, reprise de l'autolyse, développement de moisissures ; *fluide-contenant* : déformations ou attaque chimique du contenant ; *fluide-scellement* : solubilité ou porosité du matériau de scellement, impossibilité de réouverture (cf. fig. 15 p. 25), dénaturation du scellement souillant le fluide de préservation (cf. fig. 16 p. 25)
- Dégradations des liquides : changement de couleur, modification de pH, évaporation ayant une influence sur la concentration des solutions, dénaturation, turbidité* des liquides
- Dégradations des spécimens : cristallisations, efflorescences, altérations mécaniques, dégradations biologiques (attaque fongiques ou décomposition naturelle)

⁵⁰ Moore, 1999

⁵¹ Martin, 2010, p.125-127

- Dégradations du contenant : *mécaniques* : cassures, fissures, craquelures ou *physico-chimiques* : modifications des propriétés optiques du verre, irisation, opacification, etc.
- Dégradations dues aux interventions au cours du temps : délitage⁵² lié aux ouvertures/fermetures successives, dégradations mécaniques du spécimen dues à des manipulations
- Dégradations des étiquettes : *structurelles* : cassures, déchirures, plis, effacement de l'inscription ; *physico-chimiques* : jaunissement-brunissement de l'étiquette ; *biologiques* : fragilisation structurelle du papier, décoloration ou coloration.



Fig. 15 : insertion de lames de scalpel tout autour du joint de scellement pour tenter une ouverture du bocal
©S.Moore



Fig. 16 : Matériau de scellement dégradé et ayant coulé sur l'intérieur du bocal et sur le spécimen
©J.Cuisin

⁵² Terme faisant référence au retrait du matériau de scellement

1.3 Connaissances préalables en conservation-restauration des collections en fluide

Les collections en fluide et leur technologie ne sont que peu documentées. La documentation concerne essentiellement la composition de fluides préservatifs et reste propre à chaque préparateur. Peu d'études ont été faites sur les différents composants des collections en fluide et encore moins en conservation-restauration.

Van Dam, conservateur au Musée anatomique de l'Université de Leyde, de 2000 à 2013, s'attache à trouver un fluide fixatif pouvant être préservatif sans être toxique. En comparant différents produits sur le marché alliant l'effet bactéricide et fixatif, il trouve un produit nommé DMDM-Hydantoin qui présente des avantages indéniables comme conserver la morphologie des tissus et l'ARN et comporter un pourcentage très faible de formaldéhyde⁵³.

Notton, conservateur au musée d'histoire naturelle de Londres, en 2010, publie un article sur une nouvelle méthode de remplissage pour maintenir les concentrations dans les bocaux. La nouveauté réside dans le fait de tenir compte de la concentration de l'alcool restant dans le bocal et de rajouter une autre concentration d'alcool pour avoir la concentration voulue pour la préservation à long terme. Il crée pour cela une table à laquelle se référer selon les concentrations d'alcools. Ce système aide grandement le suivi des collections⁵⁴. Cette méthode est un palliatif à l'évaporation des fluides.

Des recherches en conservation-restauration faites par Moore, conservateur-restauteur dans le domaine histoire naturelle à Londres, ont permis d'établir certaines systématiques quant au montage des spécimens et sur les adhésifs à utiliser pour un stockage en fluide sur le long terme, essentiellement basées sur l'expérience⁵⁵. Il propose l'utilisation de plaques de verres et de fil de Nylon pour le montage ainsi que des aiguilles de verre pour la restauration de spécimen et de deux adhésifs à savoir la gélatine et le collodion pour une conservation durable.

Moore fait une revue en 2008 des recherches sur les encres d'imprimantes permettant un étiquetage interne à long terme ainsi que sur l'usage d'imprimantes. Ces recherches ont été menées depuis Carter en 1996 jusqu'à Bentley en 2004 et se sont attachées à tester différentes encres, papiers et imprimantes permettant l'étiquetage à long terme dans des solutions de préservation. Pour l'écriture manuscrite, il montre que l'Indian Ink ne présente aucune décoloration dans le temps. Les trois papiers testés dont le Resistall® ne montrent qu'un faible changement de visibilité des écritures.

⁵³ Van Dam, 2006, p. 49

⁵⁴ Notton, 2010

⁵⁵ Moore, 2009

Les recherches récentes de Linard, chercheur issu du domaine de la bio-informatique, qui ont démontré que la conservation en éthanol permettait de garder l'ADN du spécimen, soulignent que la solution préservative de base ne devrait pas être jetée lors du changement ou «topping-up»⁵⁶ de fluide⁵⁷.

En 1997, Van Dam a observé les capacités d'étanchéité du silicone sur la collection dont il était responsable. Il a constaté des problèmes d'étanchéité avec le silicone et la préservation en alcool au bout de cinq années, ce qui n'était pas le cas pour des solutions formolées⁵⁸

Nous constatons que toutes ces études se sont concentrées sur des problèmes autres que l'étanchéité, qui pourtant est l'une des premières altérations visibles de ces collections et le point clé de leur conservation. Nous cherchons à travers notre étude un produit et un protocole d'application adapté permettant l'étanchéité des collections en fluide. Nous souhaitons donc tester des matériaux connus pour savoir ce qu'il en est et des nouveaux qui semblent tout aussi adéquats à l'étanchéité.

⁵⁶ Notton, 2010

⁵⁷ Linard *et al*, 2016, p. 20

⁵⁸ Van Dam, 1997, p. 24-25

Partie 2 : Les préparations en fluide du Musée Botanique de l'Université de Zurich

2.1 Historique du Musée Botanique de l'Université de Zurich

L'étude de la botanique se développe à Zurich avec Conrad Gessner, médecin et professeur d'histoire naturelle à Zurich vers 1540. De manière générale, le développement de la botanique fut étroitement lié aux sociétés d'histoire naturelle, fondées au XVIII^{ème} siècle, en créant les conditions favorables à l'établissement de chaires universitaires en entretenant des jardins botaniques et des collections d'histoire naturelle⁵⁹.



Fig. 17 : Portrait de Hans Schinz ©Wikipedia

Suite aux recherches de Hans Schinz (1858-1941), botaniste et explorateur zurichois et premier professeur de botanique systématique (cf. fig. 17), un institut est créé en 1895: l'institut de botanique systématique. La même année, toujours sous l'impulsion de Hans Schinz, est créé le Musée Botanique qui devient un musée universitaire cantonal le 31 août, reconnu par le canton de Zurich⁶⁰. A l'heure actuelle, l'institut de systématique existe toujours et celui de botanique générale est devenu l'Institut de biologie végétale et microbiologie.

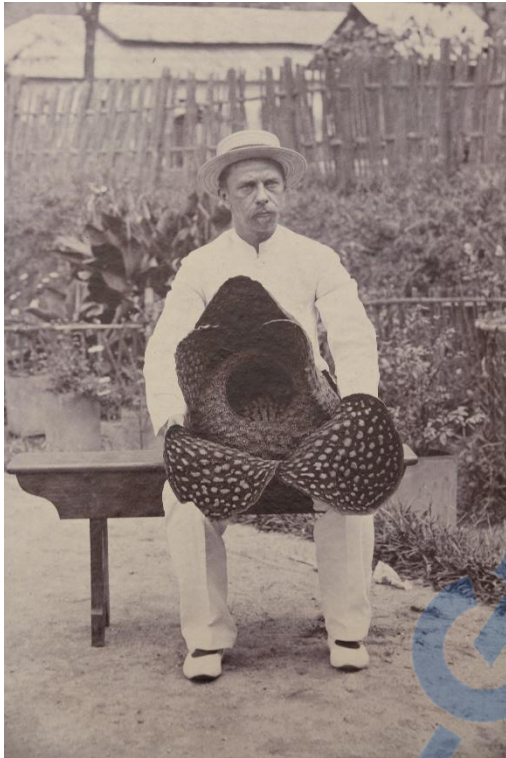
Hans Schinz, le créateur du musée, reçoit son habilitation à l'Université de Zurich en 1889 puis il dirige le jardin botanique de la ville en 1893. Il se distingua en étudiant la flore du Sud-Ouest africain, en publiant la première édition critique de la flore suisse (1900, 1923), et en fondant la botanique systématique à l'Université de Zurich⁶¹. Son herbier est conservé dans l'herbier de l'Université de Zurich et ses collections ethnographiques au Völkerkundemuseum et au Musée Botanique de l'Université de Zurich. A la fois professeur et directeur du Jardin botanique, il crée « *un véritable centre d'enseignement et de recherche, accompagné d'un musée* » où sont exposées les collections

⁵⁹ Dictionnaire historique de la Suisse [en ligne] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F8257.php>

⁶⁰ Jacquat *et al.*, 2014

⁶¹ Dictionnaire historique de la Suisse [en ligne] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F28933.php>

dont font partie les restes végétaux préhistoriques lacustres collectés par son prédécesseur Oswald Heer, ainsi que les guirlandes pharaoniques offertes à H. Schinz par son collègue allemand, Georg Schweinfurth⁶².



Alfred Ernst (1875-1968), professeur de botanique à l'Université de Zurich et recteur de celle-ci, commença ses études sur les algues et contribua également à la renommée de l'étude de la botanique à l'Université de Zurich avec ses expéditions à Java, débutées en 1905 et tournées essentiellement vers les plantes parasites⁶³ (cf fig. 18). Les successeurs d'Oswald Heer enrichirent régulièrement les collections, de sorte que Zurich possède, un des vingt plus importants herbiers du monde, depuis que ceux de l'EPFZ et de l'Université sont réunis (1990)⁶⁴.

Fig. 18 : Alfred Ernst avec une fleur de *Rafflesia arnoldii*

©auteur inconnu

2.2 Historique de la collection de l'institut

Chaque institut, l'institut de botanique systématique et l'institut de biologie végétale et de microbiologie, avait sa propre collection d'objets en lien avec la botanique. Celles-ci ont été réunies en 1976, dans les bâtiments actuels au sein du nouveau jardin botanique. De ces faits, on notera qu'entre la fusion des collections et les changements de personnel, le Musée Botanique de l'Université de Zurich a déménagé six fois en 35 ans⁶⁵. Depuis 1976, les collections sont tombées peu à peu dans l'oubli. En 2015, les collections ont été attribuées à l'institut de biologie végétale et de microbiologie.

Hans Schinz, collectionneur passionné, vivant de la devise « *il faut tout collecter* », agrandissait la collection en permanence grâce à ses activités de collecte mais également avec le partage des connaissances (véritable plateforme européenne de partage de connaissances et de matériel). De ce fait, la collection du Musée Botanique regroupe différentes typologies d'objets : des fossiles de plantes

⁶² Jacquat et al., 2013, p. 131

⁶³ Verhandlungen der Schweiz : Naturforschenden Oesellsdraft, 1969, p. 267-268

⁶⁴ Dictionnaire historique de la Suisse [en ligne] <http://www.hls-dhs-dss.ch/textes/f/F8257.php>

⁶⁵ Jacquat *et al.*, 2014

du Tertiaire, des guirlandes de fleurs égyptiennes, des préparations sèches et liquides, des modèles pour l'enseignement dits « Modèles Brendel » démontables, des vitrines thématiques, des diapositives, des préparations microscopiques, des photographies, une collection d'affiches d'enseignement, une collection carpologique*, une collection de microscopes et d'appareils scientifiques. Ces collections, qui pourraient sembler disparates au premier abord, couvrent pourtant tous les thèmes de la botanique : systématique, anatomie, biologie végétale, ethnobotanique, paléobotanique et phytogéographie. Les collections comprennent actuellement 20 000 à 25 000 objets avec une grande variété de matériaux.

La collection en fluide concernée par notre projet est une collection universitaire constituée depuis la fin du XIX^{ème} siècle (1891 pour le premier spécimen) jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle (1992 pour le dernier spécimen inventorié). Les plantes conservées proviennent du monde entier (40 pays) et représentent toutes les catégories de végétaux existantes (algues, lichens, champignons, plantes supérieures). Les préparations en fluide totalisent 617 bocaux avec une grande variété de forme (cf. annexes 3 typologie 1 et 2 p. 122-127). Les spécimens en fluide sont généralement complétés par des échantillons d'herbier, des objets complémentaires et des prises de vues (diapositives en verre, photographies) concernant les mêmes espèces⁶⁶.

2.3 Valeurs culturelles actuelles associées

Selon Simmons, « *La grande majorité des spécimens en fluide conservés ont été préparés pour la recherche scientifique, l'enseignement ou l'exposition en musée, et la préservation en fluide a été en grande partie une entreprise scientifique et technique. Néanmoins, les spécimens scientifiques font partie du patrimoine culturel, autant que tous les autres objets fabriqués ou utilisés par les êtres humains. La pratique de la science n'est jamais purement objective- les questions que les scientifiques demandent et les moyens par lesquels ils tentent d'y répondre sont culturellement déterminées, ce qui signifie que les collections scientifiques incarnent nécessairement les croyances et les idéaux des cultures qui préservent les spécimens, créant une intersection de la science et de la culture qui a une valeur esthétique⁶⁷.* »

De cette citation, nous retenons plusieurs idées auxquelles nous ajouterons nos propres réflexions au sujet des valeurs culturelles de ce type de collection.

- Les collections en fluide ont été créées à des fins scientifiques afin de documenter et étudier des spécimens puis transmettre ces informations aux générations futures. De ce fait, elles

⁶⁶ Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique, communications orales et écrites, de Février à Juillet 2016

⁶⁷ Simmons, 2014, p. 141

constituent en soi des objets à grande valeur scientifique, tant au moment où elles ont été réalisées qu'aujourd'hui, qu'à l'avenir.

- En dehors de leur valeur scientifique inéluctable, les collections en fluide ont acquis d'autres valeurs culturelles comme tout autre objet patrimonial, liées à leur histoire propre, à leur technicité, leur ancienneté, leur rareté et leur esthétique.
- Ces collections témoignent des intérêts et des questions des scientifiques en fonction des époques et documentent ainsi l'histoire des sciences. En reflétant la réflexion intellectuelle et scientifique d'une époque, elles sont également pourvues d'une valeur historique importante.
- Certains spécimens conservés sont témoins d'une espèce disparue et prennent une plus grande importance aux yeux des scientifiques mais aussi du public. Il s'agit d'un patrimoine commun à l'humanité⁶⁸ dont la rareté lui confère une valeur significative.
- Ces collections sont porteuses d'informations quant à l'évolution des matériaux, des techniques et des solutions trouvées à une époque donnée pour conserver des plantes au court du temps. Elles possèdent ainsi une valeur documentaire considérable, matérialisée par un ensemble complémentaire et indissociable d'éléments (contenant, fluide, spécimen, étiquette, etc.). Une information manquante peut compromettre l'intérêt porté au spécimen.

En ce qui concerne le Musée Botanique de l'Université de Zurich, la reconnaissance et la notoriété des préparateurs ou des collecteurs célèbres qui ont constitué la collection apportent une plus-value importante à la valeur historique des objets. L'ancienneté de certaines collections pour lesquelles la datation, l'apparence des étiquettes et des bouchons joue un rôle essentiel, est également à prendre en compte. En tant que collection universitaire, elle intègre également une valeur pédagogique puisque elle a permis d'enseigner la botanique sous tous ses aspects et via de grandes nouveautés : la microscopie, l'image (photographies, diapositives) et la démonstration d'objets (fluides et modèles). Cette collection en fluide doit également présenter des qualités esthétiques dans le cadre d'une future exposition, souhaitée par la conservatrice du musée.

Des notions propres aux collections d'histoire naturelle peuvent considérablement encore accroître la valeur scientifique des collections en fluide. Nous les explicitons ci-dessous pour porter l'attention du lecteur à ces notions peu courantes.

Les collections de fluide sont parfois constituées de « type* » qui représente un individu sur lequel sont fondés à la fois la description d'une nouvelle espèce et la création d'un nouveau nom, inséré dans la nomenclature existante à ce moment. Ce sont souvent des spécimens collectés anciennement, qui constituent des références et représentent une étape dans l'histoire des sciences. Malgré les synonymies ou les évolutions des connaissances, un spécimen type a une telle importance scientifique

⁶⁸ Maigret, 1995, p. 32-35

que ni lui, ni aucun élément assemblé (contenant, etc.) ne peut être modifié. Dans notre cas, nous n'avons pas de type présent dans la collection en fluide. Cependant, l'herbier de la collection possède des types dont des espèces similaires sont présentes dans la collection en fluide. Comme nous l'avons vu préalablement, la conservation en fluide permet de conserver des informations que l'herbier ne permet pas. Ainsi, les espèces conservées en fluide sont de première importance pour l'étude approfondie de celle en herbier.

Une autre notion particulièrement importante que nous souhaitons introduire pour une collection botanique est celle de l'ethnobiologie ou de collections bio-culturelles. Les collections ethnobiologiques comprennent des spécimens, artefacts et documents qui représentent les relations dynamiques entre les peuples, le biote et les environnements⁶⁹. Les collections en fluide sont au centre de la recherche ethno-biologique. Comme dans les domaines de recherche étroitement liés de la systématique et de l'écologie et de l'anthropologie, les échantillons sont à la fois utiles pour l'identification des espèces mais incarnent aussi : le lieu, la date, l'habitat, la localité de recouvrement, la taille de l'organisme, l'ADN et la chimie, et bien d'autres corpus de données encore. Les collections construisent un pont important entre la diversité biologique et culturelle, et constituent une ressource précieuse pour l'étude de la plante utilisée dans le passé, présent et futur.

Dans la recherche actuelle, l'ADN occupe également une très grande importance. Linard met l'accent sur cette ressource peu usitée dans le texte qui suit : *« au-delà de l'étude des échantillons fraîchement recueillis, l'importance de l'échantillonnage en vrac et le séquençage conservateur peut provenir de l'analyse moléculaire des collections en fluide historiques. Les collections des musées offrent d'énormes ressources en tant que ligne de base contre laquelle les observations modernes peuvent être comparées, nous aidant à construire des modèles prédictifs dans un monde de plus en plus influencé par les activités humaines. Une approche holistique de l'étude de l'éthanol conservateur (échantillon + EDNA) devrait reconsidérer le prélèvement des échantillons et les pratiques de stockage⁷⁰. »*

La nature étrange des collections en fluide suscite parfois le dégoût qui nous met à distance de la beauté scientifique, historique, documentaire et technique qui s'y cache. Ces objets, comme nous l'avons démontré, sont néanmoins porteurs de nombreuses valeurs culturelles importantes, souvent sous-estimées par l'indifférence ou le déplaisir à regarder et apprécier ces curiosités dont l'esthétique n'est pas la fonction première.

⁶⁹ Nesbitt, 2014, p. 1 à 19

⁷⁰ Linard, 2016, p. 20

2.4 Evaluation globale de l'état de conservation de la collection de fluides

Dans ce chapitre, nous décrivons les réserves afin de contextualiser et d'appréhender l'état de conservation des collections puis nous nous évaluons l'état des différents composants de la collection de fluide.

2.4.1 Des réserves défailtantes

Les réserves de la collection, qui comprennent deux salles, sont situées au sous-sol de la Villa Rainhof, dans le jardin botanique actuel depuis 2008. La villa a été construite en 1867 comme maison de campagne puis donnée à l'Université de Zürich en 1977⁷¹. Ce lieu d'entreposage, initialement destiné à une toute autre fonction, n'a de ce fait pas été conçu pour accueillir des collections et montre des faiblesses du point de vue de la conservation. L'absence de contrôle du climat et la présence d'une humidité relative importante (HR entre 80 et 100% en printemps et en été) a engendré deux attaques biologiques successives entre 2008 et 2010⁷². La collection, présentant un substrat intéressant aux développements de micro-organismes, a été fortement touchée. On sait que plusieurs types de moisissures, du genre *Aspergillus* et du genre *Eurotium* étaient présentes dont certaines sont pathogènes (cf. fig. 18 et 19 p. 35). L'infestation était telle que des moisissures tapissaient les murs des salles. En 2009, des dispositifs de lumière UVC empêchant le développement des spores ont été installés ainsi qu'une climatisation pour une des salles, pour assécher l'environnement à 50% d'HR. Une panne des dispositifs UVC a provoqué la seconde attaque en 2010. A la suite de cela, un tri radical a été opéré conduisant à l'élimination d'un tiers des spécimens, considérés comme irrécupérables ou pour lesquels aucun personnel qualifié ne pouvait assurer la préservation.

⁷¹ Boesch Architekten, 2009, p. 14

⁷² Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique de l'Université de Zurich, communications orales et écrites, de Février 2016 à Juillet 2016



Fig. 19 : Personnel en train de déménager les bocaux
attaqués par les moisissures ©Musée Botanique,
2010



Fig. 20 : Bocal avec moisissure présente sur le
couverture, le matériau de scellement et l'étiquette
©Musée Botanique, 2010

2.4.2 L'état de conservation des collections en fluide

Nous commentons ici l'état de conservation des fluides de l'ensemble de la collection en tenant compte des critères suivants : l'apparence des spécimens ; le niveau des fluides ; l'apparence des bocaux, des matériaux de scellement et des étiquettes. Ce constat d'état est d'ordre global et n'a pas la prétention d'être exhaustif en tenant compte de l'impossibilité d'ouvrir la totalité des bocaux. Cet accès limité nous a seulement permis d'identifier les dégradations évidentes par un examen à l'œil nu. Un examen diagnostique détaillé sera effectué sur 6 spécimens représentatifs qui constitueront notre échantillonnage pour ce travail, dans un second temps.

Apparence des spécimens :

Pour 1/6^{ème} des spécimens, ce constat d'état général ne peut être effectué en raison de l'opacité du liquide – devenu généralement brun – qui empêche toute visibilité du spécimen.

Un tiers des spécimens présentent des altérations mécaniques manifestes qui s'incarnent le plus souvent par la perte d'éléments (feuilles, fleurs), des déformations ou des pliures. En ce qui concerne les dégradations chimiques, il est difficile d'estimer un ordre de grandeur du nombre de spécimens concernés sur l'ensemble de la collection, sans ouverture des bocaux. De manière globale, on note un assèchement du spécimen lorsqu'il n'est plus recouvert par le fluide. Des pertes de couleurs ou des cristallisations sont visibles à la surface de certains spécimens.

Niveaux de fluides :

Le niveau de fluide est un critère fondamental dans le constat d'état d'une collection en fluide puisqu'il conditionne la préservation du spécimen comme nous l'avons explicité préalablement. Pour l'évaluer, nous nous sommes fondés sur des stades d'évaporation établis par Cuisin (cf. fig.)⁷³. Il s'agit de déterminer à l'œil par un contrôle visuel instantané une proportion du fluide restant. Cette proportion permet de savoir quels spécimens doivent être remplis au plus vite et ceux qui ne peuvent être sauvés. Nous considérons que le spécimen n'est pas dans une quantité suffisante de fluide à partir du stade III et jusqu'au stade VI. Cette évaluation tient compte également de la taille du spécimen.

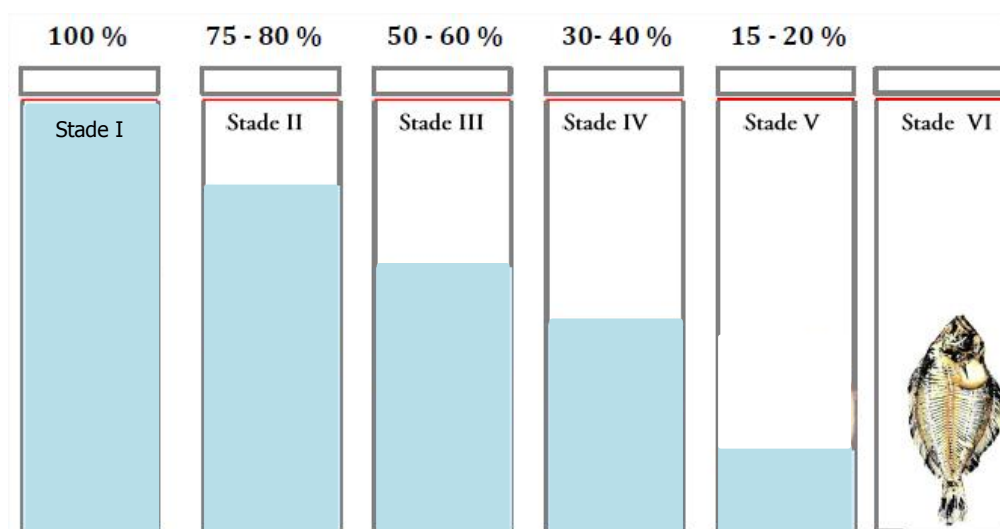


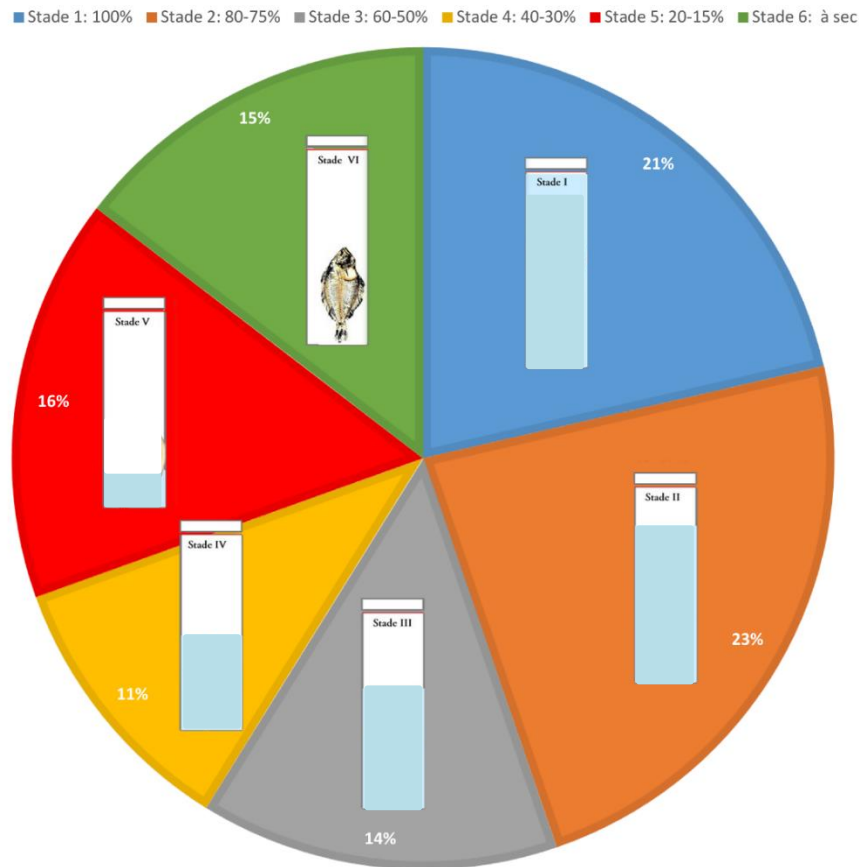
Schéma 2 : schéma explicatif des différents stades d'évaporation ©J. Cuisin, 2015

Sur les 617 bocaux présents dans les deux salles de la Villa Rainhof, nous avons pu déterminer que :

- 132 bocaux sont remplis à 100% soit 21,4% de la collection
- 144 bocaux sont remplis entre 75-80% soit 23,3% de la collection
- 87 bocaux sont remplis entre 50-60% soit 14,1% de la collection
- 66 bocaux sont remplis entre 30-40% soit 10,7% de la collection
- 98 bocaux sont remplis entre 15-20% soit 15,9% de la collection
- 90 bocaux sont secs soit 14,6% de la collection

⁷³ Cuisin, 2016

NIVEAUX DES FLUIDES DANS LA COLLECTION



*Graphique 1 : représentation graphique de l'évaluation des niveaux de fluides dans la collection
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016*

Selon notre constat, plus de la moitié de la collection n'a pas un niveau de fluide suffisant pour la bonne préservation des spécimens et est en danger sans une intervention.

Aspect des bocaux :

La majeure partie des bocaux ne présente pas d'altérations. On observe parfois des dégradations mécaniques de type cassures ou fissures. Pour remédier à cela, certains d'entre eux ont subi des interventions antérieures et ont été remontés via du ruban adhésif ou un adhésif. Les cassures et fissures se situent en majorité sur le haut du bocal probablement en raison d'essais répétés d'ouverture et de fermeture. Dans certains cas, les fissures ont été infiltrées avec un adhésif. Lorsqu'elles sont situées au-dessus du fluide et ne mettent donc pas en danger le spécimen, elles ont été laissées tel quel. Dans de rares cas, on observe la présence d'altérations physico-chimiques par la

modification des propriétés optiques du verre : irisations⁷⁴ ou opacification. Ce type d'altération se retrouve principalement sur la face intérieure des bocaux n'ayant plus de liquide, surtout s'il y a une présence de microfissures favorisant l'évaporation. Nous pouvons supposer que l'irisation se trouve à l'intérieur du bocal car il s'agit de la surface en contact permanent avec le liquide qui a permis l'attaque chimique du verre par celui-ci.

Aspect des matériaux de scellement :

On observe un large panel de matériaux de scellement dans la collection. Les plus fréquents sont la cire, la colophane, le ruban adhésif d'encadrement et le silicone. On trouve parfois quelques *unicum* avec des joints de caoutchoucs associés à un système à vis ou à un système à bascule. Pour la plupart, ces matériaux ne sont plus en état d'assurer l'étanchéité des bocaux. Cela est inhérent soit à une mauvaise application lors de leur fabrication ou réparation, soit au vieillissement des matériaux qui a engendré une modification des propriétés du joint (perte de cohésion, perte d'adhérence, porosité, perte de souplesse...).

Apparence des étiquettes :

Dans cette collection, on compte une dizaine de types d'étiquettes différentes placées, dans tous les cas, à l'extérieur des bocaux (cf. annexes 3 typologie 3 p. 127-130). Elles sont, pour la majeure partie, devenues jaunes-brunes, cassantes et souvent peu adhérentes. On observe également pour quelques-unes la présence de taches de couleur verte foncée à noire, en forme de petits cercles ($\approx 0.5-1$ cm), que nous attribuons aux anciennes attaques de moisissures. Aucun des bocaux ne possède actuellement d'étiquettes intérieures.

⁷⁴ L'irisation correspond à une phase de l'attaque chimique du verre, elle est provoquée par la modification de la propagation de la lumière à travers une surface qui n'est plus isotrope d'après Bailly, 1990.

Partie 3 : Les 6 spécimens de la collection en fluide de l'université de Zurich

Ce chapitre s'attache à présenter les 6 spécimens sélectionnés pour notre échantillonnage et à les décrire exhaustivement avant d'en dresser un examen diagnostic.

Nous avons sélectionné des spécimens dans le but de composer un échantillonnage représentatif de la collection du Musée Botanique de l'Université de Zurich, en tenant compte des différences constitutives des objets et de leur état de conservation. Dans un premier temps, nous avons déterminé 6 types de fluides avec des spécificités différentes : contenant, scellement, montage et étiquette. Dans un second temps, nous avons choisi les spécimens en nous basant sur leur état de préservation (état du spécimen, du fluide, du contenant et des étiquettes) dans le but de représenter les principales dégradations rencontrées sur ces collections. La sélection des six spécimens s'est effectuée en discussion avec Christiane Jacquat Bertossa, dr ès sc., archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique de l'Université de Zurich, que nous présentons ci-dessous.

3.1 Méthodologie

Tant pour étudier les spécimens plus en détails, qu'au niveau sanitaire, que pour proposer un projet de conservation-restauration adapté, il nous est nécessaire d'identifier les fluides présents dans les bocaux. Pour ce faire, nous avons effectué des analyses déterminant la composition des solutions et leur toxicité pour savoir si la solution peut représenter un danger pour le manipulateur. D'autre part, la composition de la solution initiale influence le choix de la solution définitive et le choix des matériaux de restauration compatibles avec la solution (choix d'un adhésif, de montage). Nous avons commencé par des tests rapides d'ordre macroscopique puis à des analyses plus complexes d'ordre moléculaire. Les principes de chaque analyse seront explicités ci-dessous. Les résultats des tests et analyses seront inclus pour une part dans la description et pour une autre part dans le constat d'état.

Réactif de Schiff :

Dans le cas des collections en fluide, nous savons que les liquides de préservation/conservation sont le plus souvent de solutions aqueuses d'éthanol et/ou de formaldéhyde. Grâce à un test simple à mettre en œuvre nommé réactif de Schiff, nous pouvons identifier la présence d'aldéhydes, qui sont les produits les plus toxiques utilisés en collection *Naturalia*. Le réactif de Schiff est une fuchsine*

décolorée par SO_2 ou par un sulfite. En contact avec les aldéhydes, la fuchsine se recoloré en rose fuchsia, allant jusqu'au violet.

Nous avons d'abord effectué des tests témoins sur des échantillons d'eau du robinet, d'eau déminéralisée et d'éthanol pur pour nous assurer de l'étalonnage de notre réactif et de notre protocole. Nous nous attendions à ce qu'il n'y ait aucune réaction dans ces trois solutions. Il s'est avéré que la réaction était négative dans les différents échantillons d'eau. En revanche, dans l'éthanol qui n'est pourtant pas un aldéhyde, le réactif avait provoqué une coloration rose clair. La solution présentait alors deux phases mais l'ensemble restait clair et translucide (cf. fig. 21). Il était alors possible de différencier une solution d'éthanol d'une solution de formaldéhyde, beaucoup plus rapide, colorée vers le violet et foncée.



Fig. 21 : test au réactif de Schiff dans eau, eau déminéralisée et éthanol ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Nous avons réalisé ce test sur tous les fluides de notre échantillonnage. Trois de nos échantillons ont réagi au réactif de Schiff comme l'a fait l'éthanol pur en rosissant et en créant deux phases (cf. fig. 22, spé 3, 4, 5). Ces trois échantillons doivent certainement contenir de l'alcool. La seconde partie des échantillons ont fortement réagi en présence du réactif. En effet, nous avons obtenu des solutions violettes foncées presque opaques de différentes intensités (cf. fig. 22, spé 1, 6, ++). Trois de nos fluides sont positifs au formaldéhyde. Les différences de couleur perçues peuvent être attribuées à des concentrations différentes dans les liquides.

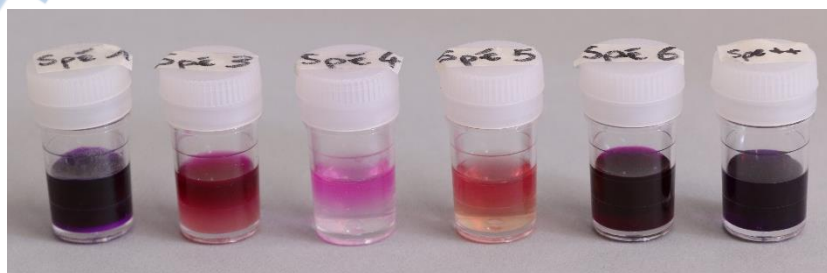


Fig. 22 : Réactions des différentes solutions des spécimens au réactif de Schiff ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Détermination de la concentration en alcool :

Déterminer la concentration en alcool d'un fluide est une donnée importante pour savoir si le spécimen est dans un milieu adéquat bactéricide. S'il ne l'est pas, il risque de pourrir ou de subir un développement surfacique de micro-organismes.

Plusieurs méthodes existent pour déterminer la concentration en alcool d'une solution : la pesée, le densimètre, l'aéromètre, l'alcoomètre et l'Alcomon system™.

Nous avons opté pour l'Alcomon system™ qui est un système simple, suffisamment indicatif pour notre démarche et particulièrement ingénieux. Il s'agit d'un système créé en 1999 par M. Andries Van Dam et spécialement conçu pour les collections en fluide⁷⁵. Le système permet de vérifier la concentration en éthanol du fluide (% vol.) et ainsi de savoir si un remplissage ou un changement entier du fluide préservatif doit être effectué. En effet, les concentrations en-dessous de 60% n'assurent plus leur rôle contre les attaques microbiologiques et doivent ainsi être changées. De surcroît, ce système emploie des pastilles, conçues pour faciliter la maintenance/suivi des collections en fluide. Elles permettent un contrôle visuel facile pour la maintenance et éviter ainsi d'avoir à ouvrir des bouchons qui ont une concentration suffisante. Leur durée de vie est estimée à 20 ans.

Le système comprend deux pastilles de polypropylène avec une charge de fer (pour une flottabilité correcte)⁷⁶ : une orange et une rouge, de 0,5 cm de diamètre, qui, suivant leur flottaison, donnent une indication sur la concentration en éthanol (% vol.) (cf. fig. 23). Lorsque l'on place les deux pastilles dans une solution aqueuse d'éthanol :

- si les deux pastilles coulent, la concentration est supérieure à 60%
- si les deux pastilles flottent, la concentration est en-dessous de 50%
- si la pastille orange flotte et la pastille rouge coule, la concentration est comprise entre 50 et 60%.



Fig. 23 : Différentes indications des pastilles en fonction de leur flottabilité ©Alcomon system, 2010

⁷⁵ Alcomon system® [en ligne] <http://alcomon.com/info/>

⁷⁶ Simmons, 2014, p. 87

Détermination du pH:

La détermination de l'acidité du milieu est essentielle. Des tests pH⁷⁷ avec des bandelettes tests ont également été effectués pour chaque spécimen.

Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) :

Les tests que nous avons effectués n'ont pas toujours suffi à déterminer la composition exacte des solutions. Nous avons donc procédé à des analyses pour une identification plus précise notamment la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), seule analyse permettant de déterminer la composition d'un liquide.

Il s'agit d'une analyse combinant deux techniques et permettant la séparation des composés d'un échantillon et l'identification de ces composés en fonction du rapport masse sur charge. Son avantage est l'identification de composés en très petites quantités et ce, dans des mélanges inconnus. Pour ce faire, nous avons prélevés des microlitres des différentes solutions. Néanmoins, cette méthode d'analyse est destructive puisque l'échantillon doit être vaporisé pour séparer les éléments.

La principale difficulté de cette analyse est que les composés que nous recherchons sont très légers et sont les premiers à apparaître avec l'azote et le monoxyde de carbone. Cela engendre des problèmes dans la différenciation des pics caractéristiques pour interpréter les spectres. De plus, ces composés n'étant pas purs car dilués avec de l'eau, sont plus délicats à identifier lors de l'analyse. Les pics caractéristiques sont souvent englobés dans une masse et nous devons les isoler individuellement en comparant avec la base de données pour identifier chaque produit. Nous ne donnerons ici que les composés identifiés dans l'ordre du plus présent au moins présent. Notre objectif étant d'identifier principalement la présence ou non de formaldéhyde, d'acides ou d'autres composés caractéristiques des solutions préservatives, nous n'avons pas cherché à obtenir des résultats quantitatifs, plus difficiles à obtenir. Le protocole d'analyse et les spectres sont placés en annexes 4 protocole 5 p. 135 et annexes 5 p. 136-148.

Spectrométrie Infrarouge à Transformée de Fourier (FTIR) :

Nous avons également procédé à une analyse par spectrométrie infrarouge à Transformée de Fourier pour identifier les composants de différents scellements et les cristallisations présentes dans un des fluides. Le protocole d'analyse et les spectres sont placés en annexes 4 protocole 4 p. 133-134 et annexes 5 p. 149-150.

