

# Importation et destin de la première théorie des germes au Mexique: développement des premières recherches sur la fièvre jaune dans les années 1880

*Importation and destination  
of the first germ theory in  
Mexico: development of the  
first researches into yellow  
fever in the 1880s*

Sonia Lozano

Centre de Recherche Médecine, Sciences, Santé et Société (Cermes)  
Site CNRS 7, rue Guy Môquet 94801 Villejuif Cedex – France  
sonialozanomx@yahoo.com.mx

Reçu pour publication en novembre 2006.  
Approuvé pour publication en décembre 2007.

LOZANO, Sonia. Importation et destin de la première théorie des germes au Mexique: développement des premières recherches sur la fièvre jaune dans les années 1880. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p.451-471, avril-juin. 2008.

## Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de la discussion du transfert de connaissances entre l'Occident et l'Amérique latine, le Mexique en particulier. Nous essayerons de montrer les enjeux internationaux et locaux qui ont encouragé l'importation de la théorie des germes au Mexique pendant les années 1880. Par ailleurs, on montrera quelles ont été les difficultés conceptuelles et matérielles pour incorporer la théorie des germes et les techniques bactériologiques encore en train de se bâtir en Europe. Au moyen de deux exemples, on essaiera de mettre en évidence les intentions politiques des médecins mexicains, à l'origine de l'étude des maladies infectieuses au Mexique.

Mots clés: transfert de connaissances; fièvre jaune; Mexique; XIX<sup>e</sup> siècle; Carmona y Valle.

## Abstract

*This article aims to contribute to discussions about knowledge transfer between the West and Latin America, especially Mexico. We seek to show the international and local efforts to foster the importation of germ theory during the 1880s. We also highlight the conceptual and material hurdles which stood in the way of the incorporation of this theory and bacteriology techniques at a time when they were still being developed in Europe. Two examples are given as evidence of the political motivations of Mexican physicians in studying infectious diseases in that country.*

*Keywords: knowledge transfer; yellow fever; Mexico; nineteenth century; Carmona y Valle.*

Depuis 1492, date à laquelle les Espagnols débarquèrent sur le continent américain, jusqu'en 1903-1905, époque où l'on eut enfin les moyens de lutter efficacement contre elle, la fièvre jaune fut le plus constant des obstacles aux entreprises de l'homme dans le Nouveau monde, qu'il s'agisse d'opérations militaires, d'activités commerciales ou de grands travaux. Longtemps on ne comprit pas grand chose à cette maladie qui ravageait périodiquement les villes, et était d'autant plus redoutée qu'elle frappait sans qu'on s'y attende. On la croit "manifestement contagieuse", son principe actif ou 'poison' était capable de se multiplier chez les personnes atteintes pour se transmettre à d'autres. Néanmoins, la maladie épargnait parfois ceux qui se trouvaient en contact étroit avec les malades et les morts, tout en faisant, plus loin, de nouvelles victimes dont le nombre s'accroissait continuellement (Garcia de Alba, Salcedo Rocha, 2002).

La fièvre jaune a été incluse dans la catégorie des maladies contagieuses en raison de son caractère épidémique. Au XIX<sup>e</sup> siècle la fièvre jaune n'est pas cliniquement tout à fait différenciée des autres fièvres ni au Mexique ni à l'étranger. Par exemple, les médecins de la région nord-ouest du Mexique connaissent la fièvre jaune à travers des références des médecins de la région du Golfe du Mexique ou par des livres et des revues internationaux ou nationaux. La fièvre jaune était fréquemment confondue avec le paludisme et la malaria. "La question de l'identité de la maladie appelée *fièvre jaune* aux XVIII<sup>e</sup> et XIX<sup>e</sup> siècles n'est nullement théorique. Les symptômes de la fièvre jaune, qu'il s'agisse d'une fièvre élevée, de la jaunisse – signe d'une atteinte sévère du foie – et même d'un vomissement de sang dit *vomit noir*, ne sont nullement spécifiques" (Löwy, 2001, p.24-25). Par exemple pour le mexicain Juan Fénélon qui se penche sur les causes de mortalité dans la ville de Tepic pendant 34 ans (du 2 juin 1865 au 30 avril 1898) en confondant dans ses résultats la fièvre jaune avec le paludisme dans sa forme bilieuse et dans sa forme hémorragique cérébrale (Bustamante 1986, p.5, 33, 104-119, 134, 159-194). Si les médecins de l'époque ont reconnu parallèlement la spécificité de certaines maladies transmissibles comme la variole, ils eurent en revanche plus de mal à admettre, par exemple, que les fièvres dites 'saisonniers' (telles que la grippe, la pneumonie, la fièvre typhoïde, auparavant classées en sous-types: fièvres 'intermittentes', 'stationnaires', etc.) n'étaient pas des modalités d'expression différentes de l'action du même agent causal chez des individus ayant une constitution dissemblable ou dont différaient les conditions d'existence. Au XIX<sup>e</sup> siècle le paludisme et la malaria sont considérés au Mexique comme des maladies endémiques, mais qu'on a du mal à différencier (Gayon, 1891). D'après Martinez Baez et Moises Gonzalez, le paludisme occupe la deuxième place entre les maladies les plus meurtrières à caractère endémique. Il était présent à Sinaloa, Colima, Guerrero, Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Tabasco et Campeche. Tandis que la fièvre jaune n'était endémique qu'à Veracruz et au Yucatan (Gonzalez-Navarro, 1973, p.62; García de Alba, Salcedo Rocha, 2002). Ces affirmations plus contemporaines confirment les rapports des médecins du XIX<sup>e</sup> siècle comme Gayon et Orvañanos qui affirment que la fièvre jaune était loin d'être la principale cause de mort au Mexique. Ainsi, au Mexique, la fièvre jaune n'est pas reconnue comme un problème majeur de santé car la seule région considérée comme endémique était le port de Veracruz et le Yucatan. Cependant la fièvre jaune était un problème international pour la circulation des gens et des marchandises depuis les premières Conférences sanitaires internationales (1859, 1874,

1881, 1885, 1892, 1893, 1894, 1897, 1903) (Löwy, 2001, p.32). Le choléra et la fièvre jaune sont mis en rapport avec le mouvement de populations et de marchandises, ce qui gêne trois des objectifs primordiaux du *Porfiriato*<sup>1</sup> et de la modernisation du pays: l'immigration européenne, le commerce et l'image de pays civilisé. Dans le cas du choléra: c'est une maladie qui gêne le commerce et elle frappe durement les villes européennes. Dans le cas de la fièvre jaune, si ce n'est pas une préoccupation majeure dans les premières Conférences sanitaires internationales, c'est malgré tout la preuve de sa 'contagiosité', qui pousse les hygiénistes à appliquer des mesures dans les ports locaux et à essayer d'établir une convention ou consensus international pour le contrôle de la maladie (p.33). Le Mexique adhère très tôt à ce mouvement international par ses premières recherches bactériologiques sur la fièvre jaune.

