



**HAL**  
open science

# Conserver et exposer les microbes au tournant du vingtième siècle. Le cas de la première collection microbienne de l'Institut Pasteur

Mathilde Gallay-Keller

## ► To cite this version:

Mathilde Gallay-Keller. Conserver et exposer les microbes au tournant du vingtième siècle. Le cas de la première collection microbienne de l'Institut Pasteur. *Revue d'Anthropologie des Connaissances*, 2021, Un tournant microbien?, 15 (3). halshs-03338819

**HAL Id: halshs-03338819**

**<https://shs.hal.science/halshs-03338819>**

Submitted on 9 Sep 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



## Conserver et exposer les microbes au tournant du XX<sup>e</sup> siècle

Le cas de la première collection microbienne de l'Institut Pasteur

*Preserving and exhibiting microbes at the turn of the twentieth century. A*

*perspective on the first microbial collection of the Pasteur Institute*

*Conservación y exposición de los microbios al cambio del siglo XX. El caso de la primera colección microbiana del Instituto Pasteur.*

**Mathilde Gallay-Keller**

---



### Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/rac/24154>

ISSN : 1760-5393

### Éditeur

Société d'Anthropologie des Connaissances

Ce document vous est offert par Centre national de la recherche scientifique (CNRS)



### Référence électronique

Mathilde Gallay-Keller, « Conserver et exposer les microbes au tournant du XX<sup>e</sup> siècle », *Revue d'anthropologie des connaissances* [En ligne], 15-3 | 2021, mis en ligne le 01 septembre 2021, consulté le 08 septembre 2021. URL : <http://journals.openedition.org/rac/24154>

---

Ce document a été généré automatiquement le 8 septembre 2021.



Les contenus de la *Revue d'anthropologie des connaissances* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

---

# Conserver et exposer les microbes au tournant du XX<sup>e</sup> siècle

Le cas de la première collection microbienne de l'Institut Pasteur

*Preserving and exhibiting microbes at the turn of the twentieth century. A perspective on the first microbial collection of the Pasteur Institute*

*Conservación y exposición de los microbios al cambio del siglo XX. El caso de la primera colección microbiana del Instituto Pasteur.*

**Mathilde Gallay-Keller**

---

## Introduction

- 1 Ces dernières décennies, des artisans, des industriels et des scientifiques ont fait le double constat d'une perte de la diversité microbienne et de problèmes liés à la standardisation des micro-organismes, dans des secteurs aussi variés que l'agro-alimentaire, la santé, ou encore l'environnement : appauvrissement des complexes microbiens servant à la fermentation des aliments au Japon<sup>1</sup>, inefficacité d'espèces domestiquées du fait de leur trop grande standardisation dans la production de fromages (Lee, 2015), réduction de la diversité des microbiotes sous l'effet d'antibiotiques... À la suite de ces constats, des collections spécialisées et des biobanques ont vu le jour avec pour but d'étudier et de conserver sur le long terme les différents micro-organismes et leurs propriétés, voire de réintroduire la diversité microbienne (pour exemple, voire le « Global Microbiome Conservancy » étudié par Zimmer, 2021 ; voir aussi Keck, 2020)<sup>2</sup>. Face au productivisme et à l'hygiénisme, ces dispositifs apparaissent tantôt comme une « biologie du sauvetage » des micro-organismes (Zimmer, 2019) au sein d'un constat plus général de la biodiversité « en danger » (Dias & Vidal, 2016), tantôt comme des tentatives de remédier aux effets d'une microbiologie et d'une médecine dont le développement de l'antibiorésistance constitue une limite majeure.

- 2 Dans un tel contexte, des collections de micro-organismes plus anciennes, constituées au départ pour des usages divers, qu'ils soient expérimentaux ou taxonomiques, se sont aussi vues requalifiées. En 2019, je menais des entretiens ethnographiques au Centre de Ressources Biologiques de l'Institut Pasteur (IP) de Paris (qui comprend notamment une collection de bactéries et une collection de cyanobactéries), et au Muséum national d'histoire Naturelle (MNHN) dans les collections de Ressources Biologiques et Cellules cryoconservées (qui comprennent entre autres des microchampignons et des microalgues). Je fus frappée par les discours des professionnels de ces collections, qui indiquaient là aussi une volonté de remédiation. Lors de notre premier entretien, la responsable de la collection de cyanobactéries de l'IP me dit par exemple sur un ton de défi : « Qu'est-ce qui vous dit qu'avec mes cyanobactéries, je ne tiens pas la solution de demain à l'antibiorésistance ? Certaines de leurs molécules sont de très bons candidats ! »<sup>3</sup>. Au MNHN, la responsable de la collection de microchampignons m'expliquait quant à elle comment son équipe avait collecté des microchampignons « compagnons » du blé, puis les avaient testés pour identifier lequel serait capable de neutraliser un parasite répandu dans les cultures céréalières, pour le substituer à des pesticides<sup>4</sup>. Dans les deux cas, que ce soit pour remédier au problème de l'antibiorésistance ou à celui de l'utilisation de produits de synthèse polluants en agronomie, les candidats mis en collection et soumis à expérience n'étaient pas des micro-organismes modèles. Au contraire, ces professionnelles des collections – l'une expérimentatrice chevronnée de l'IP, l'autre naturaliste reconnue au MNHN – étaient toutes deux en quête de micro-organismes non standardisés, voir nouvellement découverts, capables d'agir localement sur un autre organisme pour répondre à des problématiques biomédicales ou environnementales. Dans les deux cas aussi, les techniques d'isolation et d'identification du vivant, puis de conservation sous forme fonctionnelle (mises en culture successives dans la collection de cyanobactéries de l'IP, cryoconservation pour les microchampignons au MNHN) étaient essentielles pour réaliser de tels projets, dans le sens où ce sont elles qui permettent de mobiliser un micro-organisme précis au moment souhaité pour les expérimentations.
- 3 La constitution récente de collections dans le but de préserver la diversité microbienne, comme la réorientation de collections plus anciennes à partir des ressources de la biodiversité, illustrent bien la tentative de dépassement d'une manière de produire des connaissances (et éventuellement de les appliquer à l'industrie) à partir de (micro)organismes modèles. Depuis le premier tiers du XX<sup>e</sup> siècle, la standardisation d'organismes vivants – dont l'histoire a bien été retracée pour certains animaux, insectes et végétaux comme des souris, des drosophiles, ou encore des maïs (Canguilhem, 1951 ; Keller, 2000 ; Strasser, 2019) – s'est en effet également développée pour ce qui concerne les micro-organismes, via des collections vivantes et des biobanques produisant, conservant et distribuant des micro-organismes standardisés. On peut citer comme point de repère l'American Type Culture Collection (ATCC), créée en 1911 à New-York, au départ pour fournir à des microbiologistes travaillant dans des milieux académiques ou industriels des souches de microorganismes divers, standardisées d'abord dans le sens où elles étaient cultivées de manière à être isolées « pures » et stabilisées (Strasser 2019, p. 34). Alors qu'une telle production de micro-organismes standardisés n'a cessé de croître depuis les années 1970 à l'ère de « la biologie à grande échelle » (Pontille *et al.*, 2007, p. 197) à la fois en quantité et en degré de standardisation (avec des micro-organismes génétiquement modifiés), ce qui a parfois été qualifié de « tournant microbien » actuel peut être compris, dans le cadre de

collections microbiennes aujourd'hui, comme un ensemble d'intentions et de pratiques qui se détournent de la standardisation des micro-organismes, et visent au contraire à : 1) les (re)considérer dans leur extrême diversité et 2) à prêter attention à ce dont chacun d'entre eux est capable en termes d'(inter)actions avec d'autres organismes au bénéfice des humains et de l'environnement (Brives, 2011 ; Gallay-Keller, 2020).

- 4 Précisément parce qu'il s'agit ici de s'intéresser à des espèces dans leur diversité et à leurs fonctions dans des processus biologiques et écosystémiques, ce tournant microbien paraît propice à reconsidérer les frontières entre les sciences de la vie dites « naturalistes » et celles dites « expérimentales ». Dès 2013, l'historien des sciences Bruno Strasser a analysé que la façon de problématiser les sciences de la vie en opposant les sciences biologiques à l'histoire naturelle ne permet pas de bien rendre compte du développement récent de recherches où on assiste à des pratiques « basées à la fois sur l'expérimentation et sur l'approche comparative d'une grande diversité d'organismes »<sup>5</sup>. Selon lui, ce « nouveau régime de production des savoirs » doit nous amener à reconsidérer l'imbrication actuelle des pratiques et des catégories attribuées aux expérimentateurs ou aux naturalistes, mais aussi à remettre en question « le récit standard de l'histoire de la biologie »<sup>6</sup>, dans lequel on distingue les pratiques naturalistes (qui visent à collecter, observer, comparer, nommer, et classer les organismes) des pratiques expérimentales (essentiellement réalisées sur des animaux de laboratoires et des organismes modèles) (Strasser, 2019).
- 5 Le cas des premières collections vivantes de micro-organismes est alors particulièrement intéressant, car les frontières établies entre science naturelle et microbiologie, muséums et laboratoires, classification et expérimentation, y semble perméables, comme dans le cas de l'ATCC ou de la collection Král créée à Prague en 1890, et dont le projet initial était un « musée des bactéries » conservées vivantes (Kocur, 1990, p. 8).
- 6 C'est dans cet esprit que je propose dans cet article d'analyser le dispositif oublié de la première collection microbienne de l'IP à Paris, depuis sa constitution en 1889 à la suite de l'ouverture de l'Institution, et durant toute la période où elle fut développée par son curateur, le pasteurien Jean Binot (entre 1896 et 1909). Cela à partir de deux interrogations. Si les institutions naturalistes tiennent une place de choix dans le projet de dénomination et de classification du vivant, la collection microbienne de l'IP (avec sa vocation première de conserver des microbes pathogènes pour servir de support expérimental à l'enseignement de la microbiologie) fut-elle pour autant étrangère au projet de classer le vivant microscopique dans toute sa diversité ? Par ailleurs, si les biotechnologies disponibles aujourd'hui pour conserver les microbes ont bien été décrites aux XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècles dans des collections de micro-organismes et des biobanques (Landecker, 2005 ; Kowal & Radin, 2016 et 2017) et apparaissent comme des outils indispensables du tournant microbien actuel, qu'en était-il au à la fin du XIX<sup>e</sup> et au début du XX<sup>e</sup> siècle à l'IP ?
- 7 Je documenterai d'abord quels furent les fonctions et usages de cette collection pour montrer que, si elle a effectivement participé de la microbiologie comme science biomédicale en conservant des microbes pathogènes, son curateur a également cherché à représenter les micro-organismes dans leur diversité (y compris ceux qui considérés bénéfiques), à les isoler et à les identifier de manière à ce qu'ils puissent servir de « références » – prenant ainsi part à l'entreprise de classification des microbes. Un second moment de l'article s'intéressera à la gestion biotechnologique de cette

collection, et montrera comment son curateur a cherché à mettre en place des techniques de vie latente des micro-organismes, encore utilisées aujourd'hui dans diverses collections naturalistes comme expérimentales. L'article interroge enfin la fonction mémorielle de cette collection, rendue explicite lorsque Jean Binot participe à des expositions universelles au cours desquelles il expose les microbes découverts par les premiers pastoriens. Je montre que ces dispositifs sacralisent l'héritage de Louis Pasteur et le transforment en patrimoine. Cette partie est donc l'occasion de revenir à la fois sur la diversité des raisons de conserver les microbes dans cette collection (la fonction mémorielle se superposant aux usages scientifiques) et sur le niveau de technicité atteint par son curateur. L'analyse est menée à partir des sources d'archives de l'IP Paris (qui comprennent des sources écrites ainsi que des objets comme des cartels d'exposition et des photographies), en les mettant au besoin en rapport avec des éléments de l'ethnographie menée à l'IP en 2019. Des sources secondaires sont également utilisées, en confrontant aux archives disponibles les récits hagiographiques produits par les pastoriens sur le mode de l'« autohistoire » (Legout, 1998, p. 339).