⁷⁷ pH : concentration d'une solution en ions H⁺, mesurant l'acidité ou la basicité d'une solution avec des valeurs encadrantes de 0 à 7

3.2 Description et constat d'état des spécimens choisis

Par souci de compréhension, nous avons choisi de regrouper la description et le constat d'état des spécimens étudiés. Les constats d'état se sont inspirés du modèle établi spécialement pour les collections en fluide par Andries Van Dam en 2004⁷⁸. Ils ont été faits avant l'ouverture des bocaux, puis révisés après ouverture.

3.2.1 Spécimen 1 : *Hippophae rhamnoides* L.⁷⁹



Fig. 24 : Planche illustrée d'un argousier ©M. Grieve, 1931

Plante

La plante est une espèce d'arbrisseau épineux (cf. fig. 24) répandue dans les zones tempérées d'Europe et d'Asie. Son habitat comporte les rives, alluvions, graviers et pentes rocheuses. En Suisse, il s'agit d'une espèce répandue bien qu'absente du Jura. Elle a été utilisée dans les domaines médicaux, alimentaires et horticoles. En effet, les fruits sont comestibles et l'huile obtenue est utilisée en cosmétique mais aussi pour les brûlures et blessures cutanées⁸⁰.

⁷⁸ Van Dam, 2004

⁷⁹ Les noms scientifiques des plantes suivent la nomenclature internationale de botanique (Melbourne, 2012)

⁸⁰ Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique de l'Université de Zurich, communications orales et écrites, de Février 2016 à Juillet 2016



Spécimen

Description

Le spécimen en présence est un *Hippophae rhamnoides* L. dont le nom vernaculaire est l'Argousier. La partie conservée en fluide est une racine avec des pousses dites « en forme de bandes » et deux autres pousses juxtaposées (cf. fig. 25 p. 43). La racine mesure 21 cm de hauteur et est de couleur marron foncé.

Constat d'état

La forme « en bande » et l'intégrité structurelle de la racine principale sont conservées. Une des pousses juxtaposées est cassée en deux morceaux en son centre. La seconde pousse juxtaposée est intacte, bien que légèrement fissurée à la jonction des deux bandes (≈ 1.5 cm) (cf fig. 26).



*Fig. 26 : Fissure à la jonction des deux bandes
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016*



*Fig. 27 : déformation globale du spécimen
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016*

Nous n'avons trouvé aucune connexion entre les deux pousses juxtaposées et la racine principale. Cela porte à croire que lors du prélèvement plusieurs spécimens ont été récoltés.

On observe une déformation globale du spécimen qui se matérialise par une légère courbure à partir du centre. La racine supporte le poids de l'ensemble des pousses, trois fois plus hautes que la racine elle-même. On note également une fragilisation de la jonction entre la racine et les pousses ainsi que des fissures (cf. fig. 28 p.43)

Nous n'avons pas noté de différence notable que ce soit d'un point de vue visuel ou sensoriel au niveau de l'état de conservation entre la partie encore immergée et la partie émergente.



Fig. 28 : fissure sur une des branches ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

L'ensemble du spécimen est parsemé de cristallisations blanches, translucides, en forme d'aiguille d'environ 1 mm de longueur (cf. fig. 29). Ces dépôts sont durs, adhérents et ancrés mécaniquement dans le spécimen (cf. fig. 30). Nous avons cherché à identifier ces cristallisations par analyse moléculaire. Pour ce faire, nous avons prélevé une goutte du liquide que nous avons fait sécher sur une lame de microscope. Après séchage deux cristallisations se sont formées (cf. fig. 31 p. 45): une cristallisation verte et une blanche, supposée être de même nature que celles observées sur le spécimen. Si la cristallisation verte a pu être caractérisée en tant qu'acétate ou formiate de plomb (FTIR), nous n'avons obtenu aucun résultat pour la cristallisation blanche.



Fig. 29 : cristallisation en forme d'aiguille présente sur le spécimen ©L.Brambilla, He-Arc CR, 2016



Fig. 30: cristallisations en forme d'aiguille sur le spécimen ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

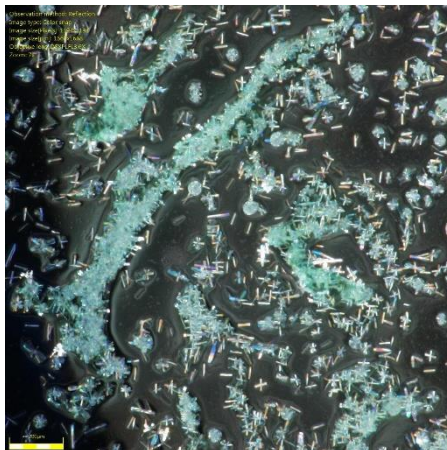


Fig. 31 : deux cristallisations distinctes après séchage d'une goutte sur une lame de verre ©L.Brambilla, He-Arc, 2016

Fluide

Description

Le liquide présent est de couleur verte foncée et transparent. Il n'y a aucune spécification sur la nature du fluide sur les étiquettes et le bocal. L'analyse par GC-MS a permis de détecter les composés suivants : eau, formaldéhyde, acide formique, acide acétique. Aucun composé expliquant la coloration verte du fluide n'a été détecté. La présence d'acide formique est certainement due à la dégradation du formaldéhyde, il est donc un indicateur de l'emploi de formaldéhyde dans la solution de conservation ou à minima pour la fixation du spécimen. La présence d'acide acétique témoigne d'un ajout de cette substance de base dans la composition.

Constat d'état

Les trois-quarts du spécimen sont hors du fluide ce qui correspond au stade V de niveau de fluide. Les tests de pH et de concentration en alcool ont révélé que la solution avait un pH de 4 et était en-dessous de 50% d'alcool. On note la présence d'une couche de dépôts de couleur blanche mouvante sur le fond du bocal (cf. fig. 32).

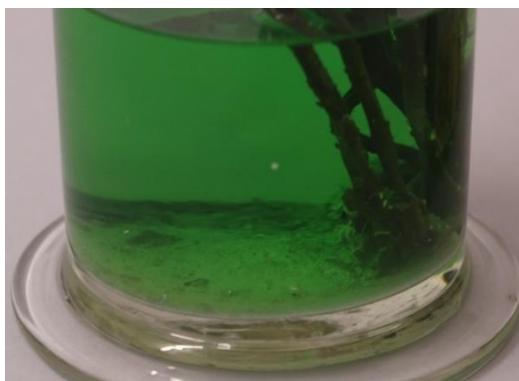


Fig. 32 : Dépôts sur le fond du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

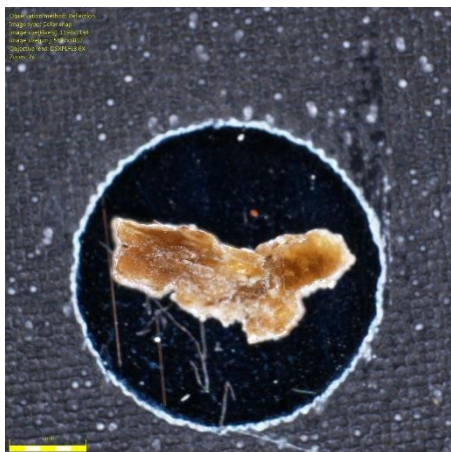
Contenant et scellement

Description

Le contenant est un bocal cylindrique en verre mesurant 26 cm de hauteur, avec un couvercle collé. Ce couvercle est une plaque de verre circulaire de 12 cm de diamètre, qui est la largeur maximale du contenant. Le scellement est une pâte jaune qui n'est pas homogène.

Constat d'état

Nous avons constaté une fissure sur le dessous du col du bocal qui a été préalablement infiltrée à l'aide d'une résine, transparente, incolore et avec peu de bulles dans le joint de colle, qui nous fait penser à un adhésif époxyde. Nous considérons la fissure comme étant stabilisée par ce comblement mais une potentielle fragilité structurelle du bocal est à prendre en compte. La nature transparente et incolore de la résine semble indiquer que l'intervention est récente et/ou réalisée avec un adhésif stable chimiquement.



En dépit de pouvoir caractériser la nature du scellement par les examens macroscopiques et microscopiques, nous avons réalisé une analyse moléculaire par FTIR. Le matériau est constitué d'acide stéarique qui entre dans la composition des cires. La vue sous microscope de l'échantillon (cf. fig. 33). démontre que la cire est micro-fissurée et friable au contact du scalpel.

*Fig. 33 : vue microscopique du matériau de scellement, zoom 2x, échelle 1mm
©L. Brambilla, He-Arc CR, 2016*

Etiquette

Description

Le bocal comporte deux étiquettes : une étiquette rectangulaire en papier de 9 x 6 cm avec des informations scientifiques et une étiquette code-barres blanche en papier plastifié de 5 x 1,5 cm. Une partie est imprimée et une autre semble avoir été tapée à la machine avec une encre noire.

Transcription : Botanisches Museum der Universität Zürich, Elaeagnaceae, Hippophaë rhamnoides L., Sprosse bildende Wurzel-Ausläufer, zum Teil verbändert. Bot. Garten Zürich, XI.1915., Legs P. Pajona, W.H.Z.-V. 14-500.

Constat d'état

Un jaunissement généralisé est noté sur l'étiquette avec un brunissement plus prononcé sur les contours de l'étiquette. Les inscriptions n'ont pas été altérées. On observe une perte d'adhérence sur l'angle supérieur droit de l'étiquette.

Singularités du spécimen

Ce spécimen est important car il fait partie des plus vieux spécimens de la collection. De plus, son collecteur atypique enrichit l'histoire de l'Université de Zurich.

3.2.2 Spécimen 2 : *Anacardium occidentale* L.



Fig. 34 : Planche illustrée d'un anacardier Fig. 35 : spécimen n°2 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016
©Encyclopædia Britannica, 1898

La description et le constat d'état ci-présent sera limité à l'observation visuelle. Cela implique que ni les tests de pH, ni ceux de concentration en alcool n'ont pu être effectués pour ce spécimen. Nous développerons les raisons de l'absence d'ouverture lors du diagnostic.

Plante

L'anacardier aussi appelé le pommier-cajou est originaire d'Amérique du Sud et cultivé pour sa noix, dite noix de cajou (cf. fig. 34). Il a été également utilisé en médecine pour lutter contre la lèpre en monodiète notamment⁸¹.

Spécimen

Description

Le spécimen est un regroupement de plusieurs graines d'*Anacardium* (environ 20-30 graines). Les graines sont de couleur marron foncé (cf. fig. 35). La partie conservée est la coque du fruit, le fruit lui-même étant la noix de cajou. L'étiquette du spécimen ne porte aucune date de collecte ou d'arrivée dans les collections ni même le nom d'un collecteur ou donateur. Nous connaissons uniquement sa provenance qui est l'Inde de l'ouest.

⁸¹ Anacardier Larousse [en ligne]

Constat d'état

La forme et l'intégrité structurelle des graines sont conservées. Malgré leur entassement, le poids et la quantité des spécimens ne jouent pas de rôle apparent sur leur structure. Des gouttelettes huileuses, du même aspect que celles présentes sur les parois, sont présentes sur les graines.

Fluide



Fig. 36 : Dépôts sur la jonction bouchon et encolure du contenant ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Il n'y a aucune spécification sur la nature du fluide sur les étiquettes et le bocal. A priori, le fluide apparaît comme étant totalement évaporé, ce qui correspondrait à un stade V++ de niveau de fluide. On note la présence de gouttelettes de couleur jaune foncée et d'aspect huileux sur les parois (cf. fig. 36). Des dépôts de même type sont présents sous forme de couche à la jonction bouchon et encolure du contenant. L'absence de liquide nous fait douter de la mise en fluide du spécimen.

Contenant et scellement

Description

Le contenant est un bocal en verre mesurant 20 cm de hauteur et ayant un diamètre maximal de 9 cm. Sa morphologie est très particulière puisque le bouchon à enfoncement est aussi le pied du bocal. La forme de ce « bocal à graines » est nommée « ampoule ». Les bords du bouchon ont été rôdés.

Constat d'état

Nous n'avons observé aucune dégradation mécanique ou chimique notable du contenant en verre.

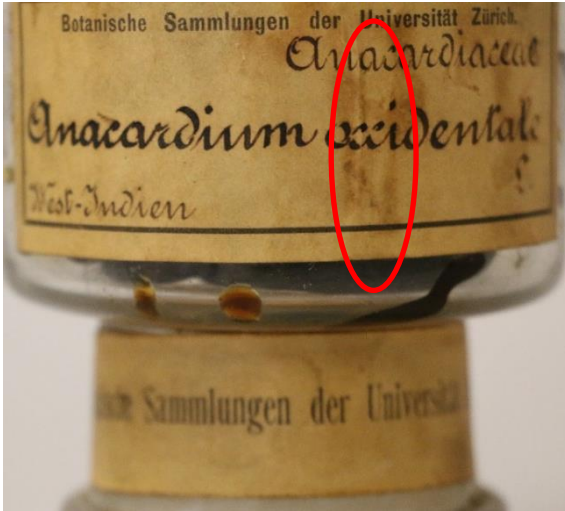
Étiquette

Description

Trois étiquettes sont présentes sur le bocal : une étiquette rectangulaire de 9 x 3.5 cm portant les informations scientifiques ; un bandeau de 12 x 2 cm portant le nom du musée ; une étiquette code-barres de la même taille que celle du spécimen précédent. La première étiquette est à moitié imprimée et à moitié écrite à la main à l'encre noire. La seconde est seulement imprimée du nom du musée.

Transcription : Botanische sammlungen der universität Zürich, anacardiaceae, anacardium occidentale, L., West-Indien.

Constat d'état



Les étiquettes dénotent un jaunissement généralisé et un brunissement plus prononcé sur une zone située au centre de l'étiquette principale et sur les bords de l'étiquette inférieure. On observe la présence de tâches de coulures au centre de l'étiquette supérieure (cf. fig. 37). En dehors de cette zone, les inscriptions n'ont pas été altérées.

Fig. 37 : jaunissement généralisé et coulures (en rouge) sur l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Singularités du spécimen

Ce spécimen est intéressant de par la forme du contenant, souvent employé dans les collections sèches de graines.

3.2.3 Spécimen 3 : *Capsicum longum* L.

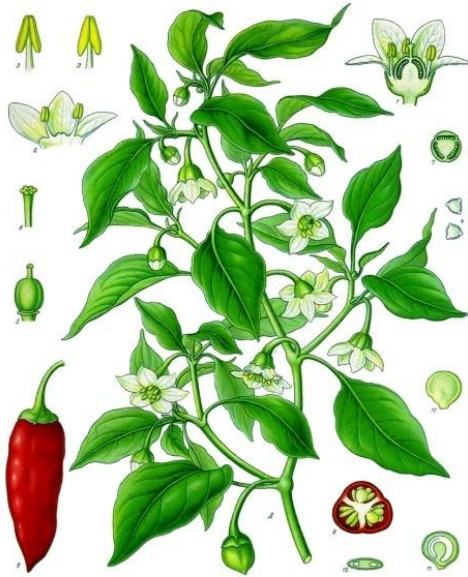


Fig. 38 : planche illustrée d'un *Capsicum* ©Köhler's *Fig. 39 : spécimen n°3* ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016
medizinal planzen

Plante

Son nom scientifique actuel est *Capsicum annum*. Il désigne différentes variétés de piments et de poivrons (cf. fig. 38). Normalement originaire de la région comprise entre la Colombie et les Etats-Unis, il s'agit de l'espèce du genre *Capsicum* la plus cultivée au monde⁸².

Spécimen

Description

Le spécimen est un regroupement de petits piments (cf. fig. 39). Après ouverture, il s'avère que les piments sont au nombre de 25, de tailles variées (cf. fig. 40 p.52). Leur couleur est marron clair tirant sur le vert. Les parties conservées en fluide sont les fruits. Ce spécimen a été cultivé au jardin botanique de Zurich même et a été collecté en 1898. Il fait partie des spécimens les plus anciens de la collection.

⁸² *Capsicum annum* Kew Royal Botanic Gardens [en ligne]





Fig. 40 : Spécimens à la sortie du bocal
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Constat d'état

Les spécimens ont gardé leur forme et leur intégrité structurelle. Nous n'avons remarqué aucune altération mécanique ou chimique notable.

Fluide

Description

Le fluide est marron foncé translucide. Il n'y a aucune spécification sur la nature du fluide sur les étiquettes et le bocal. L'analyse GC-MS a permis de détecter les composés suivants : eau, acétate d'éthyle, éthanol, acétaldéhyde. L'acétate d'éthyle ne faisant jamais partie de la composition des fluides préservatifs, nous attribuons sa présence comme étant peut-être liée à une dégradation de l'acide acétique. L'acétaldéhyde peut être dû à une synthèse entre l'acide acétique et le reste du fixateur, mais nous ne pouvons déterminer avec précision la raison de sa présence. Utilisé comme agent de préservation alimentaire, on le trouve aussi à l'état naturel dans les plantes. Il pourrait être un sous-produit de dégradation dû à la fixation ou au séjour prolongé en fluide de préservation⁸³.

Constat d'état

Tous les spécimens sont immergés dans le fluide, malgré une évaporation qui correspond au stade III de niveau de fluide. Les tests de pH et de concentration en alcool ont révélé que la solution avait un pH 5 et était au-dessus de 60% d'alcool. On note la présence de dépôts de couleur blanc-gris sur le fond du bocal.

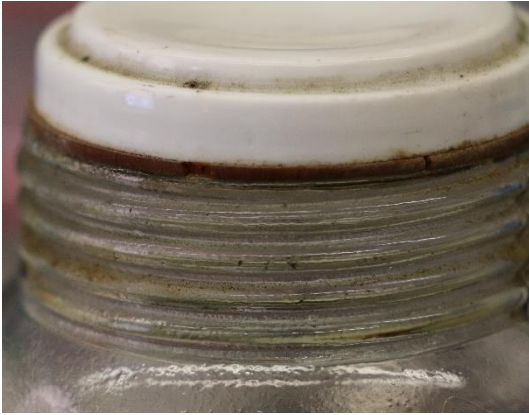
⁸³ Cuisin Jacques, responsable de la plateforme préparation et restauration au MNHN, communications écrites et orales, Février à Juillet 2016

Contenant et scellement

Description

Le bocal est resserré au niveau du col en verre moulé avec un couvercle à vis en métal argenté associant une plaque de céramique blanche et un joint de caoutchouc orange. Il a une hauteur maximale de 21,5 cm et un diamètre maximal de 10 cm.

Constat d'état



Le joint de caoutchouc est cassant et fissuré (cf. fig. 41). Une légère oxydation est visible sur le métal du couvercle du bocal. Un léger empoussièrément est également présent sur le pas de vis verre-métal.

Fig. 41 : joint de caoutchouc dégradé et empoussièrément ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

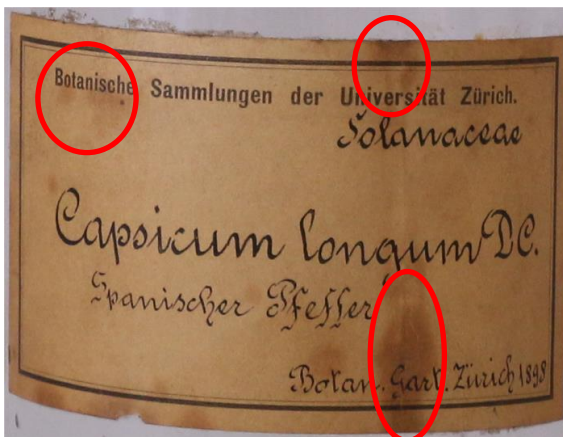
Étiquette

Description

Le bocal comporte une étiquette rectangulaire de 10.5 x 6 cm portant les informations scientifiques. Elle est à moitié imprimée et à moitié écrite à la main à l'encre noire.

Transcription : Botanische Sammlungen der Universität Zürich, Solanaceae, Capsicum Longum D.C., Spanischer Pfeffer, Botan. Gart. Zürich 1898.

Constat d'état



Un jaunissement généralisé est noté avec des taches brunes sur plusieurs zones dispersées de l'étiquette (cf. fig. 42). On observe une lacune de 0,5 cm sur le bas de l'étiquette. Les inscriptions n'ont pas été altérées.

Fig. 42 : taches brunes sur l'étiquette
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Singularités du spécimen

Ce spécimen est unique de par la forme du bocal et de son couvercle dans cette collection. Il est également important car il provient du jardin botanique de Zurich. Nous savons donc où il a poussé et dans quel biotope.

3.2.4 Spécimen 4 : *Trapa natans* L



Fig. 43 : planche illustrée d'une mâcre nageante ©Wikipedia



Fig. 44 : spécimen n°4 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Plante

Communément appelée mâcre nageante ou châtaigne d'eau, il s'agit d'une plante aquatique (cf. fig. 43) se développant dans des régions tempérées à chaudes d'Afrique, d'Asie et d'Europe. Son biotope naturel se trouve essentiellement dans les eaux tranquilles, profondes de 1 à 2m. Il s'agit d'une espèce disparue en Suisse qui pousse uniquement au Tessin méridional. Elle est actuellement en train d'être réintroduite⁸⁴.

Spécimen

Description

Le spécimen est constitué de deux branches et de plusieurs graines, séparées par une plaque en verre. Après ouverture, on compte 20 graines, deux branches et plusieurs morceaux séparés de feuilles. La plante entière semble être conservée (cf. fig. 44). Ce spécimen provient du lac Muzzano au Tessin et est l'un des deux plus anciens spécimens, daté de 1891, avant même la création du Musée Botanique de l'Université de Zurich. Il a été légué au musée par M. Alfred Ernst (1875-1968), professeur de botanique générale et recteur à l'Université de Zurich.

⁸⁴ Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique de l'Université de Zurich, communications orales et écrites, de Février 2016 à Juillet 2016

Constat d'état

Une des deux branches est cassée au niveau du tronc principal (cf. fig. 45). Plusieurs feuilles et tiges sont cassées (cf. fig. 46) et trouées. Des déformations sont visibles au niveau des feuilles, sous forme de plis.



Fig. 45 : branche principale cassée ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 46 : tige cassée ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Fluide

Description

Le fluide est jaune-brun translucide. Une spécification sur la nature du fluide est présente sur l'étiquette à savoir « Alk » pour alcool en allemand. L'étiquette (mention alk), le niveau de fluide et le montage nous font penser qu'il est impossible que le fluide soit celui d'origine. Ces informations tendent à indiquer que la solution actuelle est essentiellement à base d'alcool. L'analyse GC-MS a permis de détecter les composés suivants : eau, éthanol, acétaldéhyde, qui confirme cette hypothèse.

Constat d'état

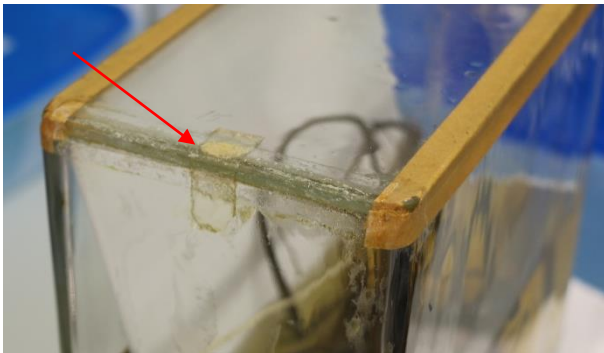
Tous les spécimens sont encore immergés dans le fluide, malgré une évaporation qui correspond au stade III de niveau de fluide. Les tests de pH et de concentration en alcool ont révélé que la solution avait un pH 5 et était au-dessus de 60% d'alcool.

Contenant et scellement

Description

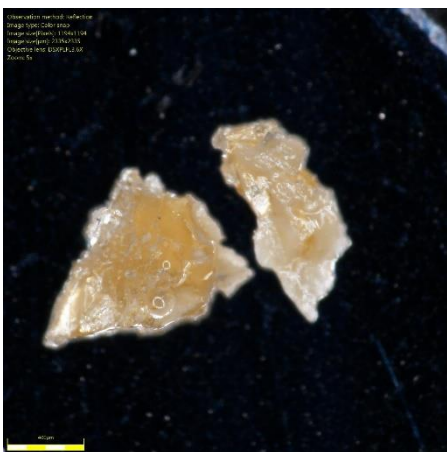
Le bocal est rectangulaire et mesure 20 cm de large x 10.5 cm de profondeur x 26 cm de hauteur. Il comprend un couvercle en verre simplement posé sur l'ouverture, scellé avec un ruban d'encadrement et un matériau de scellement inconnu de couleur jaune en l'état.

Constat d'état



Des résidus de l'ancien adhésif du ruban d'encadrement et du matériau de scellement sont visibles sous forme de coulures sur les parois du verre (cf. fig. 47).

Fig. 47 : résidus d'adhésif et du matériau de scellement sur le couvercle ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Des fragments du matériau de scellement (cf. fig. 48) ont permis d'effectuer une analyse FTIR et d'identifier un résinate de zinc, probablement obtenu avec du colophane et un oxyde de zinc. Ce mélange correspond à un nom commercial d'un vernis industriel : le Jonrez MR-551®.

Fig. 48: vue microscopique du matériau de scellement, zoom 5x, échelle 400 µm

©L.Brambilla, He-Arc CR, 2016

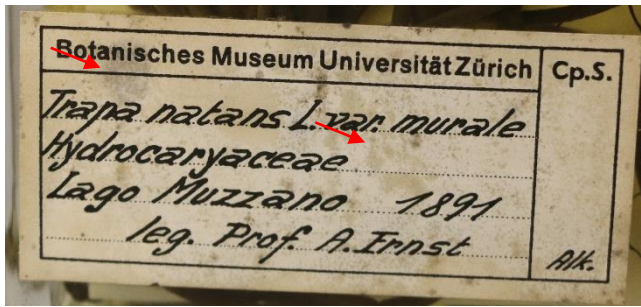
Etiquette

Description

L'étiquette extérieure principale est une étiquette rectangulaire mesurant 7.5 cm x 3.5 cm. Le cadre et le nom de la collection sont imprimés tandis que les informations sur le spécimen sont écrites à la main à l'encre noire.

Transcription : _Botanisches Museum Universität Zürich, Trapa Natans L. var. murale, Hydrocaryaceae, Lago Muzzano, 1891, Leg. Prof A. Ernst, Cp.s : Alk.

Constat d'état



L'étiquette présente des tâches circulaires sombres entre 0,3 et 0,5 cm de diamètre, (cf. fig. 49). L'étiquette est de teinte blanche, légèrement jaunie sur les angles. Les inscriptions n'ont pas été altérées.

Fig. 49 : taches sur l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Autres spécificités

Un montage est présent dans le contenant : il s'agit d'une plaque de verre blanc opaque, placée en diagonale du bocal, avec 3 fils blancs de coton passant sur le spécimen. Le fil blanc de coton est détendu et n'assure plus le rôle de soutien.



La présence du ruban d'encadrement, du montage sur plaque de verre et l'étiquette récente indiquent que le spécimen a été reconditionné. Ces matériaux dont la fabrication est plus récente, ne peuvent en effet dater de 1891.

Pour ce spécimen, nous possédons une documentation scientifique de l'université dont un dessin réalisé par l'artiste Béatrice Häsler en 1988 (cf. fig. 50) et un travail effectué par un étudiant, M. David Frey en 2014. Par comparaison avec le dessin, 28 ans plus tard, l'aspect du spécimen a considérablement changé, notamment par son effondrement au fond du bocal.

Fig. 50: dessin du spécimen n°4

©B. Häsler, 1988

Singularités du spécimen

Cette espèce est rare d'une part parce qu'elle a disparue de Suisse et d'autre part, parce qu'elle constitue le plus vieux spécimen de la collection. De plus, le spécimen possède un intérêt scientifique très important. Cette plante a été en effet la nourriture des Palafittes. Dans la collection du Musée botanique, les différents phénotypes sont documentés, notamment des échantillons néolithiques provenant de maisons sur pilotis.

3.2.5 Spécimen 5 : *Brugmansia zippelii* Bl.

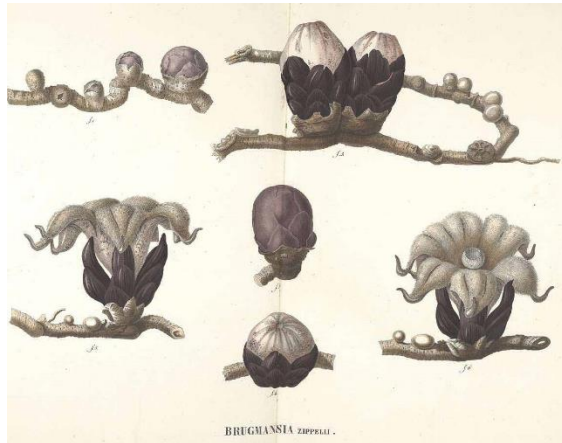


Fig. 51 : Planche illustrée de *Brugmansia zippelii*
©Latour, 1828



Fig. 52 : spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Plante

L'ancien nom de genre et d'espèce de la plante est actuellement en étude et sa nouvelle dénomination n'est pas encore résolue. On peut supposer pour l'instant qu'il s'agit du synonyme de *Rhizanthès zippelii*⁸⁵. Il s'agit d'une des 50 espèces faisant partie de la famille des Rafflesiaceae, les plus grosses fleurs du monde. C'est une plante à fleurs parasite, généralement sans feuille, sans tige, sans racine, sans chlorophylle et sans tissus photosynthétiques, fixées par des suçoirs sur les branches/racines de ses hôtes (cf. fig. 51). On peut la trouver dans les forêts tropicales de l'ouest de Java. Elle est utilisée par les indigènes pour stopper les flux de sang⁸⁶.

Spécimen

Description

Le spécimen se distingue difficilement en raison de l'opacité du fluide (cf. fig. 52). Après ouverture, il s'agit de morceaux de branches et des bourgeons au nombre de 15 et de taille variée (cf. fig. 53 p. 59). La plante a été rapportée de Java par le professeur Ernst qu'il a ensuite légué au Musée Botanique en 1906.

⁸⁵ Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique de l'Université de Zurich, communications orales et écrites, de Février 2016 à Juillet 2016

⁸⁶ *Rafflesia arnoldii*, Kew Royal Botanic Gardens [en ligne]



Fig. 53 : bourgeons à la sortie du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Constat d'état

Les bourgeons semblent avoir gardé leur forme. Le spécimen est entièrement recouvert par son fluide mais on peut s'interroger sur un éventuel affaissement en raison de la dimension du bocal utilisé, très grand en comparaison avec les bourgeons. Après ouverture du contenant, nous avons observé que plusieurs bourgeons s'étaient détachés de leurs branches et que certaines branches s'étaient fragilisées d'un point de vue tactile (affaiblissement de la rigidité de la branche).

Fluide

Description

Le fluide est opaque et de couleur brun foncé. Les étiquettes indiquant des remplissages avec de l'alcool à 70% en 1988, 1999 et 2004 attestent que le fluide n'est pas celui d'origine et que la solution de remplacement était une solution d'éthanol à 70%. L'analyse GC-MS a confirmé ce témoignage en détectant les composés suivants : eau, éthanol, acétaldéhyde.

Constat d'état

Tous les spécimens sont immergés dans le fluide, malgré une évaporation qui correspond au stade IV de niveau de fluide. Les tests de pH et de concentration en alcool ont révélé que la solution avait un pH 4,7 et était entre 50 et 60% d'alcool. On note la présence de dépôts bruns sur le fond du bocal, s'apparentant à des restes de spécimen.

Contenant et scellement

Description

Le bocal est un verre cylindrique qui comporte un couvercle en plastique. Il mesure 26 cm de hauteur et 17 cm de diamètre. Le couvercle mesure 0.5 cm d'épaisseur et présente une dépression sur l'intérieur pour s'adapter parfaitement à l'ouverture du bocal.

Le matériau de scellement est un joint épais, mou, élastique, translucide, appliqué sous forme de boudin. Toutes ces caractéristiques font indéniablement penser à un joint de type silicone.

Constat d'état

Nous avons constaté un éclat important sur le bas du bocal de 3.5 x 3 cm. L'ensemble du contenant est sali par diverses coulures (fluide et adhésif). De fortes abrasions du verre sont présentes sur le dessous du fond du bocal. Le couvercle en plastique s'est entièrement courbé et s'est révélé être micro-fissuré sur la dépression intérieure (cf. fig. 54).

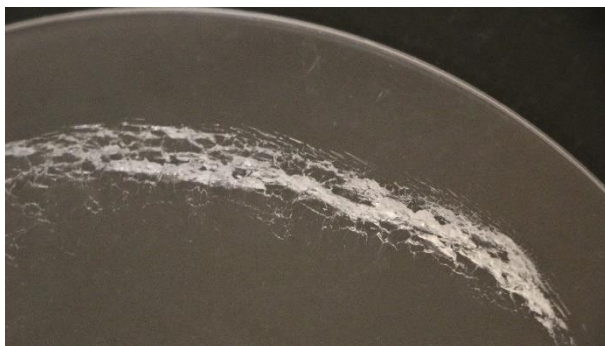


Fig. 54 : couvercle microfissuré ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Etiquette

Description

L'objet comporte six d'étiquettes (dont l'étiquette code-barres). L'étiquette principale extérieure est de forme rectangulaire et mesure 7.5 cm x 3.5 cm. Le cadre et le nom de la collection sont imprimés tandis que le reste des informations sont écrites à la main à l'encre noire. L'étiquette intérieure est en papier avec un fil rouge. L'inscription laisse encore percevoir des traces manuscrites au crayon graphite qui sont devenues illisibles. Les 5 autres étiquettes sont standardisées et mesurent 3 x 2 cm. Elles sont toutes écrites à la main, au crayon graphite.

Transcription : Etiquette récente : Botanisches Museum Universität Zürich, Brugmansia zippellii Bl., Rafflesiaceae, Tjiapoes, Salak, Java, 1906, Leg. Prof. A. Ernst, Cp.S. Alk. ; 1 étiquette : 3 ; 1 étiquette : aufgeföhrt mit ETOH 70%, 12.10.88 ; 1 étiquette : aufgeföhrt mit ETOH 70%, 05.01.99 ; 1 étiquette : 12.03.04, ETOH 70% aufgeföhrt.

Constat d'état

Les étiquettes, comme la plupart précédemment énoncées, présentent un jaunissement généralisé. Les tâches circulaires éparses sur le papier font penser à une attaque biologique. Des coulures provenant probablement de fluide, sont visibles sur les petites étiquettes.

Singularités du spécimen

Ce spécimen est rare de par son espèce, sa provenance et de par son célèbre collecteur.

3.2.6 Spécimen 6 : *Rhizobium* sp./*Agrobacterium* sp.



Fig. 55 : détail des nodules de rhizobium sur une racine @organicsoiltechnology.com



Fig. 56 : spécimen n°6 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Plante

Il s'agit d'une bactérie se développant sur les racines de plante et provoquant des nodosités (cf. fig. 55). Cette bactérie permet la fixation de l'azote. Beijerinck, aux Pays-Bas, a été le premier à l'isoler et à la cultiver à partir des nodules des légumineuses en 1888. Il l'a appelé *Bacillus radicola*, nom présent sur notre étiquette originale⁸⁷.

Spécimen

Description

Le spécimen fait une quinzaine de centimètres de long. Il s'est développé sur les racines d'une glycine (cf. fig. 56) : il ne peut donc relever que de deux types soit *Rhizobium* sp. soit *Agrobacterium* sp.⁸⁸ L'objet date de novembre 1920 et a été collecté au jardin botanique de Zurich par le Professeur Schinz, créateur du musée.

Constat d'état

Dans l'ensemble, le spécimen a conservé sa forme. Deux nodosités se sont détachées.

⁸⁷ Rhizobium Larousse [en ligne]

⁸⁸ Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique de l'Université de Zurich, communications orales et écrites, de Février 2016 à Juillet 2016

Fluide

Description

Le peu de fluide restant est jaune pâle et transparent. Aucune spécification sur la nature du fluide n'est présente sur l'étiquette. L'analyse GS-MS a permis de détecter les composés suivants : eau, formaldéhyde, acide acétique et/ou formique. La présence de formaldéhyde nous a fait supposer que certains spécimens contenaient encore dans les liquides de préservation les produits qui avaient servi à leur fixation. D'autres nous ont montré que leurs liquides avaient été changés pour une solution d'éthanol.

Constat d'état

Le spécimen n'est plus immergé à part quelques nodules touchant le fond du bocal (cf. fig. 57). Cela correspond au stade V ++ de niveau de fluide. Les tests de pH et de concentration en alcool ont révélé que la solution avait un pH 4,4 et que la concentration d'alcool était en-dessous de 50%. On note la présence de dépôts d'aspect poudreux, comme de fines particules de terre mélangées au fluide subsistant.



Fig. 57 : reste du fluide et spécimen touchant le fond du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Contenant et scellement

Description

Le bocal cylindrique est une flûte en verre. Il comporte un bouchon en verre comprenant un bouton de préhension rond et plat. Le bocal mesure 24 cm de hauteur (inclus la hauteur du bouchon) et 9 cm de diamètre. Les bords du bouchon sont rôdés mais aucun matériau de scellement n'est présent.

Constat d'état

Le contenant est intact et on ne relève aucune dégradation structurelle ou chimique notable.

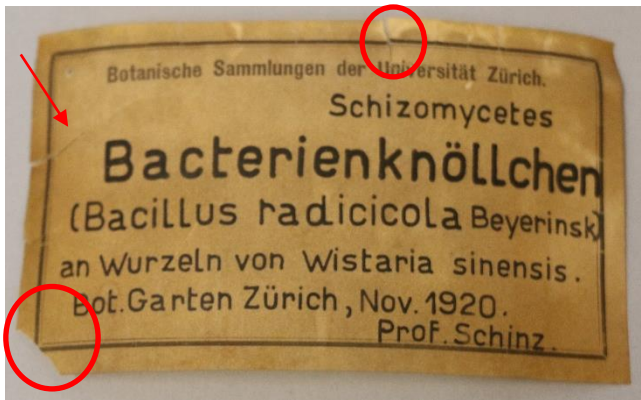
Etiquette

Description

L'étiquette en papier est de forme rectangulaire et mesure 10.5 x 6 cm. Une partie est imprimée tandis que le reste des informations a été tapé à la machine à l'encre noire.

Transcription : Botanische Sammlungen der Universität Zürich, Schizomycetes, Bacterienknöllchen (Bacillus radicolica Beyerinsk), an wurzeln von wistaria sinensis. Bot. Garten Zürich, Nov. 1920, Prof. Schinz.

Constat d'état



L'étiquette est entièrement détachée du contenant. Nous avons constaté six déchirures dont deux particulièrement importantes mesurant 3 cm et 1,5 cm. Une lacune d'environ 1 cm est visible sur l'angle gauche du bas de l'étiquette (cf. fig. 58). L'ensemble du papier présente un fort brunissement et une texture cassure.