Ainsi le présent article s'inscrit-il dans la problématique des études de transmission des sciences et des techniques. Les premières études européennes et anglo-américaines sur le transfert de connaissances appuient la thèse d'un transfert unidirectionnel de la science et de la technologie entre les empires occidentaux et le reste du monde (Basalla, May 1967; Koyré, 1993; Westfall, 1980; Westfall, Thoren, 1968; Polanco, 1990; Lafuente, 1990, 1993.). Aujourd'hui, les chercheurs se focalisent de plus en plus sur les diverses modalités de transmission des savoirs propres à chaque société et le rôle que l'économie, la politique et la culture jouent dans le transfert, la réception, l'adaptation et la diffusion de la science et de la technologie (Kapil, 2006). Ces études sont faites principalement selon deux approches. La première est l'étude des modalités de rapprochement et d'interaction entre l'Occident et le reste du monde (le commerce, la navigation, les voyageurs, les missions scientifiques) dans les zones de contact<sup>2</sup>. Et ce afin de montrer que la science occidentale est le produit de nombreuses rivières qui confluent dans le même lit et qu'il y a d'autres traditions scientifiques que celle Occidentale. La deuxième approche consiste à identifier l'importance que chaque société donne à la science. C'est le rôle de la science dans la société, le bagage culturel et le niveau de développement scientifique local qui va déterminer les appuis, les modalités et le niveau de pénétration de la science et la technologie occidentales. L'une des thèses en vogue de l'étude du transfert de la science et de la technologie est que celles-ci ne sont pas créées *ex-nihilo* mais qu'elles sont le produit de connaissances fort anciennes de l'Est et de l'Ouest et des échanges perpétuels entre les hommes. Le Mexique de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle n'est pas situé dans une zone de contact dynamique comme ce fut le cas de l'Asie ou du nord de l'Afrique et il n'est pas soumis à un empire, ce qui fait son intérêt comme cas d'étude. Pendant cette période, à la différence du Brésil par exemple, le Mexique, n'encourage pas les missions étrangères, ni la visite de médecins Européens ou *estadounidenses* dans le contexte académique ou de la recherche. Il deviendra donc un 'importateur de connaissances'. C'est-à-dire, un pays non soumis à un contrôle politique ou militaire, mais très attaché culturellement et économiquement à l'Europe et aux Etats-Unis. Les moyens d'importations des sciences et des techniques auront de la sorte des caractéristiques propres à sa circonstance politique, géographique et économique. Nous aimerions montrer ainsi un aspect de l'importation des sciences dans le cas mexicain par l'exemple de l'introduction de la théorie des germes entre 1877 et 1885 par le biais des travaux de Manuel Carmona y Valle (1831-1902)<sup>3</sup> et de Ignacio Alvarado (1829-1904)<sup>4</sup>.

### **L'état de la bactériologie dans la décennie 1880**

Avant d'aborder notre exposé sur les recherches sur la fièvre jaune au Mexique, nous voudrions reprendre quelques points concernant la conception et la compréhension de la maladie et des micro organismes dans les années 1880, période pendant laquelle Carmona y Valle et Ignacio Alvarado réalisent leurs travaux sur la fièvre jaune. A cette époque-là, les miasmes et la théorie hippocratique des humeurs, le contagionnisme, l'infectionnisme, ainsi que l'acclimatation des miasmes ou bactéries – indistinctement – seront encore valables, au moins jusqu'au début du XX<sup>e</sup> siècle au Mexique. Ceux-ci se confondent et s'entremêlent avec la nouvelle médecine 'scientifique' et l'urgence de développer l'hygiène et l'industrie des sérums et des vaccins, le but étant d'accomplir les standards prévus par l'Occident pour parvenir à faire partie des nations civilisées.

Lorsque les premiers chercheurs latino-américains commencent ces recherches vers la fin des années 1870 et le début des années 1880, les postulats de Koch qui amèneront les premières règles de standardisation pour le travail de laboratoire ne sont pas encore mises au point et l'école pastorienne n'a pas encore résolu deux problèmes majeurs. Premier problème: la morphologie des bactéries. Plusieurs tentatives de classification des bactéries, par la taille et la forme, sont proposées, notamment par Linné et Ehrenberg. Les travaux de ce dernier étaient connus au Mexique, mais la classification des bactéries plus moderne à l'époque était celle de Fromentel faite en 1874 et arrivée au Mexique en 1884.<sup>5</sup>

Deuxième problème: la stabilité des espèces qui attribue un caractère vaccinant et un caractère virulent dans les bactéries (Moulin, 1991, p.35). Concernant la nature des organismes bactériens, nature qui est source de débats en Europe à cette époque, Koch estime que les espèces bactériennes sont 'fixées' et ne peuvent montrer aucune modification morphologique au cours de leur culture (Amsterdamska, 1987). Ainsi, à l'époque où Koch définit sa théorie de la spécificité, aucune variation n'est plus possible" (Gradmann, 2004).

Une différence importante s'établit peu à peu entre les méthodes de recherche de Pasteur et celles de Koch, même si dans les années 1880, les deux 'écoles' s'intéressent aux questions fondamentales de l'étiologie et de la pathogénie: la recherche des sérums et des vaccins est importante dans l'école pastorienne; mais l'école allemande découvre un plus grand nombre d'espèces bactériennes car elle s'intéresse davantage à l'identification des agents pathogènes. Et ce, grâce à la culture en gelée qui garantit la pureté des cultures et l'identification du micro-organisme (Gradmann, 2004).

Par ailleurs, il est très probable que l'absence même de définition pour le concept de vaccin soit à l'origine des démarches éclectiques réalisées par les Mexicains et beaucoup d'autres chercheurs autodidactes (Löwy, 2002, p.48) ou non initiés à la bactériologie. Pasteur découvre en 1879 lors des recherches sur le choléra des poules que, par le vieillissement des cultures, on a pu 'atténuer' la virulence de la maladie et, par inoculation, rendre l'organisme animal moins réceptif à la forme virulente du 'microbe'. Pasteur reconnut immédiatement l'analogie de ce phénomène accidentel avec la vaccination. Pour insister sur l'analogie entre sa découverte et celle de Jenner, Pasteur a choisi de désigner le phénomène nouveau sous le nom de vaccination (Dubos, 1995, p.359-360). L'année suivante, en 1880, Pasteur fait une démonstration spectaculaire de l'efficacité du vaccin contre le charbon du bétail.

Il l'avait obtenu par culture à haute température. Ensuite, il développe le vaccin contre l'érysipèle du porc obtenu par passage de lapin à lapin. Ainsi, il aura fallu trois méthodes différentes d'atténuation pour les trois premiers vaccins bactériens, c'est-à-dire trois façons de saisir la procédure d'immunisation et de produire des 'vaccins', alors que "Pasteur et son équipe n'avaient même pas fini de définir la notion de l'immunisation" (p.364): comme il arrive souvent, un même mot, qui désignait à l'origine une opération matérielle, est devenu l'expression d'un concept.

Du vaccin contre la variole n'avait été tirée aucune technique permettant d'atténuer ou d'identifier les micro-organismes, et pourtant ça marchait. Au même moment, les techniques développées par l'équipe des premiers pasteurien permettront à l'ensemble des phénomènes de l'immunité de devenir alors accessibles par le moyen des techniques bactériologiques, dont les produits seront appelés 'vaccins'. De ces faits, on peut conclure que la notion même du vaccin et la recherche à l'origine de celui-ci, ne sont pas des concepts ni des procédures toute à fait saisissables pour les non initiés aux premières techniques de recherche de micro-organismes.

Au milieu de cette agitation, vers le début des années 1880, deux médecins mexicains entament leurs recherches sur la fièvre jaune. Ignacio Alvarado qui choisit la voie de la clinique et de la physiologie bernardienne et Carmona y Valle qui choisit celle des recherches bactériologiques sur deux idées directrices: l'immunité acquise dérivée du vaccin de Jenner et la connaissance du rôle du 'virus' dans l'économie du corps et son rapport avec le milieu.

On montrera dans ce travail comment les premières recherches pour déterminer les causes à l'origine des maladies infectieuses au Mexique, ont dû envisager le décalage entre deux moments qui se transposent et se juxtaposent pour finalement s'assembler: le moment de la découverte et de la mise en place des concepts et des techniques dans le pays d'origine, et le moment de la transmission, de la compréhension et de la mise en place dans le pays récepteur à partir des recherches entreprises par Manuel Carmona y Valle et Ignacio Alvarado.