## Fonctions et usages de la première collection microbienne de l'institut Pasteur

### Les prémices de la collection : un ensemble de souches pour enseigner la microbiologie par l'expérimentation

- 8 Dans les sciences expérimentales, à laquelle se rattache au XIX<sup>e</sup> siècle aussi bien la physiologie que la microbiologie, l'expérimentation est jugée essentielle car c'est elle qui permet de connaître les fonctions et les processus du vivant. C'est dans cet esprit expérimental mis au service de la compréhension des mécanismes pathogènes qu'à partir de 1889 des souches pathogènes commencèrent à être cultivées avec régularité à l'IP pour servir de matériel de démonstration lors du « Cours de Microbie technique », premier enseignement de la microbiologie à l'Institut Pasteur. Dès l'ouverture de l'Institut en 1887, Louis Pasteur (1822-1895) avait souhaité que l'enseignement y tienne une place de choix aux côtés du soin et de la recherche contre les maladies, comme il le déclara lors de l'inauguration de l'IP, le 14 novembre 1888 : « [n]otre Institut sera à la fois un dispensaire pour le traitement de la rage, un centre de recherche pour les maladies infectieuses et un centre d'enseignement pour les études qui relèvent de la microbie »<sup>7</sup>. Le cours, payant et accessible sur dossier, se tint pour la première fois du 15 mars 1889 au 1<sup>er</sup> mai 1889 devant une quinzaine d'étudiants et quatre auditeurs libres. Il était dispensé par un proche collaborateur de Pasteur, Émile Roux (1853-1933), assisté d'un préparateur. À ce moment où Pasteur et Roux avaient déjà mis au point des vaccins vétérinaires et un vaccin humain contre la rage (1885) et où la science des microbes apparaissait comme la promesse de guérison prochaine d'autres maladies séculaires, ce cours rencontra un vif succès auprès d'étudiants et de praticiens français comme étrangers (médecins, vétérinaires, hospitaliers), si bien que les années suivantes la même session fut répétée trois fois par an, jusqu'à ce qu'une même session occupe une année complète (Faure, 1991). Roux basa le contenu du cours sur les découvertes des pastoriens de la première heure sur les maladies infectieuses, tout en lui donnant une structure propice à englober les nouveaux savoirs microbiologiques. Aussi, il confia rapidement quelques-unes des leçons à ses collègues Élie Metchnikoff

(1893) et Amédée Borrel (1900), et bientôt à d'autres pastoriens<sup>8</sup>, de manière que chacun expose ses propres recherches et que de plus en plus de maladies et problèmes de la bactériologie fussent traités<sup>9</sup>. Les premières leçons étaient consacrées à la présentation des microbes et à leur inoculation sur des animaux ; s'ensuivaient les exposés de bactériologie sur les germes pathogènes aérobie et anaérobie, ceux de virologie (rage...), de mycologie (teignes...), de protozoologie (paludisme...). Les dernières leçons abordaient les notions de virulence, d'immunité, et la pratique de la vaccination (Raynaud, 1964).

- 9 Le cours fut porté par l'ambition de Roux de dispenser une connaissance exhaustive et sans cesse actualisée des maladies infectieuses, mais aussi par sa capacité à manipuler concrètement les micro-organismes. Son succès reposa sur des leçons présentant la théorie microbienne, mais également sur le tandem formé par le professeur et son préparateur. Dans les laboratoires de biologie, le préparateur a pour tâche de réunir les conditions matérielles pour la réalisation des expériences. Avant l'ouverture de l'IP, Roux avait lui-même été préparateur pour Émile Duclaux (1840-1904) à la faculté des Sciences de Clermont-Ferrand et en Sorbonne, puis « inoculateur » pour le cours de Pasteur à l'École Normale (Simonet, 2018, p. 52). À travers ces fonctions puis par ses propres recherches, il avait acquis l'expérience des mises en culture des micro-organismes et était devenu un artisan actif de la méthode expérimentale par l'inoculation de pathogènes à des animaux de laboratoire. Précédemment, dans le cadre de l'enseignement de sciences expérimentales où la démonstration par une expérience est nécessaire pour accorder du crédit à la théorie présentée, des physiologistes tels que François Magendie (1782-1855) ou Claude Bernard (1813-1878) avaient opté pour reproduire leurs expériences sous les yeux de leurs étudiants, alors spectateurs (Canguilhem, 1966, p. 7). Lors de travaux pratiques du cours de microbiologie, les étudiants, devenus acteurs et guidés par le préparateur, réalisaient eux-mêmes les expériences – mettant à l'épreuve la leçon théorique et s'appropriant dans le même temps les techniques d'inoculation (Opinel, 2008). Dans ce cadre, le préparateur devient donc également le garant de l'expérience en temps réel, tant sur le plan du respect du protocole expérimental que sur des aspects de sécurités liés à la manipulation de pathogènes.
- 10 Alexandre Yersin (1863-1943), médecin suisse qui assistait Roux dans ses travaux sur la diphtérie, fut en 1889 le premier préparateur du cours. C'est pour fournir aux étudiants l'ensemble du matériel nécessaires aux travaux pratiques qu'il réunit des micro-organismes vivants, tout comme il fallait se procurer des souris, des lapins ou des pigeons. Pendant ces travaux, le microbe était en effet l'une des composantes de l'expérience, l'autre acteur de la scène expérimentale étant un animal, lui aussi vivant et auquel on inoculait le pathogène pour constater les effets pathologiques engendrés. Comme on élevait dans des cages des séries d'animaux de laboratoire nécessaires pour mener des expériences et tester la robustesse de leurs résultats en les reproduisant (Canguilhem, 1951), Yersin se mit à cultiver régulièrement une grande quantité de microbes, soigneusement identifiés et séparés les uns des autres, pour fournir lors de chacun des travaux pratiques les cultures du micro-organisme approprié au sujet du cours – et donc de la maladie abordée. Ce que les microbiologistes faisaient déjà confidentiellement, avec les quelques souches qui les intéressaient pour leurs recherches spécifiques, Yersin se mit à le faire dans un but de transmission, avec une plus grande variété de pathogènes et dans des proportions croissantes à mesure que les

étudiants du cours se faisaient plus nombreux. Ce premier regroupement de souches pour l'enseignement fut le point de départ de la collection microbienne de l'IP. Dès sa constitution, cette collection servit également à des recherches sur les maladies infectieuses menées dans les services de l'IP.

- 11 Après une année à peine de mise en culture des micro-organismes et de supervision des étudiants, Yersin jugea les tâches liées à la collection trop répétitives. Il devint médecin des Messageries Maritimes (1890) et partit à Hong-Kong où il identifia le bacille de la peste (1894). Après lui, plusieurs jeunes médecins qui avaient suivis le cours se succédèrent au poste de préparateur. Entre 1890 et 1893, ce fut Waldemar Haffkine, Charles Nicolle, Maurice Nicolle, qui prêtèrent attention à réunir de nouvelles souches. Puis, entre 1893 et 1896, Amédée Borrel, Marcel Mérieux, et enfin Victor Morax leur succédèrent. Tous restèrent peu de temps à ce poste qu'ils considérèrent comme un tremplin à leurs carrières<sup>10</sup>.
- 12 Alors que les historiens disponibles du cours sous-estiment fréquemment le rôle de la collection et de ses préparateurs dans l'enseignement de la microbiologie (Dedet, 2007, pp. 46-52), ce qui précède montre que le cours reposait sur la matérialité de la collection et sur les capacités de son préparateur. Cette collection de micro-organismes cultivés de l'IP eut avant tout une fonction pédagogique de diffusion des savoirs microbiologiques pratiques et théoriques acquis sur les maladies infectieuses et les microbes responsables, et une fonction secondaire de support à la recherche sur les maladies infectieuses. Par ces fonctions à destination de collectifs (celui des étudiants, celui des pastoriens), elle participe de l'institutionnalisation de la microbiologie pastoriennne, et se différencie des collections particulières ou ensembles de souches plus modestes et spécialisés que chaque microbiologiste pouvait cultiver en les partageant avec ses proches collaborateurs. Dès la création de cette collection, les micro-organismes y sont conservés vivants, car cet état est le seul adapté à l'usage expérimental – et attendu dans cette tradition de recherche – que l'on souhaite en faire. Ce qui semble, à priori, distinguer cette collection de l'IP des démarches de naturalistes contemporains de Pasteur intéressés par les micro-organismes, qui collectèrent puis dessinèrent ou conservèrent des espèces microscopiques inertes dans une optique taxonomique – comme Ernst Haeckel (1834-1919) dont les monographies de radiolaires et de siphonophores qu'il effectua entre 1862 et 1888 participèrent à faire entrer au panthéon naturaliste ces êtres marins jusque-là peu étudiés, ou comme le microscopiste Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876) à qui l'on doit une grande collection « d'échantillons, de préparations microscopiques, de dessins, de lettres » dans laquelle les spécimens microscopiques sont comparés entre eux et classés, puis conservés sous la forme de préparations séchées (Lazarus & Jahn, 1998, p. 276).

### **Une collection de référence. Établir la confiance avec la communauté scientifique par la qualité des relations et la qualité des souches**

- 13 Lorsque Jean Binot (1867-1909) devient à son tour préparateur de la collection en 1896, il continua d'effectuer le travail d'entretien et de fourniture de souches pathogènes pour les cours et les pastoriens. Cependant, il chercha à faire des micro-organismes mis en collection *plus* que du matériel de démonstration pédagogique, et *plus* qu'un ensemble pour la recherche pastoriennne. Par sa gestion singulière, il imposa



progressivement les micro-organismes collectionnés comme des « référents scientifiques » (Latour 2007 [1993] ; Daston & Galison, 2015), et développa la collection elle-même comme une « collection de référence » (Pontille, Milanovic & Rial-Sebbag, 2007) pour la communauté des pastoriens et au-delà – distribuant désormais des souches également à l’extérieur de l’IP<sup>11</sup>.

- 14 La question de la référence en science a fait l’objet d’une vaste littérature. Pour les chercheurs en science de la vie, la nécessité de référents se présente à plusieurs niveaux, qui impliquent nécessairement un processus d’« induction » (Latour, 2007 [1993], p. 217). Il s’agit tout d’abord pour eux d’extraire des spécimens de l’immensité de la “nature” (trop vaste pour être prise dans son entièreté comme objet de savoir), pour en faire des objets du travail scientifique (Daston & Galison, 2015, p. 30). Parmi eux, les chercheurs en science de la vie sélectionnent encore des « référents de référents », de manière à incarner dans des spécimens ou des échantillons des normes (qui correspondent à la fois à un état du savoir et à ce que l’on attend de ces référents). Ces spécimens doublement distingués, et précieusement conservés sur le temps long dans les « archives de la science » (Daston, 2017) serviront de référents partagés à un niveau international par les diverses communautés scientifiques dispersées dans l’espace et dans le temps (Daston & Galison, 2015, p. 31). C’est en ce sens que l’on peut parler par exemple de « collections [entières] de références » dans l’univers des biobanques (Pontille, Milanovic & Rial-Sebbag, 2007), ou encore de « types » dans les collections d’histoire naturelles – c’est-à-dire un spécimen inerte ayant le premier été décrit et nommé scientifiquement, représentant toute l’espèce, et auquel il sera nécessaire de se référer pour toute publication scientifique au sujet de cette espèce (Daston & Galison, 2015, p. 134).
- 15 Au moment où Binot fut le curateur de la première collection microbienne de l’IP, les cadres nationaux et internationaux qui régulent à l’heure actuelle la mise en banque et la circulation d’échantillons biologiques étaient inexistantes : pas de « normes juridiques », de « guides de bonnes pratiques », ni de « dispositifs de certification », que David Pontille, Fabien Milanovic et Emmanuelle Real-Seebag décrivent comme « autant de moyens de réguler la production et la circulation des ressources biologiques » au XXI<sup>e</sup> siècle (2007, § 11). Cependant, je vais montrer que, même en l’absence de dispositifs de certification, la collection gérée par Binot devint une collection de référence car Binot parvint à développer une forme de *confiance* de la communauté scientifique vis-à-vis de la collection, confiance qui reposa à la fois sur la qualité des relations qu’il entretenait avec ses interlocuteurs, et sur la qualité des échantillons qu’il fournit<sup>12</sup> (comme le montrent aussi Stephens, Atkinson & Glasner à propos de la mise en banque de cellules souches au XXI<sup>e</sup> siècle, dans leur article de 2007 au titre éloquent : « internationaliser des standards, mettre en banque avec confiance », qui montre que ces biobanques se donnent pour rôle aussi bien de garantir la « légitimité morale » que la « pureté biologique » des échantillons).
- 16 Comme en témoigne sa correspondance disponible (une trentaine de lettres relatives à l’enrichissement et à la distribution des souches) Binot s’appuya d’abord sur les anciens étudiants et préparateurs du cours pour enrichir la collection (par exemple Charles Nicolle devenu directeur de l’IP de Tunis) puis il habitua des médecins, des vétérinaires, des savants en France et à l’étranger, mais aussi des industriels, à passer par la collection pour déposer ou recevoir des souches. Une seule lettre de demande, en provenance de l’École vétérinaire de Lyon, s’enquière d’un prix des souches. Les autres

lettres indiquent plutôt que Binot mit en place un système basé sur la confiance et l'échange : le découvreur d'une souche (ou un autre microbiologiste la cultivant) la dépose dans la collection, en échange de quoi Binot lui envoie à son tour d'autres souches lorsque ce dernier en a besoin. Lorsque la découverte d'un micro-organisme n'a pas encore donné lieu à publication, Binot « promet » de ne pas le distribuer. Il partage par ailleurs volontiers ses propres recherches. Il écrit par exemple, dans une lettre datée du 30 novembre 1901 « Mon cher confrère, je vous adresse ci-joint un microbe du beurre que j'ai isolé et non décrit encore. Voici dans quelles circonstances je l'ai isolé. J'avais recueilli près de 90 échantillons [...] »<sup>13</sup>. Cet autre extrait, cette fois-ci de la correspondance entre Binot et le vétérinaire Adrien Lucet, résume bien ce système basé sur des relations de confiance :

Monsieur, conformément à la promesse que je vous ai faite, je vous adresse aujourd'hui, par la poste, port recommandé, n° 1, Un aspergillus noir, non pathogène, actuellement à l'étude en vue de sa détermination botanique exacte [...]; n° 2, Un autre aspergillus noir qui m'a été nommé par l'Institut Pasteur de Lille [...], analyse sur laquelle je souhaite porter modification dans une publication prochaine<sup>14</sup>.