Fig. 58 : déchirures et lacune de l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Autres spécificités

Un montage est présent : il s'agit d'une baguette de bois placée à l'horizontale dans le bouchon à laquelle est suspendu un fil blanc de coton, attaché au spécimen. Le fil détendu n'assure plus la suspension du spécimen. En effet, le bas du spécimen touche et s'appuie largement sur le fond du bocal. Le fil présente également quelques taches noires sur la longueur du fil.

Singularités du spécimen

Ce fluide est important car il est très rare de rencontrer ce type de spécimen encore bien conservé. La finesse des racines et les jonctions très fragiles des nodosités sont délicates à prélever et à préserver. D'autre part, son montage est unique dans la collection. Enfin, son collecteur est important pour l'histoire de la botanique à Zurich.

3.3 Diagnostic

Les constats d'état des six spécimens qui composent notre échantillon nous ont permis de mettre en évidence les altérations de ces objets insolites. Nous allons nous attacher à présent à identifier les causes des dégradations, à réaliser un pronostic de leur évolution, puis à évaluer leur impact sur les valeurs culturelles de ces collections en fluide.

Si les problématiques sont très différentes d'un contenant à l'autre, certaines dégradations peuvent néanmoins être reliées aux mêmes causes. Nous commencerons par les regrouper avant d'énoncer plus en détail les spécificités liées à chacun des spécimens.

Dégradations communes :

Les dégradations observées sur les 6 spécimens témoignent globalement d'un certain oubli ainsi que de conditions environnementales et de stockage inappropriées.

Si l'abaissement du niveau des fluides signale un défaut d'étanchéité lié à la fabrication même des objets, l'oubli des collections depuis 1976 a certainement participé aux dégradations observables aujourd'hui. L'absence de prise de conscience de l'évolution des altérations des matériaux de scellement et de l'évaporation des fluides a mené aux dessèchements de certains spécimens. Sans intervention de conservation-restauration, les plantes se dessècheront et le fluide s'acidifiera davantage provoquant la dégradation physico-chimique des spécimens jusqu'à la perte totale d'informations à leur sujet. Le contact avec l'oxygène et l'humidité relative rendu possible par l'émergence des spécimens hors fluide, et qui progressera en l'absence d'intervention, est susceptible d'engendrer la putréfaction des spécimens.

Les supports de montage inadéquats, conjugués à la fragilité des spécimens, sont la cause de plusieurs dégradations structurelles des spécimens, telles que les affaissements ou déchirures. Sans remplacement ou réadaptation de ces supports, l'intégrité physique des spécimens est compromise. Parallèlement, les déménagements successifs des collections ont également certainement favorisés des manipulations et/ou transports inadéquats qui ont engendré des dégradations structurelles des contenants telles que des cassures ou fissures.

L'hygrométrie inadaptée dans les réserves a engendré une prolifération des microorganismes qui laissent encore des traces sur les collections aujourd'hui sous forme de tâches. Les traces duveteuses en auréoles sur les étiquettes sont une altération d'ordre structurel qui a considérablement fragilisé le papier. En se développant, les champignons ont formé un mycélium qui a grandi à la surface du support et s'y est incrusté. Les filaments ont digéré la cellulose et le collagène en les dégradant par hydrolyse enzymatique pour pouvoir les assimiler. Le substrat a ainsi été décomposé par la croissance

des micro-organismes⁸⁹. Depuis l'intervention de 2010, cette dégradation n'est plus évolutive. Toutefois, un nettoyage des étiquettes serait nécessaire pour enlever des résidus duveteux pouvant faire redémarrer l'infestation.

Les changements de coloration des fluides peuvent en partie être attribués à une exposition à la lumière et aux ultraviolets trop importante qui a modifié les propriétés optiques des liquides par photo-oxydation. Ce diagnostic est appuyé par le jaunissement/brunissement des étiquettes révélant une acidification, sans doute liée à l'acidité du milieu et à l'action des UV sur la cellulose, qui a rendu le papier cassant. La nature du papier des étiquettes peut également influencer le degré de dégradations photochimiques (présence de plus ou moins de lignine dans le papier). Si ces modifications sont irréversibles, la prévention de leur progression est fondamentale pour éviter que le brunissement des fluides n'évoluent d'avantage et que le papier ne se fragilise jusqu'à perdre toute cohésion. Non seulement cela aurait pour conséquence la perte de visibilité des spécimens mais cela engendrerait la perte de l'étiquette et des valeurs culturelles qui lui sont associées.

La perte d'adhérence des étiquettes peut être attribuée d'un part à une application peu minutieuse de l'adhésif (manque d'adhésif sur les bords des étiquettes) et d'autre part à une hygrométrie trop importante dans les réserves.

Nous commentons ici plus en détail les spécificités intéressantes pour le diagnostic de chacun des spécimens qui font l'objet de notre étude.

Spécimen 1 :

La majorité des dégradations observées semble coïncider avec une baisse du niveau du fluide. En comparaison avec les autres spécimens étudiés, il s'agit du deuxième cas le plus important d'évaporation. Cela est vraisemblablement lié au matériau de scellement du bocal, à savoir une cire qui offre des performances très différente au niveau de l'étanchéité, selon son état. Dans notre cas, l'échantillon de cire observé sous microscope démontrait une microfissuration due au vieillissement qui est une source de l'évaporation du fluide. La fissure présente sur le haut du contenant a probablement participé à cette évaporation à un moment de la vie de l'objet.

La concentration en alcool de ce spécimen en-dessous de 50% et la présence de formaldéhyde sont les raisons de l'urgence d'intervention pour ce spécimen afin de le replacer dans un milieu adéquat à sa préservation.

⁸⁹ Martin, 2010, p. 94

Parallèlement, l'évaporation du fluide a engendré une cristallisation des dépôts blancs sur le spécimen. En effet, nous pouvons difficilement expliquer la présence de ces dépôts sans les corréler au fluide fixatif ou préservatif. Le formiate de plomb identifié ne peut provenir de la plante mais pourrait être une combinaison des produits de dégradations du formaldéhyde et d'un dérivé du plomb. Ces dépôts modifient l'aspect du spécimen (brillance parasitaire) et de ce fait perturbent l'examen du spécimen. En outre, ils pourraient également initier des dégradations physico-chimiques du spécimen. N'ayant pas obtenu de résultats probants au sujet de la nature de ces dépôts lors de nos analyses, de nouvelles recherches devraient être entreprises afin de les caractériser.

En ce qui concerne les dégradations structurelles, la gravité étant distincte selon le milieu, le poids de l'objet était allégé dans le fluide. L'évaporation du fluide a modifié le poids de la partie émergée entraînant son affaissement. A moyen terme, cette déformation est susceptible d'engendrer des contraintes mécaniques allant jusqu'à la fissuration voire la cassure du spécimen qui mettraient en péril l'intégrité physique de l'objet.

De surcroît, l'absence de montage pour soulager la racine conjugue à une fragilité intrinsèque à la jonction entre la racine et la pousse fragilisent le spécimen et peuvent dans l'avenir provoquer la cassure de la jonction.

La fissure (haut du bocal) ne semble pas évolutive et nous la jugeons comme étant stable. En effet, la résine n'a pas jauni ce qui porte à croire qu'elle est stable sur le long terme ou que l'intervention est récente. De plus, étant située sur le haut du bocal et ayant été comblée, elle n'a pas d'incidence pour la préservation du spécimen.

Spécimen 2 :

D'après la nature des graines et de leur aspect actuel, il paraît peu probable que les graines aient été un jour conservées en liquide. Ce diagnostic est appuyé par l'absence notable de résidu de fluide dans le contenant. Un fluide ne laisse pas de condensation telle qu'observée sur le flacon, sous forme de gouttelettes jaunes, dont la couleur particulière est d'avantage indicatrice d'un dépôt de matériau organique⁹⁰. Nous attribuons la présence de ces gouttelettes à l'intérieur du contenant et sur les spécimens comment étant une exsudation de lipides issus des graines à la suite d'une chaleur importante. Une partie de ces exsudations serait descendue par gravitation dans la jointure bouchon-encolure du contenant et l'aurait colmatée. Cette opération a rendu, malgré elle, le bouchon hermétique.

⁹⁰ Cuisin Jacques, responsable de la plateforme préparation et restauration au MNHN, communications écrites et orales, Février à Juillet 2016

Spécimen 3 :

Pour ce spécimen, la dégradation principale est celle de la coloration parasitaire du fluide. Cette couleur est certainement due à une interaction spécimen-fluide. On suppose qu'une substance présente dans la plante est soluble dans l'eau ou l'éthanol et a coloré le fluide au court du temps. Pour les poivrons, nous pensons que cette substance pourrait être le colorant présent dans les poivrons à savoir un pigment flavonoïde qui est effectivement soluble dans les solvants précités. La concentration en alcool de ce fluide est au-dessus de 60%. Ce spécimen est donc dans un liquide suffisamment concentré pour éviter toutes dégradations biologiques. Toutefois, le joint de caoutchouc est dégradé et doit être changé car il n'assure plus son rôle de scellement étanche.

Ce contenant présente une opacification sur la face interne du bocal vraisemblablement liée à une interaction chimique entre le fluide et le contenant.

Spécimen 4 :

Le mode de scellement, le montage, la typologie de l'étiquette et l'absence de dépôts sur le fond du bocal sont des indices d'un reconditionnement de ce spécimen à un moment de son histoire. Ceci correspond avec la concentration en alcool de ce fluide au-dessus de 60%. Nous n'avons donc pas d'urgence à changer le fluide de ce spécimen. La coloration jaune et son niveau de stade III sont un autre élément probant pour le changement de fluide.

L'altération majeure de ce spécimen est l'affaissement de la plante. En effet, les éléments du montage se sont dégradés : les fils de coton présents depuis longtemps dans le liquide se sont détendus et n'assurent plus leur rôle de soutien à la plante. Si aucune intervention n'est envisagée, une partie de la plante risque de se déchirer puis de s'effondrer dans le fond du bocal. Le poids de cette partie sur le reste de la plante pourrait engendrer des dégradations mécaniques telles que des déformations voire des fractures. En effet, ce spécimen présente déjà des déchirures sur les feuilles qui pourraient être accentuées par la chute de la plante du support.

Spécimen 5 :

Les dégradations majeures résident ici dans l'évaporation du fluide et les changements de propriétés optiques du fluide (brunissement et opacification). Ce spécimen a subi trois remises à niveau du fluide soit une perte de 50% de fluide en 12 ans. Le joint d'étanchéité est donc à remettre en question. Le couvercle joue certainement un rôle dans l'efficacité de l'étanchéité. Sa nature en plastique de type PMMA, conjugué à une microfissuration le rendent inefficace d'un point de vue de l'étanchéité. En l'état actuel, le niveau de fluide est insuffisant et peut engendrer des déformations dues à l'entassement des bourgeons au fond du bocal, jusqu'à leur cassure. De plus, la concentration du fluide est entre 50-60% ce qui nous indique que le fluide va bientôt perdre sa capacité à protéger le spécimen d'attaque biologique. A moyen terme, il est nécessaire de changer ce fluide.

La solution est vraisemblablement colorée en raison des éléments présents dans la plante elle-même. D'après la description de Blume dans son article sur la flore de Java en 1828, la plante fournit une matière brune soluble dans « l'esprit de vin⁹¹ » telle qu'elle apparaît dans notre cas.

Les multiples déplacements de la collection et des manipulations inappropriées sont vraisemblablement la cause de l'éclat, visible sur le fond du bocal. Cet éclat superficiel n'est pas évolutif et ne représente pas de danger dans l'avenir pour la stabilité mécanique ou chimique du spécimen. En outre, il n'altère que peu l'appréciation esthétique du contenant. Les diverses manipulations conjuguées à l'absence de montage sont également vraisemblablement la cause des cassures et déchirures du spécimen.

Spécimen 6 :

L'altération principale de ce spécimen est l'évaporation du fluide, inévitablement due à l'absence de scellement, le bouchon rodé n'ayant pas suffi à l'étanchéité du bocal. Si aucune intervention n'est entreprise, le liquide s'évaporerait encore et le spécimen serait en grand danger de déshydratation. De plus, la concentration alcoolique du fluide restant en-dessous de 50% et la présence de formaldéhyde nous indiquent qu'il est urgent d'intervenir pour assurer une conservation à long terme de ce spécimen.

Le fil nécessaire à la suspension étant détendu, celui-ci n'assure plus son rôle protecteur contre l'affaissement du spécimen au fond du bocal. Il est donc nécessaire d'intervenir pour maintenir ce spécimen en suspension.

⁹¹ Blume, 1828, p. 299

3.4 Problématique des matériaux de scellement

Le scellement est le point faible du système de conservation en fluide. En effet, un joint n'est jamais parfaitement hermétique. La mauvaise application du joint, le mauvais choix du matériau de scellement, son vieillissement ou encore des interactions avec le milieu sont les principales raisons de ce manque de performance, qui se manifeste sous forme d'évaporation ou de fuite de fluide. Dans certains cas, pour éviter de déluter le bocal en vue d'un remplissage, un percement était effectué sur le couvercle (cf. fig. 59). Cette technique, toujours pratiquée en Angleterre, accentue évidemment le risque d'évaporation.



Fig. 59 : trou dans le couvercle avec couvre-lame de microscope collée ©S.Moore, 2007

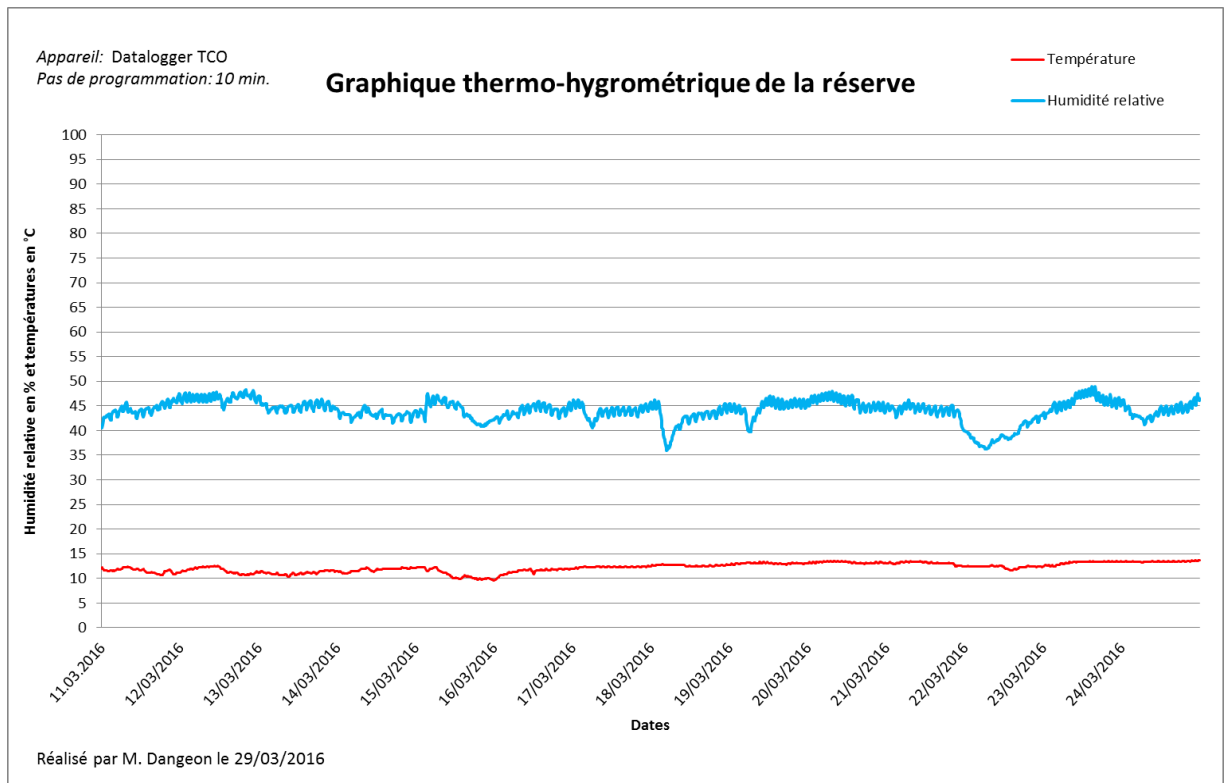
Malgré la recherche et le développement de nouveaux matériaux utilisés pour le scellement, le problème de l'étanchéité des bocaux reste majeur pour ce type de collection. Notre travail vise à effectuer des tests d'étanchéité avec différents matériaux actuellement utilisés dans le domaine des fluides pour les comparer.

3.4.1 Etanchéité

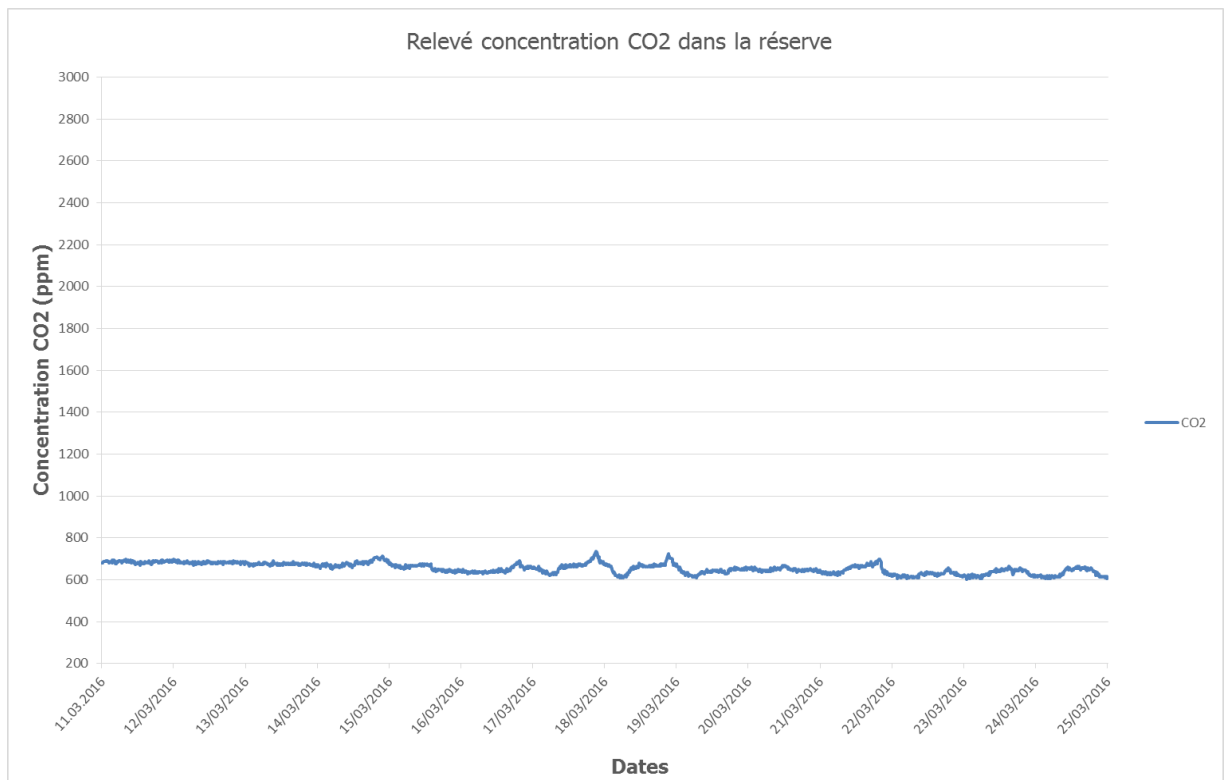
Les tests d'étanchéité que nous allons réaliser s'appuient sur la mesure de transfert de gaz entre deux environnements. Ils s'effectuent à l'aide d'un gaz traceur, le CO₂, et d'un capteur de CO₂. Le principe est de placer le capteur dans une enceinte, d'y introduire le gaz et de sceller l'enceinte selon des protocoles reproductibles. Nous mesurons ensuite la vitesse d'échange du gaz entre l'enceinte, où la concentration du gaz est supérieure à la concentration dans la réserve, et l'environnement extérieur, ici la réserve⁹². Le capteur a une limite de détection de 5000 ppm.

Pour ce faire, nous avons effectué dans un premier des relevés de la concentration de CO₂ dans la réserve principale, climatisée (cf. graph). Les mesures étant intimement liées aux conditions climatiques de la salle, nous avons également effectué des relevés thermo-hygrométriques (cf. graph). Les deux mesures ont été réalisées parallèlement, durant 2 semaines, du 11.03 au 25.03.2016. D'après nos mesures de départ, la réserve a un taux de CO₂ naturellement présent d'environ 650 à 700 ppm pour une température moyenne de 12-13° C et une humidité relative moyenne de 40% +/- 5.

⁹² Calver, 2005



Graphique 2 : Graphique thermo-hygométrique de la réserve à la Villa Rainhof ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Graphique 3 : Graphique de la concentration en CO2 dans la réserve de la Villa Rainhof ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Pour une enceinte fermée, la décroissance du CO₂ entre la concentration interne (enceinte) et externe (réserve) permet mesurer sa performance d'étanchéité⁹³. Plus le gaz met du temps à s'échapper, plus le joint est étanche. Une fois le test effectué, nous traitons les données du capteur via le logiciel SmartGraph 3. Puis celles-ci sont traitées avec le logiciel Excel dont le résultat est une courbe à interpréter avec une équation et un coefficient de détermination sous forme de chiffre. Plus le chiffre est proche de 0, plus la performance du joint est élevée. Ce chiffre est appelé AER, Air Exchange Rate, c'est-à-dire le nombre de renouvellement d'air par jour⁹⁴.

3.4.2 Matériaux choisis pour les tests d'étanchéité

Pour choisir les joints de scellement que nous souhaitons comparer, nous avons établi un cahier des charges. Le joint doit pouvoir :

- Une adhésion et une adhérence satisfaisantes entre le couvercle et le corps du contenant pour empêcher l'évaporation du liquide préservatif.
- Une bonne réversibilité, c'est-à-dire un retrait aisé mécanique ou chimique du scellement et ce, sur le court terme et le long terme. Nous avons appréhendé le retrait avec nos tests de solubilité et par l'expérience de leur retrait des bocaux au cours des tests.
- Une résistance et étanchéité à l'alcool, à l'eau et à l'acidité (les solutions sont souvent à un pH compris entre 3 et 6). Pour ce faire, nous avons procédé à des tests d'étanchéité et de solubilité.
- Une viscosité adaptée, c'est-à-dire pas trop liquide pour que l'adhésif ne puisse pas couler à l'intérieur du bocal au moment de l'application du couvercle.
- Une stabilité physico-chimique sur le long terme (env. 100 ans) que nous avons basé sur la littérature.
- Une mise en œuvre simple et reproductible, adaptable à la plupart des contenants que nous avons appréhendés par la mise en pratique.
- Des propriétés optiques adaptées, avec un joint transparent et incolore. Ces collections, actuellement en réserve, sont destinées à être exposés au futur Naturmuseum de Zurich. Nous souhaitons donc que le joint soit le plus discret possible pour permettre au public de profiter pleinement du spécimen.

Les produits répondant au cahier des charges susmentionné et actuellement recommandés pour les collections en fluide sont les gélatines et les silicones.

⁹³ Jacot Thierry, spécialiste en conservation préventive et professeur à la He-Arc, communications écrites et orale, Février et Avril 2016

⁹⁴ Calver, 2005

➤ Les gélatines :

Les gélatines sont constituées de collagène, une protéine. Elles font partie des colles d'origine animale et sont obtenues par chauffage de peaux et/ou d'os. Elle donne un film transparent soluble dans l'eau chaude. Elle possède un bon pouvoir collant⁹⁵. Utilisées couramment comme joint chez les Anglo-saxons, elles sont sous forme de feuilles ou de grains gonflés à l'eau et dissouts au bain-marie. Elles sont également utilisées comme adhésif pour les montages en fluide. On les applique, liquides et tièdes, au pinceau. Simon Moore, conservateur-restaurateur ayant travaillé durant longtemps au musée d'histoire naturel de Londres, estime une efficacité globale de la gélatine en tant que matériau de scellement des fluides sur 20 ans selon son expérience pratique⁹⁶.

➤ Les silicones :

Il existe une grande diversité de silicones dont certains offrent des caractéristiques plus intéressantes pour réaliser un joint de scellement que d'autres. Afin de sélectionner les plus appropriés, nous décrivons ci-dessous leurs propriétés.

Les silicones sont des composés inorganiques thermodurcissables appelés polysiloxanes. Ils ont la capacité de s'étaler facilement. Ces élastomères thermodurcissables réticulent en un réseau tridimensionnel, ce qui les rend insolubles. Nous les utilisons dans les domaines des fluides pour cette raison puisqu'elles sont insolubles dans les solvants courants (eau, éthanol). Ils permettent un collage résistant aux contraintes mécaniques plus élevées qu'un élastomère thermoplastique qui est un avantage pour l'étanchéité⁹⁷. Bien qu'ils soient insolubles, leur élasticité permet un retrait mécanique aisé. Nous nous ne nous concentrerons que sur les élastomères à vulcanisation à froid ou RTV (room temperature vulcanization) car ce sont des silicones qui permettent une mise en œuvre aisée pour la réalisation de scellement. Dans cette catégorie, il existe deux groupes : une famille mono composante désignée avec le sigle RTV-1 et une famille bi composante nommée RTV-2⁹⁸. La famille mono composante, se travaillant sur des épaisseurs fines, retiendra notre attention.

La famille RTV-1 se divise en sous familles :

Le catalyseur de la réticulation de cette famille est l'humidité de l'air quel que soit le groupe hydrolysable (polycondensation).

⁹⁵ Canarella, 2010, p. 92

⁹⁶ Moore Simon, conservateur-restaurateur à Londres, communications écrites et orales de Décembre 2015 à Mai 2016

⁹⁷ Chrétien, 2010, p. 84

⁹⁸ Ibid.

- Les silicones de type acétique :

Ce sont des polysiloxanes à réticulation acétique. Ils sont transparents et résistants à la lumière. Ces silicones sont corrosifs pour les métaux en raison du dégagement d'acide acétique lors de la prise. Ils ont une réaction de durcissement rapide ce qui est intéressant pour nos recherches⁹⁹. Les silicones à prise acétique sont les plus employés dans le domaine des fluides de par leur durcissement rapide, leur résistance en milieu humide, leur qualité fongicide (acide acétique) et le faible coût. Pour ces différentes qualités, nous avons choisi deux silicones de ce type : un silicone pour aquarium en verre (Colotogum[®]) et un silicone pour une utilisation sanitaire (Soudal[®]).

- Les silicones de type neutre : il existe actuellement trois sortes de silicones neutres : benzamide, oxime et alkoxy. Nous nous sommes concentrés sur le silicone neutre oxime qui correspondait à notre cahier des charges.

- Silicone neutre oxime :

Il est dit neutre car, en durcissant, il ne dégage pas d'acide. Oxime est la dénomination du radical hydrolysable. C'est le plus courant des silicones neutres. Suivant les fabricants, il peut être résistant aux UV, aux intempéries et au vieillissement. Son élasticité permanente est un des facteurs importants¹⁰⁰. Nous avons sélectionné un silicone de ce type utilisé en conservation pour la réalisation de vitrines d'exposition de la marque Würth[®].

Dans ce travail, nous avons choisi de tester un nouveau matériau, employé parfois en conservation-restauration du verre. Il s'agit d'un adhésif polymérisant aux ultraviolets (UV) dont les propriétés nous semblaient intéressantes pour la réalisation d'un scellement étanche et réversible. Nous développons ces caractéristiques ci-dessous :

- Adhésif UV :

Un adhésif photopolymérisable est un adhésif thermodurcissable dont la polymérisation est amorcée sous rayonnement UV à la demande. La réaction de polymérisation s'effectue en quelques secondes, permettant, dans notre cas, un scellement rapide et aisé¹⁰¹. Plusieurs adhésifs polymérisant aux UV proposent des qualités optiques appropriées pour le collage du verre. Notre choix s'est porté sur une résine thiol-ène (acrylique et époxyde), de nom commercial NOA[®] 61, principalement pour sa viscosité moyenne adaptée à notre cahier des charges. L'adhésif offre également plusieurs qualités :

⁹⁹ Samaro, 2014, p. 4,5 et 7

¹⁰⁰ Ibid.

¹⁰¹ Gillioz, 2015 [en ligne]

- La nature thiol-ène de la NOA® 61 rend possible la polymérisation de l'adhésif sans l'effet inhibant de l'oxygène, courant pour d'autres adhésifs UV¹⁰². L'absence de photo-amorceur dans la résine empêche également une discrimination de la prise dans l'épaisseur du joint et rend possible un collage homogène¹⁰³.
- Sa stabilité physico-chimique a été jugée comme étant excellente par Sander-Conwell et Schmidt-Ott en 1992¹⁰⁴
- L'adhésif présente une rupture adhésive¹⁰⁵ sous contrainte de cisaillement, facilitant le retrait des dépôts après ouverture¹⁰⁶.
- Sa partie acrylique permet sa solubilité dans l'acétone mais devrait être résistante à l'éthanol.

Bien qu'utilisées dans le collage du verre et présentant plusieurs des caractéristiques que nous recherchons pour le scellement de bouchons, sa performance en tant que joint imperméable n'a pas encore été évaluée. Nos tests s'efforceront de déterminer l'efficacité de ce type de résine en tant que système de fermeture étanche.

¹⁰² Gillioz, 2015 [en ligne]

¹⁰³ Bechoux, 2011 [en ligne]

¹⁰⁴ Sander-Conwell et Schmidt-Ott, 1993, p. 67-71.

¹⁰⁵ La rupture adhésive intervient à l'interface entre le substrat et le joint de colle.

¹⁰⁶ Gillioz, 2015 [en ligne]

Nous présentons ci-dessous la nature chimique, les propriétés, les fournisseurs et les prix des matériaux de scellement choisis pour nos tests. Les fiches techniques sont placées en annexes 6 p. 158.

	Gélatine	Silicone acétique aquarium	Silicone acétique sanitaire	Silicone neutre oxime	Résine UV
Fabricant		Coltogum®	Soudal®	Würth®	Norland Optical Adhesives®
Nature chimique	Protéine	polysiloxane	polysiloxane	polysiloxane	Thiol-ène
Mode de polymérisation	Evaporation de l'eau	Réticulation acétique	Réticulation acétique	Réticulation oxime	Photo-polymérisation
Durcissement	10 min.	env. 2 mm/24h, 6 mm/semaine	2 mm/24h à 20°C et 65% HR	2 mm/24h à 23°C et 50% HR	60 secondes à 5 minutes
Dureté Shore D		31+/- 5	25 +/- 5	Env. 20	85
Stockage	5 ans en emballage d'origine	1 mois après ouverture	12 mois dans emballage fermé	12 mois	6 mois
Fournisseurs	Migros, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)	Jumbo, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)	Jumbo, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)	Atlantis Stouls CXD France	ABATECH, 2300 La Chaux-de-Fonds (CH)
Prix	1.40 CHF les 20 g.	12.50 les 310 ml	11 CHF les 310 ml	17.17 CHF les 310 ml	42 CHF les 22g.

Tableau 4 : Résumé sur les matériaux sélectionnés dans notre étude, ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

3.4.3 Mise en œuvre des tests

Nous avons commencé par tester l'étanchéité mécanique d'un bocal, c'est-à-dire l'étanchéité que procure le simple contact du contenant et du couvercle. Le type de bocal choisi pour nos tests est un contenant avec un couvercle collé.

En premier test, le capteur a été placé dans le bocal non scellé pendant 24h puis dans le bocal non scellé mais avec injection de CO₂ (cf. fig. 60 p. 77) également pendant 24h, pour visualiser la décroissance du CO₂ et évaluer la performance du rodage mécanique. Les tests ont été reproduits

après scellement à l'aide des différents produits sélectionnés. Selon les produits, le temps de tests a varié entre 24h et deux semaines. Pour la mise en œuvre, les protocoles de tests et de scellement sont placés en annexes 4 protocole 2 et 3 p. 131-133.



Fig. 60 : injection de CO₂ dans l'enceinte avec le capteur ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Les résultats de nos tests, réitérés par 2x, sont les suivants :

AER (renouvellement d'air/jour)

- Simple rodage : 1,9 renouvellement d'air par jour
- Gélatine : 2,4 renouvellements d'air par jour
- Silicones acétiques aquarium et sanitaire- Coltogum[®] et Soudal[®]: 0
- Silicone neutre -Würth[®]: 0
- Adhésif UV - NOA[®] 61 : 0

L'AER n'a pas pu être calculé pour les silicones et la résine UV car le taux de CO₂ ne chutait pas même après deux semaines. L'injection de CO₂ trop importante en est certainement la cause. Néanmoins, de manière globale, l'absence de chute du gaz semble attester que les trois silicones et la résine UV offrent d'excellentes performances du point de vue l'étanchéité. Ces qualités étant similaires pour les 4 matériaux cités, nous avons néanmoins préféré le silicone neutre oxime Würth[®] car sa souplesse engendre moins de contraintes sur le verre lors de la réouverture.

Les résultats obtenus démontrent un problème en ce qui concerne les tests d'étanchéité de la gélatine. En effet, nous pouvons difficilement expliquer que la présence d'un matériau de scellement puisse favoriser un renouvellement d'air. C'est pourtant le cas en comparaison avec les résultats obtenus concernant le simple rodage. Bien que les tests, effectués par 2x, aient rendu un chiffre plus élevé pour l'AER que celui du simple rodage, ils ne sont pas exploitables car incompréhensibles. Il est possible qu'un défaut de mise en œuvre lors de la préparation de la gélatine ait perturbé les résultats.

3.4.4 Solubilité

Pour savoir quelle est la solubilité des différents matériaux de scellement et donc leurs possibles interactions avec les fluides, nous avons effectué des tests avec des lames en verre de microscope sur lesquelles était déposée une goutte du produit de scellement. Ces échantillons ont été placés en vapeurs saturantes d'eau, d'alcool puis d'acétone pendant 24-48 heures. Nous présentons les résultats ci-dessous :

Test de solubilité à l'eau : la gélatine s'est ramollie et peut être enlevée à l'ongle. La résine UV quant à elle n'a montré aucun signe de solubilisation tout comme les silicones.

Test de solubilité à l'alcool : La gélatine et la résine UV sont devenues molles sur les bords des gouttes posées sur les lames. Les silicones n'ont montré aucun signe de solubilisation (cf. fig. 56).

Test de solubilité à l'acétone : La gélatine n'a montré aucun signe de solubilisation. La résine UV est restée cohésive en forme de goutte mais ne démontre plus aucun signe d'adhérence avec le substrat en verre (cf. fig. 58). Le silicone neutre oxime Würth® est resté cohésif mais se détache très facilement du support. Les silicones sanitaire Soudal® et aquarium Coltogum® n'ont montré aucun signe d'affaiblissement.

Synthèse des résultats

En ce qui concerne la gélatine, elle se ramollit en présence d'eau et d'éthanol. Elle ne semble donc pas adaptée à un scellement d'une collection en solution alcoolique.

La résine NOA 61 a présenté une perte d'adhérence avec le substrat dans une enceinte saturée d'acétone et se ramollit partiellement en présence d'alcool. Si sa solubilité à l'acétone est appropriée à la réversibilité de l'intervention de scellement, son ramollissement partiel dans l'alcool pourrait être un frein à son emploi dans ce cadre.

Les trois silicones testés sont insensibles à la présence d'eau et d'alcool. Ils présentent en revanche, une sensibilité distincte en présence d'acétone, en fonction de leur composition¹⁰⁷. Ainsi, le silicone neutre oxime a présenté une perte d'adhérence avec le substrat tandis que les silicones Colotogum® et Soudal® sont restés insensibles à l'acétone. On note également l'apparition d'une légère opacification de ces silicones translucides en présence d'alcool et d'acétone. Seul le silicone neutre garde une translucidité. En ajoutant à ce fait, son retrait aisé de par son élasticité et sa sensibilité à l'acétone, nous choisirons le silicone neutre oxime pour nos scellements.

¹⁰⁷ Down, 2015, p.134

3.5 Objectifs et propositions de traitement

3.5.1 Rappel du mandat

Le mandat confié par le Musée Botanique a pour but de reconditionner les spécimens, améliorer leur stabilité mécanique pour assurer leur conservation à long terme ainsi qu'améliorer leur aspect esthétique en vue d'une future exposition.

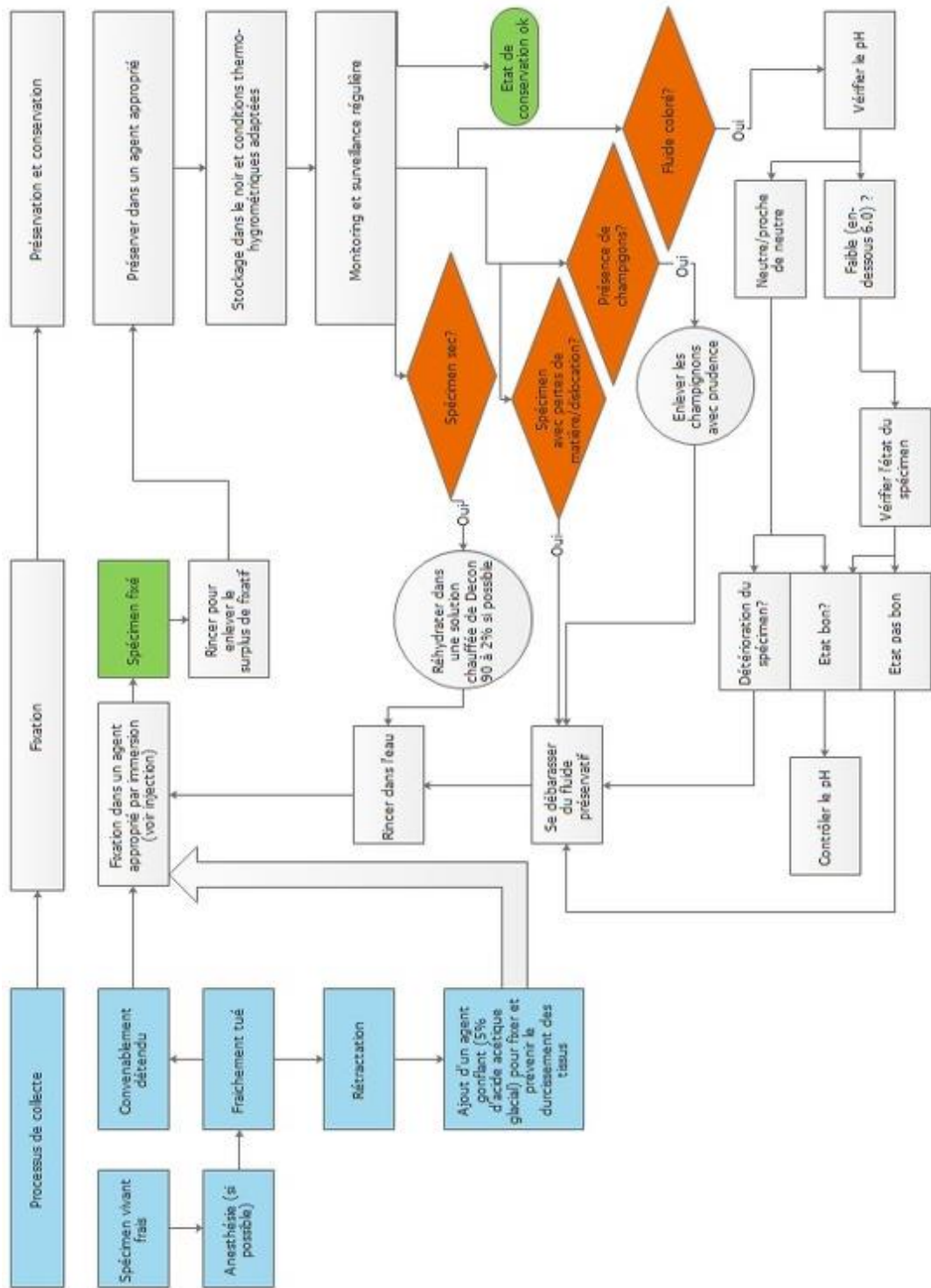
3.5.2 Enjeux de la conservation-restauration

Nous intervenons sur cette collection car un nombre certain de spécimens sont en danger de disparition à cause de l'évaporation presque totale du fluide ou de son acidification. De plus, les fluides ayant perdu leur transparence gênent fortement la fonction première de support pédagogique et scientifique (description systématique), empêchent une lecture agréable des objets et contribue à leur dépréciation.