### **La course internationale à la chasse du virus amaril**

Le port de Veracruz limitrophe de l'Amérique du sud est aussi un foyer endémique de la fièvre jaune et devient l'un des centres d'intérêt des chercheurs *estadounidenses* et mexicains. Dans cet ordre des choses, en décembre 1879 l'Académie de Médecine du Mexique invite la communauté nationale et internationale à envoyer ses contributions pour la recherche de thérapeutiques destinées aux principales maladies du pays, dont la fièvre jaune.<sup>6</sup>

Cet appel n'aurait rien d'étonnant si ce n'est que le 3 mars de cette année là, le Congrès des Etats-Unis établit un Conseil national sanitaire dont le président est J.L. Cabel et le secrétaire, Thomas J. Turner. La première action importante de cette Commission est l'organisation d'une expédition pour visiter les foyers d'infection en Amérique. Ainsi, le but de cette expédition sera de visiter les Antilles et l'île de Cuba pour étudier le *vomito negro*, dans les différents ports où le *vomito* était endémique et qui avaient des contacts commerciaux avec les Etats-Unis (Chaillé, Sternberg, 1879). Evidemment, l'un des endroits à visiter était le port de Veracruz, auquel deux chercheurs sont assignés presque tout de

suite par l'Assemblée nationale sanitaire des Etats-Unis: "un médecin et un *micrografo* [sic] qui arriveront au mois d'avril ou de mai pour écrire l'Histoire de la fièvre jaune à Veracruz".<sup>7</sup> Le 14 mars, Eduardo Liceaga (1839-1922), médecin personnel du président Diaz et directeur du Conseil supérieur de salubrité entre 1885 et 1915, communique à l'Académie de Médecine une lettre où il informe qu'Ignacio Alvarado, médecin du port de Veracruz, qui fait des études cliniques sur la fièvre jaune, exprime son inquiétude à la suite d'un manque dramatique de moyens matériels et humains pour faire face à la concurrence inégale des *estadounidenses*. Depuis un an, Alvarado fait lui-même la prise des échantillons, le recueil des données sanitaires et des usages et traditions de la population, ainsi que l'interprétation des données pendant les périodes creuses de la maladie. Le tout étant subventionné par l'Académie de Médecine. L'annonce de l'arrivée des *estadounidenses* provoquera plusieurs réactions dans les milieux scientifiques mexicains. D'abord, Eduardo Liceaga demande une "rémunération spéciale" de 3.000 *pesos* annuels au gouvernement, lesquels seront ajoutés aux 1.200 *pesos* annuels donnés à l'Académie de Médecine. Ces subventions permettront à Ignacio Alvarado de travailler à plein temps dans ses recherches sur la fièvre jaune<sup>8</sup>, pendant au moins quatre ans<sup>9</sup>, ce qui fait de lui le premier chercheur financé à plein temps par le gouvernement mexicain, à une fin spécifique. Les premiers résultats et sa méthode seront publiés à la Conférence Internationale Sanitaire de Washington en 1881 et en 1887 dans la *Gaceta Medica de Mexico* et par l'Académie de Médecine. Dans la conférence, Alvarado a signé au nom du gouvernement mexicain les accords sanitaires pour établir "une commission sanitaire, scientifique et temporaire conformée par les nations les plus intéressées pour se préserver contre la fièvre jaune" (Finlay, 1881, p.22-23). Les objectifs de cette commission seront: la détection et l'étude des foyers de la maladie; établir les conditions qui sont favorables au développement du germe afin d'éviter qu'il ne se répande et enfin, détermination des procédés de désinfection des bateaux, et le traitement et la prophylaxie de la maladie.

L'autre événement majeur, sera l'émergence comme bactériologue de Manuel Carmona y Valle qui ne pouvait permettre qu'un médecin périphérique comme Alvarado<sup>10</sup> prenne de l'avance. Ainsi, dans la foulée, le 2 juillet 1881 Carmona publie son premier mémoire *Estudio etiológico sobre la fiebre amarilla*. En décembre de la même année, Carmona demande dans une lettre adressée au Ministre de Justice et de l'instruction publique (sur un ton semble-t-il très autoritaire pour les mœurs de l'époque) que ses *Lecciones sobre la etiología y la profilaxis de la fiebre amarilla* soient traduites en français et envoyées partout dans le monde au motif que "les idées sont complètement nouvelles et peut être d'une utilité transcendante pour l'humanité".<sup>11</sup> Cet 'ordre' ne sera exécuté qu'en 1885 et la publication sera faite avec une introduction d'Eduardo Liceaga où ce dernier essaye de convaincre de la validité des résultats présentés par Carmona y Valle. Contrairement aux recherches de Carmona y Valle, les recherches d'Alvarado ne seront jamais publiées, ni en français, ni à l'étranger, et son nom tombera dans l'oubli, malgré sa participation à des accords internationaux pour combattre le fléau. Par ailleurs, la publication de ces études montre, d'une part, le pouvoir de Carmona y Valle et l'importance de faire partie du circuit officiel des médecins, généralement soutenus par Liceaga et par le gouvernement de Porfirio Diaz; d'autre part, cette action montre aussi l'importance qu'avait le fait pour les Mexicains de faire connaître leurs recherches à l'étranger.

La publication du mémoire de Carmona y Valle se fait contre l'avis de la Comisión de evaluación élue par l'Académie de Médecine de Mexico, dont Alvarado fut nommé président pour l'année de 1882. Alvarado n'hésitera pas à mettre en évidence le manque de rigueur de l'auteur du mémoire. Carmona y Valle réussit à remédier aux erreurs signalées par la commission d'évaluation par la publication des *Leçons sur l'étiologie et la prophylaxie de la fièvre jaune* de 1885 où il rectifie l'argumentation et les preuves présentées. Mais il fait encore mieux et dans la présentation de ses travaux de 1881-1882, il montre, sans le savoir, comment la bactériologie de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle est très loin d'être une science achevée et normalisée, ainsi que les difficultés matérielles et épistémologiques que les pays importateurs de connaissances doivent envisager lors de l'utilisation pratique d'une nouvelle connaissance.

Du fait de la large diffusion du mémoire de 1885 et le fait une fois reconnu internationalement que les démarches de Carmona y Valle allaient dans la mauvaise direction, celui-ci est mené à demander des excuses à la communauté internationale des médecins au Congrès international de médecins de Berlin de 1890 pour son excès de "zèle bactériologique" (Carmona y Valle, 1890). En revanche, il n'acceptera jamais, ni les théories des autres latino-américains – même si, dans son dernier mémoire, il inclut dans le cycle de la *mucédinée* le besoin d'un 'vecteur', ou organisme intermédiaire, annoncé par Finlay en 1881, pour la transmission de la maladie du milieu vers l'économie du corps, – ni l'utilisation des quelques conclusions du Rapport Plymouth.<sup>12</sup> Il est certain que Carmona a eu accès assez vite à la communication que Carlos Finlay a faite à Washington en 1881, car comme on l'a déjà évoqué, une délégation mexicaine s'y est rendue à cette occasion, dont Ignacio Alvarado (Buck et al., 1988, p.63-68).

### **Les recherches de Carmona y Valle en 1881-1882**

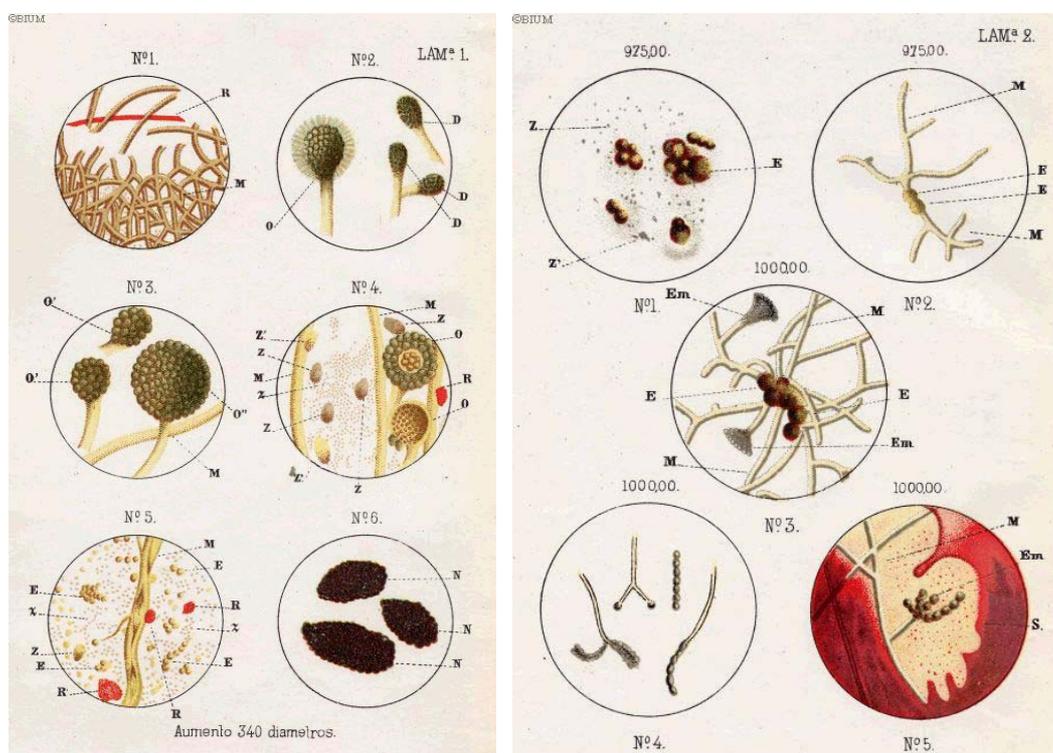
Dans son premier mémoire *Estudio etiológico de la fiebre amarilla* (Carmona y Valle, 1881a), Carmona y Valle 'prouve' que la fièvre jaune est produite par un champignon qu'il appelle *Peronospora lútea*. Ce premier mémoire est centré sur trois points. Le premier est la recherche d'un microbe responsable de la maladie. Le deuxième consiste à expliquer pourquoi la maladie ne peut pas être transmise d'un individu à un autre. Et le troisième, le plus important, est celui sur lequel Carmona a concentré tous ses efforts: chercher un vaccin. Carmona y Valle travaillera en principe avec les urines des malades, lesquelles seront sa source principale d'information. C'est dans les urines qu'il identifie pour la première fois son 'microbe', les *esporos*, qui donnent lieu à la *mucédinée* qui, à son tour, donnent lieu à la *Peronospora lútea*. La première est associée au milieu extérieur, la troisième est responsable de la maladie et est associée au milieu intérieur, et la deuxième, la *mucédinée*, est l'organisme intermédiaire, concept que l'auteur développera plus tard en précisant les rapports entre le milieu et le pouvoir de transmission de cet organisme.