- 17 Cette qualité des relations, que Binot entretenait via le réseau de donateurs-utilisateurs de la collection dans un contexte de science pourtant concurrentielle<sup>15</sup>, se double d'une préoccupation constante pour la qualité des souches collectionnées et distribuées. Les lettres de Binot qui accompagnent l'envoi de souches demandées en précisent le nom, l'origine, et dans quelles circonstances les micro-organismes ont été isolés avant d'entrer en collection. Binot engageait ainsi ses correspondants à la même rigueur lorsqu'ils étaient dans le rôle de donateurs. Ce qu'il mit en place, c'est donc un système de documentation des microbes par la communauté des donateurs-utilisateurs, et dans le même temps une traçabilité des échantillons, comme en témoigne aussi une étiquette simple (conservée dans les archives de la collection), qui nécessitait que l'on renseigne systématiquement pour chacun des micro-organismes collectionnés son nom et son origine. Ces étiquettes furent apposées sur les pots en métal cylindriques qui contenaient chacun une douzaine de tubes de verre d'un même micro-organisme multiplié<sup>16</sup>. Une fois des souches reçues, Binot les contrôlait en les cultivant pour s'assurer d'en conserver une forme pure, et participait aussi parfois à leur identification<sup>17</sup>. Cette étape de contrôle systématique correspond à ce que l'on appelle dans les collections actuelles de l'IP un « contrôle qualité », et permit à Binot de gagner la reconnaissance d'une communauté scientifique toujours plus large : la confiance se gagne aussi sur la base d'échantillons irréprochables.
- 18 Sans que l'IP n'ait le monopole de la « référence » – quelques autres collections, comme la collection Král, avaient aussi ce rôle à l'international (Uruburu, 2002, p. 101) – avec cette collection envisagée comme une plateforme centralisant à l'IP les allers et venues d'échantillons contrôlés de microbes, Binot permit à l'IP Paris de ne pas dépendre de ces autres collections de référence, et de prendre place parmi elles. Comme en témoigne Roux à la mort de Binot, « Il comprit que, dans un grand institut microbiologique, l'enseignement et les recherches seraient singulièrement facilités par l'existence d'une collection de tous les microbes connus et provenant d'une origine authentique. Il a entrepris de doter l'Institut Pasteur de cet outil de travail indispensable » (Roux, 1912, p. 34).

## Jean Binot ou le projet d'une collection « de tous les microbes connus »

- 19 Dans l'unique biographie disponible de Binot, René Valléry-Radot mentionne lui aussi qu'il prit en charge l'ensemble qui avait été constitué par Yersin avec pour ambition de doter l'IP d'une collection exhaustive : « [il] ensemençait par douzaines des tubes, des boîtes de Pétri. Déjà, son désir fixe était d'arriver à constituer un jour [...] la plus grande réunion de tous les microbes connus » (1912, p. 13). Mais que signifiait, de la part de Binot, un tel projet ? Est-il comparable à celui de collections naturalistes, visant depuis le botaniste Karl von Linné la classification taxonomique du vivant dans son exhaustivité, par comparaison des spécimens et par l'observation de leurs caractères visibles (Linné, *Systema Naturae*, 1735) ? Lorsqu'il arriva à l'IP à 27 ans, en 1894, Binot avait effectué des études de médecine, son service militaire dans le service de Louis-Félix-Achille Kelsch (connu pour son travail sur la propagation des épidémies dans l'armée) et été préparateur adjoint d'histologie au Collège de France<sup>18</sup>. Sa thèse, une étude expérimentale sur le tétanos, prolongeait les travaux de Roux à ce sujet (Binot, 1899). La recherche d'exhaustivité de la part de Binot peut donc d'abord se comprendre dans le sens où elle faisait écho à l'ambition du cours de Roux : en miroir du grand répertoire des savoirs sur les maladies infectieuses que se voulait être ce cours (assimilant les connaissances à mesure qu'elles étaient produites), Binot développa la collection comme un répertoire matériel des micro-organismes (ensemble qui lui aussi intégrerait tout nouveau microbe découvert). Cependant, si Roux envisageait la microbiologie avant tout comme une science médicale et avait centré la majorité des travaux du cours sur des expériences impliquant des pathogènes, Binot augmenta aussi la collection avec des formes de vie non pathogènes, en accord avec son intérêt propre pour la diversité du vivant. À titre personnel, il collectait depuis l'enfance des insectes, s'affilia à la société entomologie de France, et entrepris un stage dans un laboratoire de biologie marine pour étudier faune et flore sous-marine. À la faculté, il suivit les cours de Raphaël Blanchard (1857-1919), médecin et zoologiste qui contribua à l'essor de la parasitologie en liant à sa chaire à la Faculté de médecine de Paris un musée qui exposait sa collection de parasites, conservés inertes (Osborne, 2008). La capacité de Blanchard à réunir histoire naturelle et études pathologiques furent l'un des modèles de Binot.
- 20 Au-delà du parcours de Binot qui en fait un bon candidat dans la liste des chercheurs hybrides, mi-expérimentateurs et mi-observateurs analysés par Strasser (2019), on peut se pencher sur la collection elle-même pour répondre à notre interrogation, en tentant d'abord de préciser quels furent les microbes stockés par Binot. En l'absence d'un registre ou d'un catalogue des souches pendant les années où il en fut le curateur, les sources ne permettent pas d'établir une liste complète (comme il est possible de le faire pour la collection Král grâce aux catalogues préservés de 1900 et 1911, voir Kocur, 1990, pp. 7-9). Elles permettent cependant de mieux cerner ce que fut cet ensemble de « tous les microbes connus », à partir des questionnements suivants : quel(s) genre(s) de microbes sont envoyés et distribués par Binot ? Les microbes découverts par les premiers pastoriens, y compris ceux « utiles », étaient-ils représentés dans cette collection ? La correspondance déjà mentionnée atteste que Binot se préoccupa de stocker au sein de la collection des microbes pathogènes, mais également de micro-organismes considérés comme des agents bénéfiques dans divers processus. On peut

recenser d'après ces lettres des bactéries pathogènes pour les humains, les animaux et les plantes, des microchampignons pathogènes et non-pathogènes, des micro-organismes intervenant dans les fermentations, ou encore étudiés pour leur luminescence ou leur potentiels tinctoriaux. Le Docteur Delarbre demande par exemple à Binot de lui adresser une culture virulente de tuberculose humaine pour le laboratoire de bactériologie de l'École de Médecine de Nantes, et le Directeur de l'École dentaire de Lyon lui passe commande de « deux échantillons de chacune des préparations suivantes pour être observées par nos élèves sous le microscope : 1) *Leptothrix buccalis* ; 2) Larcin buccale ; 3) *Bacillus ramorum* ; 4) *Bacillus fragilis* »<sup>19</sup>. L'Université de Pavie, le Bureau des Sciences de Manille, le Denham research laboratory, ou encore de l'Université de Chicago lui demandent également d'autres pathogènes. Mais Binot correspond aussi avec la Société Française des Ferments Purs de Marseille, l'Institut supérieur de brasserie de Gand ou le Laboratoire des fromages à pâtes molles de La Ferté sur Jouarre pour recevoir des micro-organismes utiles dans les fermentations. Par ailleurs, il fut confié à Binot à partir de 1900 de participer à des expositions pour lesquelles il présenta dans une grande armoire vitrée un aperçu des microbes de la collection. Une attention aux cartels et à la correspondance pour ces événements permet de déterminer que les microbes exposés sont, là encore, aussi bien des pathogènes que des non-pathogènes (par exemple, des microchampignons utilisés pour la lutte contre les nuisibles en agriculture)<sup>20</sup>. Les archives de ces expositions permettent aussi d'analyser que Binot prêta attention à avoir en collection les micro-organismes découverts par les premiers pastoriens – y compris ceux « qui nous rendent d'inappréciables services » et que Pasteur et Duclaux avaient mis en lumière en étudiant la fermentation du vin, de la bière, du vinaigre, du lait (Charpentier, [1909] 1927, p. 1). Si l'on prend l'exemple de l'Exposition universelle de Paris (1900), Binot y présenta notamment *Mycoderma vini* (levure identifiée en 1866 par Pasteur intervenant dans la constitution du vin), le vibrion sceptique de Pasteur (bactéries découverte par Pasteur en 1876 dans la gangrène gazeuse), et la bactérie principale responsable de la diphtérie identifiée par Roux en 1888. Binot développa donc la collection comme une archive des microbes découverts par les premiers pastoriens, ce répertoire venant s'enrichir à mesure de nouvelles découvertes bactériologiques et industrielles, pour former une collection ayant une fonction d'inventaire, d'archive, et de réservoir de micro-organismes utiles et pathogènes dans lequel puiser pour le cours, pour les recherches pastoriennes, et pour la distribution de souches de qualité à l'extérieur de l'IP. Il embrassa ainsi l'objectif le plus fédérateur de la microbiologie (la lutte contre les maladies), tout en faisant de la collection un dispositif diversifié taxonomiquement.

21 En 1735, Linné avait élaboré une classification des spécimens en deux règnes, *Plantae* et *Animalia*, basée sur l'observation et la distinction de caractères visibles de ces spécimens, comparés entre eux. Selon Linné, le naturaliste « distingue par la vue les parties des corps naturels, il les décrit convenablement selon le nombre, la figure, la position et la proportion, et il les nomme » (Linné cité par Foucault, 1966, p. 146). En ce qui concerne les micro-organismes – dont ne serait-ce que la visibilité fut une conquête – lorsqu'Antoni van Leeuwenhoek (1632-1723) fit le premier l'observation de certains d'entre eux sous un microscope de sa fabrication en 1674, il les nomma sous le terme générique d'"animalcules". Dès lors, ils furent classés tantôt du côté de spécimens zoologiques, tantôt du côté de spécimens botaniques (Boutibonnes, 1999). Au XIX<sup>e</sup> siècle, leur classification progressa nettement grâce à des naturalistes comme Ehrenberg et surtout Haeckel, ce dernier proposant en 1866 de diviser le monde vivant

en trois règnes dont celui des protistes où il rassemblait les algues, les protozoaires, les champignons et les bactéries. Malgré cet effort de distinction, la classification des micro-organismes demeurait cependant encore très loin de « [l]a solidité sans lacune d'un réseau des espèces et des genres » revendiquée par les botanistes et les zoologistes » (Foucault, 1966, p. 163). En effet, pour mener à bien la classification des plantes et des animaux à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, l'histoire naturelle avait abouti au système des types inertes dans les collections botaniques et zoologiques (Daston & Galison, 2015, pp. 134-136). Mais, parce qu'ils n'étaient ni aussi aisément visibles que les végétaux et les animaux, ni aussi aisément conservables sous forme inertes, les micro-organismes résistaient en partie à l'entreprise taxonomique d'après les critères et méthodes de l'histoire naturelle.