L'intervention de conservation-restauration est conditionnée par quatre objectifs principaux : stabilisation des altérations, conservation à long terme, amélioration de la lisibilité du spécimen et amélioration de l'aspect esthétique des bords.

3.5.3 Nature des interventions proposées

La flow chart ci-dessous, réalisée par Simon Moore, indique une manière de procéder dans le traitement des spécimens en fluide que nous avons en partie suivi à partir de l'ouverture des bocaux (tests pH, tests d'identification...)¹⁰⁸.



¹⁰⁸ Moore, 1999

Pour parvenir aux objectifs précités, nous proposons :

- a) Pour tous les spécimens :
- Un démontage du scellement pour accéder au spécimen et au fluide ainsi que pouvoir apprécier l'état de conservation des différents composants du fluide ;
 - Le scellement ne joue plus son rôle de joint étanche et il existe un risque d'évolution en fuite de fluide et dommages irréversibles pour le spécimen et les étiquettes.
 - Propositions : nous proposons d'adapter des méthodes mécaniques aux méthodes chimiques en fonction des types de fermetures des bocaux
 - Argumentation sur le choix des matériaux employés : les méthodes mécaniques sont à privilégier dans un premier temps et permettent d'avoir une appréciation de la nature du scellement.
 - Un nettoyage des bocaux et de leurs couvercles pour éliminer résidus d'adhésifs et coulures dues à des fuites de fluides ainsi que la poussière accumulée durant leur stockage ;
 - La lisibilité du spécimen est diminuée par les dépôts salissant le bocal. Il y a également un risque de re-contamination par les dépôts restants.
 - Propositions: dans le cas de restes d'adhésifs, nettoyage avec un solvant adapté, dans le cas de dépôts au fond du bocal, nettoyage à l'aide d'un tensioactif adapté, dans le cas de l'encrassement dû au stockage, dépoussiérage et si insuffisant nettoyage à l'aide d'un solvant adapté pour le verre.
 - Argumentation sur le choix des matériaux employés : nous avons choisi d'utiliser l'acétone pour les restes d'adhésif, solvant le plus adapté pour solubiliser ces dépôts ne s'enlevant ni à l'eau ni à l'éthanol, un mélange de tensioactif et d'eau déminéralisée pour les dépôts et un mélange éthanol-eau déminéralisée 50-50 vol. pour l'encrassement pour éviter un apport trop important d'eau sur le verre.
 - Un remplacement des fluides pour éliminer les produits toxiques, réhydrater, remettre à niveau pour la conservation à long terme et retrouver la transparence du fluide permettant l'examen du spécimen ;
 - Les fluides ont tendance à s'acidifier avec le temps mais aussi, selon les conditions, à changer de couleur. Ces changements obèrent la lecture et l'observation du spécimen.



- Propositions : dans les cas où le spécimen est toujours en solution transparente, vérification des propriétés chimiques (pH et concentration), dans les cas où le spécimen est dans une solution opaque, changement de solution, dans les cas où le spécimen n'est que partiellement ou plus immergé, vérification de la concentration puis remplissage. Nous préconisons également de conserver dans un flacon à part avec une partie de la solution initiale pour des recherches ultérieures.
- Argumentation sur le choix des matériaux employés : nous avons choisi une solution aqueuse d'alcool à 70%, avec bains de rinçage et d'adaptation à différentes concentrations successives.

Le remplissage et donc le remplacement est une action nécessaire pour les raisons suivantes:

- Pour l'immersion du spécimen afin qu'il ne se dessèche pas, qu'il soit physiquement supporté et que l'évaporation ne conduise pas au dépôt de sels et d'autres solutés.
- Pour maintenir une concentration correcte du fluide de conservation. Une « bonne » concentration réside entre 70 à 80%. Des concentrations plus faibles peuvent entraîner une distorsion de l'échantillon par absorption d'eau et autolyse. Avec des concentrations inférieures à 50%, le développement des bactéries et moisissures est possible. Des concentrations plus élevées peuvent provoquer une déformation des tissus jusqu'à la perte d'intégrité mécanique/physique par raidissement (perte d'eau tissulaire).
- Pour maintenir les fluctuations de la concentration dans les limites acceptables, par analogie avec d'autres méthodes de contrôle de l'environnement. L'alcool augmente la pression osmotique particulièrement rapidement pour des concentrations supérieures à 80%, mais augmente également de façon constante entre les concentrations de 0-75%, ce qui suggère que les grandes variations pendant le remplissage doivent être évitées à titre de précaution contre le stress osmotique, qui peut altérer le spécimen¹⁰⁹.

Le choix du fluide de remplacement s'est effectué en accord avec la conservatrice. Nous voulions éliminer le formol encore présent (risque sanitaire) pour ne conserver que des spécimens en alcool. Nous proposons un remplacement du fluide par une solution d'éthanol à 70% dans l'eau déminéralisée avec des bains de réadaptation/réhydratation progressifs. Un choc osmotique peut causer le gonflement ou la rétraction des tissus pouvant entraîner la rupture par tension mécanique. Si une solution initiale n'est ni contaminée ni souillée, on pourra se poser la question de savoir si on complète simplement la solution ou si on remplace complètement la solution initiale. En effet, le spécimen a généralement atteint un équilibre dans son milieu et un renouvellement complet peut rompre cet équilibre et être dommageable. La solution de conservation finale devra être neutre voir

¹⁰⁹ Notton, 2010

légèrement acide (pH entre 7 et 6) en considérant le possible relargage d'acidité par le spécimen, bien que le risque soit fortement réduit avec les bains progressifs¹¹⁰.

D'après Simmons, il est préférable de remplir les bocaux à 90 ou 95 % de leur volume pour avoir de meilleurs joints contre l'évaporation¹¹¹. Il est donc nécessaire compléter le niveau de fluide de préservation pour les bocaux qui en ont perdu une partie.

- Un nouveau scellement pour une étanchéité plus performante sur le long terme.
 - Le problème principal est l'étanchéité à long terme. En effet, lorsque le scellement est inadapté et/ou vieilli et donc pas assez ou plus performant, la solution préservative a tendance à s'évaporer plus vite et donc à ne plus assurer son rôle.
 - Propositions: dans les cas de la fermeture à vis et joint, nous proposons de remplacer l'ancien joint par un nouveau de nature similaire. Dans les cas des plaques de verre collées, nous proposons un silicone ayant les propriétés recherchées. Dans les cas des bouchons, nous proposons l'utilisation du silicone. Dans les cas où le couvercle est en plastique, nous proposons un changement par du verre, dans les cas où le bocal présente des altérations mécaniques ne permettant plus une étanchéité à long terme, du contenant en son entier.
 - Argumentation sur le choix des matériaux employés : pour les couvercles plats, nous pensons que l'usage de la résine UV est possible, pour couvercles bouchons, nous préférons l'usage du silicone neutre oxime. Pour les couvercles en plastique, nous remplaçons par du verre car il est durable et nous avons une cohérence avec le reste de la collection.

Ensuite, il faudra s'assurer que le contenant une fois lavé, et le milieu de conservation actualisé, soit correctement fermé (étanche à l'air, donc à l'oxygène, et aux contaminants), avant de le remettre à sa place.

b) Pour des spécimens plus spécifiquement :

- Spécimens 1, 4 et 5 :

Ces trois spécimens présentent soit des cassures soit des fragilités intrinsèques. A moyen et long terme, ces fragilités vont s'accroître jusqu'à la cassure. Nous proposons donc des collages pour

¹¹⁰ Morlot Pauline, conservatrice-restauratrice de collections histoire naturelle à Lyon, communication orales et écrites, de Février à Juillet 2016

¹¹¹ Simmons, 2014, p. 105

préserver l'intégrité du spécimen ou des consolidations pour assurer une stabilité structurelle sur le long terme.

- Les spécimens ont subi plusieurs altérations mécaniques qui, si elles ne sont pas stabilisées, vont amener à la perte de l'intégrité du spécimen. De plus, lors de prochaines manipulations ou remplissage, il y a un risque de perte de morceaux s'ils ne sont pas recollés.
- Propositions : dans les cas où le spécimen présente des soulèvements, consolidations, dans les cas où le spécimen présente des désolidarisations, collages.
- Argumentation sur le choix des matériaux employés : pour les adhésifs que nous pouvons utiliser en milieu humide, le choix est réduit : le collodion et la gélatine : Le collodion est composé de nitrocellulose dissous dans un solvant le diethyl-ether et conservé sous forme liquide. Il permet la création d'un film souple, fin et transparent après évaporation du solvant. De plus, étant non miscible à l'eau et à l'alcool, il permet une bonne résistance à un stockage à long terme dans la solution préservatif à base d'alcool et d'eau. Une solution à 2% est reconnue pour avoir une meilleure pénétration des tissus alors qu'une solution plus visqueuse a une adhérence plus forte¹¹². La gélatine est un mélange de protéines ayant un aspect solide translucide, légèrement jaune, sans odeur, obtenue par l'ébullition prolongée de tissus conjonctifs (peaux) ou d'os d'animaux (hydrolyse partielle du collagène). Lors du chauffage, les liaisons moléculaires entre les fibres de collagène sont rompues ce qui lui donne la propriété d'être thermoréversibles. Les feuilles de gélatine ont des chaînes moléculaires plus longues ce qui permet une meilleure adhérence.

D'après Moore, ces deux adhésifs offrent la même qualité sur le long terme: "*These adhesives have been tested over a 40 year period and although the gradual failure of gelatine has been noted over that period, the celloidin technique seems to last even longer*¹¹³."

- Spécimens 4 et 5 :

Pour le spécimen 4, le support existant n'assure plus son rôle de soutien. Nous proposons une révision de ce montage pour retrouver une stabilité structurelle. Pour le spécimen 5, la création d'un nouveau montage est nécessaire car les spécimens sont trop nombreux et entassés dans un même bocal.

- Le support dans le bocal est utile pour maintenir le spécimen dans une bonne position pour l'examen macroscopique et la mise en valeur. Toutefois, le risque

¹¹² Moore, 2013

¹¹³ Moore, 2009

d'un serrage trop fort ou trop lâche des liens, un matériau inadapté est à prendre en compte avant toute intervention.

- Propositions : dans les cas où le montage est inadapté, nous pensons changer le support, dans les cas où il n'y a pas de support mais que le spécimen nécessite un montage, création d'un support. Nous pensons remplacer les supports lorsqu'ils ne sont pas adaptés à une exposition ou une conservation à long terme en alcool : verre pour exposition, transparence (ou coloré suivant le spécimen pour obtenir un contraste) pour étude et illustration.
- Argumentation sur le choix des matériaux employés : nous n'utiliserons que du verre pour les supports de montage, matériau le plus stable pour une conservation en fluide durable. Les attaches seront en en fil de Nylon. Le Nylon a une compatibilité chimique excellente avec l'éthanol. Il peut toutefois cisailer le spécimen suivant le mode d'attache.

- Spécimen 6 :

L'étiquette du spécimen est dissociée de son contenant et est très cassante. A moyen terme, cette étiquette sera perdue. Un doublage et un refixage de l'étiquette sont nécessaires pour préserver l'information scientifique et l'aspect esthétique du bocal.

- La fragilisation des étiquettes peut aller jusqu'à leur destruction, entraînant une dévalorisation scientifique du spécimen, ainsi qu'une rupture d'inventaire. Actuellement, les bocaux ne disposent d'aucune étiquette interne (rares exceptions mais les étiquettes sont devenues illisibles), ce qui est un problème en cas de sinistre par inondation par exemple (nous avons vu que les étiquettes extérieures se décollaient), car toute l'information disparaîtra inéluctablement. Ceci provoque des dissociations et mène à jeter nombre de spécimens.
- Propositions: Selon la fragilité des papiers, nous pouvons réaliser des doublages et/ou des consolidations. Lorsque les étiquettes extérieures sont trop endommagées, il est d'usage de faire des copies ou encore des fac-similés possédant les mêmes informations que celles présentes sur les originaux et de conserver les originaux sous un autre mode de conservation. Dans les cas où l'étiquette est très fragile et ne peut subir de consolidation ou si elle a perdu son contenant, nous proposons un stockage dans un classeur spécial archives. Nous proposons surtout de placer des étiquettes internes, pourvues d'informations telles que : type de fluide mis en œuvre, nom du spécimen, numéro d'inventaire, date du dernier remplissage/maintenance. Les choix

de conservation se décident généralement en fonction des budgets alloués aux institutions gestionnaires des collections.

- Argumentation sur le choix des matériaux employés : nous utilisons du papier japon, des éthers de cellulose ou de la colle d'amidon pour la consolidation. La colle d'amidon a l'avantage d'être neutre et soluble sur le long terme. Il en existe de deux types : de blé ou de riz. La Tylose est une colle de méthycellulose, réversible proposée sous forme de poudre blanche. Elle a une très bonne résistance à la dégradation biologique et bactérienne, une absence de toxicité, un pH neutre et stable. La Tylose peut aussi être employée en mélange avec de la colle d'amidon pour allier la souplesse d'utilisation de la première et le bon pouvoir collant de la seconde. Il existe plusieurs types de Tylose.

Pour les étiquettes code barre, nous avons convenu avec la conservatrice que celles-ci n'étaient pas bien placées sur les bocaux, gênaient la lisibilité du spécimen et donc modifiaient la valeur esthétique.

3.5.4 Impact des choix de conservation-restauration sur les valeurs culturelles actuelles associées

L'intervention de conservation-restauration permettra d'améliorer grandement la valeur esthétique de ces objets scientifiques et pédagogiques mais également la valeur documentaire puisque la plante sera de nouveau visible et lisible pour une documentation scientifique. De plus, en gardant une partie du liquide d'origine, nous ne perdons aucune information.

Dans le cas où le fluide est devenu opaque et empêche toute lisibilité du spécimen, l'intervention permettra de redonner un accès visuel au spécimen qui rétablira sa compréhension, son étude et sa valorisation.

Dans le cas où le niveau de fluide est très bas, l'intervention permettra d'améliorer les conditions de conservation à long terme et donc de permettre son exposition et sa valorisation.

Nous présentons ci-dessous un tableau synthétisant les valeurs culturelles associées aux objets lors de leur entrée dans les collections, les valeurs actuelles en fonction de l'état de dégradation des fluides et l'impact de la restauration sur ces valeurs.

		Périodes		
		Entrée dans les collections et utilisation	Aujourd'hui	Après restauration
Valeurs culturelles actuelles associées	Documentaire/de recherche	++	--	++
	Pédagogique	++	--	++
	Ancienneté	-	++	+
	Historique	-	+	++
	Esthétique	++	--	++

Tableau 5 : évolution des valeurs culturelles ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Partie 4 : Rapport d'intervention de

conservation-restauration de

l'échantillonnage de spécimens

Toutes les opérations de traitement ont été documentées par des photographies présentées dans le texte ou en annexes.

4.1 Traitements de conservation-restauration

4.1.1 Ouverture des bocaux

L'ouverture des bocaux s'est effectuée dans l'un des laboratoires de l'institut de biologie végétale et de microbiologie de l'Université de Zurich. Nous avons dû adapter nos méthodes d'ouverture en fonction de la variété typologique des formes et des systèmes de fermeture des bocaux. Le protocole pour l'ouverture des bocaux est décrit en annexes 4 protocole 1 p. 131. Une fois le bocal ouvert, nous avons prélevé le spécimen et l'avons placé avec son fluide de conservation dans un conditionnement temporaire étanche en plastique de type polypropylène (boîte type Tupperware™) avec du film étirable autour du couvercle pour limiter l'évaporation.

Le spécimen 2 présente une ouverture complexe car son bouchon est aussi le pied du bocal. De plus, les graines ont suintées une matière d'apparence huileuse ayant collé le bouchon dans son logement. Après avoir testé plusieurs méthodes pour le dégager [infiltration de différents solvants liquides (eau chaude, eau, alcool, acétone, huile de paraffine, glycérine) ; application de compresses avec différent solvants pendant trois à quatre heures (eau chaude, eau, alcool, acétone), système de levier], il s'est avéré trop dangereux pour le bocal de poursuivre les tentatives d'ouverture.

Des recherches, nous ont conduit à un nouveau système, inventé par Van Dam en collaboration avec le Muséum d'Histoire Naturelle de Londres. Ce système, appelé « *the universal stopper jar opener* » présente une alternative à toute autre technique d'ouverture lorsqu'il s'agit de bouchon en verre. La taille et la forme du bouchon ne posent pas de problème, le système s'adapte grâce à des éléments entièrement réglables (cf. fig. 61 p. 89) et semble prometteur, quoique non testé ans le cadre de ce travail.



Fig. 61 : exemple du système d'ouverture de bocaux élaboré par Van Dam ©Van Dam

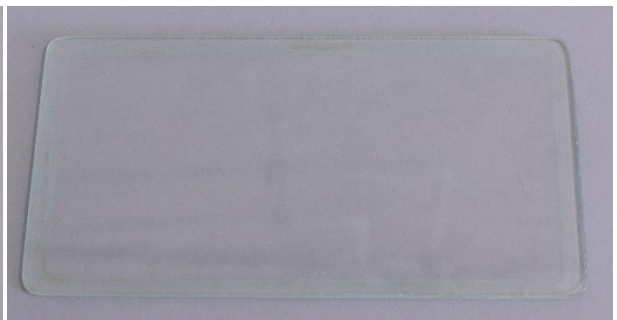
4.1.2 Nettoyage des bocaux et couvercles

Le nettoyage de l'intérieur des bocaux s'est effectué avec une solution à 2% d'eau déminéralisée et d'un tensioactif spécialisé pour la verrerie, le Decon 90, pour faciliter l'enlèvement des divers dépôts présents. Le nettoyage extérieur s'est fait à l'aide de chiffon pour le surplus de poussière. Puis nous avons utilisé un mélange d'eau et d'éthanol 50/50 vol. à l'aide d'un bâtonnet ouaté. Pour les restes d'adhésif en volume, nous avons utilisé un scalpel et une lame de rasoir puis de l'acétone avec un bâtonnet ouaté pour enlever les résidus collants (cf. fig. 62 et 63).

Toutes ces opérations se sont faites en protégeant temporairement les étiquettes avec du film alimentaire pour prévenir les potentielles coulures de solvants.



*Fig. 62 : couvercle du spécimen n°4 avant nettoyage
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016*



*Fig. 63 : couvercle du spécimen n°4 après nettoyage
©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016*

4.1.3 Remplacement des fluides

La technique employée pour les bains est tirée du protocole de Simon Moore¹¹⁴. Avant de remplacer les fluides, nous avons effectué un bain de rinçage à l'eau déminéralisée pendant 24h pour éliminer les résidus de la solution précédente. Ce rinçage ne crée pas de choc pour le spécimen car la plus grande proportion des anciennes solutions est l'eau. Puis nous avons fait plusieurs bains à différentes concentrations (échelle de réhydratation : 20%, 40%, 60%, 70%) pour d'une part ne pas "choquer" le spécimen (passage d'une solution acide à une solution neutre), pour éliminer les restes de formol présents dans le spécimen (laisser « dégorger » le formol) et pour l'adapter au milieu alcoolique. Chaque bain a duré un minimum de 24h.

Les bains étaient vérifiés chaque matin et chaque soir. Nous avons également inscrit sur chaque couvercle des bacs les informations nécessaires quant à la concentration, la date et l'heure de la mise en bain et le numéro du spécimen.

Pour les spécimens 3 et 5, les bains ont pris plus de temps car les spécimens coloraient la solution (cf. fig. 64 et 65). Nous avons donc changé les solutions plus souvent.



Fig. 64 : mise en bain du spécimen n° 3 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 65 : coloration du bain après 24h ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

¹¹⁴ Moore, 2001, p. 44-45

4.1.4 Interventions de restauration sur les spécimens (collages, consolidations)

Nous avons effectué des collages et des consolidations de certaines parties de spécimens. Nous avons utilisé du collodion pour une bonne adhésion dans le fluide préservatif. Les parties devant être jointes ont été séchées au papier absorbant au préalable avant l'application de l'adhésif. L'application du collodion peut s'effectuer sur spécimen humide mais pas en présence d'alcool¹¹⁵, l'opération a donc été réalisée après le rinçage des spécimens.

Nous avons utilisé plusieurs concentrations différentes pour l'adhésif collodion en fonction de ce que nous avons besoin de faire, à savoir consolidations ou collages. Pour les collages, nous avons utilisé une concentration à 4% et pour les consolidations à 2%. L'application de l'adhésif a été effectuée au pinceau et/ou au bâtonnet de bois. Une légère pression entre les deux parties collées a été exercée pendant environ 5 minutes. Puis à l'aide de différents systèmes de stabilisation, nous avons attendu le séchage définitif de l'adhésif pendant 10 à 15 minutes avant de pouvoir remettre les spécimens dans leur solution de préservation (cf. fig. 66, 67 et 68).



Fig. 66 : branche ayant perdu ses bourgeons spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016
Fig. 67 : bourgeons désolidarisés de leur branche spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016
Fig. 68 : collage des deux bourgeons sur la branche spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

¹¹⁵ Moore, 2013



Fig. 69 : consolidation d'une fissure sur le spécimen n°1 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Nous tenons à préciser que, durant ces opérations, un EPI (équipement de protection individuelle : gants, masque, blouse et lunettes) est indispensable (cf. fig. 69).

4.1.5 Interventions sur le support

Nous n'avons pas changé les supports de verre opaque puisque ceux-ci sont stables. Cependant, nous avons changé ou adapté le système d'accrochage du spécimen lorsqu'il était inadapté. Cette intervention ne concerne que deux spécimens de notre échantillonnage.

Pour le spécimen 4, nous avons pu fonder le remontage d'après le dessin du spécimen lorsqu'il était encore complètement immergé et non déformé par les ficelles. Pour redonner l'aspect d'origine à ce montage, nous avons percé la plaque de verre blanc pour y passer un fil de nylon passant au travers du spécimen dans les parties les plus fortes pour maintenir le tout sur la plaque (cf. fig. 70 et 71 p. 93).



Fig. 70 : face principale du spécimen n°4 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 71 : face principale du spécimen n°4 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Pour le spécimen 5, nous avons créé un système de montage sur plaque de verre. Nous l'avons réalisé car les spécimens étaient tassés au fond du bocal et risquaient de s'altérer sous le poids des autres spécimens. Ce système a permis de mieux montrer trois bourgeons de cette plante (cf. fig. 72). Ce choix a été fait avec la conservatrice. Le couvercle de plexiglas déformé a quant à lui été remplacé par une rondelle de verre que nous avons découpée à diamètre exact.



Fig. 72 : profil du spécimen n°5 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

4.1.6 Scellement

Le protocole de fermeture des bocaux est placé en annexes 4 protocole 3 p. 132-133. Tous les couvercles plats ont été rodés pour avoir une meilleure accroche mécanique. Le scellement définitif a été choisi en fonction de nos résultats des tests d'étanchéité. Nous avons opté pour le silicone neutre Würth®. En effet, il garde une élasticité très intéressante pour une future réouverture engendrant moins de contraintes mécaniques sur le couvercle. Nous avons donc utilisé un pistolet à cartouche et déposé un bandeau de silicone sur les parties rôdées. Nous avons ensuite appliqué le couvercle sur ce ruban tout en mettant une légère pression.

Pour le spécimen 3, nous avons choisi de changer le joint de caoutchouc orange ancien par un joint neuf de caoutchouc blanc. Ce choix a été fait en fonction du système de fermeture qui ne permettait aucune autre solution de fermeture.

4.1.7 Etiquettes

Pour tous les spécimens, les étiquettes code barre avaient un emplacement initial souvent sur la face du bocal. Celles-ci ont été replacées ailleurs sur le contenant. Pour ce faire, nous les avons décollées mécaniquement et recollées à un meilleur emplacement avec leur adhésif initial.

Pour le spécimen 6, l'étiquette extérieure a été traitée avant d'être refixée. Pour ce refixage, nous avons effectué un doublage avec du papier Japon encollé avec un mélange d'adhésif, de Tylose et de colle d'amidon de blé, appliqué au pinceau plat (cf. fig. 73 et 74). Nous avons ensuite collé l'étiquette consolidée au verre avec le même mélange d'adhésif.



Fig. 73 : étiquette du spécimen n°6 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016
Fig. 74 : étiquette du spécimen n°6 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Pour une autre partie de la collection, les étiquettes les plus fragiles ou détachées des contenants (cf. fig. 75) seront stockées dans un classeur à anneaux Timecare™ Museum (cf. fig. 76) fabriqué à partir de carton Premier Duo™ Archival Compact qui a réussi le test PAT conforme à la norme ISO 18976. Ces cartons contiennent moins de 5 ppm de soufre réductible, sans acide et sans lignine. La boîte est recouverte de tissu Buckram bibliothèque noir, de grande qualité, résistante à l'humidité et aux insectes. A l'intérieur du classeur, les étiquettes seront stockées dans des pochettes de classement Polyester/Polyéthylène Timecare™ HCL transparent avec un traitement de surface polyéthylène, matériau chimiquement neutre qui réunit la bonne transparence du polyester et la résistance du polyéthylène.

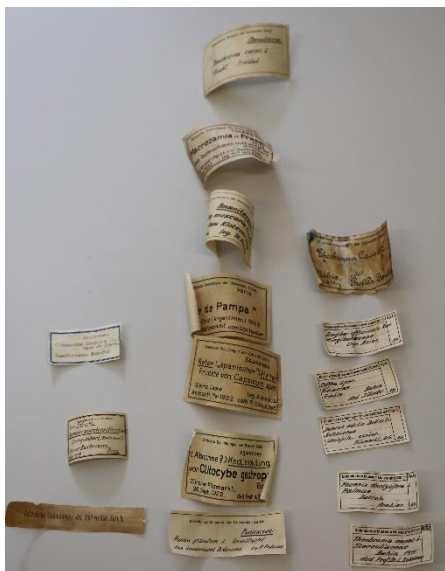


Fig. 75 : étiquettes détachées de leurs contenants avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 76 : étiquettes détachées de leurs contenants après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Pour les étiquettes intérieures, nous avons choisi d'utiliser du papier Resistall™ et des stylos Pigma Micron, feutres calibrés de précision avec une encre pigmentée à base d'eau, permanente, résistante à l'eau, à la lumière et aux solvants, de pH neutre et homologuée par le centre de recherche et de restauration des musées de France (C2RMF). Nous avons choisi un format d'étiquettes de 5 cm x 3 cm. Sur l'avant est inscrit le nom scientifique du spécimen révisé, la famille et le numéro d'inventaire. Sur le revers est inscrit le mélange choisi d'alcool et d'eau déminéralisée, la date et le nom de la personne intervenant sur ces spécimens (cf. fig. 77 et 78 p. 96).

Nous avons décidé d'écrire en anglais sur les étiquettes, en accord avec la conservatrice, pour être certain que les étiquettes soient lisibles par toute personne de l'université ou autre conservateur-restaurateur.

Botanisches Museum
der Universität Zürich
Hippophae rhamnoides L.
Elaeagnaceae
n° inv ZM-0000098

Fig. 77 : face de l'étiquette interne ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Mix ETOH 70%
Date: / / 2016
Marion Dangeon
conservator - restorer

Fig. 78 : revers de l'étiquette interne ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

Nous présentons ci-dessous les vues générales avant-après le conservation-restoration des 5 spécimens, de la figure 79 à la figure 88. Les photographies avant-après des revers sont présentées en annexes 1 p. 117-118.



Fig. 79 : face principale spécimen n°1 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 80 : face principale spécimen n°1 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 81 : face principale spécimen n°3 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 82 : face principale spécimen n°3 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 83 : face principale spécimen n°4 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

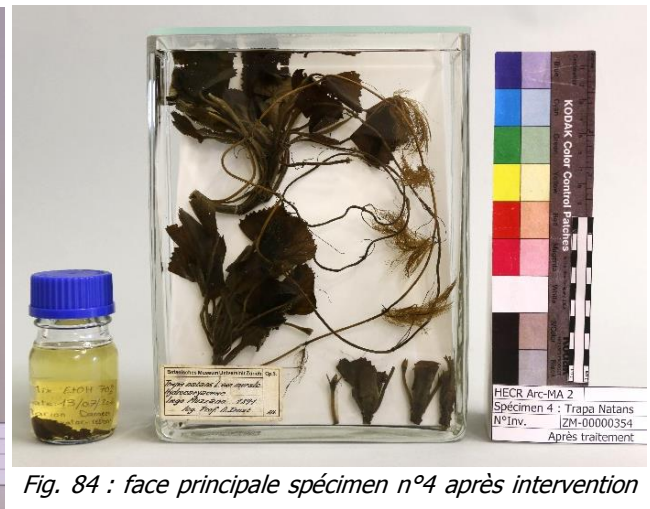


Fig. 84 : face principale spécimen n°4 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 85 : face principale spécimen n°5 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 86 : face principale spécimen n°5 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 87 : face principale spécimen n°6 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016



Fig. 88 : face principale spécimen n°6 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016

4.2 Suivi de la collection et recommandations de conservation préventive

Les recommandations suivantes sont fondées sur les deux cours de formation continue de Messieurs Simon Moore et Jacques Cuisin.

Stockage des spécimens :

- Conserver dans le noir de préférence sinon protéger au maximum de la lumière, des UV et des vibrations.
- Humidité et température adaptées (faire un monitoring des nouvelles réserves) : 16-17°C pour des questions de réduction de capacités de vaporisation (moins il faut chaud, moins le risque de vaporisation est élevé) et entre 50-65%. Minimiser au maximum les fluctuations de HR et Temp.
- Suivi régulier pour la surveillance des niveaux d'alcool et le remplissage si nécessaire (cf. fig. 89). Ne pas serrer trop fort les bocaux avec système à vis (cf. fig. 90).

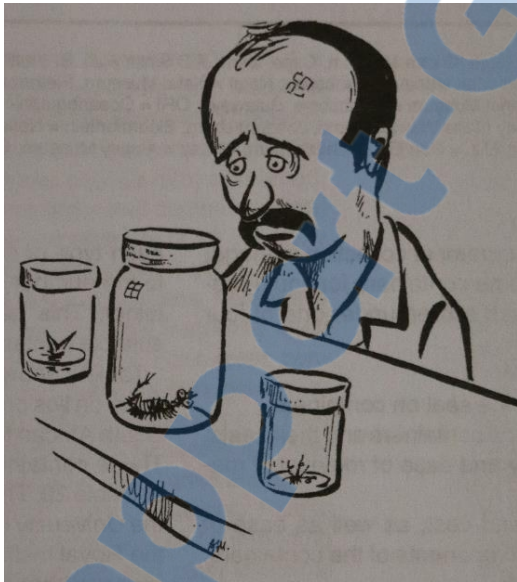


Fig. 89 : Good seals to prevent evaporation ©Moor, 1990

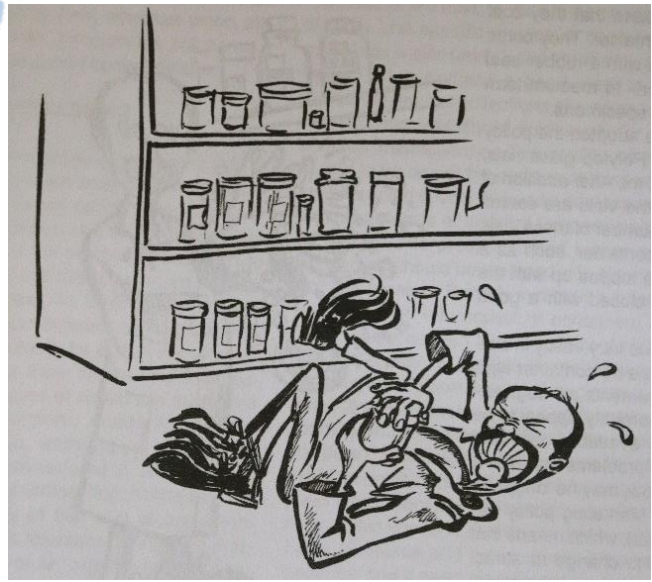


Fig. 90 : containers that are relatively easy to open and reseal ©Moor, 1990

- Prévoir des conditionnements adaptés aux futurs transports et déménagement (utilisation possible de caisses Rako de rétention avec des matériaux de calage pour éviter les chocs, trolleys adaptés¹¹⁶)

¹¹⁶ Clark *et al.*, 1994

Présentation-exposition des spécimens :

- Scellement optimisé
- Vitrine hermétique pour éviter l'évaporation/émanation dans la salle d'exposition
- Température autour de 18-20°C
- Lumière assez basse → détérioration des couleurs par UV

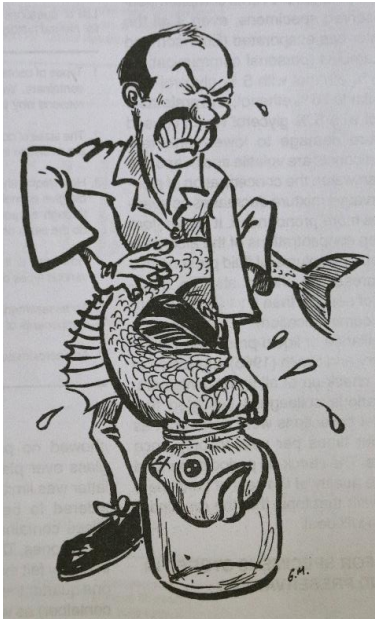
Equipement de stockage :

- Les étagères de stockage doivent être à plat et de niveau, de préférence avec un rebord pour éviter aux contenants de tomber et de se briser et assurer une rétention en cas de fuite. Si un bord sur les étagères n'est pas envisageable, prévoir des bacs collecteurs de type caisses Rako qui assureront le rôle de bac de rétention.
- Les étagères en métal sont à préférer.
- Ne pas surcharger les étagères de stockage et prendre en compte le poids des contenants. Il existe des étagères dite « charges lourdes », qui supportent jusqu'à 500 kg/m², le standard étant 100 kg/m².
- Utiliser une signalisation dans les espaces de stockage pour la présence des matériaux inflammables. Mettre en place un matériel d'incendie approprié (tel que sprinklers ou extincteurs), après consultation des services de pompiers.

Protection du personnel :

- Porter un équipement de protection individuelle (EPI) pour protéger les vêtements et le corps, tels que des gants jetables, des lunettes de sécurité, une blouse de laboratoire en coton et un masque à cartouche.
- Installer une station de lavage oculaire dans les zones de stockage et laboratoire.
- Veiller à ce que l'ensemble du personnel travaillant avec les spécimens connaisse les techniques de manipulation appropriées et d'intervention en cas de problème/sinistre.
- Garder les zones de stockage bien ventilées.
- Mettre des règles de conduite dans les réserves : pas de nourriture, pas de cigarettes etc ...

4.3 Note sur la future conservation-restauration de la collection



Nous conseillons de remplacer rapidement tous les couvercles plats en PMMA, notamment ceux qui sont micro-fissurés. Nous conseillons également de traiter les étiquettes détachées et les spécimens avec un niveau de fluide très bas en priorité.

En cas de changement de bocal (cassures/fissures trop importantes ou taille pas adaptée) : nous conseillons de bien choisir la taille du bocal pour éviter de forcer l'entrée du spécimen et engendrer sa déformation (cf. fig. 91). Nous ne devons pas oublier que le spécimen peut prendre un peu de volume lors de la remise en alcool. Il est donc nécessaire de choisir un contenant avec une ouverture suffisamment grande.

Fig. 91 : The right size of containers for specimens ©Moor, 1990

La réhydratation des spécimens est à évoquer pour ceux dont on est sûr qu'ils ont été en fluide et qui sont secs¹¹⁷. De nombreux spécimens dans les collections sont retrouvés secs présentant des rétractions très importantes laissant parfois penser que ces spécimens ne sont plus viables pour aucune étude. Il existe certaines techniques permettant la réhydratation des tissus et la reprise de forme des spécimens (cf. fig. 92) Les recherches à ce sujet ont commencé en 2002 par M. J. Simmons. Depuis deux techniques sont employées : une utilisant un tensioactif (Moore) et une utilisant des vapeurs saturantes d'eau déionisée (Simmons).



Fig. 92: spécimen de koala après évaporation totale du fluide et spécimen après réhydratation ©Museum Victoria, 2014

¹¹⁷ Singer, 2014

Synthèse et discussion

Ce travail avait plusieurs objectifs à savoir étudier l'histoire des collections en fluide afin de mieux appréhender la collection du Musée Botanique de l'Université de Zurich, l'étude de différents matériaux de scellement afin d'en trouver un optimal et la conservation-restauration de six spécimens.

Le cas de la collection en fluide du Musée Botanique de l'Université de Zurich a été jugé très intéressant, car présentant de nombreux cas de figures différents, tant en termes de fluides de préservation que de choix de contenants. Ces choix reflètent aussi des époques et des orientations de la collection.

Afin de pouvoir procéder à une conservation-restauration, nous avons d'abord procédé à des tests faciles à mettre en œuvre au sein d'un musée puis à des analyses moléculaires afin de pouvoir déterminer la composition des fluides en présence. Ces analyses nous ont permis de confirmer la présence de formol dans les collections. Ce fait nous a permis de conclure que certains spécimens étaient dans leurs solutions initiales à base de formaldéhyde et n'avaient pas subi de remplissage ou de reconditionnement. Il serait donc intéressant de poursuivre ces recherches pour déterminer quelle est la proportion de spécimens botaniques conservés dans une solution formolée et dans quel état de conservation ils se trouvent. De plus, la présence de formol étant un danger pour le personnel travaillant avec ces collections, il est donc nécessaire de s'en protéger par un EPI.