En 1880, Carmona y Valle étudiera 12 échantillons du sang pris chez 11 malades, 12 échantillons d'urine, et pratiquera 21 inoculations, dont vingt sur des animaux: dix avec des fluides corporels putrides obtenus de dix malades avec la *Peronospora lútea* macérée dans de l'eau distillée, et la dernière avec la même composition sur lui-même (Carmona y

Valle, 1881a, p.396-401). Carmona y Valle conclut que les réactions après inoculation “prouvent” que la maladie peut être atténuée en suivant la logique du vaccin de Jenner. Carmona y Valle détermine que la maladie s’est produite sous une forme atténuée, chez les animaux inoculés et lui-même, par la présence de fièvre et de *Peronospora lútea* dans les urines.

Il étudiera les échantillons d’urines, de sang et de vomissements, sous une amplification à 1150 diamètres [sic] avec un microscope Zeiss et un amplificateur Tolles. D’après lui, ces instruments ne laissent place à aucun doute sur l’existence du *Peronospora lútea* dans le sang et les urines des malades, ce qui prouve que le ‘microbe’ est introduit dans toute l’économie du corps, et que c’est bien lui le responsable de la maladie. Ici, Carmona commet sa première ‘erreur’ dans son système de preuves, laquelle sera durement critiquée. Pendant l’exposé oral du mois de juin 1881, il dit que son microbe peut être vu entre 340 et 1500 diamètres [sic], ce qui représente un décalage énorme de taille pour considérer qu’il s’agit bien du même microbe; en conséquence de quoi, cette première preuve sera réfutée comme argument de l’existence et de la responsabilité de la *Peronospora lútea* dans la fièvre jaune. Cette première bévue s’explique assez facilement. Carmona a très peu d’expérience dans la manipulation du microscope et il se fait aider par Donaciano Morales au laboratoire du Conseil supérieur de salubrité et par Demetrio Mejia à l’Ecole Nationale de médecine de Mexico; les notes sont prises par deux étudiants Larios et Pintado<sup>13</sup> (Carmona y Valle, 1881a, p.122). A l’époque, les acteurs cités sont eux aussi inexpérimentés dans le domaine de la microscopie. Mais le plus surprenant de cette action est le fait que Carmona y Valle laisse une opération aussi délicate que l’observation et la description d’un nouveau microbe entre les mains de médecins non formés à la microscopie, ce qui témoigne du très peu d’importance qu’on donne au microscope. Par ailleurs, dans le paradigme de l’immunité acquise par la vaccination selon le style de Jenner, le micro-organisme responsable de la variole n’a pas été vu lors du développement du vaccin, donc ‘trouver’ l’organisme responsable d’une maladie n’est pas nécessairement lié à l’identification positive de celui-ci comme responsable de la maladie. Dans l’appareil critique des médecins mexicains, la responsabilité de l’organisme ‘trouvé’ est déterminée par l’observation clinique de la maladie. Jenner a développé le vaccin contre la variole à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, bien avant la constitution de la microbiologie. Le vaccin contre la variole arrive au Mexique en 1802 et représente le premier contact des hygiénistes et des médecins avec une méthode d’immunisation. C’est son pouvoir d’immunisation, son efficacité, et le prestige de Jenner, qui font de cette première méthode ‘d’obtention de microbes’ le paradigme dans la recherche des Mexicains, s’ajoutant à une pratique médicale très enracinée dans les théories humorales et la clinique. Par ailleurs, beaucoup plus vaine est la raison pour laquelle Carmona y Valle laisse les expériences aux aides de laboratoire. C’est que la hiérarchie sociale organisée entre les médecins mexicains (qui correspond à la hiérarchie sociale de l’époque) établit qui sont les chargés de chaire et les subordonnés, ces derniers ont le devoir de manipuler les instruments et de rapporter les observations, non les médecins (Lozano, 2007).

La deuxième erreur de méthodologie qui sera contestée par la Comisión de Evaluación sera le manque d’observance des protocoles d’hygiène lors du recueil et de la culture des échantillons d’urine. Ici, il faut dire que Carmona avoue que la plupart de ces échantillons lui sont apportés de Veracruz, et que d’autres sont recueillis dans les hôpitaux de la ville de



Figures 1 et 2 – Représentations des observations microscopiques de la *pérnosporée* et de la *mucedinée* de Carmona y Valle. Illustrations faites par Larios et Pintado

Mexico: il n'a donc pas surveillé la façon dont ils ont été pris. Il n'y aura que trois cas où lui-même ira chercher les urines chez les malades. Par ailleurs, Carmona a 'cultivé' sa *mucedinée* à partir des urines des malades, d'où la présence d'*esporos*, qu'il a postérieurement cultivés dans un milieu ouvert. La culture a été faite en laissant les liquides s'évaporer. A la suite de l'évaporation, les *esporos* donnent lieu à la *mucedinée*. Carmona y Valle (1885, p.74) la décrira comme "tubes mycéliums [qui] débordaient du verre porte-objet, et en parvenant à l'extérieur, ils semblaient recouvrir une vigueur nouvelle en se divisant plusieurs fois, et en s'entrecroisant de manière à ressembler à ces haies formées de branchages que nous voyons fréquemment dans nos campagnes" et qui donneront naissance à la *Peronospora*. Comme on peut l'observer, Carmona ne fait pas la culture de ce qu'il croit être le microbe, mais de l'organisme intermédiaire, ce qui expliquera plus tard dans le mémoire de 1885, pourquoi il n'a pas pu reproduire la maladie par la *mucedinée*. D'après la Comisión de Evaluación, le manque d'observance des 'protocoles' dans le recueil et la culture du microbe de Carmona, dépasse les bornes de la façon de cultiver et de reproduire la maladie à la façon des pastoriens et d'isoler les germes responsables à la façon des techniques allemandes (Menut, 1995, p.15). Ainsi le 15 février 1882, Rafael Lucio (AMM, 1881, p.47-48), directeur de l'Ecole de Médecine, communique le verdict défavorable de la Comisión à partir de trois remarques. (1) Les liquides où Carmona trouve la *Peronospora lútea* (le sang et les urines) n'ont pas été étudiés dans l'état où ils se trouvent dans le corps humain. Ceux-ci ont été visiblement contaminés, en conséquence on ne peut pas assurer que les *esporos* et

*zoosporos* de Carmona y étaient présents avant les observations microscopiques. Le Dr. Sternberg a fait l'analyse des liquides de 98 malades et il n'y a pas trouvé la *Peronospora lútea*. (2) Même en supposant que les expériences aient eu lieu dans des circonstances adéquates, leur nombre est insuffisant pour assurer et généraliser que le microbe observé est à l'origine de la fièvre jaune. (3) Car, d'après l'auteur lui-même, il a vu le même microbe dans un cas de fièvre rémittente et un autre de fièvre intermittente vu par le dr. Miguel Cordero (le médecin de Veracruz qui envoie les urines à Carmona) (Lucio et al., 1882).