- 22 Au moment où Binot est curateur de la collection de l'IP, les techniques de cultures et d'isolation des micro-organismes pratiquées par les microbiologistes pour comprendre leurs rôles dans les fermentations et dans les maladies virulentes participent à l'identification de nouveaux micro-organismes. L'isolation des souches microbiennes sous une forme pure constitue une première mise en forme de ces dernières (dans le sens où le micro-organisme est extrait de son milieu « naturel » et distingué d'autres micro-organismes), qui n'est pas uniquement un pas vers la constitution de futurs micro-organismes modèles pour la recherche expérimentale, mais offre aussi une possibilité de les nommer en tant qu'entités distinctes, étape nécessaire à leur classification. De surcroît, les collections de référence comme celle de Binot ou de Král, dans lesquelles les souches étaient contrôlées et reconnues par la communauté scientifique, permettaient de proposer pour les micro-organismes un autre genre de référent, conservé vivant, que les types de l'histoire naturelle. Les souches de ces collections deviennent, à l'instar des types, des « objets typiques de la science » partageables et sans lesquels les sciences seraient restées « cantonnées à des traditions locales d'apprentissage » (Daston & Galison, 2015, p. 33). Par l'effort d'isolation, d'identification, de connaissance d'un large spectre de micro-organismes, la collection microbienne de l'IP sous le patronage de Binot participe donc à la taxonomie des êtres microscopiques, d'autant plus en France où, dans l'institution phare de l'histoire naturelle qu'est la Muséum de Paris, ni la collection de microchampignon ni celle de microalgues n'avaient encore vues le jour<sup>21</sup> – alors que les collections botaniques et zoologiques et de cette institution centralisaient déjà un très grand nombre de spécimens types, qui servaient de références à l'international pour ces espèces.

## Gestion biotechnologique des micro-organismes mise au point et transmise par Jean Binot

### Plus qu'une somme de micro-organismes. Une collection qui permet de transmettre des gestes techniques acquis sur les microbes

- 23 J'ai analysé comment les fonctions pédagogiques et de recherche de la collection de l'IP se doublent sous la responsabilité de Binot d'une fonction d'archive et d'inventaire des microbes. Mais que produisirent, effectivement, les intentions de Binot vis-à-vis de la collection ? Que laissa-t-il en héritage à ceux qui voulurent après lui maintenir la collection de microbes, où en constituer de nouvelles ? Le service de l'IP dans lequel exerçait Binot était celui de microbie technique. À quoi ces termes font-ils référence ? Il

s'agissait d'un ensemble de gestes techniques qui, au sein du laboratoire et de la collection, mettaient en relation les micro-organismes avec des milieux artificiels et avec des animaux de laboratoire. Ces gestes que Binot pratiqua et enseigna sont ceux de la technique bactériologique (l'isolement, l'identification, la culture des microbes et leur inoculation) et ceux plus spécifiques à la collection, qu'il mit au point lui-même (l'enrichissement des micro-organismes, leur documentation, et la recherche d'un état de latence pour leur conservation). Il les partagea avec ses collègues impliqués dans l'enseignement, Roux et Borrel, avec son préparateur René Legroux, et avec sa collaboratrice et épouse Marie Binot, qui le seconda dans la documentation des souches<sup>22</sup>. À ces proches, il faut ajouter plusieurs générations d'étudiants durant les années d'enseignement de Binot (entre 1900 et 1909) ainsi que les médecins qui suivaient le cours de microbiologie de l'IP, confrontant ces gestes à leurs anciennes pratiques. En effet, les leçons du cours que Roux confia à Binot furent celles relatives aux gestes de préparation, et c'est Binot qui en développa le contenu pendant les neuf années où il enseigna. Si bien qu'en 1909, les sept premières leçons étaient désormais relatives aux techniques de culture : la première portait sur l'« identification des microbes » et la « préparation des cultures » pour obtenir des « souches pures », la seconde sur la « morphologie des bactéries », puis les leçons trois à la sept sur la confection des milieux de culture<sup>23</sup>.

- 24 Comment, au sein du cours, Binot transmet-il ce savoir bactériologique des gestes, qui se trouve « au-delà de l'unique forme littéraire » de la science (Sibum, 2015, p. 295) ? Il procéda par répétition, et par observation-comparaison, dans une dynamique de transmission qui dépasse les protocoles écrits. Lors de mon ethnographie dans à l'IP en 2019, j'ai pu observer combien le travail de laboratoire pour mettre en collection les micro-organismes vivants est constitué de gestes répétitifs de précision. L'acquisition de ce type de savoir manuels requière une forme de répétition également en phase d'apprentissage, pour s'incarner dans le corps de l'apprenant. Les hommages qui ont été rendus à Binot mentionnent qu'il était « le préparateur modèle », ainsi qu'un enseignant toujours prêt à renouveler une expérience et à réitérer un conseil (Roux, 1912, p. 33). Au-delà de l'aspect répétitif des tâches de mise en culture et en collection, celui qui les réalise doit acquérir une attention soutenue à des détails, qui lui seront enseignés par un tiers dont les sens et le jugement sont exercés : pourquoi, à la surface d'une culture, prélever telle partie plutôt que telle autre pour la repiquer ? De quoi une couleur inhabituelle sur une culture est-elle le signe ? Les techniciens de collection m'ont expliqué qu'ils faisaient appel à leurs sens – la vue, mais aussi l'odorat – car ils avaient vu faire ceux qui les précédaient de la sorte<sup>24</sup>. Entre la recette d'un milieu assortie de consignes pour l'ensemencement et une culture réussie, il y a une chorégraphie muette qui ne fonctionne pas à coups sûr, un aller-retour entre le corps qui agit, les sens en alerte et l'esprit qui exerce son jugement. C'est donc en apprenant à ses étudiants à exercer leur jugement à partir de l'observation et de la comparaison de ce qui est typique et de ce qui ne l'est pas que Binot procéda : « Il passait les après-midis à aller d'un élève à l'autre, indiquant pourquoi telle ou telle préparation laissait à désirer, comment l'élève devait s'y prendre pour mieux faire. Cette connaissance [...] Binot avait commencée à l'apprendre sous la direction du Dr. Borrel. L'un et l'autre mettaient sous les yeux des élèves plusieurs préparations aussi parfaites que possible, puis enseignaient comment s'exécutaient [de] semblables » (Vallery-Radot, 1912, p. 13). On relèvera ici combien l'observation et la comparaison – méthodes attribuées en priorité à un mode de connaissance naturaliste – se révèlent essentielles dans

l'apprentissage des techniques bactériologiques. Ce que Binot transmet, grâce à la collection et via le cours, c'est donc l'héritage matériel des micro-organismes eux-mêmes et les pratiques d'inoculation de pathogènes sur des animaux de laboratoire, mais aussi un ensemble plus vaste de gestes manuels répétés, appris et précis, en lien direct avec l'entretien des souches de la collection – gestes qui vont au-delà, dans leurs subtilités, des protocoles écrits et des formes théoriques du savoir.

## Les techniques de culture et le matériel en usage chez les microbiologistes français et allemands appliqués à la collection

- 25 En 1896, l'ambition de Binot de faire de la collection de l'IP une référence avec des souches distribuables impliquait de conserver les microbes sur le long terme, tout en garantissant de pouvoir les mettre à disposition sous forme fonctionnelle au moment jugé opportun. Mais comment maintenir les micro-organismes vivants et les reproduire en assurant la qualité des souches dans le temps ? De quelles options techniques et de quel matériel disposait-il alors pour tenter d'y parvenir ? Binot utilisa d'abord des techniques de *culture* des micro-organismes déjà connues et pratiquées, comme le firent ses homologues curateurs de collections, Frantisek Král lorsqu'il créa la collection Král à Prague en 1890 (Kocur, 1990, p. 4), ou encore Amory Winslow lorsqu'il créa l'ATCC à New-York en 1911 (Strasser, 2019, p. 35)<sup>25</sup>. Il s'agissait de conserver chacun des microbes 1) en l'isolant sous sa forme pure (par repiquages successifs) ; 2) en le cultivant dans un milieu nutritif approprié, là encore en repiquant les souches, pour former de nouvelles colonies. Il est possible de garder quelques temps la plupart des micro-organismes de la sorte, pour peu que l'on dispose au départ de souches vigoureuses. Pour redonner force à une souche trop « vieille », les microbiologistes utilisaient le passage par le corps d'un animal, comme le recommande L. Rémy à Binot : « Je vous envoie une autre culture d'*Aspergillus fumigatus*, gardée à l'abri de l'air. Si elle ne poussait pas, vous serez bien aimable de l'injecter quand même à un pigeon ou à un lapin »<sup>26</sup>. Mais pour Binot, l'enjeu pour une collection pérenne est d'exclure ces laborieux passages, coûteux en temps et en animaux. D'où l'importance de parvenir à adapter le contenant et le milieu de culture en fonction des besoins du micro-organisme, pour des cultures optimums *in vitro*.
- 26 En cette fin de XIX<sup>e</sup> siècle, les microbiologistes étaient toujours à la recherche du contenant le plus efficace, chacun ayant ses favoris en fonction des micro-organismes qu'il souhaitait cultiver et des problèmes qu'il tentait de résoudre. À l'IP, la culture des microbes se pratiquait dans des tubes de verre, dans des flacons, sous cloches, sur plaques de verre. La boîte de Pétri, venue d'Allemagne, avait également connu un succès rapide (Dedet, 2007) mais n'avait pas éclipsé pour autant les contenants emblématiques de la « Maison » Pasteur : les ballons de verre rendus célèbres par Pasteur étaient encore utilisés pour des cultures en milieu liquide et côtoyaient les « boîtes de Roux », fioles aplaties qui présentaient l'avantage d'une grande surface pour observer les cultures. Pour ce qui est des milieux, ceux liquides comptaient les bouillons (préparés à partir de viandes ou d'organes d'animaux, mais aussi d'infusions de feuilles) et les milieux liquides artificiels (liquide de Pasteur, de Raulin, de Cohn), le petit-lait et l'urine. Quant aux milieux solides, il pouvait s'agir de préparations de pommes de terre, de gélatines (obtenue par ébullition de tissus conjonctifs et d'os d'animaux), ou d'agar-agar. Diverses sources visuelles et écrites convergent pour affirmer que Binot connaissait et expérimentait activement la plupart des contenants

et des milieux pour réaliser la culture des microbes<sup>27</sup>. Il maîtrisait en particulier les recettes de l'ensemble des milieux – qu'il soient solides à la façon de Koch, ou liquides à la façon de Pasteur – puisqu'il les enseignait, recommandant à ses étudiants d'« en faire une provision »<sup>28</sup>. Les deux seuls dispositifs de cultures disponibles à l'époque dont on ne trouve pas mention dans les pratiques de Binot sont la colonne de Winogradsky et un dispositif inventé par Král. Sergueï Winogradsky avait conçu sa colonne en 1880 pour mettre en évidence les interactions entre les bactéries dans l'activité microbienne des sols (Grote, 2018), aussi il n'est pas étonnant que Binot ne s'y intéresse pas pour la collection : l'unité qu'il souhaitait conserver était la souche pure isolée, non un ensemble écologique. De plus la colonne est autodégradable alors que Binot cherche à maintenir les souches. Quant au dispositif conçu par Král à des fins pédagogiques, mixte ingénieux entre un tube et deux cercles de verre scellés (Kocur, 1990, p. 6), Binot en avait connaissance mais il ne semble pas que Král l'ai partagé<sup>29</sup>.

- 27 La gestion technologique de la collection de l'IP reposa donc d'abord sur du matériel et des techniques de culture qui relevaient des techniques bactériologiques générales de l'époque, que Binot maîtrisait dans leur variété et qu'il combinait au mieux. Dans cette configuration, pour garder les microbes sur le long terme, il s'agissait de les remettre en culture (sans discontinuer pour certaines souches, de façon plus espacée pour d'autres). Même avec une batterie de contenants et de milieux, ces remises en cultures étaient chronophages et pouvaient échouer, par contamination où dans les cas où les générations successives aboutissaient à une forme trop « dénaturée » du micro-organisme (à force d'être reproduit dans un milieu moins varié que son milieu d'origine). Aussi, pour que la collection dure dans le temps avec des échantillons de qualité, la recherche d'un ralentissement de la vie des microbes apparut essentielle. C'est pour passer des cultures vives aux « microbes endormis, au fond de leurs prisons de verre » (Vallery-Radot, 1912) que Binot tendit vers une « technologie de la vie latente » (Landecker, 2005).