Nous restons dans l'ignorance quant aux cristallisations présentes sur le spécimen 1. En effet, les analyses effectuées ne nous ont permis que d'identifier une cristallisation comme un formiate de plomb. La seconde n'a pu être identifiée et nous ne savons toujours pas à quoi est due la couleur verte foncée.

Nos tests d'étanchéité nous ont permis d'évaluer la performance de différents joints. Après les avoir réalisés, nous avons pu conclure que la résine UV avait la même capacité d'étanchéité que les silicones. Toutefois, pour ceux-ci, nous devons remettre en question la trop grande concentration du CO₂ lors de l'injection.

Le simple rodage mécanique du verre et la gélatine présentent des performances moyennes pour un scellement à long terme. Grâce à des tests de solubilité pour évaluer la réversibilité de ces matériaux de scellement, nous avons pu nous rendre compte de la différence d'élasticité et de retrait selon les silicones et de leur réaction en fonction de solvants. Les silicones et la résine UV s'avèrent adaptés au scellement à long terme.

La conservation-restauration de ces six spécimens a pu être menée à bien et a amélioré grandement leurs conditions de conservation. Nos interventions ont été adaptées aux altérations de chacun des spécimens : certains avaient besoin de collages, d'autres de consolidations ou encore d'un montage sur plaque de verre. Les analyses des fluides nous ont permis d'établir une chaîne de bains progressifs pour réadapter les spécimens à un nouveau milieu et éliminer les restes des solutions anciennes, potentiellement toxiques. Le scellement a été choisi en fonction des tests d'étanchéité et apparaît optimal pour une préservation à long terme.

Conclusion générale

L'étude de ces six spécimens nous a permis d'avoir un aperçu de la variété des composants d'une collection en fluide et de mettre en évidence les enjeux de la conservation des collections en fluide universitaires. Souvent délaissées, ces collections nécessitent généralement des interventions de conservation-restauration urgentes.

Cette intervention sur les six spécimens choisis nous a permis d'améliorer les conditions de conservation notamment en changeant les fluides ainsi que l'aspect esthétique des collections. La nouvelle visibilité des spécimens permet une observation, des études scientifiques ainsi qu'une exposition.

Les recherches et les tests sur les matériaux de scellement, notamment la résine UV, n'avaient jamais été réalisés avant. Toutefois, il serait nécessaire d'effectuer un test de vieillissement accéléré pour pouvoir évaluer l'efficacité en tant que scellement à long terme des différents silicones. Nous aimerions également réaliser un test de solubilité en milieu acide et un test sur le scellement de bords à bouchons avec la résine UV pour évaluer si l'ouverture de ces bouchons est aussi aisée que celles des couvercles plats. Il serait également intéressant de procéder à des tests d'étanchéité sur d'autres systèmes que le couvercle collé pour évaluer les performances en fonction de la typologie de fermeture des bords.

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 (évaporation de l'alcool, moisissures, dégradations rapides...).

L'intervention sur ces six spécimens permettra une revalorisation et l'exposition de ces objets qui sont une des ressources permettant de raconter l'histoire de la botanique. Les collections en fluide sont une part très importante de notre histoire, c'est pourquoi il faut continuer à « *déranger pour informer*¹¹⁸ ».

¹¹⁸ Hicks, 2010

Références bibliographiques

Liste des ouvrages

Allington, 2006: Allington Lu. "Investigation into the deterioration of palaeontological specimens stored in glycerol". In: *Studies in Conservation*, vol. 51, n°3, 2006, p. 199-204.

Bailly, 1990 : Bailly M. « le verre ». In *La conservation en archéologie*, Berducou Marie, Masson, 1990, p. 120-162.

Bechoux, Viviane. « L'utilisation d'adhésifs optiques réticulables aux UV pour le collage d'objets d'art en verre transparent coloré, à surface d'encollage réduite ». In *CeROArt* [En ligne]. Lodel, 2014, mis en ligne le 25 novembre 2011 [consulté le 24 juillet 2016]. URL : <http://ceroart.revues.org/2244>

Blume, 1829 : Blume C. « Flore de Java et des isles voisines ». In : *Bibliothèque universelle des sciences, belles lettres et arts*, Imprimerie de la Bibliothèque universelle, Paris, 1829, p. 299.

Boesch Architekten, 2009 : *Universität Zürich Institutegebäude Zollikerstrasse 137 Instandsetzung und Anbau: Einweihungs dokumentation*. Baudirektion Kanton Zürich, Zurich, 2009.

Calver, 2005: Calver A., Thickett D. and Weintraub S. "Simple methods to measure air exchange rates and detect leaks in display and storage enclosures". In: *ICOM Committee for conservation 14th triennial meeting*, the Hague Preprints, 2005.

Canarella, 2010: *Conservation-restauration de trois négatifs sur verre au collodion de Charles Marville, vers 1865, appartenant à la Bibliothèque historique de la Ville de Paris. Recherche de solutions de nettoyage et de consolidation des couches image en collodion verni*. Mémoire de fin d'études Master, Section Photographie, Institut National du Patrimoine, Paris, 2010, *non publié*.

Chrétien, 2010 : Chrétien Céline. *Conservation-restauration d'une œuvre contemporaine en élastomère de silicone : Mirida de Richard Fauguet (Besançon, Frac Franche-Comté). Recherche appliquée au collage d'un silicone à réticulation acétique*. Mémoire de fin d'études Master, Section Sculpture, Institut National du Patrimoine, Paris, 2010, *non publié*.

Clark *et al.*, 1994 : Clark Paul *et al.* « Transportation of fluid-preserved natural history specimens stored in glass containers: new solutions to an old problem ». In: *Collection Forum*, vol. 10, 1994, p. 1-9.

Cuisin, 2016 : Cuisin Jacques. support de cours formation continue fluides, 2016, non publié.

Doonaert, 2004 : Doonaert B. Seuils de toxicité aiguë Formaldéhyde. Ministère de l'Ecologie et du Développement durable, Ministère de la Santé, de la Famille et des Personnes Handicapées, INERIS, 2004.

Down, 2015 : Down Jane. Compendium des adhésifs pour la conservation. Institut canadien de conservation, Ottawa, 2015.

Gillioz, 2016 : « Les adhésifs à photopolymérisation radicalaire employés pour le collage structural du verre en conservation-restauration ». In *CeROArt* [En ligne], 2016, mis en ligne le 04 mars 2016, [consulté le 24 juillet 2016]. URL : <http://ceroart.revues.org/4904>

Herbin, 2013 : Herbin Marc. « La conservation des collections en fluide ». In : *CeROArt* [En ligne], mis en ligne le 16 juin 2013. URL : <https://ceroart.revues.org/3432>

Heudre *et al.*, 2008 : Heudre D. *et al.* *La congélation : une alternative au formol pour la conservation des macroinvertébrés – Comparaison de deux méthodes sur le réseau de référence (2005-2006)*. DIREN Lorraine, 2008.

Hicks, 2010 : Hicks Robert. Continuer à « déranger pour informer » : Le musée Mütter. In *Bulletin de l'Association Européenne des Musées d'Histoire des Sciences Médicales*, n°47, Juin 2010, Paris, p. 3-6.

Jacquat *et al.*, 2013 : *Jacquat et al.* *Fleurs des pharaons : Parures funéraires en Egypte antique*. Catalogue d'exposition présentée au Laténium du 19 mai 2013 au 2 mars 2014, Le Laténium, Le Locle, 2013.

Jacquat *et al.*, 2014 : Jacquat Christiane *et al.* *Botanischer Museum der Universität Zürich*, 2014, *non publié*.

- Linard et al., 2016: Linard et al. « Lessons from genome skimming of arthropod-preserving ethanol ». In: *Molecular Ecology Resources*, John Wiley & Sons Ltd, Londres, 2016.
- Maigret, 1995 : Maigret Jacques. « Les collections d'histoire naturelle : objets renouvelables ou patrimoine irremplaçable ? ». In : *Musées et collections publiques de France*, n°206, Paris, 1995, p. 32-35.
- Martin, 2010 : Martin Aurélie. *Expéditions en Louisiane (1684-1722) : conservation-restauration de 16 journaux de bord des Archives nationales. Consolidation par réencollage partiel et doublage local de papiers fragilisés par des micro-organismes – Etude de l'effet du réencollage sur la migration des encres ferrogalliques*. Mémoire de fin d'études Master, Section Livres, Institut National du Patrimoine, Paris, 2010, *non publié*.
- Martin, 2013 : Martin Pierre. « Frederik Ruysch, anatomiste, trompe-la-mort et artiste ». In : *La licorne et le bézoard. Une histoire des cabinets de curiosités*. Catalogue d'exposition, Editions Gourcuff Gradenigo, Montreuil, 2013.
- Moore, 1999: Moore Simon, « Fluid preservation ». In: CARTER David; WALKER Annette K., *Care and conservation of natural history collections*, Butterworth-Heinemann, Oxford, 1999, p. 92-132.
- Moore, 2001 : Moore Simon. "Transferring biological specimens from formalin to alcohol". In *NSCG Newsletter*, n°17, 2001, p. 43 - 45.
- Moore, 2007: Moore Simon. "Old jar sealants". In: *NatSCA News*, n°12, p. 20-22.
- Moore, 2009: Moore Simon. "Adhesives for fluid-preserved specimens". In: *NatSCA News*, n°16, p. 32-35.
- Moore, 2010: Moore Simon. "Preservation of botanical specimens in fluid". In: *NatSCA News*, n° 19, p. 85-88.
- Moore, 2013 : Moore Simon. "The use of nitrocellulose as an adhesive for alcohol-preserved biological specimens". In: *Journal of Institute of Science Technology*, 2013, p. 24-28.
- Nesbitt *et al.*, 2014: Nesbitt *et al.* *Curating Biocultural Collections: a handbook*. Royal Botanic Gardens, Kew, 2014.

Notton, 2011: Notton David. "Maintaining concentration: A new practical method for profiling and topping up alcohol-preserved collections". In: *NatSCA News*, n°21, 2011, p. 44 - 49.

Péquignot *et al.*, 2012 : Péquignot Amandine *et al.* « La conservation des collections d'histoire naturelle en fluide ». In : *Actes du colloque Sciences des matériaux du patrimoine culturel*, Paris, 20-21 novembre 2012, p. 23-27.

Sander-Conwell et Schmidt-Ott, 1993: Sander-Conwell, E. et Schmidt-Ott, K. « Vergleichende Untersuchungen zu UV-härtbaren Glasklebstoffen ». *Arbeitsblätter*, volume 6, n°1, 1993, Gruppe 5 – Glas, p.67-71.

Simmons, 2014: Simmons John E. *Fluid preservation: a comprehensive reference*. Rowman & Littlefield Publishers, Washington, 2014.

Singer, 2014: Singer Randal. "Are dehydrated specimens a lost cause? A case study to reclaim dehydrated fluid-preserved specimens". In: *Collection Forum*, vol. 28, 2014, p. 16-20.

Stoddart, 2007: Stoddart, B. "The Structures of Plant Tissues and the Effects of Drying and Fluid Preservation Upon Them". In *NatSCA News*, n°11, 2007, p. 38 - 43.

Tredwell, 2006: Tredwell, Emma. "Botanical Spirit Collections". In: *NatSCA News*, n°9, 2006, p. 2-3.

Van Dam, 1997: Van Dam A. "Conservation of fluid preserved specimens, properties of sealants and their effect on preservation quality". In *Bulletin de l'association européenne des musées d'histoire des sciences médicales*, n°23, 1997, p. 22-28

Van Dam, 2004: Van Dam A. Decision making Model for the conservation and restoration of fluid preserved specimens. Leyde, 2004, *non publié*.

Van Dam, 2006 : Van Dam A. "A Preservation Method Supporting Multipurpose Analysis of Long-stored Samples". In *Cell Preservation Technology*, volume 4, n°1, 2006

Venteo, 2010 : Venteo L. « L'importance de la fixation en histochimie ». In *Revue Française d'Histotechnologie*, vol. 23, n°1, p. 25-32.

Sites internet

Alcools [en ligne] Encyclopedia Universalis [consulté le 12/06/2016]
<http://www.universalis.fr/encyclopedie/alcools/>

Alcomon system [en ligne] Van Dam [consulté le 16/05/2016] <http://alcomon.com/info/>

Anacardier [en ligne] Larousse [consulté le 22/06/2016]
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/anacardier/3180?q=anacardier#3179>

Capsicum annum [en ligne] Kew Royal Botanic Gardens [consulté le 20/07/2016]
<http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/capsicum-annuum-chilli-pepper>

Dictionnaire historique de la Suisse [en ligne] [consulté le 15/04/2016] <http://www.hls-dhs-dss.ch/f/home>

Guide de sélection des silicones à usage industriel [en ligne] Samaro, 2014 [consulté le 23/06/2016]
http://samaro.fr/img/c/doc/samaro_guide_de_selection_silicone_a_usage_industriel.pdf

Rhizobium [en ligne] Larousse [consulté le 22/06/2016]
<http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/rhizobium/69275?q=rhizobium#68529>

Rafflesia arnoldii [en ligne] Kew Royal Botanic Gardens [consulté le 20/07/2016]
<http://www.kew.org/science-conservation/plants-fungi/rafflesia-arnoldii-corpse-flower>

Valeurs limites d'exposition aux postes de travail 2015 [en ligne] SUVA 2015 [consulté le 26/05/2016]
<https://extra.suva.ch/webshop/54/54BC7469D03481C0E10080000A63035B.pdf>

Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France [en ligne] INRS 2012
[consulté le 26/05/2016] <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20984>

Liste des communications personnelles orales et écrites

Cuisin Jacques, responsable de la plateforme préparation et restauration au MNHN, communications orales et écrites, Février à Juillet 2016

Moore Simon, conservateur-restaurateur à Londres, communications écrites et orales de Décembre 2015 à Mai 2016

Morlot Pauline, conservatrice-restauratrice de collections histoire naturelle à Lyon, communication orales et écrites, de Février à Juillet 2016

Jacquat Christiane, archéobotaniste et conservatrice du Musée Botanique, communications orales et écrites, de Février à Juillet 2016.

Jacot Thierry, spécialiste en conservation préventive et professeur à la He-Arc, communications orales et écrites, Février et Avril 2016.

Lexique/glossaire

Toutes les définitions proviennent du dictionnaire Larousse ou Suva

Carpologie : discipline scientifique de l'archéobotanique étudiant les paléo-semences, fruits et spores retrouvés en contexte archéologique.

Fixatif/fixateur : Substance chimique entraînant la mort cellulaire tout en préservant la morphologie des constituants cytoplasmiques et nucléaires en créant des liaisons fortes.

Formaldéhyde : Aussi appelé méthanal ou aldéhyde formique, il est un composé organique de la famille des aldéhydes, de formule chimique CH_2O . À température ambiante, c'est un gaz inflammable.

Formol : Solution aqueuse d'aldéhyde formique, employée comme désinfectant et comme conservateur des tissus en laboratoire.

Mégie : Préparer en blanc, par tannage à l'alun, des peaux de chèvre, de mouton ou d'autres peaux délicates.

Préservatif/préserveur : Substance permettant d'empêcher l'altération ou la perte.

Pression osmotique : différence de pression existant entre deux compartiments contenant des solutions de concentrations différentes du même soluté dans le même solvant et séparés par une membrane semi-perméable qui ne laisse passer que les molécules du solvant.

Pseudofixatifs : produits chimiques permettant le durcissement des tissus mais ne formant pas de liaisons covalentes

Résines époxydes : polymères qui, après polycondensation avec un durcisseur, deviennent thermodurcissables, servant surtout au collage et matériaux composites.

Turbidité : Caractère plus ou moins trouble d'un liquide

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

Liste des abréviations et des sigles

AER : Air Exchange Rate

© : copyright

Cm : centimètres

EPI : équipement de protection individuelle

FAA : solution de Formaldéhyde, acide Acétique glacial et Alcool

FTIR : spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

GC-MS : chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse

HDPE : polyéthylène haute densité

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

PET : polyéthylène téréphtalate

PMMA : polyméthacrylate de méthyle

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

UV : ultraviolet

VLE : valeur limite d'exposition

VME : valeur moyenne d'exposition

Liste des figures

Fig. 1: Bocaux avec couvercles en bouchon ©S.Moore.....	12
Fig. 2: Bocaux avec couvercles à bascule ©S.Moore	12
Fig. 3: Bocaux avec couvercles à lames ©S.Moore	12
Fig. 4: Bocal rectangulaire en PMMA présentant une déformation importante due à l'interaction avec une solution alcoolique ©S. Moore, 2010	13
Fig. 5: Scellement au plomb ©S. Moore, 2007.....	14
Fig. 6: Scellement au bitume ©S. Moore, 2007	14
Fig. 7: Joint de caoutchouc dégradé ayant coulé dans le bocal et sur le spécimen ©J. Cuisin, 2015.	15
Fig. 8: Joint de caoutchouc dégradé ©J. Cuisin, 2015	15
Fig. 9: Illustration de fluides présents dans la collection de et faite par Frederick Ruysch ©BNF	21
Fig. 10: Illustration de typologie de bocaux par Jean Daullé, XVIII ^{ème} siècle ©BNF	21
Fig. 11: Coquille d'escargot collée à une plaque de verre au collodion ©M.Dangeon, UCL 2015.....	22
Fig. 12: Millipède fixée à une plaque de verre avec du fil de Nylon ©M.Dangeon, UCL 2015	22
Fig. 13: Baguette de bois avec fil pour suspendre un spécimen ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	23
Fig. 14: Système de suspension avec bulle en verre ©M.Dangeon, Zoologisches museum der Universität Zürich, 2016	23
Fig. 15: insertion de lames de scalpel tout autour du joint de scellement pour tenter une ouverture du bocal ©S.Moore	25
Fig. 16: Matériau de scellement dégradé et ayant coulé sur l'intérieur du bocal et sur le spécimen ©J.Cuisin	25
Fig. 17: Portrait de Hans Schinz ©Wikipedia	28
Fig. 18: Alfred Ernst avec une fleur de <i>Rafflesia arnoldii</i> ©auteur inconnu.....	29
Fig. 19: Personnel en train de déménager les bocaux attaqués par les moisissures ©Musée Botanique, 2010.....	34
Fig. 20: Bocal avec moisissure présente sur le couvercle, le matériau de scellement et l'étiquette ©Musée Botanique, 2010.....	34
Fig. 21: Test au réactif de Schiff dans eau, eau déminéralisée et éthanol ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	39
Fig. 22: Réactions des différentes solutions des spécimens au réactif de Schiff ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	39
Fig. 23: Différentes indications des pastilles en fonction de leur flottabilité ©Alcomon system, 2010	40
Fig. 24: Planche illustrée d'un argousier ©M. Grieve, 1931.....	42

Fig. 25: Spécimen n°1 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	42
Fig. 26 : Fissure à la jonction des deux bandes ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	43
Fig. 27 : déformation globale du spécimen ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	43
Fig. 28 : fissure sur une des branches ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	44
Fig. 29 : cristallisation en forme d'aiguille présente sur le spécimen ©L.Brambilla, He-Arc CR, 2016	44
Fig. 30 : cristallisations en forme d'aiguille sur le spécimen ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	44
Fig. 31 : deux cristallisations distinctes après séchage d'une goutte sur une lame de verre ©L.Brambilla, He-Arc, 2016.....	45
Fig. 32 : Dépôts sur le fond du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	45
Fig. 33: vue microscopique du matériau de scellement, zoom 2x, échelle 1mm ©L. Brambilla, He-Arc CR, 2016.....	46
Fig. 34: Planche illustrée d'un anacardier ©Encyclopedia Britannica, 1898	48
Fig. 35: Spécimen n°2 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	48
Fig. 36: Dépôts sur la jonction bouchon et encolure du contenant ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016..	49
Fig. 37 : jaunissement généralisé et coulures (en rouge) sur l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	50
Fig. 38: Planche illustrée d'un Capsicum ©Köhler's medizinal Pflanzen	51
Fig. 39: Spécimen n°3 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	51
Fig. 40: Spécimens à la sortie du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	52
Fig. 41 : joint de caoutchouc dégradé et empoussièrément ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	53
Fig. 42 : taches brunes sur l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	53
Fig. 43: Planche illustrée d'une mâcre nageante ©Wikipedia	55
Fig. 44: Spécimen n°4 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	55
Fig. 45: branche principale cassée ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	56
Fig. 46 : tige cassée ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	56
Fig. 47 : résidus d'adhésif et du matériau de scellement sur le couvercle ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	57
Fig. 48 : Vue microscopique du matériau de scellement, zoom 5x, échelle 400 µm ©L.Brambilla, He- Arc CR, 2016.....	57
Fig. 49 : taches sur l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	58
Fig. 50: Dessin du spécimen n°4 ©B. Häslar, 1988.....	58
Fig. 51: Planche illustrée de Brugmansia zippelii ©Latour, 1828	59
Fig. 52: Spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	59
Fig. 53: bourgeons à la sortie du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	60
Fig. 54 : couvercle microfissuré ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	61

Fig. 55: Détail des nodules de rhizobium sur une racine ©organicsoiltechnology.com	62
Fig. 56: Spécimen n°6 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	62
Fig. 57 : reste du fluide et spécimen touchant le fond du bocal ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	63
Fig. 58 : déchirures et lacune de l'étiquette ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	64
Fig. 59 : Trou dans le couvercle avec couvre-lame de microscope collée ©S.Moore, 2007.....	70
Fig. 60: Injection de CO ₂ dans l'enceinte avec le capteur ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	77
Fig. 61: Exemple du système d'ouverture de bocal élaboré par Van Dam ©Van Dam	89
Fig. 62: Couvercle du spécimen n°4 avant nettoyage ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	89
Fig. 63: Couvercle du spécimen n°4 après nettoyage ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	89
Fig. 64: Mise en bain du spécimen n°3 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	90
Fig. 65: Coloration du bain après 24h ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	90
Fig. 66: Branche ayant perdu ses bourgeons spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	91
Fig. 67: Bourgeons désolidarisés de leur branche spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	91
Fig. 68: Collage des deux bourgeons sur la branche spécimen n°5 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	91
Fig. 69: Consolidation d'une fissure sur le spécimen n°1 ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	92
Fig. 70: Face principale du spécimen n°4 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	93
Fig. 71 : Face principale du spécimen n°4 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	93
Fig. 72 : Profil du spécimen n°5 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	93
Fig. 73 : Etiquette du spécimen n°6 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	94
Fig. 74 : Etiquette du spécimen n°6 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	94
Fig. 75 : Etiquettes détachées de leurs contenants avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	95
Fig. 76 : Etiquettes détachées de leurs contenants après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	95
Fig. 77 : Face de l'étiquette interne ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	96
Fig. 78 : Revers de l'étiquette interne ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	96
Fig. 79: Face principale spécimen n°1 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	96
Fig. 80: Face principale spécimen n°1 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	96
Fig. 81: Face principale spécimen n°3 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	97
Fig. 82: Face principale spécimen n°3 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	97
Fig. 83: Face principale spécimen n°4 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	97
Fig. 84: Face principale spécimen n°4 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	97
Fig. 85: Face principale spécimen n°5 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	98
Fig. 86: Face principale spécimen n°5 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	98
Fig. 87: Face principale spécimen n°6 avant intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	98
Fig. 88: Face principale spécimen n°6 après intervention ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	98

Fig. 89: Good seals to prevent evaporation ©Moor, 1990.....	99
Fig. 90: Containers that are relatively easy to open and reseal ©Moor, 1990	99
Fig. 91: The right size of containers for specimens ©Moor, 1990.....	101
Fig. 92 : Spécimen de koala après évaporation totale du fluide et spécimen après réhydratation ©Museum Victoria, 2014	101

Liste des tableaux, graphiques et schémas

Tableau 1 : Tableau comparatif de trois fixatifs utilisés ©L.Ventéo, 2010.....	17
Tableau 2 : Tableau résumant les propriétés du formaldéhyde ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016 inspiré des fiches toxicologique de l'INRS.....	18
Tableau 3 : Tableau donnant les valeurs auxquelles le formaldéhyde est détectable par les sens humains ©Doonaert, 2004, p. 9.....	19
Tableau 4 : Résumé sur les matériaux sélectionnés dans notre étude, ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016	76
Tableau 5 : évolution des valeurs culturelles e le niveau de fluide est critique ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	87
Graphique 1 : Représentation graphique de l'évaluation des niveaux de fluides dans la collection ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	36
Graphique 2 : Graphique thermo-hygrométrique de la réserve à la Villa Rainhof ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	71
Graphique 3 : Graphique de la concentration en CO ₂ dans la réserve de la Villa Rainhof ©M.Dangeon, He-Arc CR, 2016.....	71
Schéma 1 : Schéma représentant la composition d'un fluide ©J.Cuisin, 2016	11
Schéma 2 : Schéma explicatif des différents stades d'évaporation ©J. Cuisin, 2015.....	35

Annexes

Annexes 1 : Photographies

Photographies après intervention des revers des bocaux



Revers spécimen n°1 avant traitement



Revers spécimen n°1 après traitement



Revers spécimen n°3 avant traitement



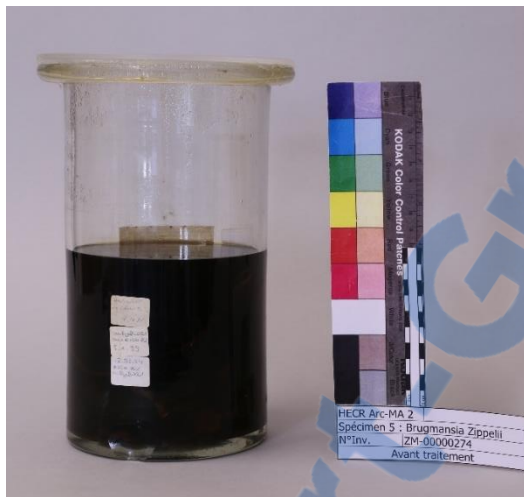
Revers spécimen n°3 après traitement



Revers spécimen n°4 avant traitement



Revers spécimen n°4 après traitement



Revers spécimen n°5 avant traitement



Revers spécimen n°5 après traitement



Revers spécimen n°6 avant traitement



Revers spécimen n°6 après traitement

Annexes 2 : Tableaux

Type de contenant	Coût relatif	Validité/ Disponibilité	Qualité du joint	Longévité du joint	Evaluation de la qualité du contenant
Bocal en verre avec bouchon en verre, verre vieux	Très élevé	Très rare	Peut être très bon si le bouchon a été rodé pour correspondre à l'ouverture du bocal; beaucoup ne scelle pas bien	Vie du contenant	Très bonne à faible
Bocal en verre avec bouchon en verre, borosilicate (moderne)	Très élevé	Normal	Excellent (dû à la précision de l'usinage de la verrerie moderne)	Vie du contenant	Excellente
Bocal en verre avec couvercle en verre, serré par un câble sous tension	Elevé	Rare	Juste à bon (joints compressibles se détériorent rapidement avec l'exposition aux fluides préservatifs)	< 5 ans	Bonne
Bocal en verre avec couvercle thermoplastique fileté (par exemple polypropylène)	Moyen	Très bon	Très bon, peut être améliorée en utilisant des couvercles avec doublures et envelopper le filetage du bocal avec du ruban adhésif Téflon	> 20 ans	Très bonne
Bocal en verre avec couvercle en métal fileté	Moyen	Bon	Juste (couvercles sujets à l'oxydation); utiliser seulement des couvercles avec des doublures; envelopper le filetage du bocal avec ruban adhésif Téflon	< 10 ans	Faible
Bocal en verre avec couvercle thermoplastique clipsable (polyéthylène)	Moyen	Rare	Juste (dû à la détérioration des thermoplastiques)	5-10 ans	Faible
Bocal en verre avec couvercle thermodurcissable fileté (phenol, Bakélite mélamine)	Moyen	Bon	Juste (couvercles rigides ont tendance à se dévisser avec de légères variations de température et sont sensibles à la fissuration sous contrainte)	< 5 ans	Faible
Flacon en verre avec bouchon compressible	Bas	Bon	Juste (dû à la détérioration des bouchons compressibles; les produits de dégradation peuvent contaminer le contenu des flacons)	< 10 ans	Faible
Contenant en polyéthylène téréphtalate (PET) avec fermeture en polypropylène	Bas	Bon	Inconnu	Inconnu	Inconnue
Contenant en polycarbonate avec couvercle clipsable en polycarbonate	Moyen	Normal	Bon (polycarbonate peut se décolorer et fissurer s'il est exposé aux rayonnements UV)	> 10 ans	Bonne
Acier inoxydable avec joint compressible	Très élevé	Normal	Juste à bon (la limite est le temps de vie du joint compressible)	< 10 ans (joint d'étanchéité)	Juste
Contenant en polyéthylène haute densité (HDPE)	Bas	Bon	Bon (HDPE peut fissurer s'il est exposé aux rayonnements UV)	> 15 ans	Bonne

Tableau 1 : résumé sur les contenants

Taxon	Fixatif	Préservatif	Remarques
Myxomycètes	Solution de formol, acide acétique et alcool	80% alcool dénaturé	
Macro-algues d'eau douce	Chromo-acétique-alcool ou 10% formol	Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	Fluides particuliers peuvent être utilisés pour la préservation des couleurs
Desmidiées (micro-algues)	2-3% formol ou acide acétique glacial	80% alcool dénaturé	Quelques gouttes d'acide acétique glacial
Charophytes	Acétate cuivrique acétique	Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	Fluides particuliers peuvent être utilisés pour la préservation des couleurs
Euglenophytes	Fixatif de Schaudinn, adapté comme fixatif/préservatif cytologique	80% alcool dénaturé	Fixer à 60°C pendant 5-10 minutes
Diatomées	Fixatif de Schaudinn, adapté comme fixatif/préservatif cytologique	80% alcool dénaturé	
Algues marines	Chromo-acétique-alcool ou formol salin	Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	Conserver dans le noir
Phytoplancton	10% formol ou formol sublimé	80% alcool dénaturé	Peuvent être conservé dans une solution de 30% de propylène glycol
Champignons	10% formol ou formol sublimé	Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	Fluides particuliers peuvent être utilisés pour la préservation des couleurs
Lichens	Solution de formol, acide acétique et alcool	Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	
Bryophytes	Solution de formol, acide acétique et alcool	Solution de formol, acide acétique et alcool, Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	
Pteridophytes	Solution de formol, acide acétique et alcool	Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	
Plantes à fleurs et gymnospermes	10% formol ou solution formol, acide acétique et alcool	Solution de formol, acide acétique et alcool, Solution de Copenhague, 80% alcool dénaturé ou Solution Kew	Fluides particuliers peuvent être utilisés pour la préservation des couleurs
Graines fossiles	Solution de formol, acide acétique et alcool	Alcool, Glycérine (mixée à 50-50 avec alcool)	Enlever les sels dans de l'eau déminéralisée

Tableau 2 : solutions utilisés sur des spécimens botaniques particuliers

Date	Référence	Type d'organismes	Technique de préservation
1801	Withering	Champignons	Fixés dans une solution de vitriol de cuivre Préservés dans une faible ou forte solution d'esprit de vin
1831	Anonyme	Pour tous les spécimens d'histoire naturelle	Préservés en utilisant la méthode Nichols (solution à base d'eau, alcool et sulfate d'alumine) Préservés en utilisant la méthode Graves (solution à base d'eau, alcool et alun) Préservés en utilisant la méthode de l'Abbé Manesse (solution à base d'eau, alcool, sel de mer, alun et salpêtre)
1852	Baird	Général	Préservés en utilisant la solution de Goadby (Eau, alun, sublimé corrosif ou mercure et sel gemme ou halite)
1899	Stone	Plantes	Fixés dans le formaldéhyde; ajout d'acide nitrique pour préserver la couleur
1924	Conant	Plantes	Préservés dans une solution d'alcool, de formaldéhyde et d'acide acétique glacial
1930	Swingle	Plantes	Préservés dans une solution faite avec de la poudre de sulfate oxyquinoline
1935	van Steenis	Plantes	Préservés dans de l'alcool contenant du bisulfite de potassium ou de sodium (NaHSO ₂)
1937	Scully	Plantes	Pour préserver la couleur, solution de sulfate de cuivre; transférés dans une solution d'acide sulfurique, de sulfite de sodium et d'eau
1939	Hiscox et Sloan	Fleurs	Préservés dans une solution d'acide salicylique, de formaldéhyde, d'alcool et d'eau
1968	Wagstaffe et Fidler	Plantes (préservation de la couleur)	<u>Vert</u> : utilisation d'une solution de dioxyde de soufre, sulfate de cuivre ou acétate de cuivre <u>Rouge</u> : utilisation d'une solution de zinc, eau, formaldéhyde et glycérine <u>Jaune</u> : utilisation de formaldéhyde et d'huile de paraffine blanche <u>Fleurs rouges et jaunes, fleurs bleues vif avec un pH élevé</u> : préservés dans une solution d'alcool tertibutylique, de thiouréet et de citrate de sodium <u>Algues vertes</u> : utilisation d'acétate de cuivre dans une solution de formol <u>Champignons (Basidiomycètes) avec une couleur qui ne tient pas dans l'eau</u> : préservés dans une solution à base d'eau, d'acide acétique glacial et d'acétate de mercure <u>Champignons (Basidiomycètes) avec une couleur qui tient dans l'eau</u> : utilisation d'une solution à base d'acétate de mercure, d'acide acétique glacial, d'acétate de plomb neutre et d'alcool
1969	Kendrick	Gros champignons	Préservés avec de l'acide lactique
1985	Hangay et Dingley	Algues	Préservés dans une mixture d'iode, d'iode de potassium, d'acide acétique glacial, de formaldéhyde et d'eau Préservés dans une solution d'alun chrome potassium, de formaldéhyde et d'eau
		Plantes vertes	Préservés dans une solution de phénol, d'acide lactique, de glycérine, de chlorure cuivrique, d'acétate cuivrique et d'eau
		Champignons	Préservés dans une solution d'alcool absolu, de formaldéhyde et d'acide acétique glacial
1989	Forman et Bridson	Plantes	Préservés en utilisant la solution de préservation Kew (éthanol, eau et méthanol) Fixés dans une mixture d'eau, de formaldéhyde et de glycérol

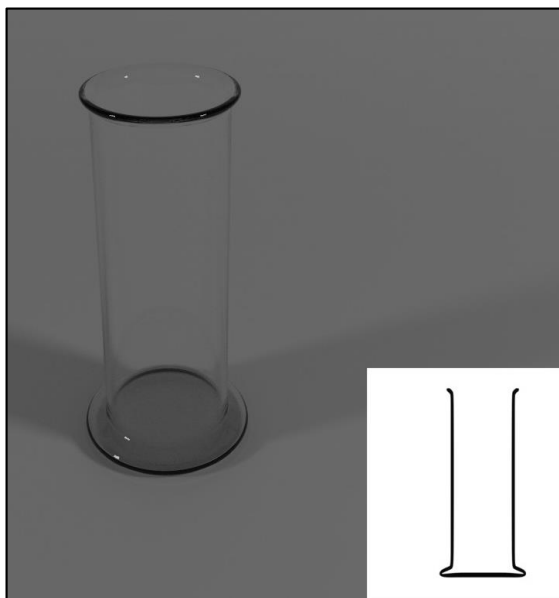
Tableau 3 : résumé chronologique des solutions utilisées pour des spécimens botaniques

Annexes 3 : Typologies

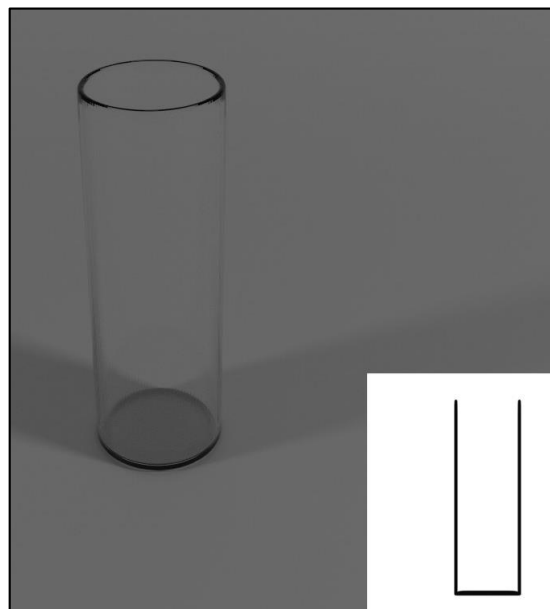
Les typologies présentées ici ne sont utilisables que pour cette collection.