Ainsi, le directeur argumente que le mémoire ne répond pas de manière satisfaisante aux questions formulées à l'Article 18 de la Comisión. (1) Est-ce que le microbe responsable de la maladie de la fièvre jaune décrit dans le mémoire est le même que celui qui s'est introduit dans l'organisme ? Pour prouver cela, il faudra que le microbe se trouve dans tous les cas où la maladie se présente, ensuite, reproduire la maladie à travers l'inoculation des animaux vivants et sains. La Comisión établit ces exigences sur les "bases adoptées par Pasteur, Chauveau, Talamon, Bouchard, Koch et les autres qui s'occupent de ce genre d'études" (Lucio et al., 1882, p.102-117). (2) La pathogénie proposée par l'auteur constitue-t-elle une théorie originale et justifiée ? (3) Est-ce que la thérapie et la prophylaxie proposées par l'auteur se sont déjà avérées efficaces ?

La Comisión répondra négativement aux trois questions. Pour le premier point la Comisión de l'Académie de Médecine reprend les postulats de Robert Koch basés sur le principe de fixité correspondant au 3<sup>ème</sup> énoncé des postulats de 1877 (Cordell-Carter, 1985). Ce programme est formalisé par la première expression des postulats en 1877 qui contenait trois critères selon Codell-Carter: le micro-organisme doit être présent dans tous les cas de la maladie; la distribution du micro-organisme doit rendre compte des lésions pathologiques observées; pour chaque maladie différente, un micro-organisme distinctif différent doit être mis en évidence (Menut, 1995, p.14-16).

Dans ce premier mémoire, la critique des 'experts' ne porte que sur la procédure et le manque de professionnalisme dans la manipulation et la prise des échantillons. En revanche, la commission de l'époque, ainsi que les études postérieures ne prennent pas en compte la façon dont le deuxième mémoire a évolué et le fait que Carmona y Valle n'a pas fait la culture de son champignon mais du spore qui le transporte comme s'il s'agissait de cultiver une graine, et c'est pour cela qu'ils concentrent leurs arguments sur le cycle de la *mucédinée* et non sur le *Peronospora lútea*. Par ailleurs, l'histoire a jugé la procédure de Carmona y Valle sur le principe de fixité de Koch et non sur le polymorphisme, proposé par Carmona y Valle et par lequel il essaie de résoudre surtout la question de la non contagiosité de la maladie d'homme à homme et dans les hauts plateaux, et non d'expliquer la nature d'un micro-organisme.

#### L'adaptation du cycle de la *mucédinée* aux recherches internationales

Après l'escarmouche à l'École nationale de médecine et à l'Académie de Médecine en 1882, Carmona y Valle publie en 1885, en français, *Leçons sur l'étiologie de la fièvre jaune*, dont Eduardo Liceaga a fait le prologue où il prie les médecins de relire le mémoire avant de l'invalider. Le livre a été dédié au président Porfirio Diaz en février 1885, ce qui témoigne de

l'importance politique de l'affaire et de la promptitude avec laquelle la publication a été faite, malgré des doutes sur les méthodes utilisées lors des recherches initiales. Nous avons voulu reproduire ici les paragraphes du cycle de la *mucédinée* pour mettre en évidence pour le lecteur comment Carmona y Valle rectifie le tir et essaie de systématiser sa découverte à la lumière des autres études et conclusions qui sont faites en parallèle, entre 1879 et 1885, et dont il a sûrement eu connaissance (Carmona y Valle, 1885, p.234-262).

Le point de départ est les urines du malade qui contiennent un grand nombre de zoospores ou granulations très petites, douées d'un mouvement propre, et qui ne mesurent qu'un millième de millimètre de diamètre. Ces granulations s'unissent deux à deux, et peu à peu se fondent en une seule qui grandit petit à petit; celle-ci devient opaque, et prend une couleur jaune gomme-goutte vue par réflexion, et jaune-rouge vue par réfraction.

Quelques-unes de ces spores dont les dimensions sont très variables atteignent quelquefois vingt-quatre millièmes de millimètre de diamètre; elles hibernent dans beaucoup de cas pendant un temps plus ou moins long, et en d'autres occasions, elles germent immédiatement et produisent la mucédinée que nous avons décrite.

Les spores de cette mucédinée, en pénétrant dans l'économie animale, donnent naissance à une péronosporée, dans les dilatations oogoniques de laquelle apparaissent un grand nombre de zoosporanges chargés eux-mêmes de zoospores. Quand les petites bourses zoosporangiales sont rompues, les zoospores se généralisent dans toute l'économie et vont se nourrir aux dépens des éléments qu'elles rencontrent dans les cellules de tous les organes. Dans les reins, elles flétrissent et détruisent l'épithélium tomenteux des tubes, et en raison de leur nombre, elles obstruent l'intérieur des canaux urinaires et déterminent ainsi la diminution de la quantité d'urine et la difficulté de l'élimination de l'urée. De l'accumulation de ce principe dans le sang survient l'urémie aiguë, accompagnée de tous ses symptômes. De plus les cellules nerveuses, les fibres musculaires du cœur, les globules du sang, les cellules hépatiques, etc., flétries à leur tour par le grand nombre de parasites qui se nourrissent à leurs dépens, déterminent le complexe pathologique connu sous le nom de fièvre jaune. Lorsque plus tard, après leur union, les zoospores viennent former les spores jaunes, celles-ci donnent au malade, ou au cadavre, la coloration typique que nous connaissons. Ces mêmes zoospores qui existent dans les urines, dans les matières vomies, et dans les excréments, forment la semence qui, plus tard, reproduira la mucédinée, et avec elle, le même cercle que nous avons déjà décrit.

La découverte de la mucédinée qui m'avait tout d'abord présenté quelques difficultés en raison de la manière dont je comprenais le germe de la fièvre jaune, est venue plus tard m'expliquer certains phénomènes dont jusqu'alors la compréhension m'avait paru difficile. Je veux parler du mode de transmission de la fièvre jaune.

La découverte de la mucédinée, variété intermédiaire entre la spore primitive et la péronosporée génératrice de la maladie, nous fournit le moyen de nous expliquer ce mystère. La zoospore ou la spore rejetée par le malade ne peut pas donner immédiatement la fièvre jaune, parce qu'elle ne produit pas immédiatement la *Péronosporée lútea*; et c'est pour cela que le malade ne peut pas communiquer tout de suite la maladie. Il faut attendre que la spore germe et donne lieu à l'apparition des spores de la mucédinée pour que celles-ci aillent, à leur tour, empoisonner l'économie des personnes saines. C'est pourquoi l'apparition de la fièvre jaune est impossible dans les localités où les conditions tellurico-atmosphériques ne permettent pas le développement de la mucédinée ... la fièvre jaune ne peut se transmettre d'une manière directe. La semence de la fièvre jaune a besoin de conditions spéciales pour se reproduire et pour former alors le germe direct de la maladie.

Plus loin il continue:

Dans le monde des champignons, selon l'expression de M. Bertillon, il n'est pas rare de rencontrer quelques analogies avec les générations alternantes que nous connaissons chez certains entozoaires ... On voit ordinairement dans les champignons quelque-chose de plus que la simple transformation de l'individu, comme celle que nous voyons du ver à la chrysalide, et de la chrysalide au papillon ou les différents formes que prennent certains cistoides [sic] avant de se transformer en ténia. Dans les champignons, il arrive que quelques espèces intermédiaires se reproduisent très souvent elles-mêmes, avant de passer à la transformation suivante, phénomène que nous observons dans les générations dites alternantes. Par combien de formes passera le champignon générateur de la fièvre jaune? (Carmona y Valle, 1885, p.132-137)