## De Jean Binot à René Legroux : des techniques de vie latente en héritage pour les collections de micro-organismes

- 28 La « vie latente » désigne dès la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle en biologie un état physiologique singulier, dans lequel des êtres « ne vivent [...] que virtuellement, sans manifester aucun caractère de la vie » (Bernard [1878] 1966, p. 68), et qui implique l'absence d'échanges entre l'organisme et son milieu. Les définitions les plus radicales la présentent ainsi comme « un état limite du vivant » dans lequel les organismes concernés « ne présentent plus la moindre trace d'activité » (Tirard, 2010). Les graines – dans lesquelles les propriétés de la plante ne se manifestent pas mais subsistent en puissance – sont l'exemple emblématique de la vie latente, qui peut aussi concerner des animaux et des micro-organismes. Bien que Claude Bernard distingue la « vie latente » (*suspension* de toute activité d'un organisme sans entraîner sa mort), de la « vie engourdie » (*ralentissement* d'un organisme, avec inhibition de ses fonctions physiologiques, réduction de ses activités métaboliques, diminution des échanges avec le milieu environnant), on va voir que dans le cas des manipulations de Jean Binot, cette distinction n'est pas aussi nette<sup>30</sup>.
- 29 La vie latente des micro-organismes peut être obtenue aujourd'hui, en 2021, par plusieurs techniques. Les plus connues sont la conservation par le froid



(cryoconservation), par le sec (dessiccation), ou par une succession froid-sec (lyophilisation). Ni Pasteur en 1860 (lorsqu'il fit ses prélèvements d'air au mont-Blanc pour démontrer la fausseté de la théorie de la génération spontanée), ni Binot en 1900 (lorsqu'il refit l'expédition dans les traces de Pasteur et préleva des échantillons d'air, d'eau, et de glace pour une étude microbienne) n'eurent l'intuition de conserver à l'IP les microbes par le froid. Concernant les microbes pathogènes et virus, Pasteur s'était plutôt engagé sur la voie de leur dessiccation (élimination de l'humidité d'un corps), avec la suspension de moelles de lapins rabiques dans des flacons à double tubulure inventés par Roux (Roux, 1887, p. 87). Soumises à l'air, mais privées d'humidité, ces moelles pouvait bientôt être réduites en une poudre, qui contenait le pathogène sous une forme atténuée et servait à la préparation du vaccin contre la rage.

30 Dans le cadre de la collection de l'IP, Binot utilisa la conservation par le sec pour les microchampignons : il s'agissait de les cultiver puis, lorsqu'ils arrivaient à leur stade sporulé, de les sécher et de les enfermer dans des tubes de verre au lutage hermétique. Binot a tenté d'appliquer la dessiccation à des bactéries, comme l'atteste une note de sa main qui montre qu'il fit des essais avec un bacille dont il ne précise pas le nom. Il s'agit d'abord de réduire la bactérie en poudre (ce qui constitue la dessiccation en elle-même) : « la culture, développée à la surface d'un ballon, est recueillie sur un filtre et desséchée entre deux feuilles de papier buvard ». Il propose ensuite d'ajouter cette poudre à une solution : « 0,2 grammes de bacilles sont broyés dans un mortier d'agate avec quelques gouttes de lessive de soude faible [...]. L'opération dure 15'. Le mélange ainsi obtenu est centrifugé pendant 6'. Le liquide est décanté et neutralisé... »<sup>31</sup>. Cette note ne permet cependant pas d'affirmer quel était son objectif : cherchait-il une forme injectable du bacille, en le desséchant puis en le réincorporant à un liquide, selon un procédé proche fabrication d'un vaccin ? Ou espérait-il (aussi) que cette poudre ou ce liquide permettrait de conserver le microbe sous forme latente ?

31 Binot développa surtout la mise en latence des micro-organismes *par la maîtrise du milieu*. Cette dernière garantissait des souches à la fois plus « authentiques » (contrairement à la mise en culture de générations successives) et non-atténuées (contrairement à la dessiccation pratiquée par Pasteur). Le principe est le suivant : il s'agit de ralentir artificiellement, jusqu'à empêcher totalement le développement du micro-organisme en le soumettant à un milieu non propice, mais assurant tout de même son maintien. Au lieu de le placer dans un milieu fortement nutritif (de culture), on le place dans un milieu pauvre (que l'on pourrait qualifier de milieu de conservation). Lorsqu'on lit cette description du travail de Binot, l'image de la belle au bois dormant dans le conte de Perrault vient à l'esprit :

[...] avant le cours, il fallait « repiquer » toutes les cultures, c'est-à-dire réveiller de leur sommeil, au fond des prisons de verre, ou sur les culots de gélose, certains microbes qui s'étaient habitués paisiblement à leur vie de saprophytes ; rendre leur force aux microbes pathogènes pour les inoculer aux lapins, aux cobayes, aux souris (Vallery-Radot, 1912, p. 12).

32 Les « prisons de verre » font référence aux tubes, qui contenaient soit les microchampignons séchés, soit des « culots de gélose », c'est-à-dire des milieux à base d'agar-agar et dont Binot faisait varier la recette en fonction de ce qui empêchait mieux les unes et les autres de se développer<sup>32</sup>. On sait que lors des cours, Binot enseignait la préparation de nombreuses variantes de ces géloses, préconisant de les utiliser non seulement en duo avec la boîte de Pétri, mais aussi sur plaques de verre ou en tube. Le dispositif principal qu'il utilisa pour conserver les microbes en collection combine ces

géloses avec les tubes de verre, entreposés verticalement par douzaine dans des boîtes de fer.

- 33 À quoi se référa Binot pour penser et perfectionner cette technique de latence ? Dans les années précédant la création de l'IP, Pasteur, Chamberland et Roux avaient travaillé sur l'atténuation des souches comme méthode de vaccination, et sur leur retour à la virulence (Pasteur, Chamberland & Roux, 1881) – travaux connus de Binot. Pour obtenir un vaccin contre le choléra des poules, la perte de la virulence de *Pasteurella multocida* avait été obtenue en exposant une culture de manière prolongée à l'air, à 37°C, dans des conditions qui ne convenaient pas bien à la souche (Pasteur, 1880). Pour le charbon du mouton on fit des essais semblables, mais la bactérie était difficile à atténuer dès lors qu'elle produisait des « spores » pendant la culture (Simonet, 2018, p. 53). Chamberland et Roux obtinrent l'atténuation en empêchant la sporogénèse par l'ajout de bichromate de potassium (Chamberland & Roux, 1883). Dans ces deux cas, atténuer la virulence consiste à agir sur les conditions de la culture, pour amoindrir le pathogène ou le « bloquer » à un certain stade. Il y a donc un lien entre ces atténuations de la virulence et la mise en latence d'un micro-organisme, mais ces deux actions restent cependant différentes, car Binot cherchait à « endormir » des microbes pour les remobiliser ensuite en pleine virulence. Une découverte de Roux présenta plus d'intérêt pour Binot : après que Pasteur ait présenté ses résultats sur le vaccin antirabique (1885), le problème qui se posait était la production du vaccin de façon adaptée à la demande ; Roux montra alors que si l'on prend la précaution d'immerger la moelle rabique dans de la glycérine, celle-ci conserve sa virulence pendant plusieurs mois (Roux, 1888). Il s'agit donc de la conservation du virus virulent selon un procédé qui « fige » (ce qui permet d'éviter son entretien par des inoculations successives de lapin à lapin). Concernant un virus précis, Roux avait réussi à faire pour une durée de plusieurs mois ce que Binot cherchera à mettre en œuvre pour toute une collection, sur plusieurs années.
- 34 On peut enfin émettre l'hypothèse que pour penser et perfectionner la technique de mise en latence des microbes par maîtrise du milieu, Binot se référa aussi à des travaux sur la vie latente dans l'environnement. Dans les *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, paru en 1878, Claude Bernard distingue trois formes de vie, dont la « vie latente ». Il définit cette forme de vie – qu'il recense chez des animaux (les rotifères, les tardigrades, les anguilles...), chez certaines formes des végétaux (les graines), et enfin chez certains ferments (la levure de bière...) – comme « un état d'indifférence chimique » caractérisé par « la rupture des relations entre l'être et le milieu, qui restent en face l'un de l'autre, inaltérables et inaltérés » ([1878] 1966, p. 68). Enfouies dans le sol, des graines restent ainsi sans germer pendant des décennies car elles ne sont ni au contact de la lumière ni d'une humidité suffisante. Là où Bernard s'intéresse surtout à démontrer que la vie latente est répandue « à profusion dans la nature », Binot en fait une technique de collection, maîtrisée au sein d'un laboratoire, et ce pour une grande variété de micro-organismes – patiemment, en repérant les préférences et les empêchements de chacun. À la notion de « conditions extérieures » décrite par Bernard ([1878] 1966, p. 69), il substitue celle de milieux de conservation artificiellement produits<sup>33</sup>.
- 35 Binot laissa donc héritage aux futurs collectionneurs de microbes deux techniques de latence appliquées aux micro-organismes : la dessiccation, et la production de milieux « neutralisants ». À sa mort en 1909, son ancien préparateur René Legroux (1877-1951) lui succéda, et c'est lui qui mit au point « le milieu classique de macération gélatinée

qui permet de maintenir, pendant une longue durée, les microbes à l'état de vie ralentie, pouvant aller jusqu'à 15 ans à la glacière, sans dissociation des souches »<sup>34</sup>. Il continua donc le travail de Binot en proposant un milieu standard de conservation des souches, en le combinant à la latence par le froid. Si bien qu'en 1934, le comité chargé de la réorganisation de l'IP mentionne que « [d]epuis que M. Legroux en a la Direction [de la collection], une amélioration considérable a été apportée quant à la durée de conservation des souches », qui pouvait alors atteindre une quinzaine d'années<sup>35</sup>. Une technique ne chassant pas l'autre (Daston & Galison, 2015), c'est à partir de ces héritages de Binot et de Legroux qu'ont été mises en œuvre depuis toutes les combinaisons techniques possible de conservation des micro-organismes au sein des collections de l'IP.

- 36 Une fois ces techniques maîtrisées, Binot est capable sur manipulation de “mettre en veille” la plupart des micro-organismes<sup>36</sup>, ou de les “faire vivre”. Dans le même temps, il fait preuve d'une grande attention à leur égard, voire d'une forme de soin, surveillant les cultures dans leurs moindres aspects et les multipliant. La relation du curateur aux micro-organismes est donc caractérisée par l'acquisition d'une grande maîtrise sur le temps de leur vie, même si par ailleurs des inconnues subsistent pour lui – dans le sens où lorsque Binot met en latence des souches, il ne peut avoir la certitude que son action préservera les différentes propriétés des micro-organismes sur le long terme. Dans des collections vivantes récentes de micro-organismes, d'échantillons biologiques, ou de petits spécimens zoologiques, et en particulier pour ce qui est de la cryoconservation, des anthropologues ont décrit ce lien de cause à effet entre l'utilisation de techniques de vie latente et le fort pouvoir acquis sur le vivant collectionné. Hannah Landecker met ainsi en avant que la congélation permet de rendre mobile le matériau biologique à travers le temps. Selon elle, aujourd'hui, être « biologique, vivant, cellulaire », va de pair avec le fait de pouvoir être « suspendu dans le temps, interrompu, conservé et congelé en morceaux » (Landecker, 2005). D'autres chercheuses ont également relevé la tension qui subsiste entre le pouvoir acquis sur le temps de la vie des micro-organismes grâce aux techniques de vie latente, et sur ce qui reste d'inconnu, d'instable, dans ces techniques. Emma Kowal et Joanna Radin analysent en ce sens la cryoconservation comme une biotechnologie de l'espoir, le froid opérant tel « [...] la promesse qu'il ne sera jamais trop tard pour raviver un individu, une race, ou une espèce » (Kowal & Radin, 2016, § 18). Les projets du « frozen zoo » de San Diego (où il s'agit de congeler notamment des ovocytes d'espèces en voie de disparition, avec l'espoir de parvenir à les faire revivre), ou encore celui du « Global Microbiome Conservancy » (une banque de souches microbiennes intestinales pour préserver la diversité des microbiomes humains et possiblement la réintroduire) illustrent bien un tel espoir de reconstruction écologique placé en la technique de cryoconservation, entre attention extrême portée au vivant et pouvoir sur ce dernier.
- 37 Si les raisons de conserver le vivant sous forme de vie latente se sont diversifiées, l'étude qui précède sur la gestion technologique de la collection microbienne de l'IP au tournant du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle permet de montrer que figer le vivant dans un état de latence avec possibilité de le réveiller le moment venu n'est pas nouveau. En particulier, la cryoconservation, qui a souvent été décrite à partir d'ethnographies du présent comme une révolution technique, mérite donc d'être resituée dans une tradition de recherche de mise en latence des micro-organismes par d'autres techniques – la dessiccation, la mise en latence par la maîtrise du milieu, et la lyophilisation. Par ailleurs, ces techniques qui visent à produire la vie latente en

laboratoire, bien que conférant aux humains un fort pouvoir sur le temps de la vie des micro-organismes collectionnés, restent souvent, en l'état actuel de la connaissance, instables dans le sens où elles ne permettent pas toujours d'assurer avec certitude la conservation effective des différentes propriétés de tel ou tel micro-organisme sur le long terme.