Typologie 1 : typologie de contenants

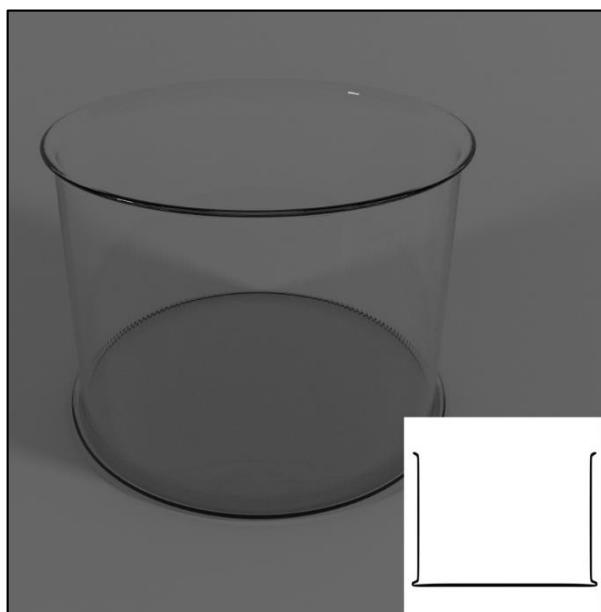
- Contenants formes ouvertes :



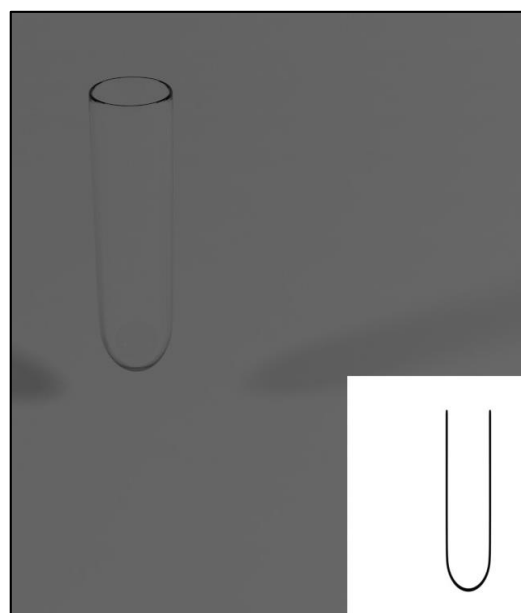
Forme 1 : flûte à rebord



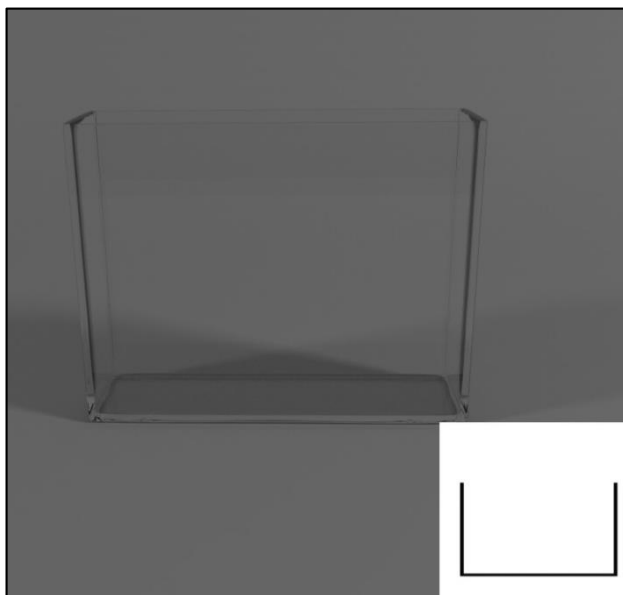
Forme 2 : flûte cylindrique



Forme 3 : grand bocal cylindrique à rebord

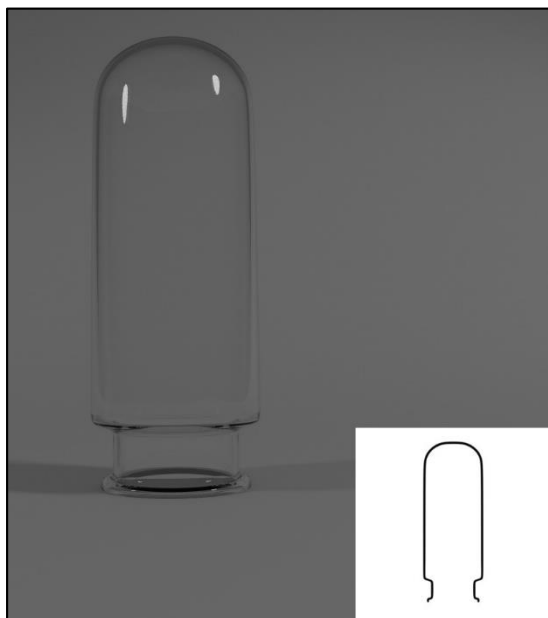


Forme 4 : éprouvette (unicum)



Forme 5 : bocal rectangulaire

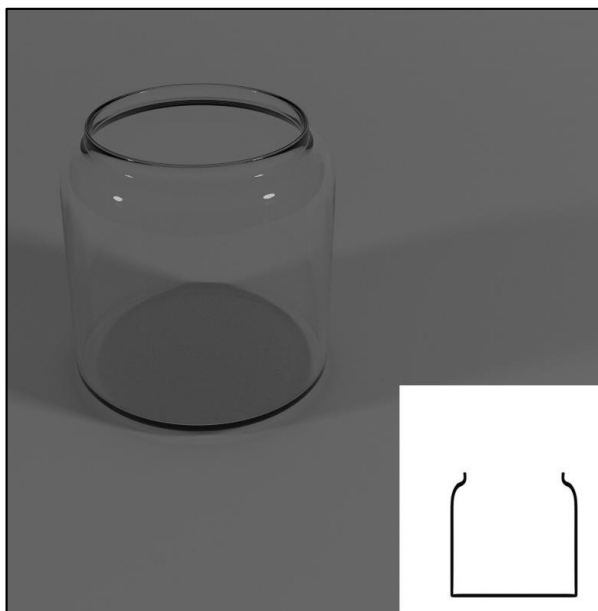
- Contenants formes fermées :



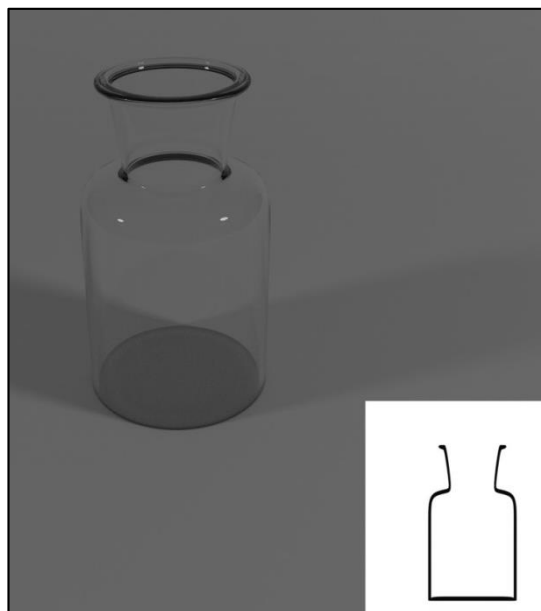
Forme 6 : bocal à graines ou ampoule
D'après le catalogue Deyrolle de juillet 1932 (p. 82),
ce type de flacon s'appelle un « bocal à graines ».



Forme 7 : bouteille



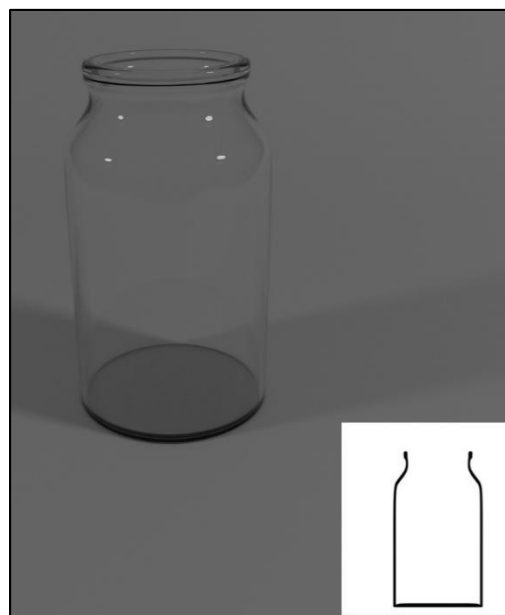
Forme 8 : bocal simple à col bas



Forme 9 : flacon avec col resserré et évasé



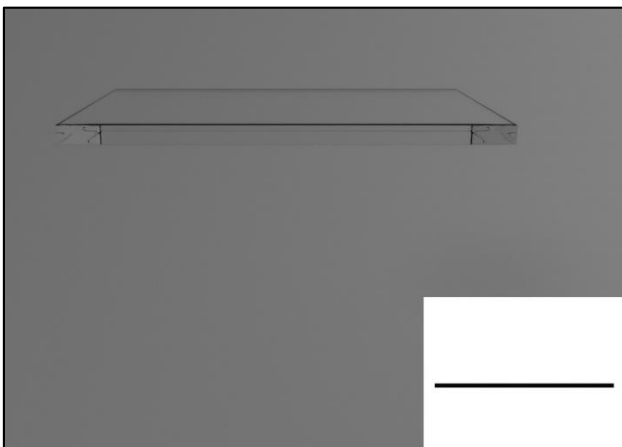
Forme 10 : flacon à col droit



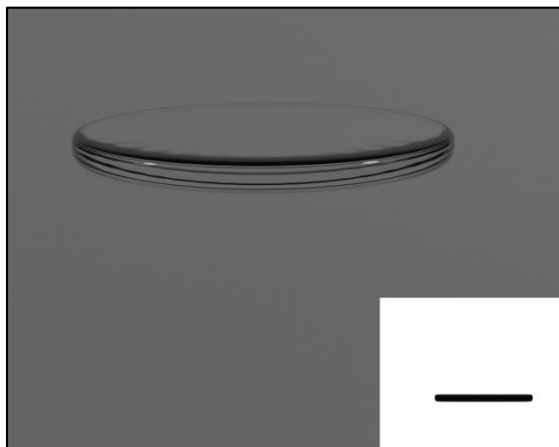
Forme 11 : bocal haut à col resserré

Typologie 2 : Typologie des couvercles

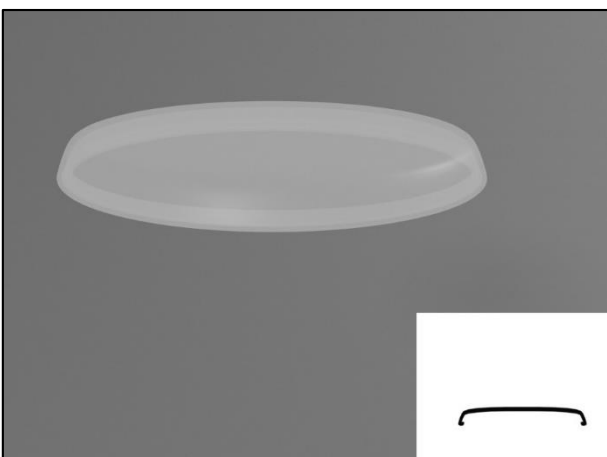
- Systèmes posés et/ou collés :



Forme 1 : plaque rectangulaire en verre

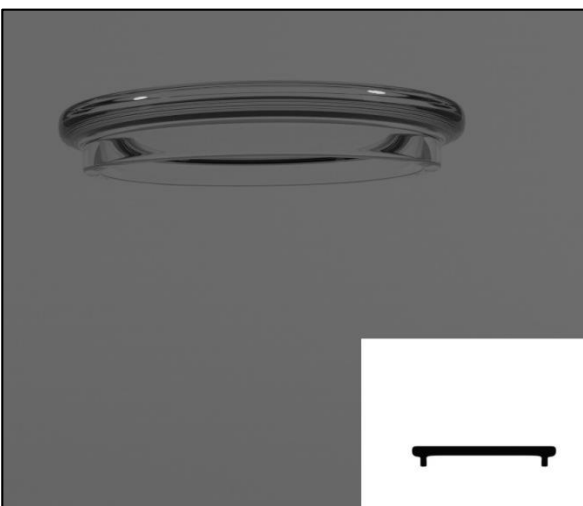


Forme 2 : plaque circulaire en verre

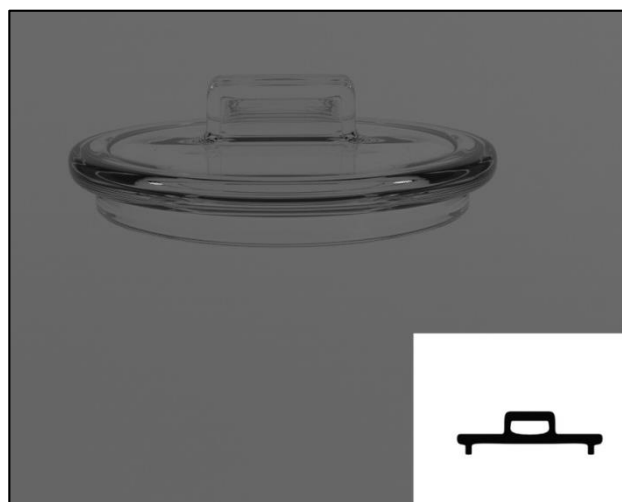


Forme 3 : couvercle circulaire en plastique

- Systèmes par enfoncement :



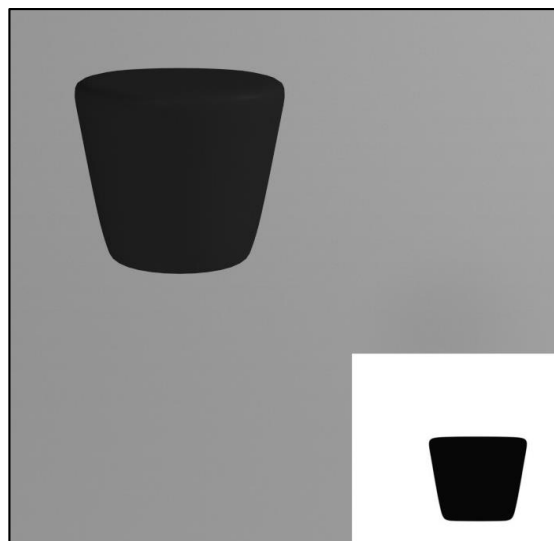
Forme 4 : couvercle en verre par enfoncement sans système de préhension



Forme 5 : couvercle par enfoncement avec bouchon rond ou rectangulaire

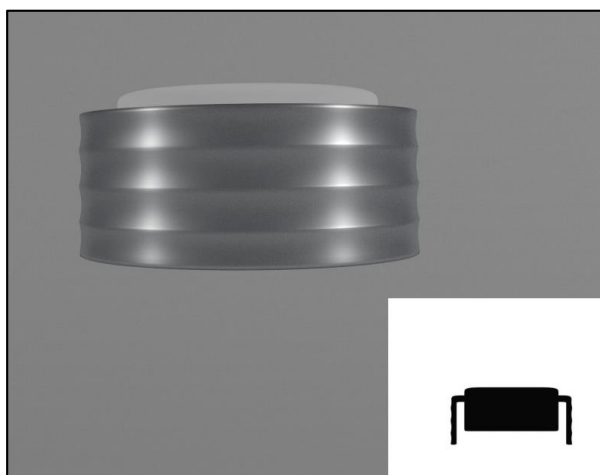


Forme 6 : bouchon en liège

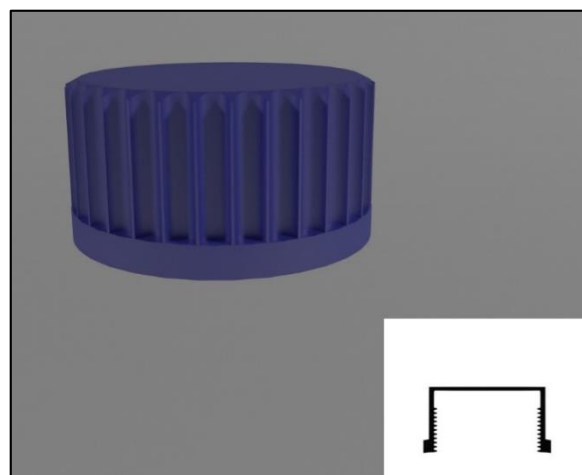


Forme 7 : bouchon en caoutchouc

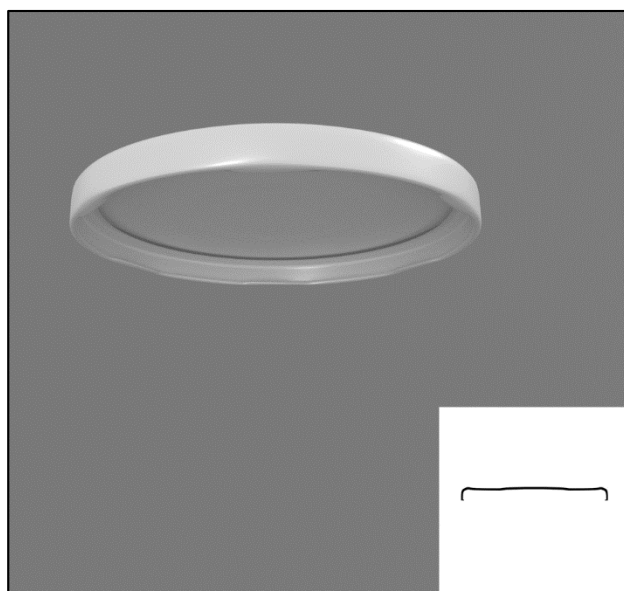
- Systèmes à vis :



Forme 8 : couvercle vissé en métal-céramique
et joint caoutchouc (unicum)



Forme 9 : couvercle à vis en plastique



Forme 10 : couvercle métallique à vis type
bocal alimentaire

- Systèmes complexes :

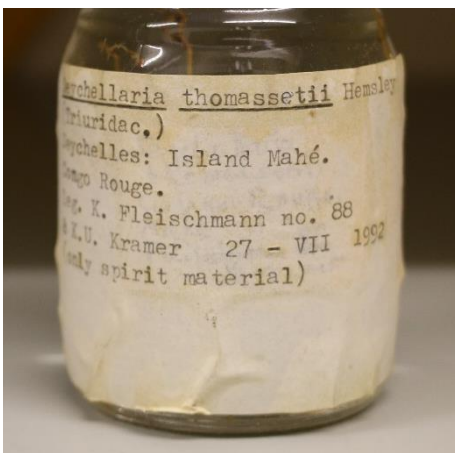


Forme 11 : couvercle verre avec joint caoutchouc et système de plaquage métal

Typologie 3 : typologie des étiquettes



Étiquettes récentes 1^{er} type : imprimées à l'ordinateur, recouvertes de ruban adhésif mat, aucune information supplémentaire au nom latin du spécimen (pas de date, pas de provenance, pas de collecteur) ; sur les bocaux à but pédagogique essentiellement.



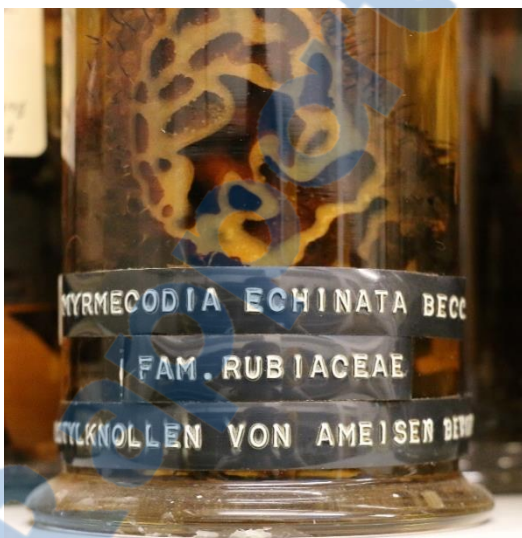
Étiquettes récentes 2nd type : tout est tapé à la machine, sur une étiquette papier blanc, unicum



Etiquettes Hans Bachmann : lié à une expédition du Dr. Hans Bachmann, 1968, une partie imprimée et d'autres informations écrites à la main.



Etiquettes Musée Botanique moderne : rectangulaire en horizontal, contenu souvent écrit dessus, écriture moitié machine moitié à la main, encre noire.



Etiquettes en relief : bandeau noir autocollant, lettres blanches en relief, aucune information sur le collecteur ou la date, unicum



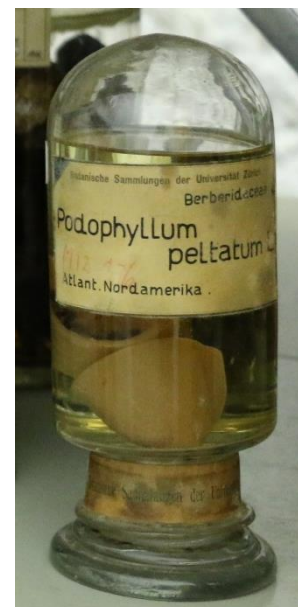
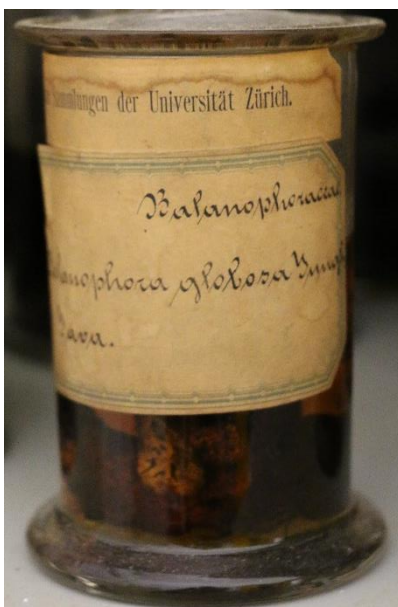
Etiquettes petits flacons : type timbre, bords dentelés et motifs blancs et bleus, toutes les informations sont écrites à la main, encre et crayon



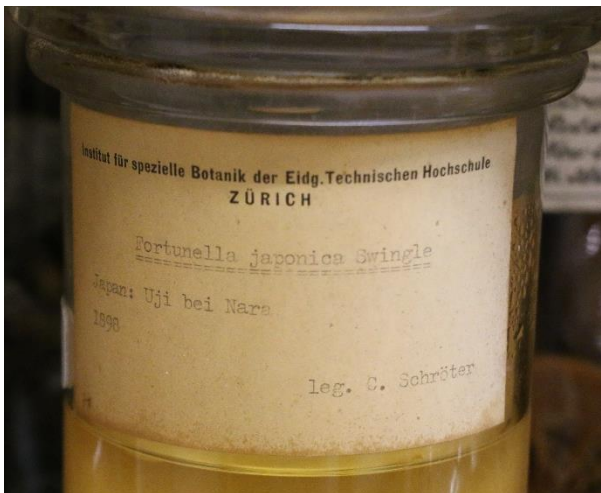
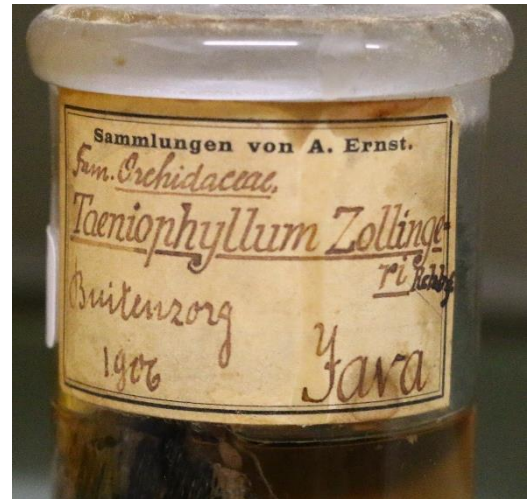
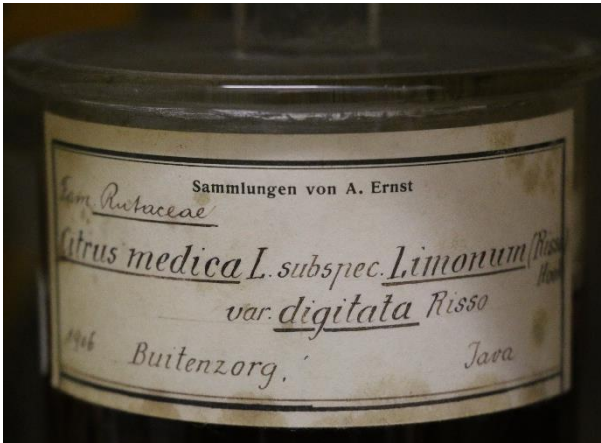
Etiquettes Musée Botanique Neu

Caledonien: liée à une expédition, 1924, mention du % de liquide, moitié imprimé et moitié à la main.

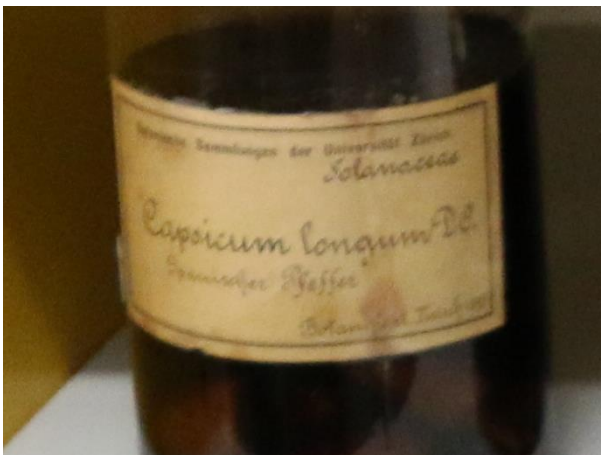
Etiquettes en 2 parties : surtout présentes sur les ampoules, une rectangulaire avec sammlungen der universität Zurich, imprimée et une octogonale avec tour coloré bleu, écrite à la main, encre.



Etiquettes Sammlungen Ernst (2 types) : liées à la collection privée Ernst, une rectangulaire et une carrée, les deux sont écrites en partie à la main, cadre noir imprimé.



Etiquettes Institut für spezielle Botanik der Eidg Technischen Hochschule : plus grande, papier plus jaune, écrits moitié imprimés et moitié à la machine, écriture centrée.



Etiquette simple Botanische sammlungen ancienne : rectangulaire, avec cadre noir, écriture et impression, papier jauni.

Annexes 4 : Protocoles

Protocole 1 : Protocole d'ouverture des bocaux

Principe : Le but est d'ouvrir les bocaux anciennement scellés avec des matériaux et systèmes de fermeture différents sans abîmer le verre ou le spécimen afin de pouvoir intervenir en conservation-restauration sur les spécimens.

Matériel :

- Eau chaude
- Solvants type éthanol, acétone
- Huile de paraffine
- Scalpel
- Lames de rasoir
- Huile
- Spatules

Conditions opératoires : Les interventions liées à l'ouverture des bocaux se déroulent dans un des laboratoires de l'institut botanique. Les actions mécaniques se déroulent sur la paillasse et les transvasements d'un bocal au conditionnement provisoire se font sous la chapelle présente dans le laboratoire.

Protocole :

- Prendre un bocal
- Observer le système de fermeture

Bocal fermé avec scotch d'encadrement et joint type colophane: ouverture à l'aide d'outils mécaniques comme le scalpel, lame de rasoir.

Bocal fermé avec paraffine ou cire : ouverture à l'aide d'outils mécaniques comme le scalpel, lame de rasoir.

Bocal fermé avec système à vis : dévisser la partie métallique, si présence d'un joint de caoutchouc vieilli, dégagement au scalpel ou lame de rasoir.

Bocal fermé avec couvercle à enfoncement en verre : outils mécaniques en premier, puis injection de solvants (eau, éthanol, acétone), puis compresses de solvants, puis huile de paraffine. Si ne s'ouvre toujours pas, essayer de chauffer la partie extérieure au niveau du bouchon.

Protocole 2 : Protocole de détermination de l'étanchéité

Principe :

Le principe de détermination de l'étanchéité à l'air de vitrine s'appuie l'enregistrement de la décroissance de la concentration d'un gaz traceur, dans notre cas du CO₂ préalablement injecté dans le compartiment d'exposition. La concentration du gaz étant 8 à 10 fois supérieure à la concentration

de celui-ci dans le local de test, on mesure ici la vitesse de transfert du gaz entre les deux environnements. Le transfert se fait dans le sens de la concentration la plus élevée vers la plus basse par tous les défauts d'étanchéité de la vitrine¹¹⁹.

Matériel :

- Appareil à CO₂
- Capteur Temp, HR et CO₂
- Cartouche de gaz traceur
- Bocal
- Différents matériaux de scellement

Conditions opératoires :

Les tests se sont déroulés dans la réserve de la Villa Rainhof, pièce ne recevant aucune activité productrice de CO₂.

Protocole :

Préparer le bocal en verre dans lequel nous souhaitons réaliser le test.

Vérifier les batteries du capteur.

Préparer le capteur c'est-à-dire le mettre en mode enregistreur et choisir les calibrations de l'appareil.

Placer le capteur dans le bocal.

Préparer le mode de scellement.

Préparer la cartouche de CO₂ dans le pistolet.

Projeter le CO₂ dans le bocal.

Refermer le bocal avec le scellement choisi.

Laisser le bocal dans la réserve sans activité productive de chaleur.

Attendre de 24 à 96h pour observer une chute du taux de CO₂.

Rouvrir le bocal et prendre le capteur.

Télécharger les données et faire un graphique sur le logiciel Excel.

Protocole 3 : Protocole de fermeture des bocaux

Principe : Le but est de sceller le plus hermétiquement possible les bocaux en verre. Les fermetures pourront changer en fonction de la destination des bocaux (étude, réserve, exposition).

Matériel :

- Silicones
- Gélatine
- Pistolet à cartouches

¹¹⁹ Jacot

- Bain marie

Conditions opératoires :

Les interventions liées à la fermeture des bocaux se sont déroulées dans l'atelier de la Villa Rainhof de l'institut botanique, situé au sous-sol, proche des réserves.

Protocole :

Rôder les bords du contenant et du couvercle

Dégraissier les zones rôdées

Gélatine :

Mouiller les feuilles de gélatine jusqu'à ce qu'elles soient molles.

Les placer dans un récipient et faire chauffer au bain marie.

Appliquer sur les bords rôdés du bocal à chaud avec un pinceau.

Plaquer le couvercle.

Silicone : Tous les silicones utilisés sont sous forme de cartouches à utiliser avec un pistolet.

Couper le bout de la cartouche.

Placer la cartouche dans le pistolet.

Appuyer sur la gachette jusqu'à ce que le silicone sorte.

Déposer un bandeau continu avec le pistolet.

Une fois appliqué, le couvercle doit être placé dessus.

Ne pas trop appuyer pour laisser passer une lame de scalpel pour pouvoir rouvrir.

Lissage final des bords au doigt.

Résine UV :

Appliquer la résine en bandeau continu à l'aide de son flacon à ouverture adaptée.

Placer le couvercle sur le bocal

Placer une lampe UV au-dessus des joints 10 à 15 min le temps que la résine durcisse.

Protocole 4 : Protocole d'analyse FTIR

Principe :

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 collecter les données et de les traiter en graphiques¹²⁰.

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 été faites à la Haute école ARC, à Neuchâtel, le.... Par Laura Brambilla.

Protocole :

- 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.
- Pour l'analyse des cristallisations, une goutte de la solution a été posée sur une plaque de verre. En séchant, les cristallisations sont apparues et l'analyse a pu être faite sur les cristaux.

¹²⁰ Information transmise par Brambilla Laura, adjointe scientifique Recherche Appliquée et développement Haute Ecole Arc, par courriel daté du 17 juin 2014.

Protocole 5 : Protocole d'analyse GC-MS (chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse)

Principe :



- SPME : placement de liquide dans fioles en verre, système avec fibre
- SBSE : placement de liquide dans fioles en verre, placement de twister dedans, mélange, récupération du twister, placement du titre référent, placement du twister dans fiole en verre avec couvercle circulaire en métal pour placement dans l'injecteur.

Matériel :

- Fioles en verre adaptées à l'appareil
- Échantillons liquides
- Chromatographe en phase gazeuse couplé à un spectromètre de masse
- Pipettes de prélèvement
- Standard interne
- Twisters

Conditions opératoires :

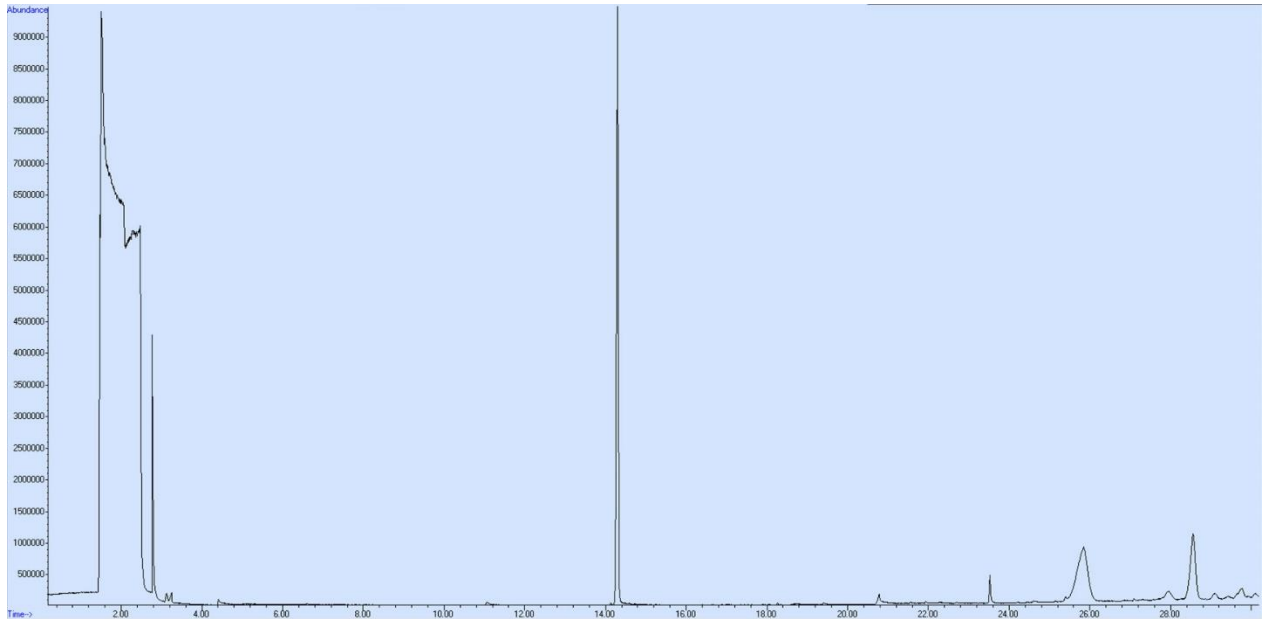
Les analyses ont été effectuées à l'Université de biologie de Neuchâtel les 20, 21 et 22 avril 2016. Elles ont été supervisées par M. Gregory Roeder, collaborateur scientifique à l'Université de biologie de Neuchâtel.

Protocole :

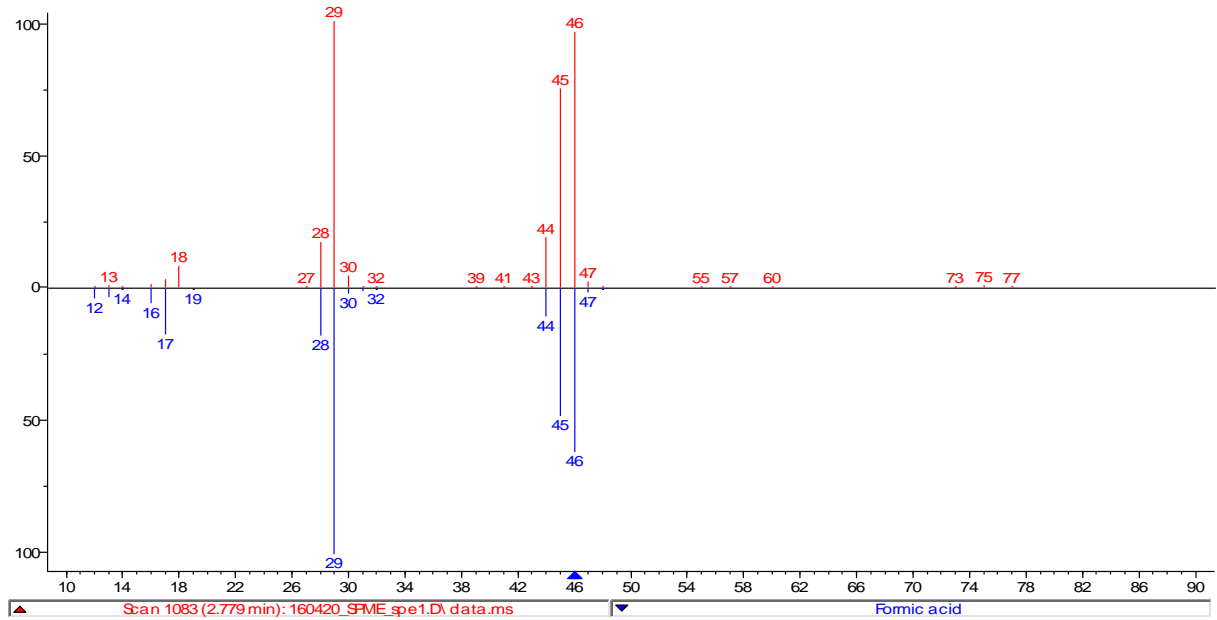
- Placer quelques microlitres de solutions dans les fioles
- Paramétrer l'appareil via le logiciel intégré à l'ordinateur
- Placer les fioles dans l'appareil
- Attendre entre 12h et 24h l'analyse des 6 fioles
- Interpréter les spectres obtenus en comparant avec la base de données

Annexes 5 : Graphiques

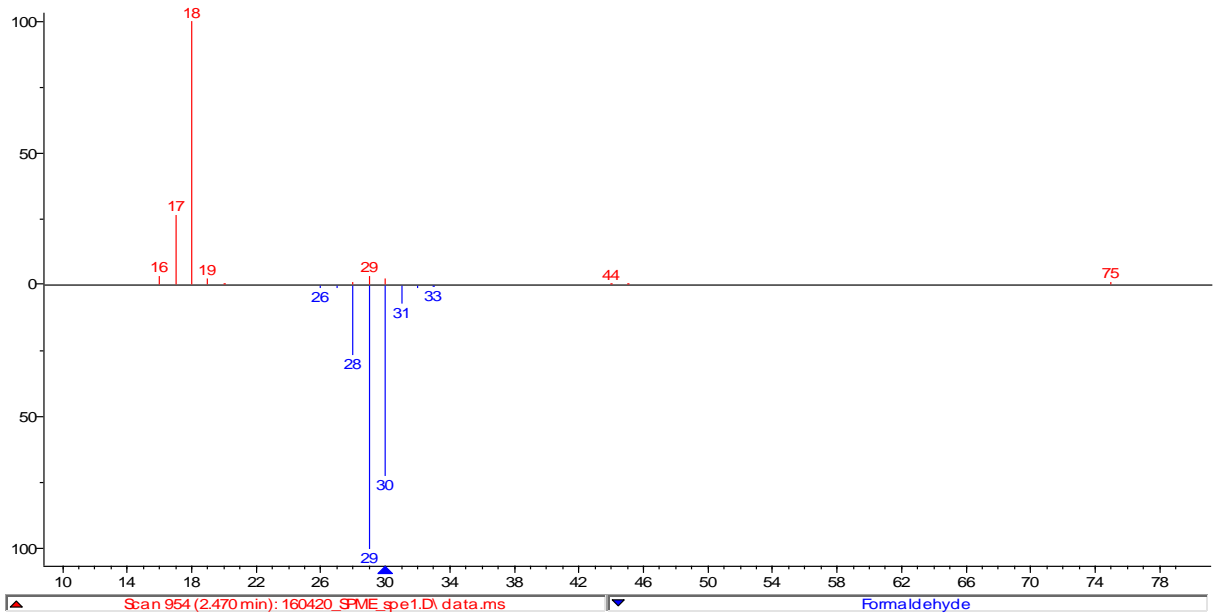
GC-MS Spécimen 1 :



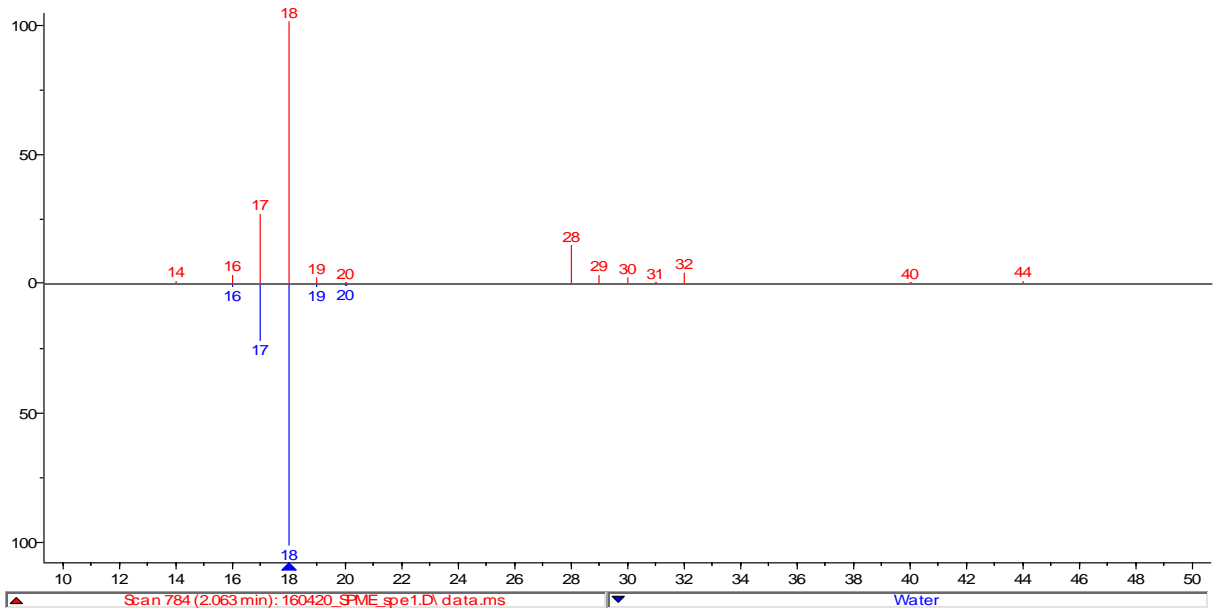
Spectre général obtenu pour le fluide du spécimen &