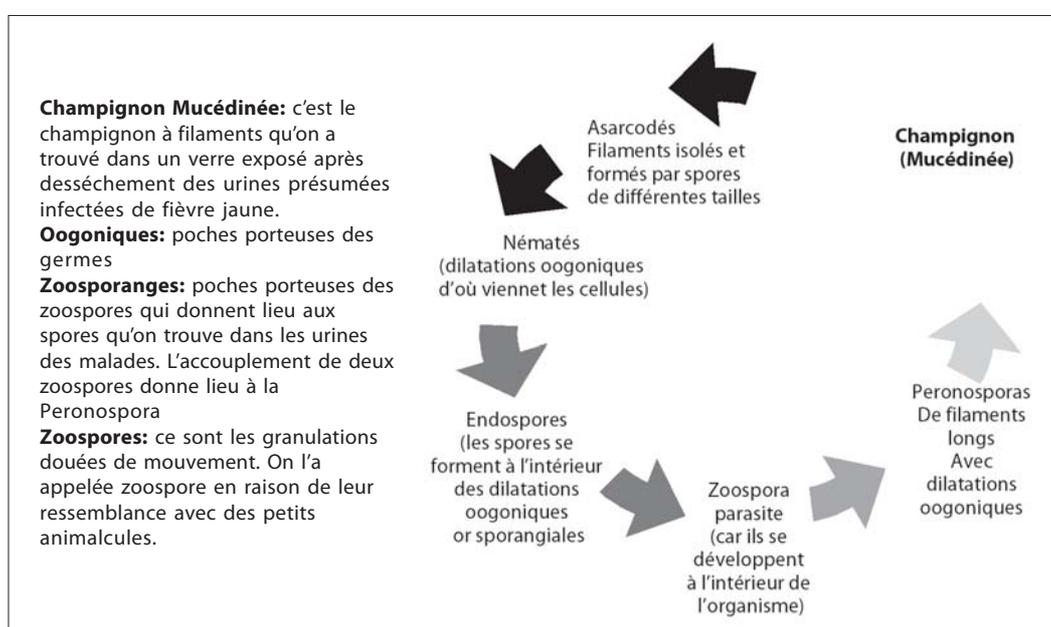


Figure 3 – Cycle de développement de la *Peronospora lútea* (observations faites à partir de la classification de Bertillon dans la perspective de Carmona y Valle, 1885)

D'après la thèse de Jaime Benchimol (1999, p.124), Carmona y Valle ainsi que le brésilien João Batista Lacerda partent du polymorphisme pour expliquer le cycle de vie de leurs champignons. Le polymorphisme avait une importance majeure dans les sciences de la vie et c'est à travers le polymorphisme que le mexicain arrive à expliquer la non contagiosité d'homme à homme de la fièvre jaune et chez Lacerda les variations du germe, dues au milieu, qui empêchent la mise en place d'un vaccin. En effet, il est possible que Carmona y Valle base son cycle de la *mucédinée* sur le transformisme lamarckien et sur l'idée de série unique très répandue à l'époque comme une façon de résoudre un problème, comme un choix épistémologique. Par ailleurs à l'époque, la fixité ou le polymorphisme ne se posent pas encore comme un problème pour la recherche de micro-organismes au Mexique. La première notice qu'on a sur cette discussion est apparue en 1886 (Parra, 1886). Quoiqu'il en soit sur ce point, Carmona ne veut qu'expliquer le cycle de vie de son spore et de la *mucédinée*, auxquels

il attache la propriété de transporter la maladie et de la conserver en état de latence, ce qui résout les deux problèmes posés par les chercheurs internationaux: le mode de propagation et la recherche d'un agent étiologique particulier qui ne se multiplie que dans certaines circonstances. Par ailleurs, cette idée de transporter la maladie n'est pas loin du concept du vecteur proposé d'abord par Finlay et élaboré plus tard par Walter Reed.

Carmona y Valle, ainsi que ses collaborateurs, étaient au courant des recherches menées sur la fièvre jaune et il est possible que les médecins mexicains intéressés par ce sujet aient gardé un contact avec les auteurs qui, à ce moment-là, travaillaient sur la recherche de l'agent étiologique dans d'autres pays: Finlay, Lacerda et Freire (Benchimol, 1999; Lozano, 2007). Donc il est tout à fait possible que, lorsque la communauté scientifique mexicaine a pris connaissance, en 1883, des recherches que Carlos Finlay a annoncées le 18 février 1881 à Washington (Buck et al., 1988, p.63-68), Carmona ait décidé de préciser et de focaliser ses recherches dans certaines directions: la recherche d'un agent spécifique et son mode de propagation. Carmona ne cite ni la théorie du vecteur de Finlay, ni le Rapport Plymouth, pas plus qu'il ne fait état du rapport de la Commission de l'Armée des Etats-Unis de 1879 (Delaporte, 1989, p.41), dont il avait certainement connaissance. Ces trois travaux se trouvent à l'origine des directives pour la recherche de la fièvre jaune en Amérique. Ils posent le problème de la transformation extracorporelle du germe amaril (p.45) et écartent la possibilité que la maladie puisse être transmise par le milieu ou les marchandises. Mais ils soutiennent la théorie des spores selon laquelle l'agent pathogène est peut-être un champignon: certaines conditions favorables à la vie et à la multiplication des plantes inférieures, favoriseraient l'évolution du germe amaril. "De même que les végétaux pouvaient résister au froid sous forme de spores, de même les germes amarils pouvaient rester passifs 'aussi longtemps que les conditions environnantes étaient défavorables à leur développement'. Qu'apparaissent les conditions capables d'assurer leur épanouissement, ils devenaient nocifs et déchaînaient le mal" (p.32).

Ainsi dans son deuxième mémoire, Carmona met l'accent sur l'explication que la *mucédinée* est l'espèce intermédiaire entre la zoospore et la *Peronospora lútea*, c'est-à-dire l'existence d'un organisme qui transporte la maladie du milieu extérieur à l'économie de l'organisme qui a besoin de certaines circonstances telluriques pour se reproduire. Ainsi, si Carmona accepte bien la théorie du milieu (les conditions telluriques) pour l'absence de fièvre dans les hauts plateaux du pays, il ne l'accepte ni pour l'immunité acquise, ni pour la non contagiosité d'un individu à l'autre car, pour lui, les *zoospores* (qui sont l'organisme intermédiaire) qui sont à l'origine de la *Peronospora* hibernent: "elles hibernent en beaucoup de cas pendant un temps plus ou moins long, et en d'autres occasions [lorsqu'elles ont les conditions telluriques nécessaires], elles germent immédiatement et produisent la *mucédinée* que nous avons décrite..." (Carmona y Valle, 1885). Et de poursuivre en ces termes:

La découverte de la *mucédinée*, variété intermédiaire entre la spore primitive et la *Peronospora* génératrice de la maladie, nous fournit le moyen de nous expliquer ce mystère. La *zoospore* ou la *espore* rejetée par le malade ne peut pas donner immédiatement la fièvre jaune, parce qu'elle ne produit pas immédiatement la *Peronospora lútea*; et c'est pour cela que le malade ne peut pas communiquer tout de suite la maladie. Il faut attendre que la *espore* germe et donne lieu à l'apparition des *espores* de la *mucédinée* pour que celles-ci aillent, à leur

tour, empoisonner l'économie des personnes saines par la *Peronospora lútea*. C'est pourquoi l'apparition de la fièvre jaune est impossible dans les localités où les conditions tellurico-atmosphériques ne permettent pas le développement de la mucédinée ... la fièvre jaune ne peut se transmettre d'une manière directe. La semence de la fièvre jaune a besoin de conditions spéciales pour se reproduire et pour former alors le germe direct de la maladie. (Carmona y Valle, 1885, p.135-136)

Ce principe efface la théorie des miasmes, ce qui coïncide avec les observations des *estadounidenses* et de Finlay. Toutes ces idées ne se trouvent pas dans le premier mémoire publié dans la *Gaceta Medica de Mexico* en 1880-1881. Ces directions de recherche apparaissent soudainement précisées et accessibles pour un non initié à la bactériologie comme Carmona y Valle. Quelle influence les recherches faites par ses pairs étrangers ont-elles donc eu sur sa propre démarche? Est-ce qu'il a essayé de rectifier le tir en s'alignant sur l'opinion générale ou cette opinion l'a-t-elle uniquement aidé à restructurer son discours? Ce qui semble sûr, c'est que Carmona y Valle n'a pas vraiment refait ses expériences entre 1881 et 1885; en revanche, il a continué à réaliser des inoculations pendant toute cette période – 1885, entre mai et novembre 1885 – avec le seul but de prouver que sa méthode prophylactique marche et de réfuter les expériences de Freire (Carmona y Valle, 1885, p.263-289). Ce qui prouve que son intérêt reste toujours de trouver une prophylaxie pour la maladie. S'est-il donc plus soucieux de trouver le *virus amaril* ou de répondre aux problèmes sanitaires internationaux ?