## Exposer la collection : transmettre un héritage matériel, sacraliser les premiers pastoriens

- 38 Dans le cas de la première collection microbienne de l'IP, l'extrême maîtrise du préparateur sur les microbes est particulièrement rendue visible par un usage original que Jean Binot fit des micro-organismes. Lors d'expositions universelles, il utilisa la collection de manières artistiques pour faire rayonner l'institution pastoriennne, sacralisant son fondateur<sup>37</sup>, et donnant à cette collection une fonction supplémentaire – et que l'on peut qualifier de mémorielle ou de patrimoniale. Dès 1900, Binot participa à l'Exposition universelle de Paris, puis à l'Exposition internationale d'hygiène sociale de Dresde (1903), à celle de Liège (1905), et enfin à l'Exposition franco-britannique de Londres (1908), pour lesquelles il réalisa plusieurs muséographies dédiées presque inextricablement aux premiers pastoriens, et aux microbes. À ce moment où de telles manifestations en contexte urbain participaient à renouveler la muséographie des sciences (Levine, 2015) et poussaient en particulier à une refonte des expositions dans les muséums d'histoire naturelle (Van Praët, 2009), les dispositifs mis en place par Binot se caractérisent par un mélange de muséographie scientifique convenue (basée sur la présentation des instruments de la science) et de dispositifs d'une grande inventivité présentant des microbes vivants de la collection.
- 39 La première exposition à laquelle participa Binot en est significative. C'est sur la demande de Roux qu'il fut mandaté en 1900 pour représenter l'IP lors de l'Exposition universelle de Paris. Dans la section dédiée à l'hygiène, une salle était réservée à l'Institut. Cette exposition intervient quelques années après la mort de Pasteur (1885), et Binot choisit d'y surreprésenter ce dernier. Comme en témoignent quelques rares photographies, mais aussi les cartels de l'exposition conservés dans les archives de l'IP, il procède d'abord en réunissant du matériel expérimental ayant été conçu par Pasteur, qu'il exhibe aux publics à la fois comme des reliques et comme des supports témoignant de ses découvertes. Dans une vaste vitrine octogonale surmontée d'un buste de Pasteur, les publics peuvent se pencher sur un panorama de ses travaux. Un pan de vitrine donne par exemple à voir les formes de bois sculptées par Pasteur de manière à illustrer ses recherches sur la dissymétrie moléculaire (1843-1847), un autre abrite les ballons de verre et différents appareils qui avaient servi à Pasteur dans ses études sur les fermentations et dans la controverse sur la génération spontanée (à partir de 1857), tandis qu'un microscope et d'autres objets encore sont les support de présentation de ses travaux menés entre 1865 et 1871 sur une maladie du vers à soie. Dans cette exposition, les plus proches collaborateurs de Pasteur sont également représentés, en particulier Roux et ses études sur la diphtérie – là encore via des instruments scientifiques (un cartel mentionne par exemple un « Tube de caoutchouc servant à recueillir purement le sang des chevaux vaccinés ») mais aussi via une série de contenants qui présentaient les étapes de constitution du sérum antidiphtérique (d'autres cartels mentionnent une « Culture en bouillon du microbe de la Diphtérie », la

« Toxine diphtérique (culture filtrée) », et enfin des « Échantillon de sérum antidiphtérique liquide et sec »<sup>38</sup>.

40 Cependant, les éléments centraux de cette exposition – comme de toutes les suivantes dont Binot sera l'artisan – sont aussi les microbes. Binot expose la collection microbienne selon des dispositifs qui valorisent, dans le même temps, et les pastoriens de la première génération (Pasteur en tête), et les microbes. Cette partie inventive de la muséographie de Binot se constitue de deux dispositifs, qui relèvent d'une forme de performance artistique<sup>39</sup>. Voici le premier. Dans une multitude de fioles plates qui contenaient un milieu de culture (boîtes de Roux), Binot eût l'idée d'ensemencer les micro-organismes sur une gélose de manière que, lorsque la culture se développait, ces microbes révélaient le nom des pastoriens qui les avaient découverts. Une photographie témoigne du résultat de cette manipulation (fig. 1)<sup>40</sup>. Sur cette image, ce dispositif prend place dans une grande armoire vitrée, qui représente la collection microbienne de l'IP. Les étagères basses sont occupées par près de trois cents tubes de verre qui contiennent des micro-organismes, avec un effet d'accumulation qui indique aux publics l'étendu du travail des microbiologistes pour connaître la diversité microbienne. Sur les étagères hautes, une quarantaine de boîtes de Roux laissent apparaître les noms de Pasteur, Duclaux, Roux, ainsi que des motifs (slaloms, pois, paillettes). En faisant littéralement écrire leurs noms par des microbes, Binot rendait hommage aux pasteuriens fondateurs. Dans le même temps, il affichait une maîtrise parfaite auprès des publics : les microbes, à l'IP, peuvent être cultivés de manière à former des lettres, comme le paysagiste expérimenté donne une forme élaborée à un buisson de buis. Ce faisant, Binot matérialise à quel point la carrière de Pasteur avait tenue aux contours qu'il avait su donner progressivement aux microbes, et combien ils étaient devenus indissociables. Comme l'écrit Latour, « [à] la forme des micro-organismes, à leurs compétences, à leurs performances, tiennent la forme de Pasteur, ses compétences et ses performances » (Latour, 1989, p. 443). Lors de ses expositions au tout début du XX<sup>e</sup> siècle, à un moment où pour le grand public « le micro-organisme est un acteur en voie de définition » (Latour, 1989, p. 442), c'est en donnant, à son tour, des contours précis aux microbes par une performance technique et artistique que Binot rend hommage à Pasteur, et participe de sa sacralisation.

41 Le second dispositif artistique élaboré par Binot consistait à réaliser de vastes cultures entre deux grandes plaques de verre, pour que les publics admirent les microbes comme des tableaux d'art (fig. 2). L'une des plaques, de 1,62 m de haut par 51 cm de large, enduite de gélose, était par exempleensemencée du microchampignon *Sporotrichum globuliferum* (Roux, 1912, p. 40). Les moisissures se développaient et le résultat était une sorte de voie lactée. Des cartels de l'exposition de Liège de 1905 nous renseignent sur deux autres micro-organismes utilisés pour ces « tableaux » : *Verticillium oksana* et *Rhizopus equinus*<sup>41</sup>. Ces tableaux vivants de Binot firent sensation : ils révélaient à des publics stupéfiés les microbes aussi beaux que des astres. Binot, désignant un de ses tableaux à ses beaux-frères peintres le qualifia lui-même de « paysage lunaire »<sup>42</sup>.

Figure 1 : Armoire vitrée présentant la collection microbienne de l'IP à l'Exposition universelle de Paris, 1900.



Source : Héliogravures Dujardin publiées dans Roux (1912, p. 49)

Figure 2 : Jean Binot devant ses tableaux de micro-organismes lors du montage de l'Exposition de Liège, 1905.



Source : Héliogravures Dujardin publiées dans Roux (1912, p. 50)

42 Ce qui était donné à voir, en miroir, aux publics qui parcouraient ces expositions, c'était donc Louis Pasteur, présenté comme celui qui donnait accès aux mondes microbiens dans toute leur étrangeté et leur beauté, et « ses » microbes, rendus visibles par des dispositifs qui se passaient de l'intermédiaire du microscope. Au sein de la collection, des micro-organismes sont donc conservés pour leurs utilisations scientifiques et industrielles, mais aussi pour leur capacité à constituer une mémoire matérielle de ce qui fut découvert par Pasteur. Ces dispositifs d'exposition participent à la sacralisation de Pasteur et des premiers pastoriens, et transforme les microbes de la collection en patrimoine. En effet, une étape importante de la patrimonialisation d'un objet réside dans sa *transmission* au plus grand nombre sous la forme d'expositions, en tant que ces dernières donnent un accès collectif à l'objet (Davallon, 2002). Alors que Binot n'avait fait que croiser Pasteur à son arrivée à l'IP, il compléta la collection mise sur pied par ses prédécesseurs et choisit des objets et des micro-organismes pour les expositions comme « ce dernier lien matériel et réel avec les êtres dont on se dit héritier. Héritier, en un double sens : au sens courant, de celui qui reçoit des choses de ses parents en héritage. Mais aussi, en un sens quasi patrimonial, de celui qui porte un autre regard sur ces objets [...] dont on s'estime le dépositaire et le continuateur » (Davallon, 2002). Il transféra dans des ensembles matériels l'héritage qu'il avait reçu, qui devint alors un patrimoine matériel partageable par la communauté des pasteurien et au-delà<sup>43</sup>.

## Conclusion

43 Ce qui a parfois été qualifié de « tournant microbien » actuel s'adosse à une reconsidération des mondes microbiens dans leur diversité ainsi qu'à un certain nombre de techniques, parmi lesquelles la mise en latence des micro-organismes, qui permet de conserver ces derniers dans des collections sur le temps long quand bien même ils seraient menacés dans l'environnement.

44 Si les visées de départ de la première collection microbienne de l'IP furent de servir de support à l'enseignement de la microbiologie en tant que science biomédicale et de soutenir la recherche pastorienne sur les maladies, cette étude a permis d'analyser que les fonctions et usages de cette collection se sont diversifiées à l'arrivée de celui qui fut son curateur au tournant du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle. En accord avec sa sensibilité naturaliste pour la diversité du vivant, mais aussi dans le but de faire vivre la microbiologie pastorienne dans son entièreté (y compris comme science des micro-organismes utiles pour l'industrie), Jean Binot se préoccupa au sein de la collection d'une représentation des microbes dans leur diversité – pathogènes et non-pathogènes. Bien que la classification des spécimens soit l'un des projets phare de l'histoire naturelle, au passage du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle, la première collection microbienne de l'IP (avec ses souches isolées pures, identifiées, documentées, dupliquées et conservées sous forme latente) acquit ainsi une fonction taxonomique, à un moment où le système des spécimens types inertes en vigueur dans les collections de botanique et de zoologie apparaissait comme un support matériel inadapté à l'identification et à la classification des micro-organismes, et à leur réutilisation après-coup comme « garants représentatifs » ou « référents » scientifiques (Latour, ([1993] 2007, p. 180). Binot mit en place un système dynamique d'enrichissement de la collection, de contrôle des souches et de distribution à l'extérieur de l'IP à un niveau international. Cette collection, que l'on peut elle-même qualifier de « collection de référence » (Pontille, Milanovic & Rial-

Sebbag, 2007) contribua donc (avec notamment la collection Král à Prague et un peu plus tard avec l'ATCC aux États-Unis) à ce que la microbiologie propose, pour ce qui concerne les micro-organismes, un nouveau système de référents scientifiques matériels conservés vivants – expression parmi d'autres de cette « troisième nature » (Daston, 2007, p. 1) produite par « inductions » ou distinctions successives du réel (Latour, ([1993] 2007, p. 180) et qui constitue les indispensables archives de la science pour les communautés scientifiques.

- 45 L'étude du cas de cette collection microbienne a également permis de documenter la mise en place et la transmission par Jean Binot et son successeur René Legroux de techniques de vie latente appliquées aux micro-organismes. Pour ces curateurs, maîtriser ces biotechnologies est allé de pair avec l'acquisition d'un fort pouvoir sur le temps de la vie des micro-organismes collectionnés, pouvoir que l'on retrouve aujourd'hui dans des collections variées – y compris des collections qui participent du « tournant microbien » et où la cryoconservation vise un genre de préservation sur le long terme de ce qui est perçu comme en danger dans l'environnement.
- 46 Dans le cadre d'expositions universelles, Jean Binot fut aussi l'auteur de muséographies novatrices consacrées à Louis Pasteur et aux microbes, qui ont participé de la sacralisation de Pasteur et contribué à rendre emblématiques « ses » microbes. C'est en prenant la mesure de ces dispositifs d'exposition singuliers que l'on peut analyser qu'il développa également la collection comme un patrimoine matériel à la gloire des premiers pastoriens.