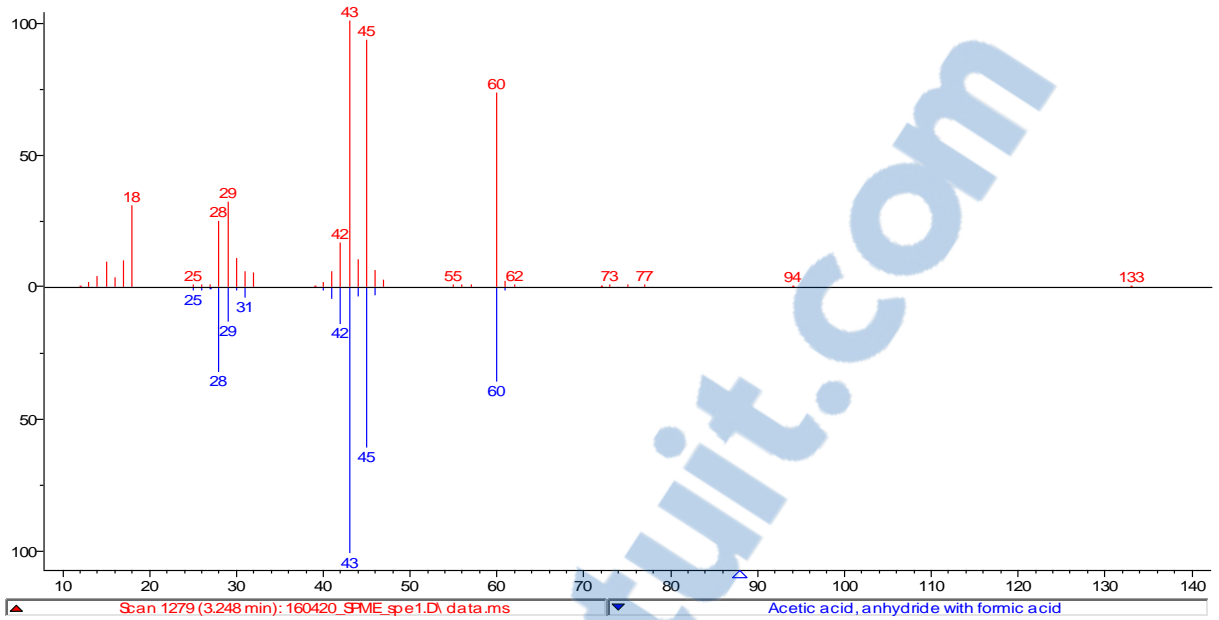
Comparaison spectre de référence de l'acide formique et un de nos pics



Comparaison spectre de référence du formaldéhyde et un de nos pics

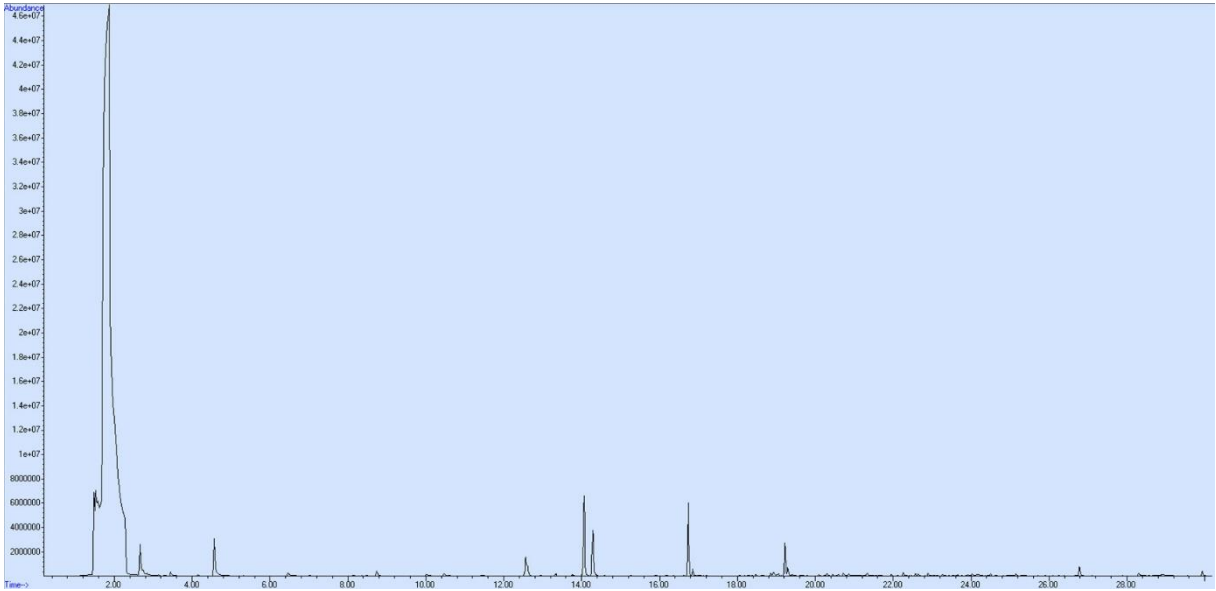


Comparaison spectre de référence de l'eau et un de nos pics

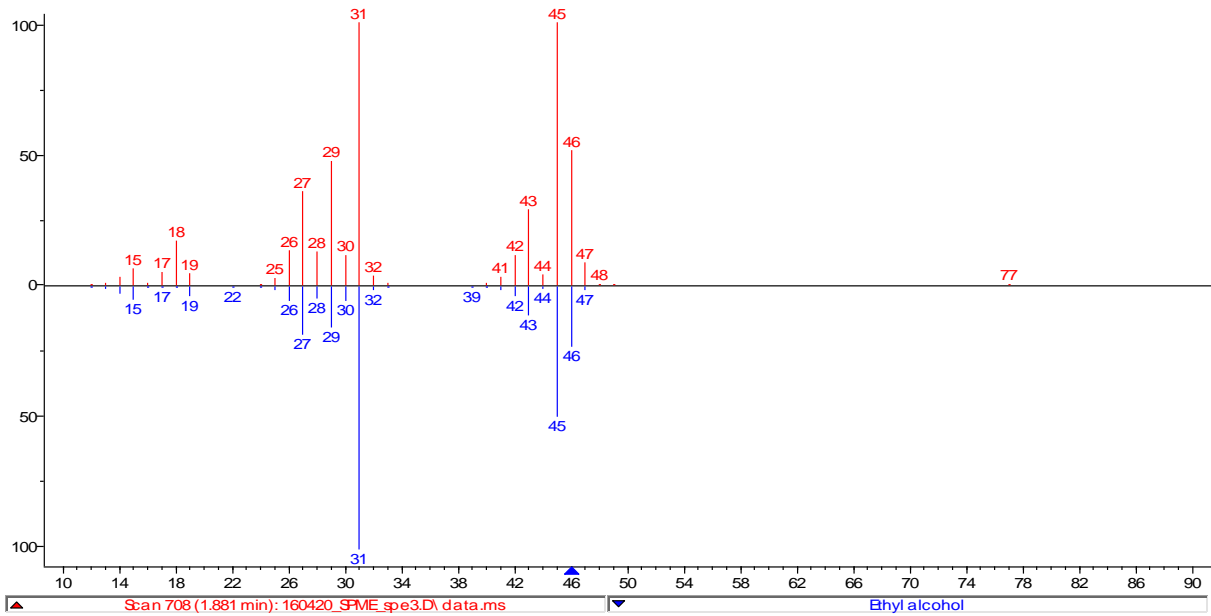


Comparaison spectre de référence de l'acide acétique et acide formique et un de nos pics

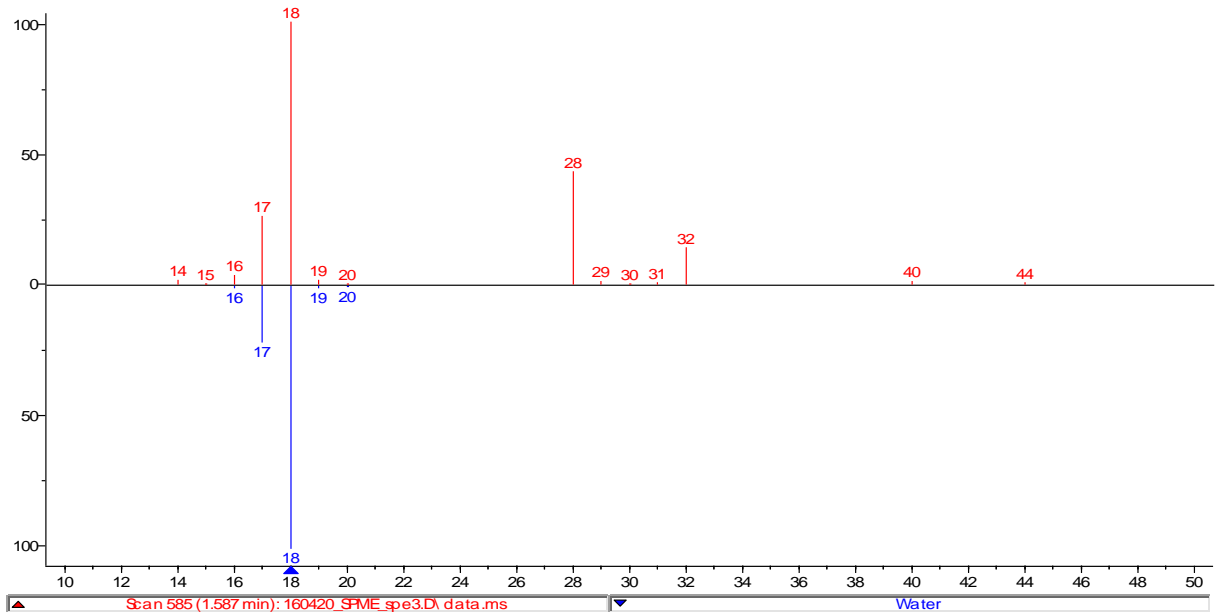
GC-MS Spécimen 3 :



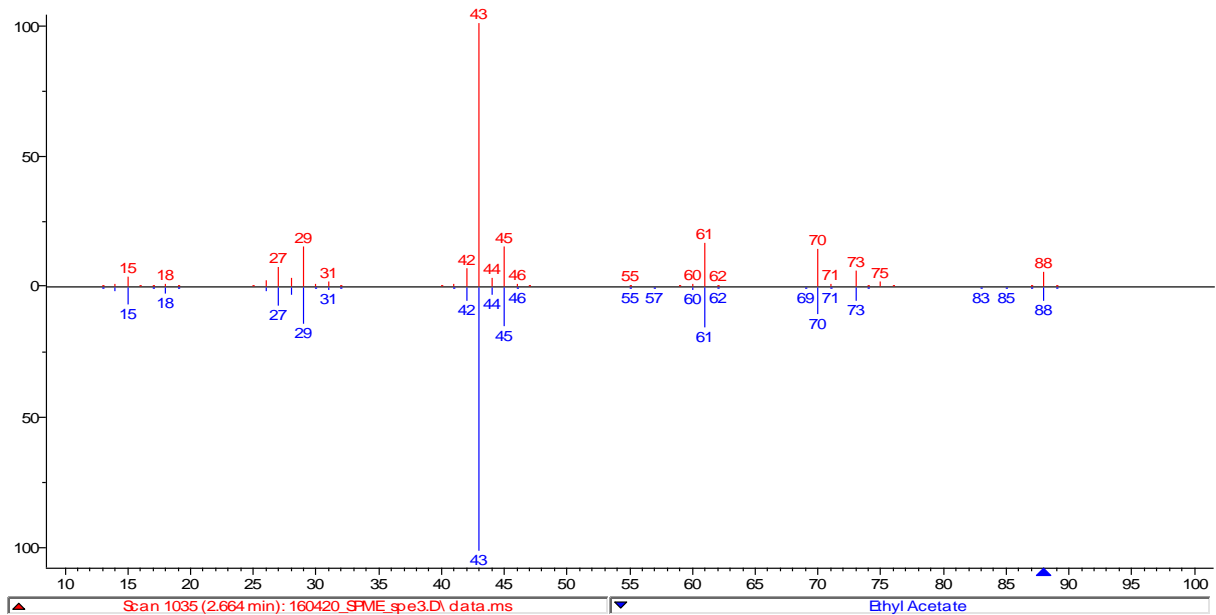
Spectre général obtenu pour le fluide du spécimen 3



Comparaison spectre de référence de l'éthanol et un de nos pics



Comparaison spectre de référence de l'eau et un de nos pics

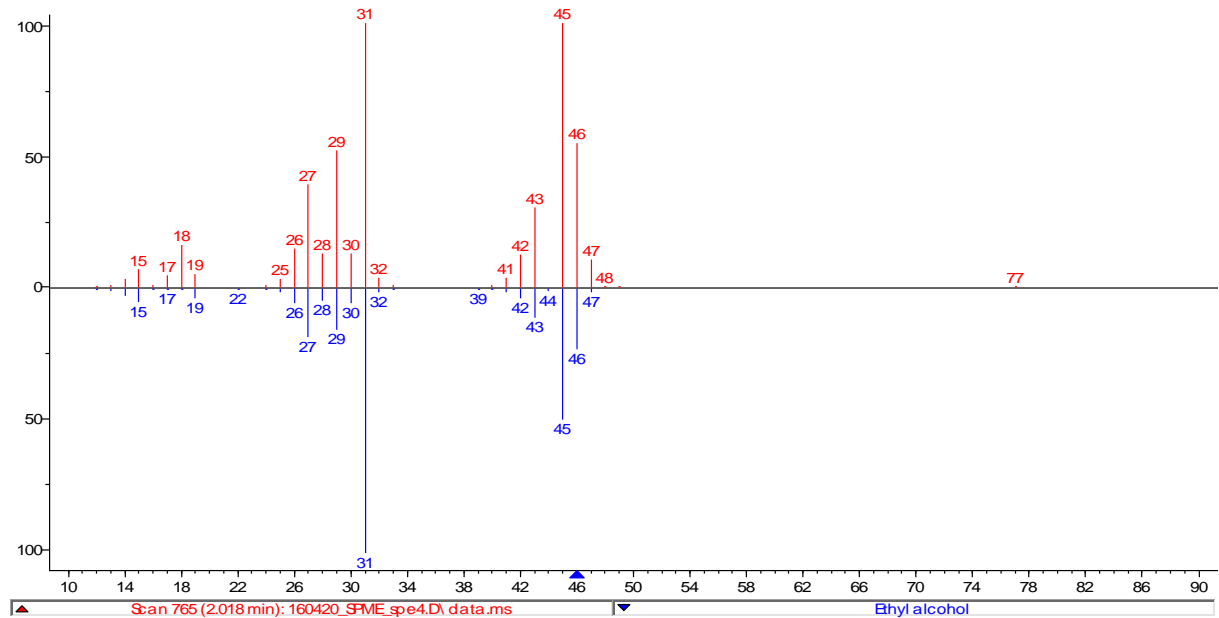


Comparaison spectre de référence de l'acétate d'éthyle et un de nos pics

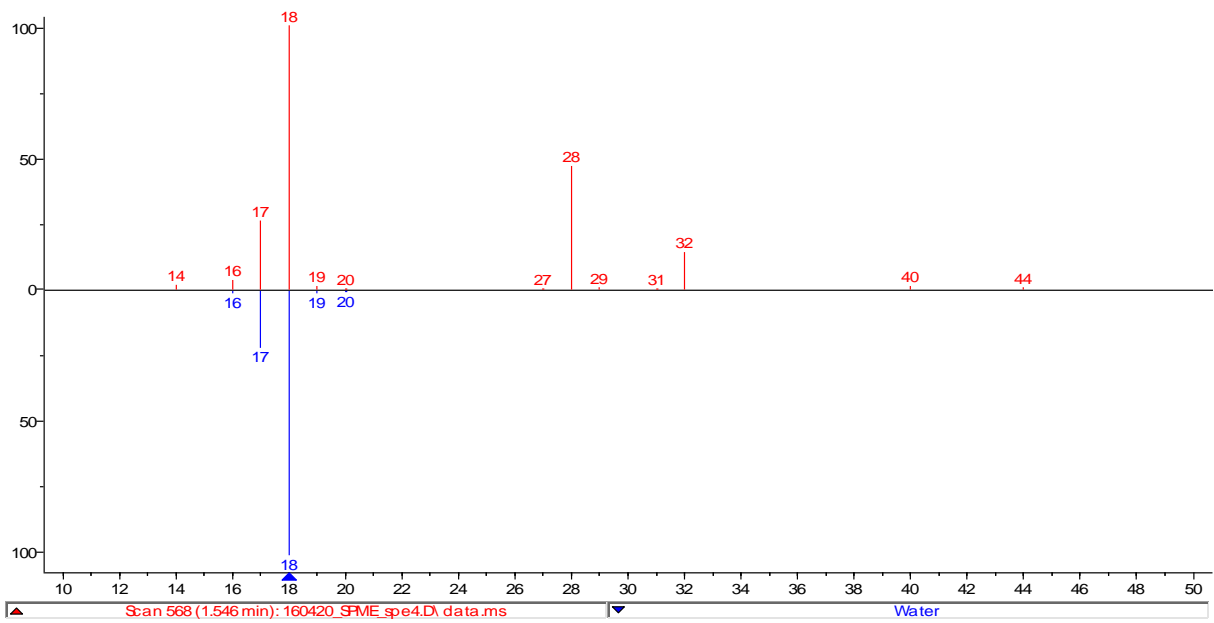
GC-MS Spécimen 4 :



Spectre général obtenu pour le fluide du spécimen 4

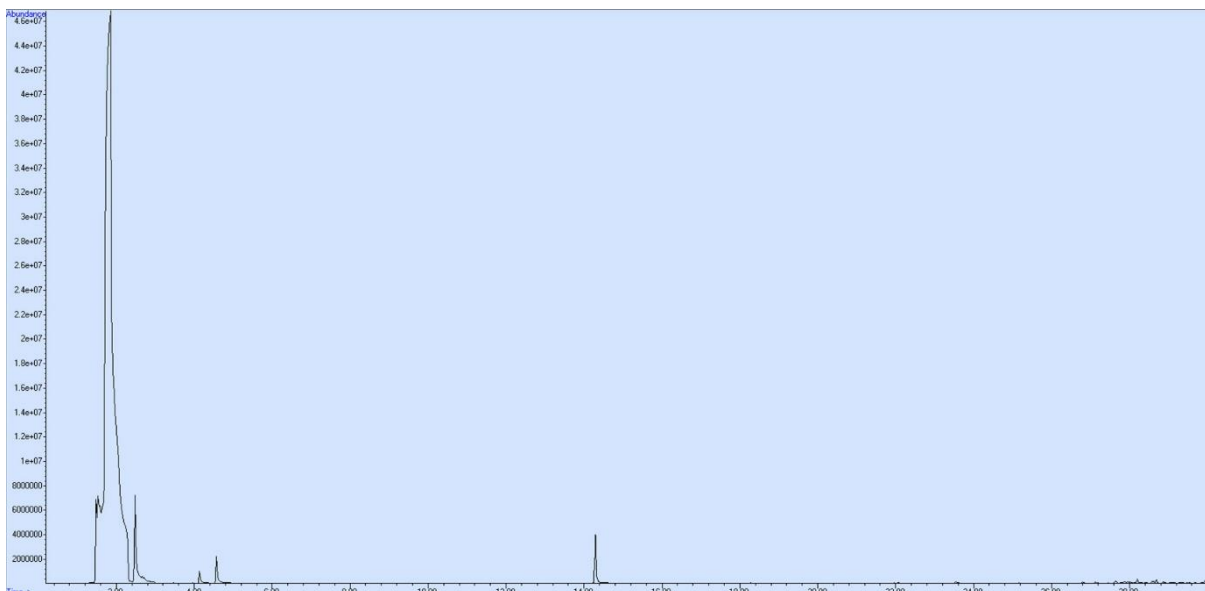


Comparaison spectre de référence de l'éthanol et un de nos pics

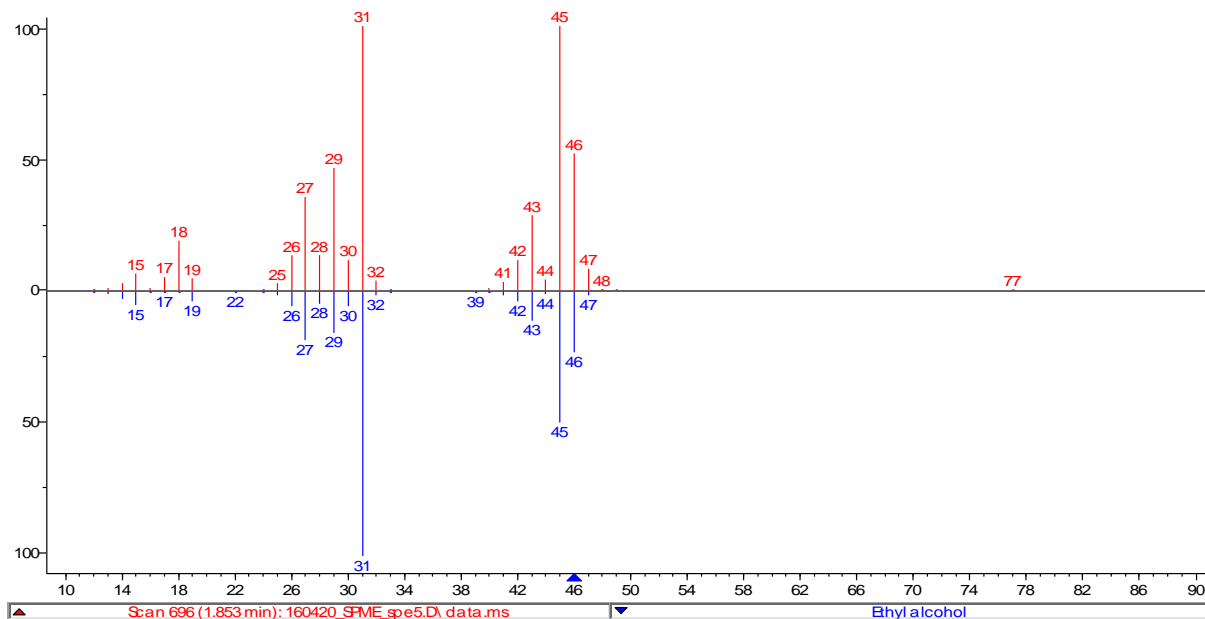


Comparaison spectre de référence de l'eau et un de nos pics

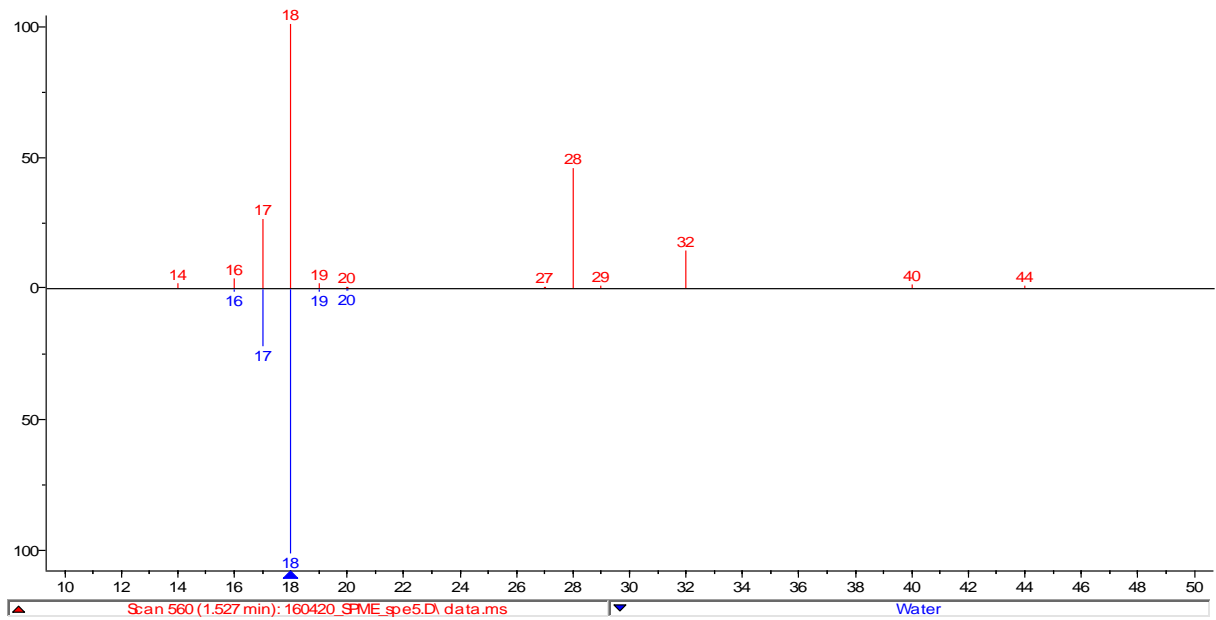
GC-MS Spécimen 5 :



Spectre général obtenu pour le fluide du spécimen 5

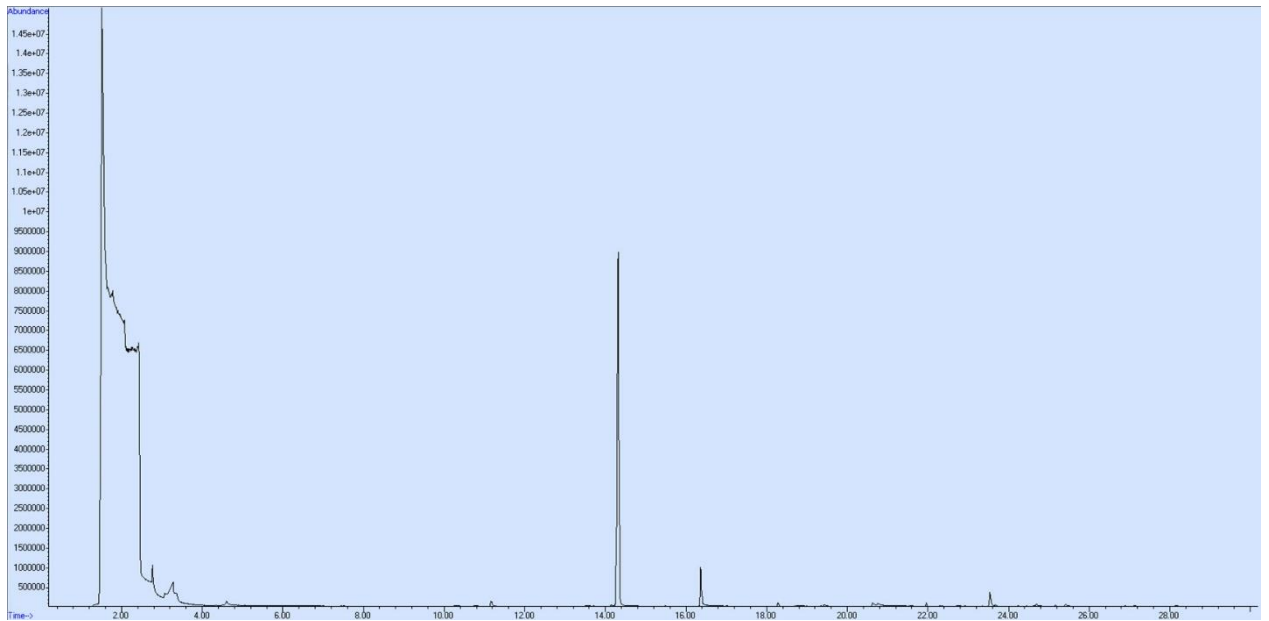


Comparaison spectre de référence de l'éthanol et un de nos pics

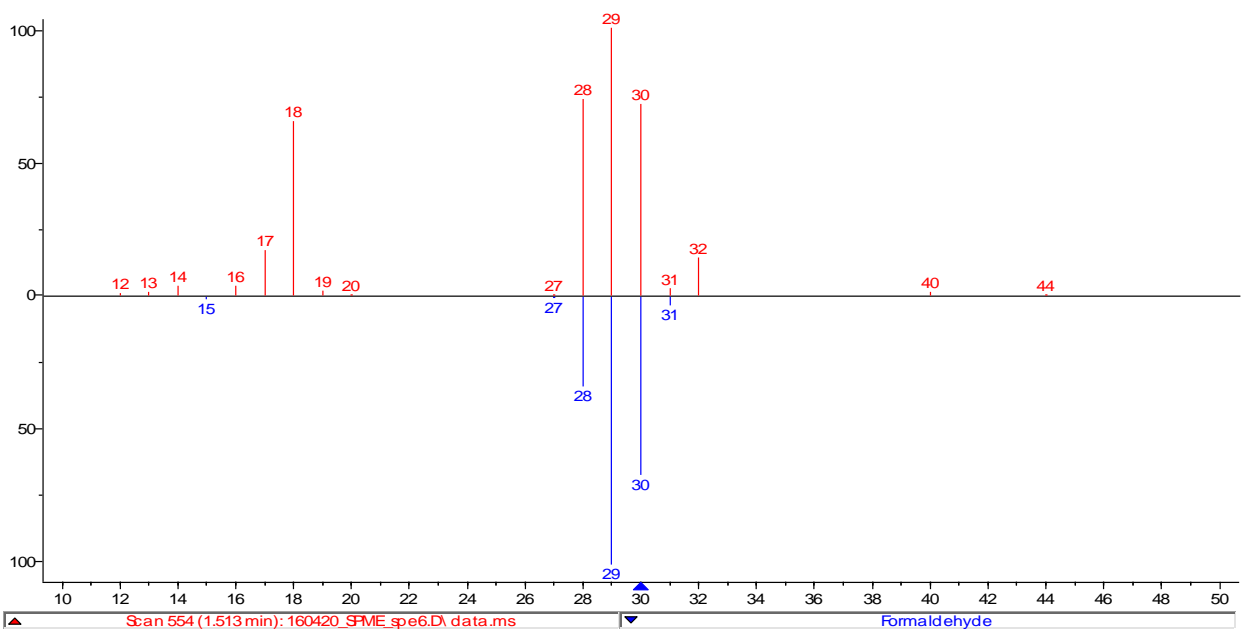


Comparaison spectre de référence de l'eau et un de nos pics

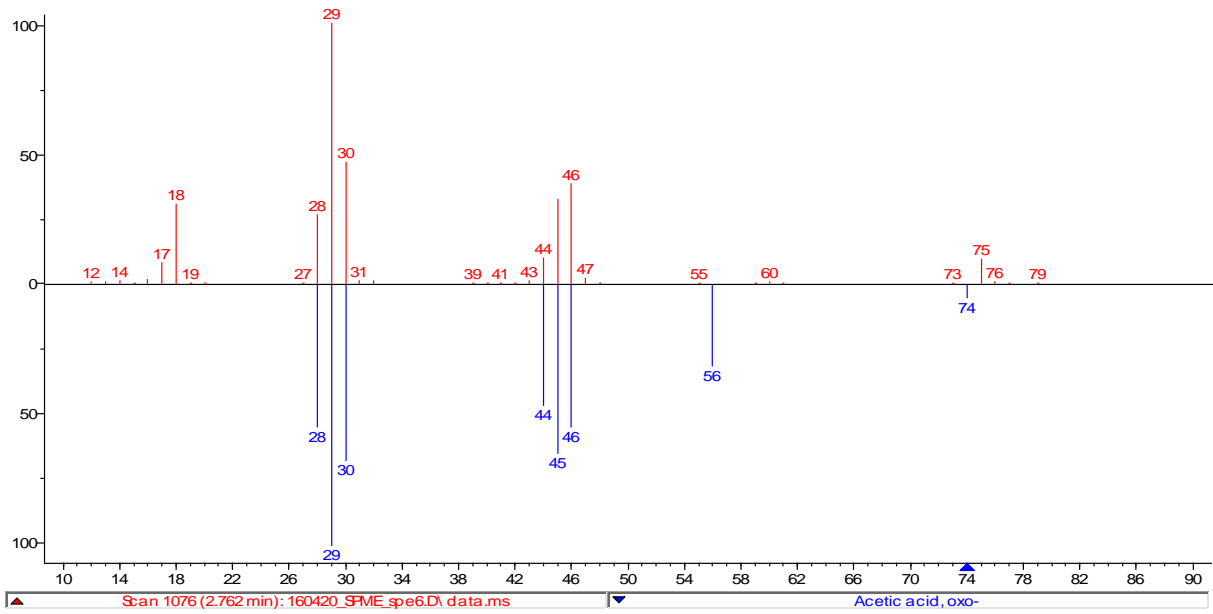
GC-MS Spécimen 6 :



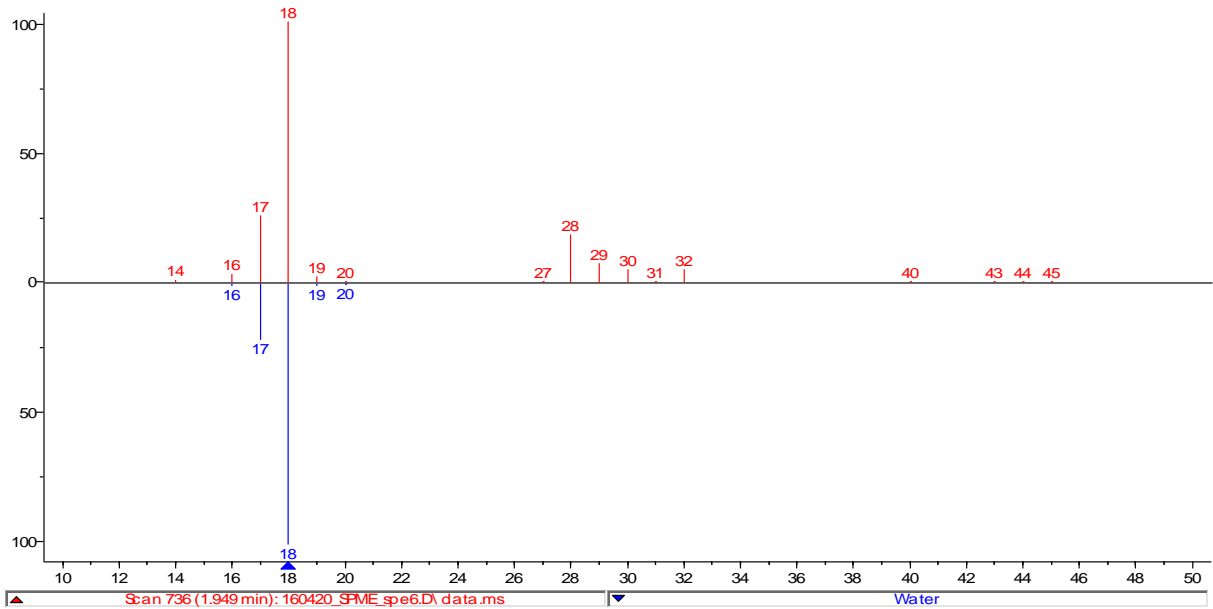
Spectre général obtenu pour le fluide du spécimen 6