#### Les travaux de Carmona y Valle face aux premiers standards des années 1880

Carmona y Valle se défendra des observations faites par la commission sur son manque de méthodologie, en disant que les expérimentateurs modernes tels que Koch, Klebs, Talamon, Pasteur et les autres "utilisaient chacun la méthode qui leur paraissait la plus adéquate et quelques autres emploient les deux méthodes pour les compléter mutuellement. La méthode d'observation (qu'il attribue à Koch) exige l'existence du microbe, la méthode expérimentale (qu'il attribue à Pasteur) exige que, par la culture du microbe et par l'inoculation, se reproduise la maladie dans les animaux. Malgré cela, en l'absence d'une des deux conditions on ne peut pas conclure que l'observation soit fautive (Carmona y Valle, 1882a, p.118). Sur ce point, il n'a pas tort: à l'époque la validation de l'une des deux méthodes n'était pas fondée sur son efficacité, mais sur des convictions nationalistes ou les préférences des chercheurs; la validité des méthodes était alors très contestée (Contrepois, 1998, p.6-13, 45-50, 79-97). Les élèves de Koch accusaient les bouillons de Pasteur d'être contaminés et ils ont fait des cultures exposées. Mais finalement, pour la culture de la tuberculine, Koch est retourné aux bouillons.<sup>14</sup> Exemple certes, un peu caricatural, mais montrant à quel point les standards n'étaient pas encore mis en place.<sup>15</sup> Carmona y Valle (1882a, p.114-116) montre largement dans son exposé de mars 1882 sa connaissance des publications de Pasteur sur le choléra des poules et il manipule la méthode de Pasteur pour montrer que ses recherches ont été bien faites. Il montre comment d'autres chercheurs comme Litzneriche, Talamon, Klebs, Peyer, parmi d'autres ont utilisé des récipients ou des supports divers 'ouverts' pour la culture des microbes et qu'en conséquence on ne peut utiliser cet argument pour montrer le manque de rigueur dans la culture de son champignon.

Finalement, Pasteur avait utilisé, pour la culture du choléra des poules, des récipients ouverts, ainsi que pour l'atténuation de la rage.<sup>16</sup> Plus tard, on mettra en évidence le problème de la variation des espèces, mais à cette époque il n'y avait pas une vraie raison pour cultiver un microbe de telle façon plutôt que de telle autre (la formule n'est pas correcte). Les microbiologistes donnent leurs recettes pour reproduire et obtenir le produit, mais on dit rarement pourquoi on opère (de telle façon, ce qui complique la transmission de la connaissance dans les pays sans tradition microscopique).

A la fin de son argumentation, Carmona ajoute:

Je suis rentré dans tous ces détails pour montrer à la Comisión qu'il n'est pas absolument nécessaire de cultiver le microbe hors du contact de l'air. Ainsi l'exigence de la Comisión de prendre toutes les précautions que Pasteur [recommande] sont vaines car il ne s'agit pas du même microbe.

Pour faire la culture du champignon, je l'ai mis dans de l'eau albuminée, après dans du brouillon de veau, dans les urines d'un individu sain et en dernier lieu, dans une composition du liquide de Pasteur: fait à base de sucre et de sel (nitrate de potasse et un peu des cendres). Néanmoins, je n'ai pas réussi à reproduire le champignon dans ces milieux. On ne peut pas suivre toujours les mêmes méthodes que nos prédécesseurs. (Carmona y Valle, 1882a, p.119).

Un autre problème – qui nous renvoie une fois de plus vers la classification des espèces bactériennes, le polymorphisme et le monomorphisme – est qu'il connaît mal, comme la plupart des médecins de l'époque, la nature des micro-organismes et les diverses variétés qui existent. La preuve en est (je ne suis pas d'accord avec la modification) que Carmona a attribué la même catégorie à un champignon et à une bactérie dans son cycle de la *mucédinée* et cela est un erreur que la même Comisión n'a pas vue. De même, il croit avoir produit une forme atténuée de la maladie chez les animaux inoculés (Carmona y Valle 1882b, p.128-133), car il arrivait à provoquer de la fièvre dans les bêtes, sans qu'elles meurent et il a 'trouvé' dans les urines et dans le sang de ces bêtes des *Peronosporas*. Ces paragraphes nous montrent que les médecins de l'époque étaient informés, mais que la connaissance transmise et instaurée est encore en train de se construire, car l'introduction des techniques et la compréhension du phénomène se font en parallèle avec le développement et la mise au point des techniques européennes. Il est tout à fait possible que les chercheurs mexicains se soient trouvés dans un continuel aller-retour entre les vieilles théories comme la clinique et la vaccination jennérienne, sûres et éprouvées, et les nouvelles, pas toujours claires et compréhensibles.

### **Le mémoire d'Ignacio Alvarado: *Patogénesis de la fiebre amarilla***

Les premiers chasseurs de microbes mexicains sont des cliniciens qui vont tirer avantage, par exemple, des observations qu'ils font dans différents espaces; les hôpitaux de charité et la clinique privée, ainsi que les méthodes statistiques et cliniques qu'ils doivent utiliser en raison de la multiplicité de leurs activités. C'est à partir de ces diverses pratiques auxquelles les médecins étaient tenus, qu'ils créent des techniques et des méthodes éclectiques pour l'observation de la maladie. Ainsi, la méthode utilisée par Alvarado se montre intéressante pour nous. On a déjà vu qu'Alvarado est l'un de principaux opposants à la thèse de

Carmona y Valle. Contrairement à ce dernier, Alvarado est un personnage inconnu de l'histoire de la fièvre jaune. Il était professeur de physiologie à l'École Nationale de Médecine (1861-1863, 1867-1876 et 1887-1889) et médecin dans le port de Veracruz de façon alternée, ainsi que directeur de l'École d'Agriculture et Vétérinaire.

Par ailleurs, comme on l'a évoqué dans les pages précédentes, il est à notre connaissance le premier chercheur mexicain à plein temps subventionné par l'Académie de Médecine sous l'ordre d'Eduardo Liceaga. Alvarado jouissait d'un prestige rare dans l'Académie de Médecine, pour quelqu'un qui ne fait pas partie de l'oligarchie. "L'Académie de Médecine a demandé au Dr. Ignacio Alvarado, résidant à Veracruz, de faire une étude spéciale sur la fièvre jaune qui s'avère endémique dans ce port. Afin d'encourager ses travaux on lui a assigné la somme de 1.200 pesos sur les 5.000 pesos que l'Académie reçoit du gouvernement. ... et la responsabilité de faire connaître à la nation cette maladie qui s'oppose à l'épanouissement du plus grand port de la République".<sup>17</sup> Dans un premier mémoire, Alvarado réalise un projet de travail pour l'Académie de Médecine où il expose sa méthodologie, son plan de travail et les actions à accomplir. Cette façon de procéder était complètement inhabituelle parmi les médecins, ce qui peut être interprété par l'Académie comme l'exercice d'une rare particularité. "L'Académie est très satisfaite de l'attitude si sérieuse du Dr. et aussi étonnée de son vaste plan et de l'exactitude de ses observations".<sup>18</sup> Dans un deuxième mémoire, "le Dr. Alvarado remet ses observations et les modèles de la méthode graphique dont il s'est servi. Il a annoncé aussi quelques conséquences pratiques déduites de ses travaux. Ainsi l'Académie a pu voir que le projet qui, quelques mois auparavant, semblait un rêve, devenait peu à peu réalité".<sup>19</sup>

Pendant une visite à l'Académie, "Alvarado expose ses idées, montre ses livres de notes et d'observations et dissipe tous les doutes" (Alvarado, 1887a) des autres membres. Après son exposé "il laisse dans la conviction que la méthode est bonne, qu'elle est viable et que par sa mise en pratique, on arrivera à la connaissance exacte du vomito" (Alvarado, 1887a).