*L'auteur remercie les coordinateurs de la Revue d'anthropologie des connaissances pour leurs suggestions sur le texte, Frédéric Keck pour ses encouragements et son implication, ainsi que Sandra Legout, Directrice des archives de l'Institut Pasteur, pour son enthousiasme pour cette recherche.*

---

## BIBLIOGRAPHIE

- Bernard, C. (1966) [1878]. *Leçon sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*. Paris : Vrin.
- Binot, J. (1899). *Étude expérimentale sur le tétanos*. Paris : G. Steinheil.
- Boutibonnes, P. (1999). L'œil de Leeuwenhoek et l'invention de la microscopie. *Alliage*, 39, 58-66.
- Brives, C. (2011). La levure amie des hommes. Les organismes expérimentaux dans la production du savoir scientifique. Dans S. Houdart & O. Thiery (dir.). *Humains non humains. Comment repeupler les sciences sociales* (pp. 199-207). Paris : La Découverte.
- Canguilhem, G. (1951). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- Charpentier, P. G. ([1909] 1927). *Les Microbes*. Paris : les éditions Rieder. Suivi dans l'édition de 1927 de l'*Atlas des microbes* de Paul Jeantet.
- Daston, L. (2017). Third Nature. In L. Daston (eds.). *Science in the Archives: Pasts, Presents, Futures* (pp. 1-16). Chicago: Chicago University Press.



- Daston, L. & Galison, P. ([2007] 2012). *Objectivité*. Paris : Les presse du réel.
- Davallon, J. (2002). Comment se fabrique le patrimoine ? *Sciences humaines, hors-série 36*, « Qu'est-ce que transmettre ».
- Detet, J.P. (2007). *La microbiologie, de ses origines aux maladies émergentes*. Lyon : Dunod.
- Dias, N. & Vidal, F. (2016). *Endangerment, Biodiversity and Culture*. London: Routledge.
- Duperron S., Duval C., Hamlaoui S., Comte K., Yéprémian, C. & Bernard, C. (2021). La collection « cyanobactéries et microalgues » à l'heure des « -omics ». Dans R. Pellens (éd.). *Les collections naturalistes dans la science du XXI<sup>e</sup> siècle, une ressource durable pour la science ouverte* (pp. 115-128). Londres : ISTE éditions.
- Faure, M. (1991). Cent années d'enseignement à l'Institut Pasteur. Dans M. Morange (dir.). *L'Institut Pasteur : Contribution à son histoire* (pp. 62-74). Paris : La Découverte.
- Foucault, M. (1966). *Les mots et les choses, une archéologie du savoir*. Paris : Gallimard.
- Gallay-Keller, M. (2020). Des microchampignons modèles pour le “biocontrôle”. Une enquête dans les collections de micro-organismes du Muséum national d'Histoire naturelle. *Techniques&Culture* « Biomimétismes », 73, 170-185.
- Grote, M. (2018). Petri dish versus Winogradsky column: a longue durée perspective on purity and diversity in microbiology, 1880s-1980s. *History and philosophy of the Life Science*, 40 (11).
- Keck, F. (2020). *Micro-biosociality: Managing Abundance and Scarcity in Biobanks and Microbial Reservoirs*. ASA 2020, University of St Andrews.
- Keller, E. F. (2000). Models of and models for, theory and practice in contemporary biology. *Philosophy of science*, 67, 72-86.
- Kocur, M. (1990). History of the KRAL collection. *100 years of culture collections: proceedings of the Král Symposium to celebrate the centenary of the first recorded service culture collection*. September 19, International House, Osaka. Osaka: Institute for fermentation, 4-10.
- Kowal, E. & Radin, J. (2016). Collections d'échantillons biologiques autochtones et cryopolitique de la vie congelée. Dans *Des êtres vivants et des artefacts*. Paris : Les actes.
- Kowal, E. & Radin, J. (eds.) (2017). *Cryopolitics. Frozen life in a melting world*. London: MIT Press.
- Landecker, H. (2005). Living differently in time: plasticity, temporality and cellular biotechnologies. *Culture Machine*, 7, 12-13.
- Latour, B. ([1993] 2007). *Petite leçon de sociologie des sciences*. Paris : la Découverte.
- Latour, B. (1989). Pasteur et Pouchet : hétérogenèse de l'histoire des sciences. Dans M. Serres (dir.). *Éléments d'histoire des sciences* (pp. 423-445). Paris : Bordas.
- Lazarus, D. & Jahn, R. (1998). Using the Ehrenberg collection. *Diatom Research*, 13 (2), 273-291.
- Lee, V. (2015). Mold Cultures: Traditional Industry and Microbial Studies in Early Twentieth-Century Japan. In D. Phillips & S. Kingsland (eds.). *New Perspectives on the History of Life Sciences and Agriculture* (pp. 231-252). Springer.
- Legout, S. (2001). La famille pastorienne en observation : histoire et mémoire. *Histoire, économie et société*, 20<sup>e</sup> année, 3 « Les miroirs de la santé », 339-354.
- Levine, M. R. (2015). Musées, expositions et contexte urbain. Dans D. Pestre, K. Raj & O. Sibum (eds.), *Histoire des sciences et des savoirs. Modernité et globalisation* (vol. 2, pp. 73-91). Paris : Seuil.

- Milanovic, F. Pontille, D. & Cambon-Thomsen, A (2007). Biobanking and data sharing: A plurality of exchange regimes. *Genomics, Society and Policy*, 3(1), 17-30.  
<https://doi.org/10.1186/1746-5354-3-1-17>
- Opinel, A. (2008). Teaching microbiology at the Institut Pasteur: the application of a pedagogical principle (1889-1939). *Research in Microbiology*, 159(1), 36-39.
- Osborne, M.A. (2008). Raphaël Blanchard, Parasitology, and the positioning of Medical Entomology in Paris. *Parasitologia*, 50, 213-220.
- Pasteur, L, Chamberland, C. & Roux, E. (1881). De l'atténuation des virus et de leur retour à la virulence. *CR Acad Sci*, 92, 429-435.
- Pasteur, L. (1880). De l'atténuation du choléra des poules. *Bull Acad Natl Med*, 91, 86-94.
- Perrey, C. (2005). Les figures du sacré à l'Institut Pasteur. *L'Homme*, 175-176 « Vérités de la fiction », 345-368.
- Pontille, D., Milanovic, F. & Rial-Sebbag, E. (2007). Collectionner le vivant : régulation, marché, valeurs. *Revue d'économie industrielle*, 120, 195-212. <https://doi.org/10.4000/rei.3463>
- Raynaud, M. (1964). L'Institut Pasteur centre d'enseignement supérieur. *Revue de l'Enseignement Supérieur*, 63-77.
- Roux É. (1888). Sur un moyen de conserver les moelles rabiques avec leur virulence. *Annales de l'Institut Pasteur*, 2, 18-27.
- Roux, É. (1912). Discours du Docteur Roux. Dans R. Vallery-Radot, *Docteur Jean Binot Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur* (pp. 30-36). Évreux : Imprimerie Ch. Hérissey.
- Sibum, H. O. (2015). Les sciences et les savoirs traditionnels. Dans D. Pestre, K. Raj & O. Sibum (eds.), *Histoire des sciences et des savoirs. Modernité et globalisation* (vol. 2, pp. 285-303). Paris : Éditions du Seuil.
- Simonet, M. (2018). Monsieur Roux, un bienfaiteur de l'humanité. *Biologie et Histoire*, 345, 51-60.
- Stephens, N., Atkinson, P. & Glasner, P. (2011). Internationaliser des standards, mettre en banque avec confiance. *Revue d'anthropologie des connaissances*, 5(2) « Les ressources biologiques ». <http://journals.openedition.org/rac/14176>
- Strasser, B. J. (2019). *Collecting Experiments*. Chicago: University of Chicago Press.
- Tirard, S. (2010). *Histoire de la vie latente. Des animaux ressuscitants du XVIIIe siècle aux embryons congelés du XXe siècle*. Paris : Vuibert.
- Uruburu, F. (2003). History and services of culture collections. *Int Microbiol*, 6, 101-103.
- Vallery-Radot, R. (1912). *Docteur Jean Binot, Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur*. Évreux : Paul Hérissey.
- Van Praët, M. (2009). Les muséums d'histoire naturelle : savoirs, patrimoines et professionnalisation. Dans S. Boudia, A. Rasmussen & S. Soubiran (eds.). *Patrimoine et communautés savantes* (pp. 125-137). Paris : PUF.
- Zimmer A. (2019). Collecter, conserver, cultiver des microbiotes intestinaux. Une biologie du sauvetage. *Écologie et Politique*, 58 « Sur les traces de la santé environnementale », 135-150.

## NOTES

1. Communication d'Alice Doublier, *Douce moisissure. Dialogue autour de la fermentation au koji dans le Japon contemporain*, 10/11/2020, séminaire EHESS « Les techniques et la culture matérielle : des objets pour les sciences sociales ».
2. Communication d'Alexis Zimmer, *À la recherche des microbiotes perdus. Collecter, cultiver et conserver une biodiversité « en danger »*, 27/01/2021, séminaire EHESS-MNHN « Les collections vivantes au prisme des SHS ».
3. Entretien avec Muriel Gugger, Responsable de la Collection de Cyanobactéries de l'IP, 2019.
4. Entretien avec Joëlle Dupont, Responsable de la collection de souches fongiques du MNHN, 2019.
5. Résumé écrit de la communication de Bruno Strasser, « La fin des organismes modèles ? Comparer et modéliser en biologie expérimentale », 14/05/2013, séminaire IHPST « PhilBio ».
6. *Idem*.
7. « L'enseignement, L'Institut Pasteur », *L'Opinion économique et financière*, 1960, 75-77.
8. À la veille de la guerre mondiale, le cours atteint le nombre de 24 professeurs et conférenciers associés.
9. Pour exemple, en plus de la rage abordée dès la première année du cours, en 1900 la variole, la poliomyélite, la fièvre jaune, la péripneumonie des bovidés étaient aussi abordées.
10. Au-delà du parcours de Yersin, ceux de M. Mérieux et de C. Nicolle sont probants pour montrer ce même phénomène. Mérieux, fort des savoirs et techniques acquis en tant que préparateur du cours, quitta l'IP pour fonder son entreprise de production de vaccins et médicaments. Nicolle partit diriger l'IP de Tunis et fit plusieurs découvertes qui lui assurèrent une renommée internationale.
11. Les sources disponibles ne permettent pas d'établir un nombre de micro-organismes en collection à la période où Binot en fut responsable. Le premier chiffre disponible pour cette collection date de 1969, où 70 000 souches différentes sont recensées. Notice de la collection bactérienne, site de l'IP : <https://webext.pasteur.fr/archives/cba0.html>
12. Cette tentative de faire des souches de micro-organisme vivants des référents scientifiques (entendus comme des échantillons biologiques qui servent de normes à un niveau international) est rendu explicite dans la dénomination même de collections de micro-organismes plus tardives, comme *L'American Type Culture Collection* (ATCC) créée en 1911 à New-York (Strasser, 2019, p. 34 ), ou encore la *Collection de types microbiens* créé en 1944 à Lausanne par le bactériologiste Paul Hauduroy et qui prendra le nom dans les années 1960 de *Centre international d'information et de distribution des cultures types*, parrainé notamment par l'UNESCO puis l'OMS. Sur cette dernière collection, se référer à la communication de Frédéric Vagneron, *Le monde perdu de Paul Hauduroy. Heurs et malheurs de la collection internationale lausannoise de types microbiens (1944-1970)*, 27/01/2021, séminaire EHESS-MNHN « Les collections vivantes au prisme des SHS ».
13. Archives IP, BIN.7, Lettre de Jean Binot à un confrère (non identifié), Paris, 30/11/1900.
14. Archives IP, BIN.7, Lettre d'Adrien Lucet à Jean Binot, Paris, 1900.
15. Sur l'importance de la confiance entre les différents acteurs de la mise en banque d'échantillons biologiques, malgré un contexte concurrentiel voir Milanovic, Pontille & Cambon-Thomsen, 2007.
16. Un exemplaire vierge est conservé dans les archives de l'IP, BIN.7, "Collection de l'IP, étiquette, 9 x 5 cm, 1896-1909". On peut aussi voir ces étiquettes sur une photographie de la collection prise après la mort de Binot : BNF, "Photogramme négatif sur verre (13 x 18 cm), Agence Rol, date d'édition 1913", <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb40487127t>
17. Binot réalisait parfois ces cultures selon les indications du correspondant. Voir : archives l'IP, BIN.7, Lettre de F. Král à J. Binot concernant des bactéries phosphorescentes, Prague,

12/03/1901 ; 2 cartes postales Ch. Nicolle à JL Binot, concernant des « bacilles dysentériques tunisiens », Tunis, 16/03/1906, 15/10/1906.