Comparaison spectre de référence du formaldéhyde et un de nos pics

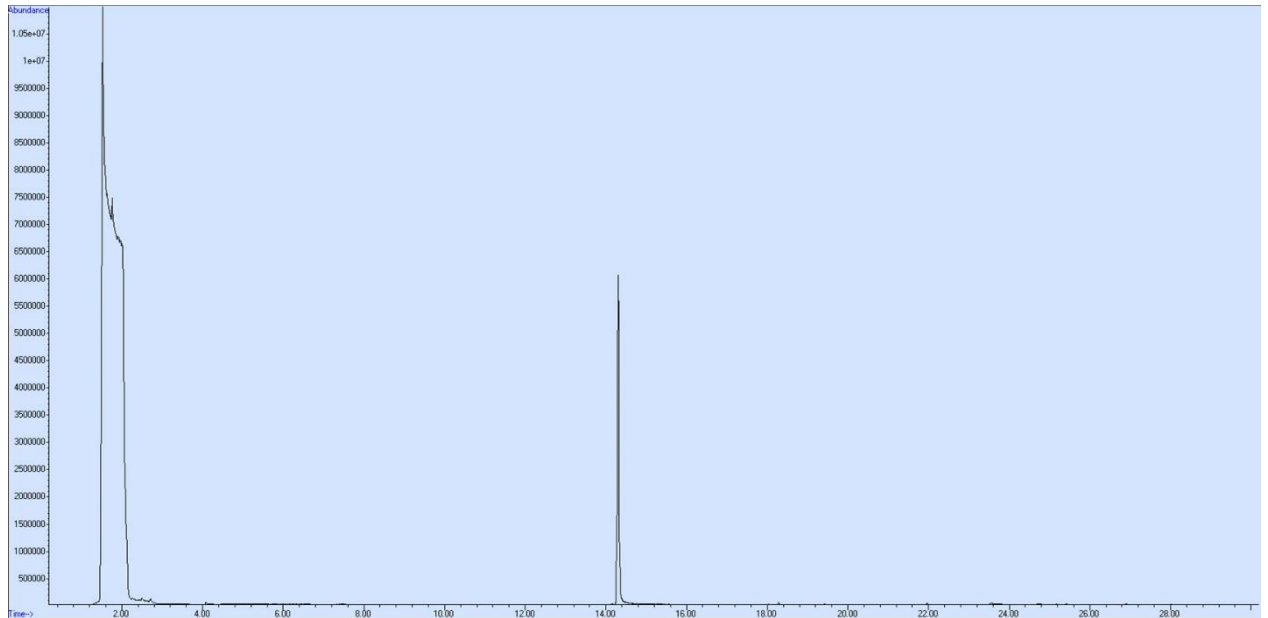


Comparaison spectre de référence d'acide acétique et un de nos pics

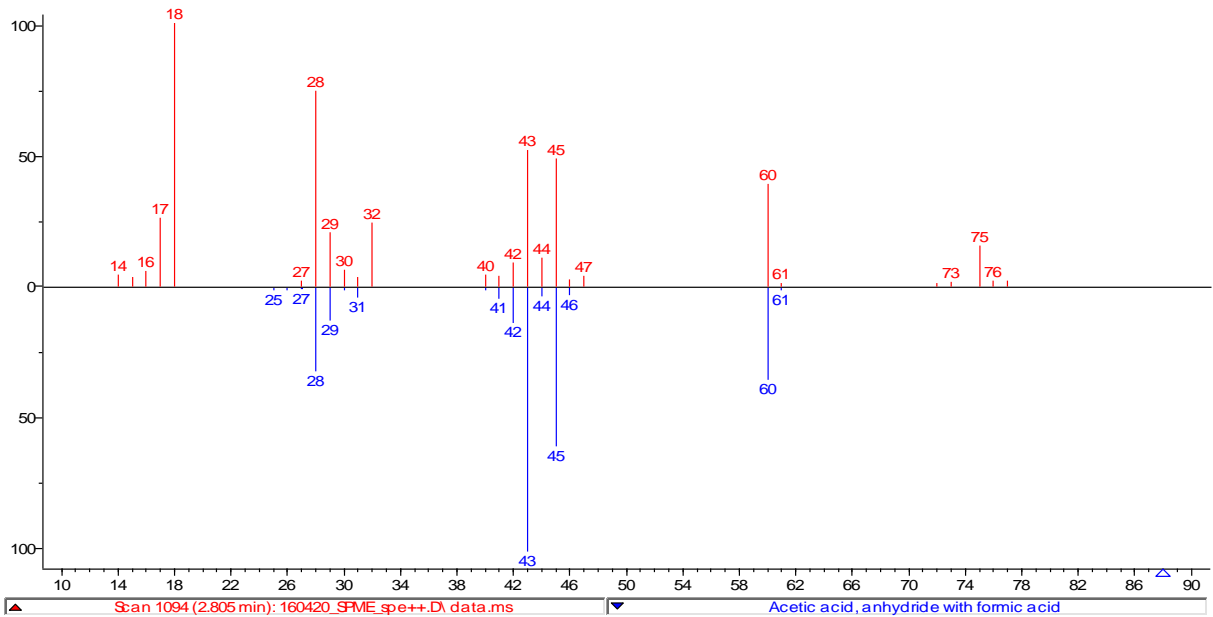


Comparaison spectre de référence de l'eau et un de nos pics

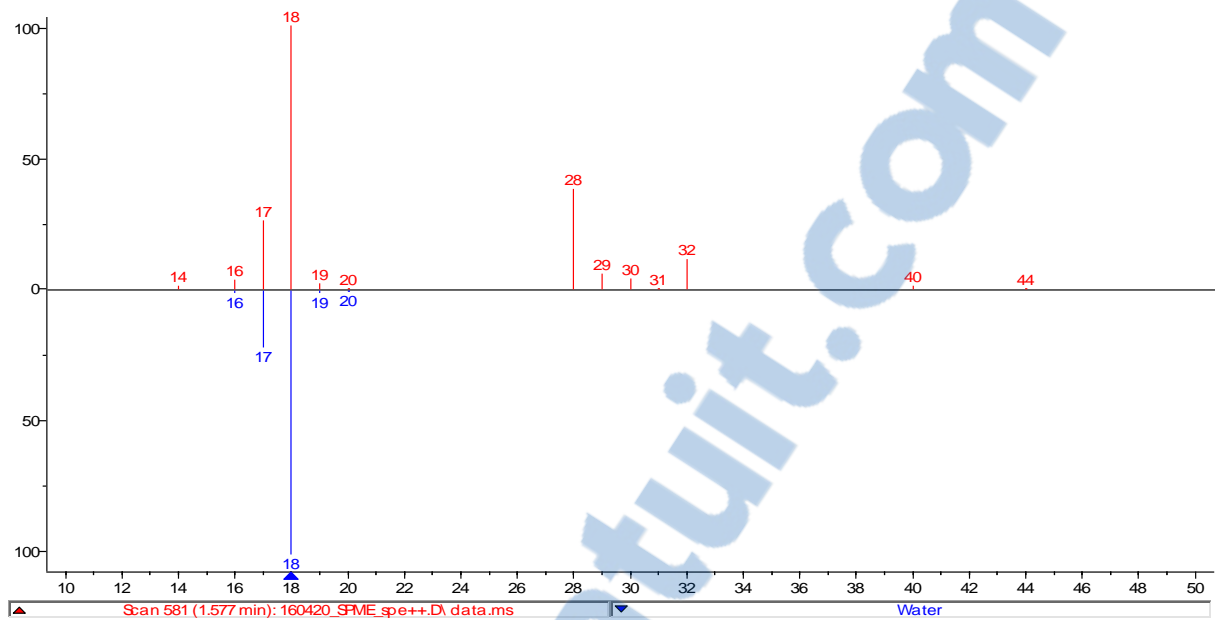
GC-MS Spécimen ++ :



Spectre général obtenu pour le fluide du spécimen ++



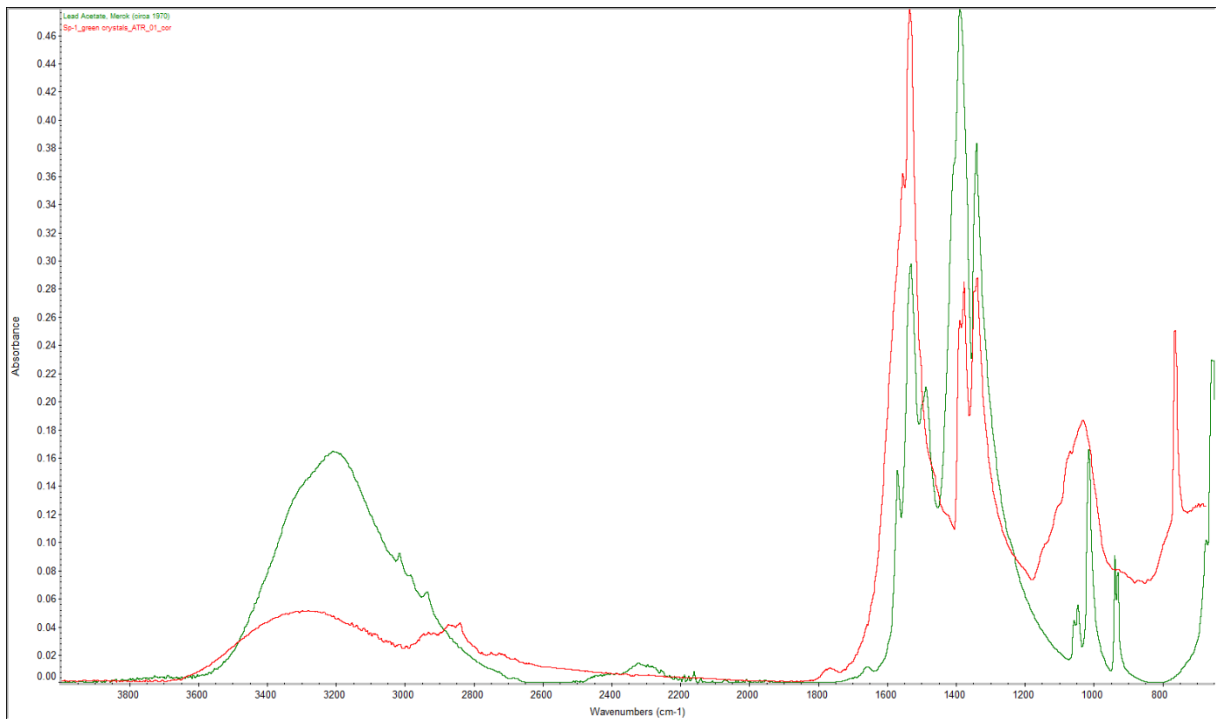
Comparaison spectre de référence de l'acide acétique et acide formique et un de nos pics



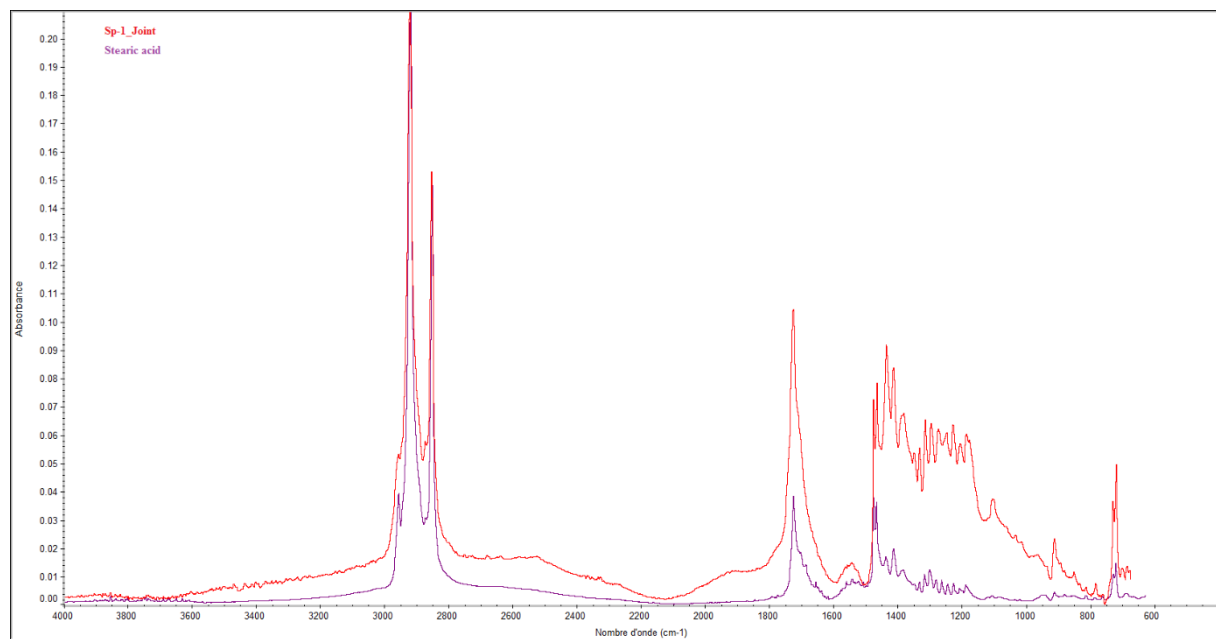
Comparaison spectre de référence de l'eau et un de nos pics

Rapport-Gratuit.com

FTIR Spécimen 1 :

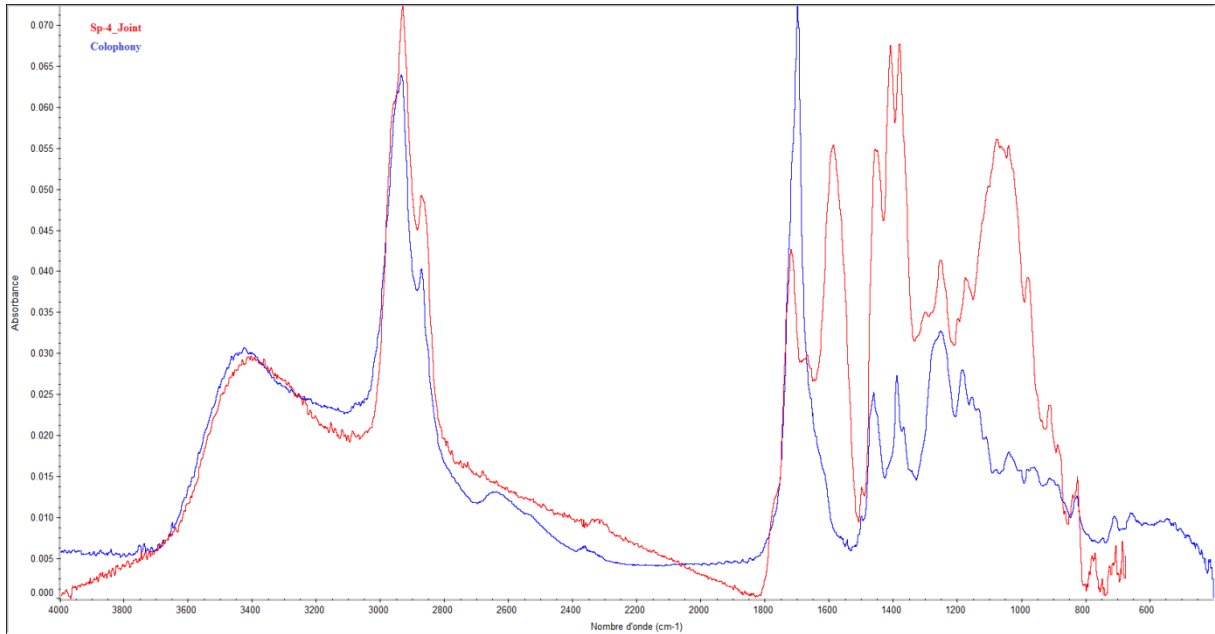


Comparaison spectre de référence acétate de plomb et notre cristallisation



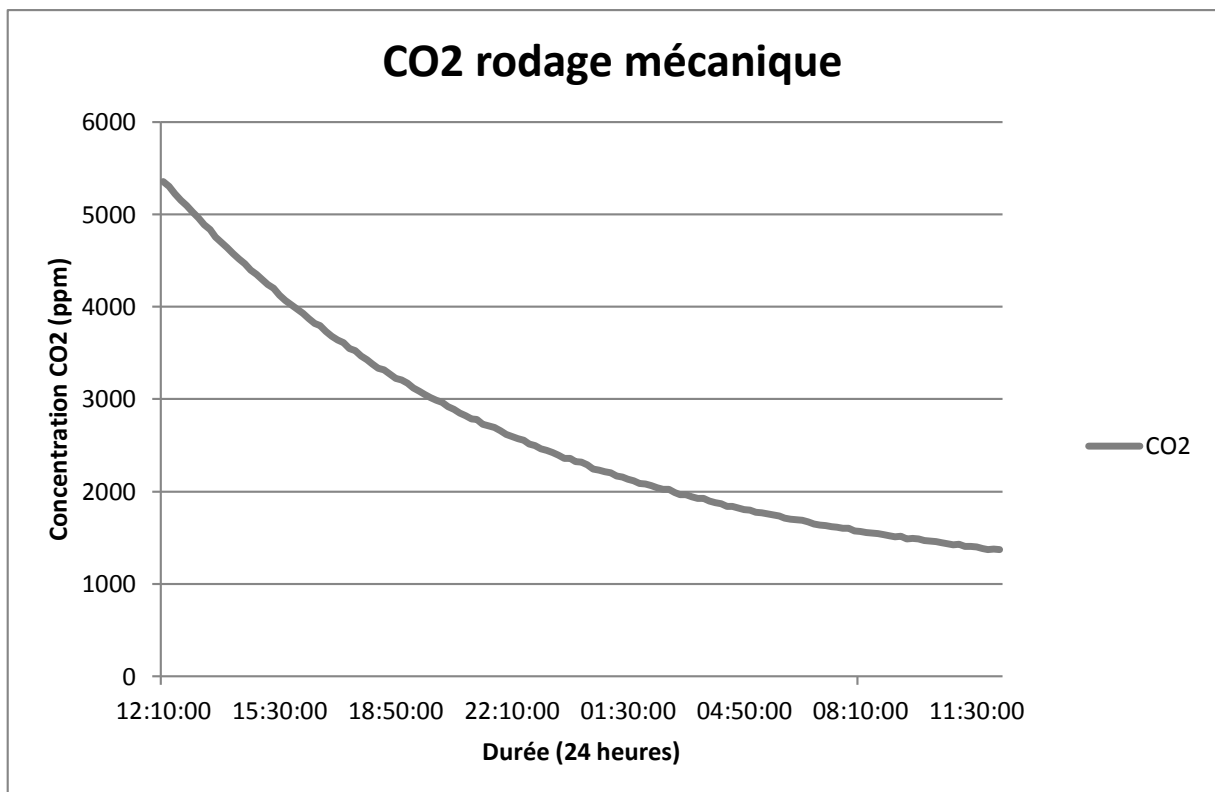
Comparaison spectre de référence de l'acide stéarique et du matériau de scellement du spécimen 1

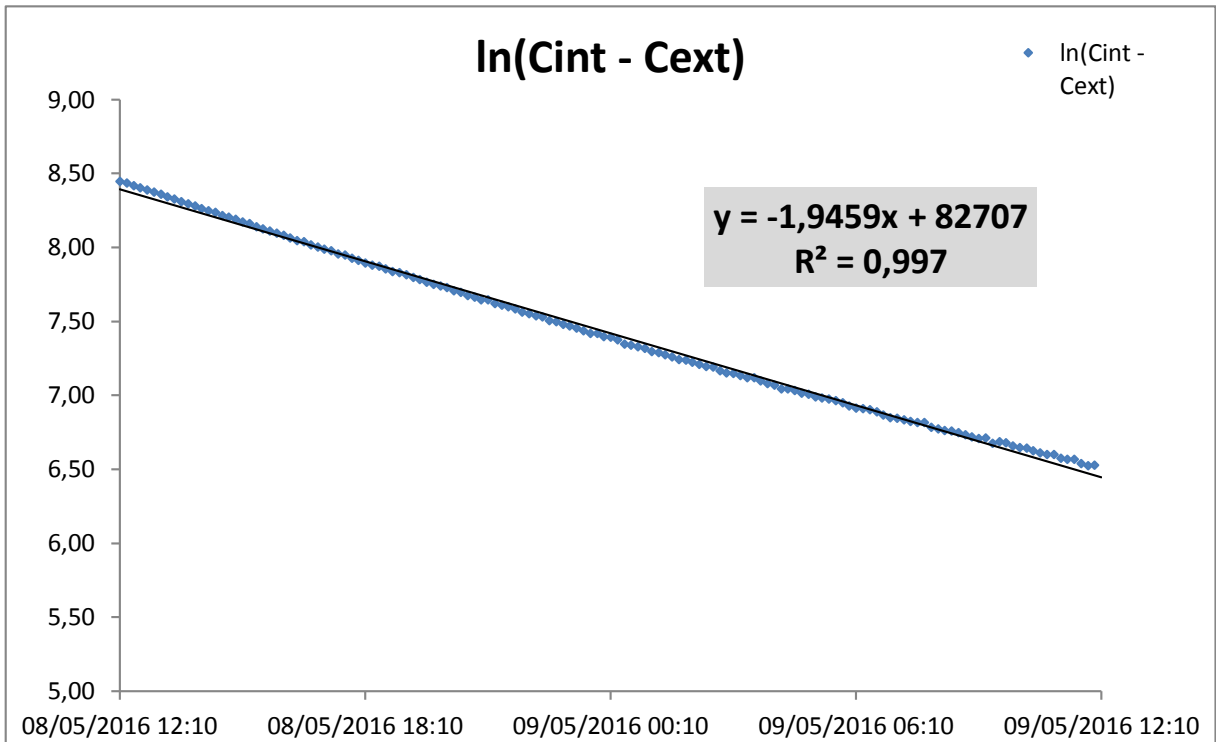
FTIR Spécimen 4 :



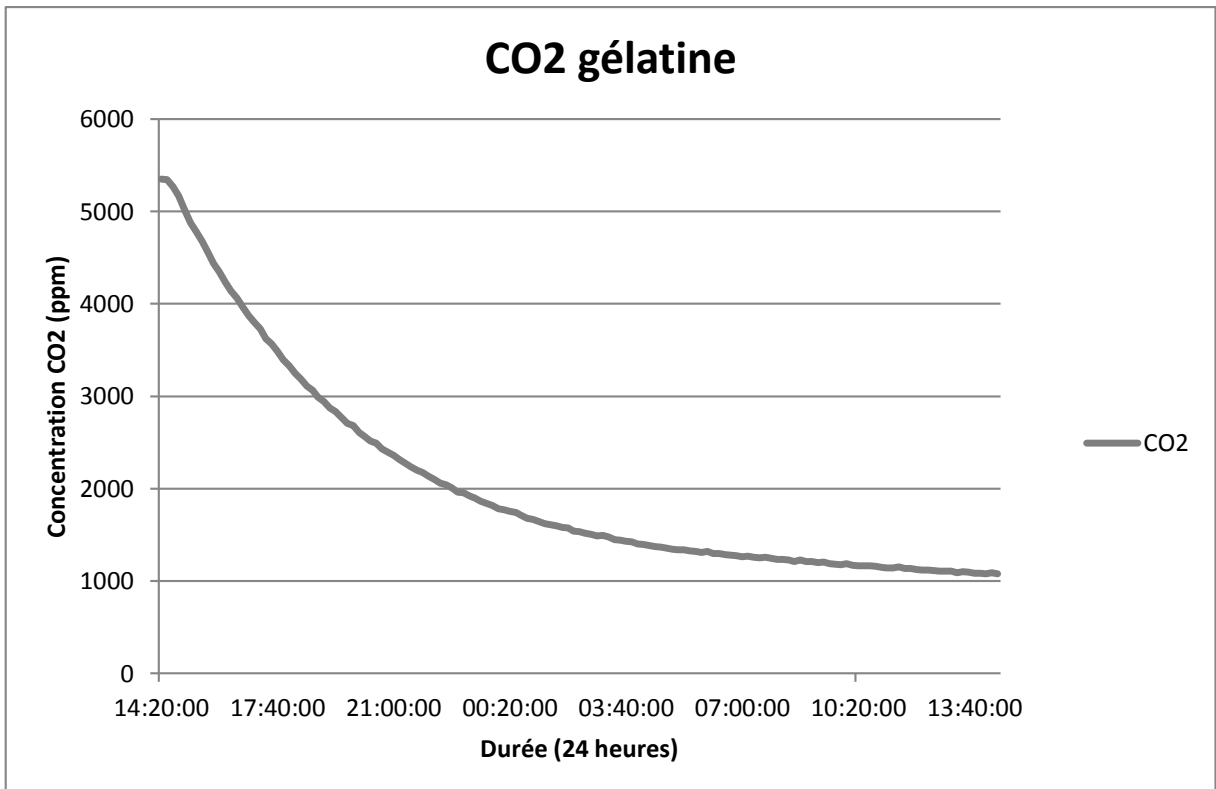
Comparaison du spectre de référence de la colophane et du matériau de scellement du spécimen 4

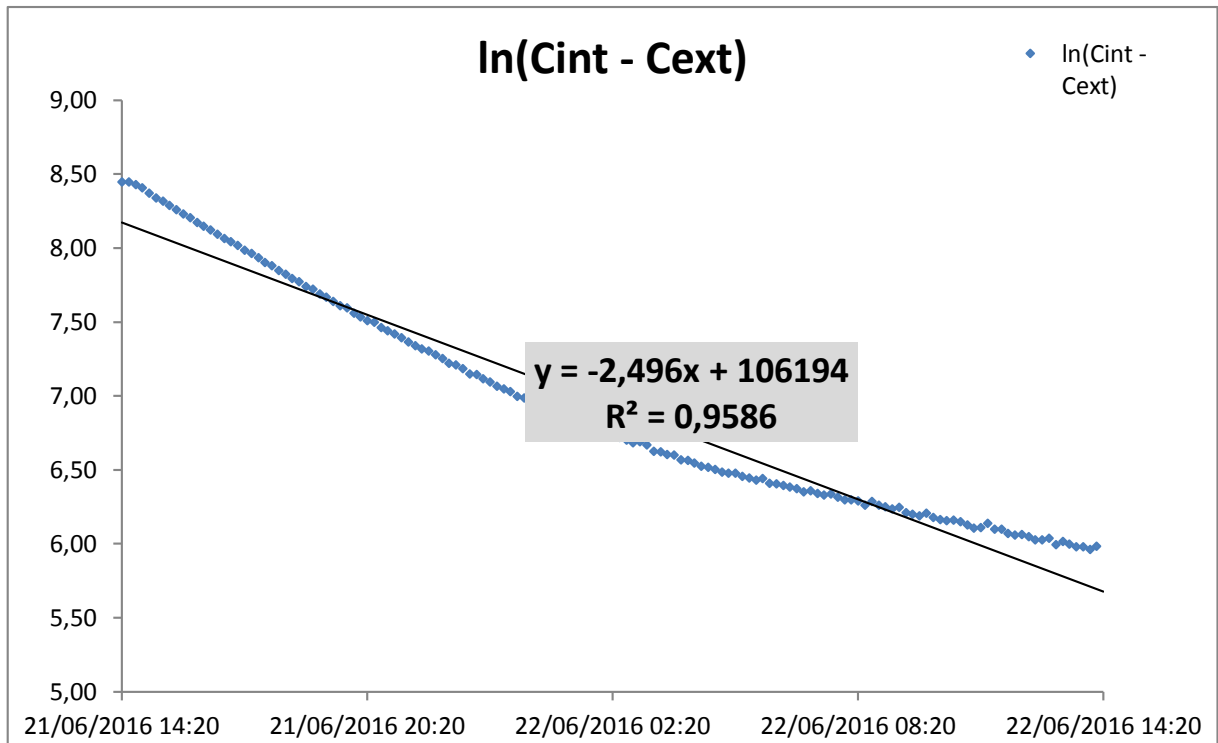
Graphique AER rodage mécanique :



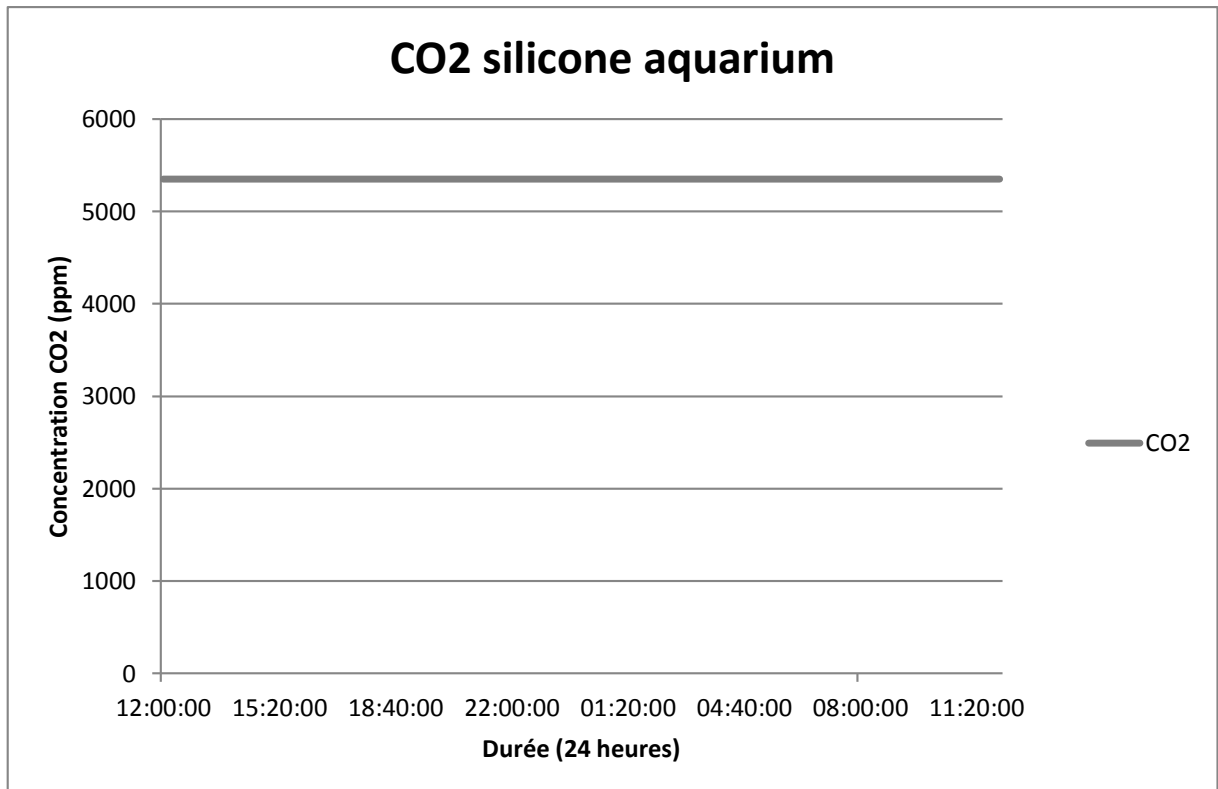


Graphique AER gélatine :

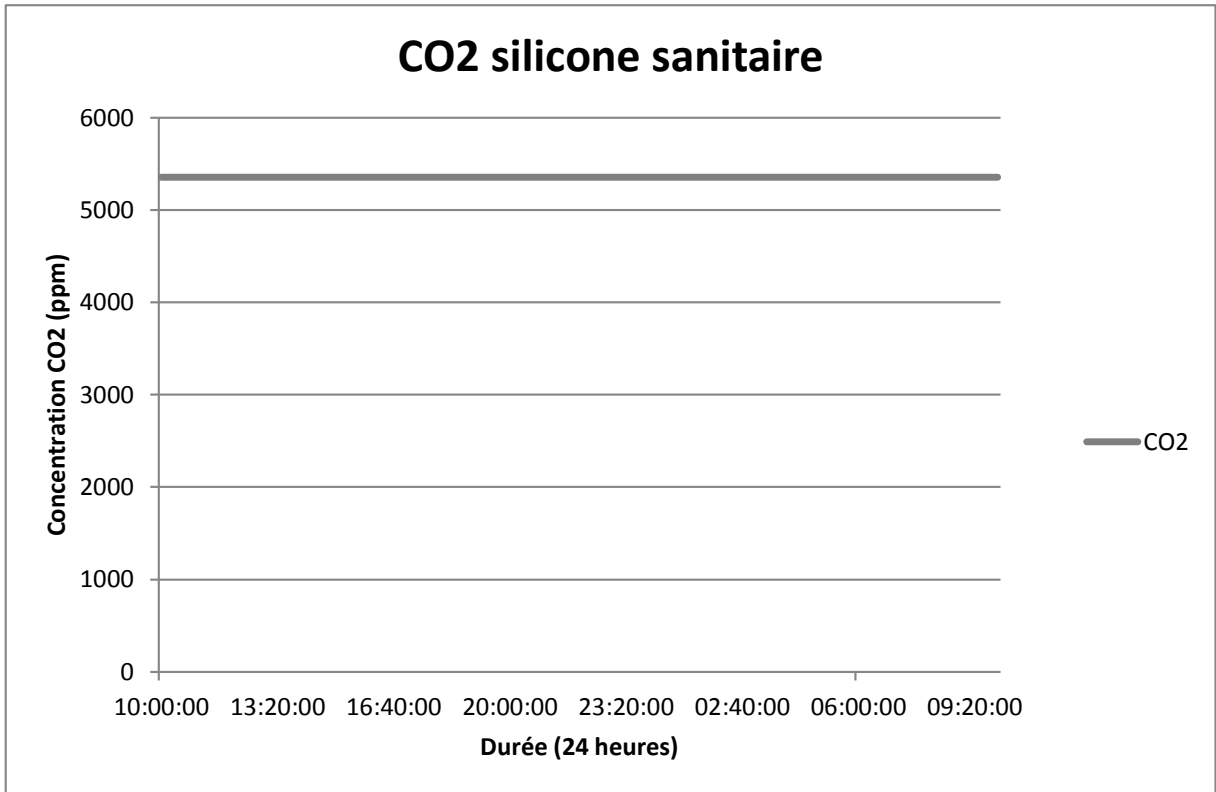




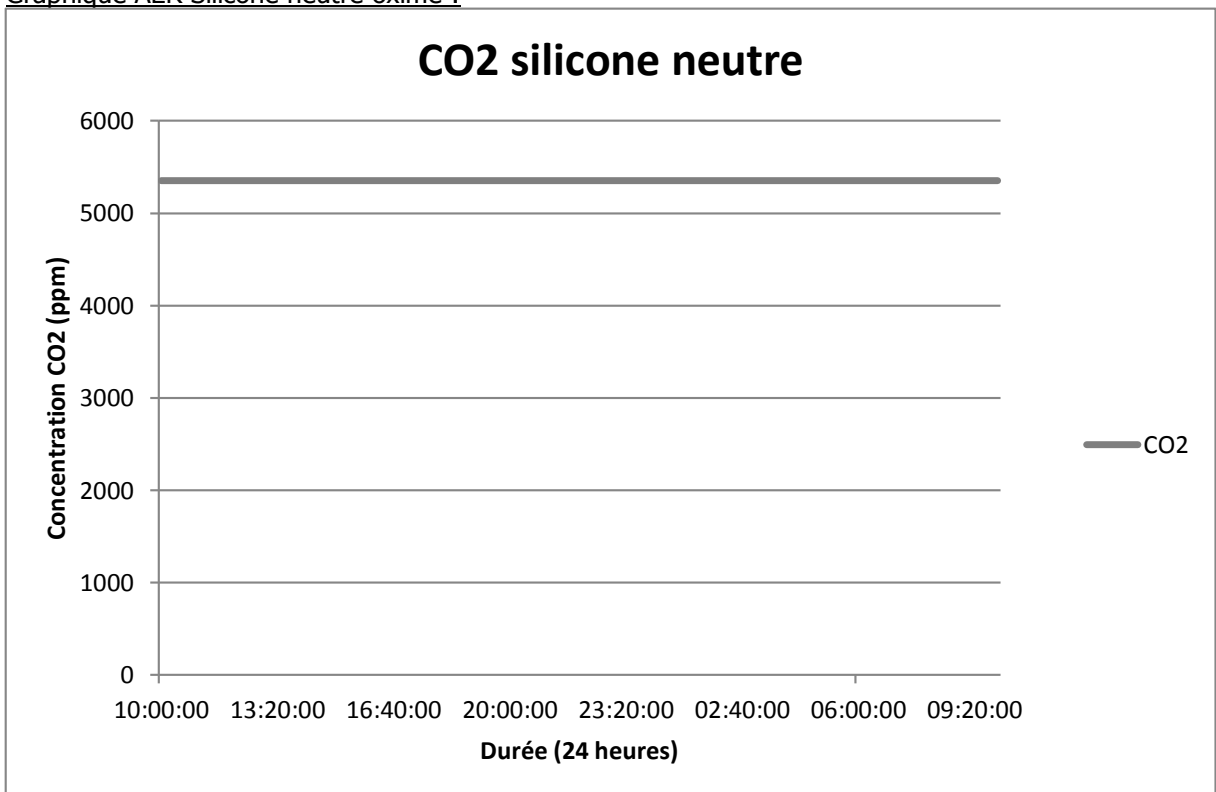
Graphique AER Silicone acétique aquarium :



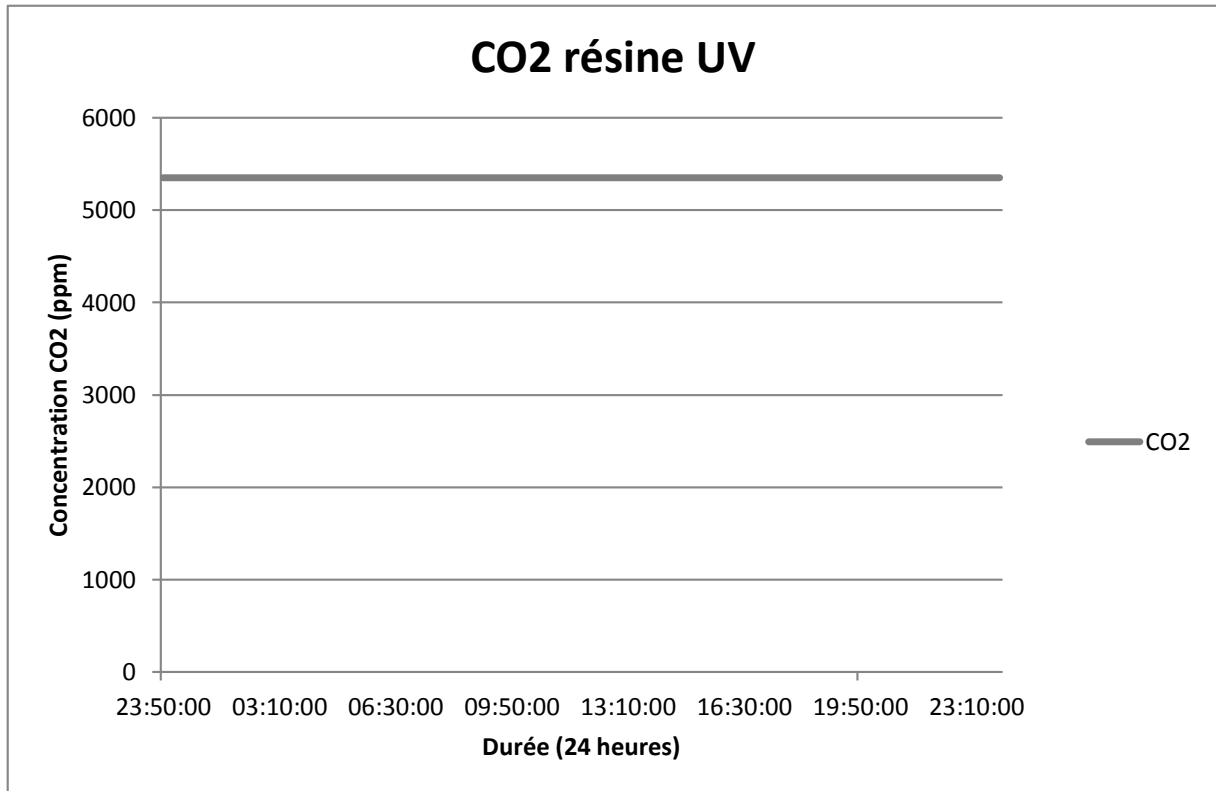
Graphique AER Silicone acétique sanitaire :



Graphique AER Silicone neutre oxime :



Graphique AER résine UV :



Annexes 6 : Fiches techniques et fiches de données de sécurité des produits utilisés

Collodion :

Fiche de sécurité : URL : http://www.merckmillipore.com/INTERSHOP/web/WFS/Merck-CH-Site/fr_FR/-/CHF/ProcessMSDS-Start?PlainSKU=MDA_CHEM-102644&Origin=PDP

Feutre Pigma Micron utilisés pour étiquettes internes

Fiche technique : URL : <http://www.atlantis-france.com/fr/marquage-etiquettes-recolement/48-stylos-feutres-micron-pigma.html>

NOA®61 : Norland Products Inc [En ligne]. Norland Products Inc [consulté le 10 juillet 2016].

Fiche technique : URL : <https://www.norlandprod.com/literature/61tds.pdf>

Fiche de sécurité : URL : <https://www.norlandprod.com/msds/noa%2061msd.html>

Silicone aquarium Coltogum®

Fiche technique : URL :

http://www.coltogum.ch/fileadmin/kundendaten/produkte/dichten/aquarium/TMB_Dichtmassen_Aquarium_fr.pdf

Fiche de sécurité : URL :

http://www.coltogum.ch/fileadmin/kundendaten/produkte/dichten/aquarium/SDB_Coltogum_Aquarium_310ml_CBS_500567_S_ch_fr.pdf

Silicone sanitaire Soudal®

Fiche technique : URL :

http://www.soudal.com/soudalweb/images/products/759/ID310_Silicone%20Sanitaire_Belgique_France%3%A7ais.pdf

Silicone neutre Würth®

Fiche technique : URL : https://www.wurth.be/media/downloads/pdf/brochures_1/Voegkitten_fr.pdf

Tylose :

Fiche technique : URL :

http://lascaux.ch/pdf/fr/produkte/restauro/58374.03_Cellulosen_Staerken_Polysaccharide.pdf