**18.** L'histologie est l'étude de la structure des tissus biologiques et des processus pathologiques qui les affectent.

**19.** Archives IP, BIN. 7 : lettre du Directeur de l'École dentaire à Jean Binot, Lyon, 8/05/1908.

**20.** Archives IP, BIN. 8 : notes de Jean Binot, correspondance (une vingtaine de lettres au total) et cartels relatifs aux expositions de Paris (1900), Dresde (1903), Liège (1905) et Londres (1908).

**21.** Au Muséum, la collection de microalgues d'eau douce date de 1929 et est la plus ancienne (Duperron *et al.*, 2021), celle de souches fongiques a été constituée en 1945 (Gallay-Keller, 2020).

**22.** Sur deux photographies, on peut voir Marie Binot renseigner les noms des micro-organismes à l'encre sur les tubes de la collection. Musée du Quai Branly, collections photographique Binot, plaque de verre référencée 9621 ; héliogravure (Vallery-Radot, 1912, p. 13). Roux la mentionne aussi comme l'assistante de Binot (Roux, 1912, p. 34).

**23.** Archives IP, BIN. 7, « Cours annuels de microbiologie de l'IP & notes de cours de Jean Binot », Paris, 1909.

**24.** J'ai assisté en 2019 à deux sessions où le technicien en chef de la collection de cyanobactéries de l'IP, et les techniciennes de la collection bactérienne montrent plusieurs fois de suite des gestes techniques à des techniciens en formation, en leur faisant suivre un protocole écrit et en leur désignant de surcroît quels détails observer et comparer sur des cultures pour réussir une culture ou une cryoconservation.

**25.** Ce n'est qu'à partir de 1940 que des techniques de vie latente seront utilisées à l'ATCC (Strasser, 2019, p. 39).

**26.** Archives IP, BIN.7, Lettre de L. Rémy à Jean Binot, 01/05/1900.

**27.** Voir en particulier les sources suivantes : Tableau d'Amédée Buffet, *Le laboratoire de Jean Binot ou la collection des espèces microbiennes à l'Institut Pasteur* (1896) sur lequel on peut observer divers flacons contenant des milieux de culture, et des tubes en quantité (Huile sur toile, IP/Musée Pasteur - Ref. D571-12984) ; héliogravure présentant Binot en 1900 dans un laboratoire avec à sa disposition tubes et des boîtes de Pétri ; héliogravures des expositions où les microbes sont présentés sur plaques, en tubes, en boîtes de Roux (Vallery-Radot, 1912, pp. 47, 49, 51). Ce sont encore les ouvrages dans lesquels Binot encadrerait des passages qui nous renseignent sur sa connaissance des contenants et milieux (Archives IP, BIN.7 : « Manuscrits scientifiques réunis et annotés par Jean Binot »).

**28.** Archives IP, BIN.7, « 94 leçons de l'IP, 1907-1909 », cours de 1907, leçon 7.

**29.** Une lettre de Král à Binot atteste qu'ils furent en contact. Archives IP, BIN.7, lettre de Frantisek Král à Jean Binot, Prague, 12/03/1901.

**30.** C'est ce que suggère le champ lexical du sommeil, utilisé aussi bien par Binot dans ses notes que dans les sources secondaires, et qui préfigure l'utilisation du terme de « dormance » employé à partir du XX<sup>e</sup> siècle pour désigner l'ensemble des états de vie engourdis, dont la latence apparaît alors comme la forme la plus extrême.

**31.** Archives IP, BIN. 7 : note de Jean Binot « La culture développée à la surface d'un ballon... ».

**32.** Ce sont les notes de Binot qui permettent de comprendre qu'il ne rechercha pas un milieu unique de conservation. Archives IP, BIN. 7, série de notes de Jean Binot, 1900-1909.

**33.** Bernard s'intéresse en effet essentiellement à la *vie latente* et à la *vie engourdie* dans l'environnement. Cependant, il relate des expériences sur deux organismes domestiqués (la levure de bière et les œufs de vers à soie) qui montrent qu'il était déjà possible, pour ces organismes, de provoquer artificiellement la latence ou l'engourdissement. Il montre ainsi que la levure de bière peut être desséchée, puis de nouveau réaliser la fermentation alcoolique si on la remet dans un milieu favorable ; il relate ensuite une expérience d'Émile Duclaux qui, en soumettant des œufs de vers à soie à une température de zéro degré pendant vingt-quatre heures

puis à la chaleur pour en activer le développement parvient à « [...] remplacer l'hiver naturel par un hiver artificiel » (Bernard ([1878] 1966, pp. 94-96).

34. Notice des archives de l'IP sur les collections bactériennes de l'IP : <https://webext.pasteur.fr/archives/cba0.html>

35. *Idem*.

36. Certains micro-organismes supportent mal la mise en latence. Cependant, cette difficulté concerne en particulier des cyanobactéries et des microalgues. Or, à de rares exceptions, ces organismes n'étaient pas représentés dans la première collection microbienne de l'IP au moment où Binot en fut le curateur. Aujourd'hui à l'IP, la mise en cultures successives comme technique de conservation est encore utilisée pour la collection de cyanobactéries.

37. À propos « [des] figures du sacré à l'Institut Pasteur », voir Perrey (2005).

38. Archives IP, BIN. 8, « Série de cartels de l'Institut Pasteur sur cartons dorés sur tranche » pour l'Exposition universelle de Paris, 1900.

39. De telles performances impliquant microchampignons ou microalgues sont fréquentes au XXI<sup>e</sup> siècle. Voir les algaographies de Lia Girault : <http://www.liagiraud.com/cultures>.

40. Voir aussi la description de ce dispositif par Vallery-Radot (1912, p. 17), ainsi que deux notes de Binot où il détaille quelles sont les cultures envoyées en boîte de Roux ou en tubes à essai pour l'Exposition universelle de Paris (BIN. 8, notes « Collection microbienne de l'IP – Cultures dans les boîtes de Roux » et « Collection microbienne de l'IP – Cultures dans les tubes à essai »), et une lettre d'Albert Calmette à Jean Binot pour l'Exposition de Liège (BIN. 8, « nos vitrines sont prêtes », Lille, 23/05/1905).

41. Archives IP, BIN. 8, « 2 cartels de l'Institut Pasteur sur carton, doré sur tranche », Exposition de Liège, 1905.

42. Archives IP, BIN. 8, « Compte rendu de l'Exposition de Liège, 1905 ».

43. Le photomicrographe de l'IP, Paul Jeantet (responsable du Laboratoire de photomicrographie de l'IP de 1903 à 1947) participa aussi à faire des microbes découverts les premiers pastoriens des emblèmes, dans l'*Atlas [photographique] des microbes*, à la fin de la seconde édition des *Microbes* (Charpentier, [1909] 1927).

## RÉSUMÉS

Cet article analyse le dispositif de la première collection microbienne de l'Institut Pasteur à Paris (IP), depuis sa constitution en 1889 à la suite de l'ouverture de l'institution et durant toute la période où elle fut développée par son curateur, le pastorien Jean Binot (entre 1896 et 1909). Cela à partir de deux interrogations, qui invitent à reconsidérer les frontières entre les sciences de la vie dites « naturalistes » et celles dites « expérimentales ». Si, dans le projet de découverte et de classification de l'ensemble du vivant, les institutions naturalistes telles que les muséums tiennent une place de choix, la collection microbienne de l'IP – avec sa vocation première de servir de support expérimental à l'enseignement de la microbiologie – fut-elle pour autant étrangère au projet de nommer et classer le vivant microscopique ? Par ailleurs, si les biotechnologies disponibles pour conserver les microbes ont bien été décrites dans des collections de micro-organismes et des biobanques au XX<sup>e</sup> et XXI<sup>e</sup> siècle, qu'en était-il au passage du XIX<sup>e</sup> et du XX<sup>e</sup> siècle à l'IP ? L'article documente quelles furent les fonctions et usages de cette collection microbienne pour les restituer dans leur variété, puis s'intéresse à sa gestion biotechnologique pour montrer comment son curateur mit en place des techniques de vie latente des micro-

organismes – encore utilisées aujourd’hui dans diverses collections naturalistes comme expérimentales.

The article analyzes the apparatus of the first microbial Collection of the Pasteur Institute in Paris since its constitution in 1889, following the opening of this institution, and during the whole period where it was developed by its curator, the Pasteurian Jean Binot (1896-1909). This study is motivated by two questions, which invite us to reconsider the frontier between the so-called "naturalistic" and "experimental" life sciences. In the project of discovering and classifying all living beings, institutions such as Museums of Natural History hold a place of choice. Does that mean that the microbial collection of the Pasteur Institute – with its primary vocation of offering an experimental basis to the teaching of Microbiology – was foreign to the project of naming and classifying forms of microscopic life? Moreover, the biotechnologies available to preserve microorganisms have been described in collections and biobanks of the 20th and 21st centuries. But what did these technologies look like at the turn of the 19th and 20th centuries at the Pasteur Institute? The article documents the functions and uses of this microbial Collection with a special emphasis on their variety. Then it focuses on the biotechnological management of the Collection, to show how its curator defined latent life techniques for microorganisms – techniques still used today in diverse naturalist and laboratory Collections.

Este artículo analiza la primera colección microbiana del Instituto Pasteur de París (IP), desde su creación en 1889 tras la apertura de la institución y durante todo el periodo en que fue desarrollada por su administrador, el Pastor Jean Binot (entre 1896 y 1909). Esto plantea dos preguntas que invitan a reconsiderar los límites entre las ciencias de la vida llamadas «naturalistas» y aquellas llamadas «experimentales». En el proyecto de descubrimiento y clasificación de todos los seres vivos, las instituciones naturalistas como los museos ocupan un lugar especial, la colección microbiana del IP – con su vocación primordial de servir de soporte experimental para la enseñanza de la microbiología –, pero se pregunta si fue ajena al proyecto de nombrar y clasificar los seres vivos microscópicos. Además, si las biotecnologías disponibles para preservar los microbios fueron efectivamente descritas en las colecciones de microorganismos y de biobancos de los siglos XX y XXI, ¿cuál fue la situación en el IP durante la transición de los siglos XIX y XX? El artículo documenta cuales fueron las funciones y los usos de esta colección microbiana a fin de presentarlos en su variedad, a continuación, examina su gestión biotecnológica para mostrar cómo su conservador puso en marcha técnicas para la vida latente de los microorganismos, que todavía se utilizan hoy en día en diversas colecciones naturalistas y experimentales.

## INDEX

**Mots-clés** : collection de micro-organismes, microbiologie, tradition naturaliste, tradition expérimentale, Institut Pasteur

**Palabras claves** : colecciones de microorganismos, microbiología, tradición naturalista, tradición experimental, Instituto Pasteur

**Keywords** : collections of microorganisms, microbiology, naturalist tradition, experimental tradition, Pasteur Institute

## AUTEUR

### **MATHILDE GALLAY-KELLER**

Elle a étudié la philosophie et travaillé dans le domaine culturel (opéras et musées, notamment pour le Musée des Confluences à Lyon). À partir d'enquêtes ethnographiques et de recherches en archives (archives écrites et objets de musées), elle s'intéresse aux êtres vivants pris dans des systèmes de collection, dans les traditions scientifiques de l'histoire naturelle et de la microbiologie. Elle effectue une thèse de doctorat à l'EHESS, au laboratoire d'anthropologie sociale (LAS) et au laboratoire « Patrimoine locaux, environnement et globalisation » (PALOC) au MNHN, financée par le Domaine d'intérêt majeur « Matériaux anciens et patrimoniaux » (DIM MAP), sous contrat avec le CNRS.

ORCID : <https://orcid.org/0000-0002-5168-783X>

Adresse : LAS, 52 rue Cardinal Lemoine, FR-75005 Paris (France).

Courriel : [mathilde.gallaykeller\[at\]ehess.fr](mailto:mathilde.gallaykeller[at]ehess.fr)