Alvarado, était l'un des rares lecteurs de Claude Bernard à l'époque; le commencement de son travail de 1887 *Sugestiones sobre la patogenésis de la fiebre amarilla* met déjà en évidence ses idées:

Jusque là où la science trouve aujourd'hui ses limites, toute l'évidence nous fait penser qu'un microbe est à l'origine d'une série de lésions anatomiques qui produisent certaines altérations fonctionnelles connues sous le nom de fièvre jaune. Ce fait ne suffit pas pour avoir la globalité de connaissances afin de dominer ... la maladie et il ne peut s'avérer utile que lorsque il s'agit [d'établir] la prophylaxie de la maladie... (Alvarado, 1887a, p.439).

De toute évidence, Alvarado ne croit pas en la méthode des chasseurs de microbes. En conséquence, il a concentré ses recherches sur les données cliniques et il déclare n'avoir pas testé son hypothèse par des observations chimiques par manque de compétences et de matériels adéquats (Alvarado 1887b, p.585). Il mentionne ce fait lors de la demande d'appui économique pour continuer ses recherches et apparemment, il n'y a pas eu d'échos de la part de l'Académie. Néanmoins, nous ne pouvons pas nous empêcher de remarquer l'étonnante transformation de sa pensée. Surtout, après le rapport si fortement critique sur le manque de preuves destinées à montrer la responsabilité de *Peronospora lútea* dans la fièvre jaune.

Comme Alvarado manque des éléments de la médecine de laboratoire pour prouver sa théorie, il établit et justifie sa méthode, fidèle aux principes de l'époque, en commençant à "construire une hypothèse à partir des phénomènes observés [cliniquement sur le terrain] pour ensuite la démontrer par des expériences directes. Dans l'impossibilité de suivre ce chemin, on peut établir des expériences indirectes et rationnelles" (Alvarado, 1887a). Ainsi, il décide de démontrer sa théorie par l'expérimentation indirecte de Claude Bernard, pour qui l'observation du phénomène doit être faite dans ses différentes facettes et dans des circonstances différentes. L'expérience doit être répétée autant de fois que nécessaire pour trouver l'accord ou le désaccord entre l'hypothèse et le phénomène. "L'expérimentation directe nous conduit vers la certitude et l'indirecte vers une probabilité..." (Alvarado, 1887a, p.440-441). Une fois franchi l'aspect formel du problème et comme un bon élève de Bernard, Alvarado nous dit que le corps est une machine de réactions chimiques, donc, forcément il y a à l'origine de la fièvre jaune une réaction chimique qui perturbe l'équilibre et l'économie de l'organisme. Ainsi, pour lui la "maladie est: au début le *microbe* qui, *comme n'importe quel ferment*, prend les éléments fondamentaux pour sa survie", à savoir l'oxygène. Il est curieux de voir comme Alvarado donne à ses microbes la capacité de métaboliser, en rapprochant sa conception du problème de celle des premières recherches pastoriennes sur les fermentations – ce qui n'est qu'une coïncidence. Plus loin, il continue "Les évanouissements, la somnolence, le rougeur du visage et des yeux seront le résultat du principe de fermentation du sang. On prend le mot dans le sens de phénomène chimique produit dans un liquide où un microbe vit et se multiplie par l'absorption d'un ou plusieurs éléments qui composent le liquide en question [en l'occurrence, le sang]." (Alvarado, 1887b, p.590). De telle sorte que l'origine de la fièvre jaune est un empoisonnement dû à la transformation du sucre en acide lactique, qu'il décrit de cette manière:

[l'] oxygène est pris du sucre du sang, ainsi le sucre chimiquement modifié, donne lieu à l'acide lactique. Cet acide agit sur le phosphate basique de soude, le transforme en acide et active l'acide phosphore glycérique. En conséquence, dans la fièvre jaune, il y a deux périodes [dans l'évolution de la maladie], une période de fermentation, pendant laquelle se forme l'acide lactique, et la deuxième qui n'est qu'une conséquence de la première, l'empoisonnement par l'acide phosphore glycérique. (Alvarado, 1887a, p.441).

D'après la théorie d'Alvarado, fondée sur des observations cliniques et des expériences physiologiques, les malades de la fièvre jaune observaient une très grande variété de symptômes dont l'acide lactique se trouve généralement à l'origine (i.e. fatigue, sommeil, endocardite, dégénération grasse du foie, du cœur et des reins, etc.) (Alvarado, 1887b, p. 588). Pour prouver son hypothèse, il décrit au long de plus de 800 pages les cas qu'il a suivis, les données statistiques, les réponses aux questionnaires, les fréquences, et les expériences sur des animaux de laboratoire (p.610-612), ainsi que ses conclusions sur plusieurs dizaines d'individus. Ses recherches commencent en 1877 avec le registre minutieux des observations cliniques de patients atteints de fièvre jaune. Il établit les similitudes et les différences entre les habitudes et mœurs des gens afin d'établir un tableau pour définir une bonne fois pour toutes si le milieu et les mœurs de gens avaient une influence dans l'apparition de la maladie. Ce travail titanesque dont il s'occupe tout seul jusqu'en 1880,

n'arrive pas à des résultats concluants, mais il peut établir, a priori, que la maladie se trouve dans le sang de l'individu et que la toxicité du microbe est déclenchée par les conditions extrinsèques telles que la chaleur et l'humidité (p.591).

Alvarado représente l'autre extrême de la pensée de Carmona y Valle. Il ne croyait pas trop en la bactériologie et il se réfugie sans hésiter dans des domaines plus sûrs, tels que la physiologie, laquelle avait déjà fait ses preuves. Dans ses écrits, Alvarado cite Adolph Wurtz, La Roche, Robin, Jaccoud, Vulpian, Charcot, Picot et Bouchard, parmi d'autres (Alvarado, 1887b), mais il n'y a pas une seule mention des bactériologistes ou de la microbiologie, ni dans ses premiers travaux de 1879, ni dans son dernier mémoire présenté à Washington en 1887 (Alvarado, 1887a). Cependant, il livre un combat sans merci lors de l'évaluation du mémoire de Carmona y Valle sur le cheval de bataille des bactériologues ! Quoi qu'il en soit, manque de maîtrise ou manque de moyens, Alvarado n'osait pas s'enfermer dans la marée incertaine de la bactériologie des années 1880, à notre avis par précaution. Cette précaution est le reflet de la perplexité des médecins devant la critique et d'incompréhension pure d'un phénomène en évolution. Par ailleurs, les seuls standards dont il se sert sont ceux issus des observations cliniques, lesquels s'imposent par les statistiques et la répétition de l'expérience physiologie du phénomène.

La façon de procéder d'Alvarado correspond à la difficulté des médecins de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle d'incorporer les protocoles de laboratoire et de les accepter comme des moyens de diagnostic plus efficaces que la clinique connue. Car ceci signifie que le travail du médecin, "l'art de la médecine" n'a plus aucune valeur, le diagnostic bactériologique élimine les différences entre le travail manuel et le travail intellectuel. Tant il semble évident qu'en dépit de tous les développements de la bactériologie médicale, identifier un germe à partir d'un prélèvement chez le malade ne suffit pas à définir une maladie. D'ailleurs, il a assez longtemps paru incongru d'expliquer le morbide par la seule influence d'un élément aussi minuscule et extérieur que le germe. La maladie semble mériter une compréhension plus profonde et plus individuelle: elle traduit une sorte de corruption intérieure, une malédiction qui frappe la famille, ou encore un tempérament individuel. La maladie infectieuse s'oppose donc à toute simplification par une cause unique (Contrepois, 1998, p.101).

## Conclusions

Nous avons voulu montrer au moyen d'exemples les problèmes d'ordre épistémologique auxquelles ont dû se confronter les médecins des pays importateurs de connaissances, mais on a vu que les contraintes d'ordre politique et social vont façonner l'importation des connaissances au Mexique. Dans cet ordre d'idées, on a vu, en premier lieu que l'importation des techniques bactériologiques et microbiologiques des années 1880 s'avère très difficile dans les pays sans tradition microscopique dans la clinique. Par ailleurs, l'appareillage conceptuel qui devra appuyer la compréhension du phénomène est encore en construction en Europe. L'évolution de la bactériologie des années 1880 est très rapide et parfois contradictoire. Ainsi les médecins mexicains auront beaucoup de mal à suivre l'évolution des techniques, des résultats et de la construction des concepts issus de cette évolution. Cependant, le nouveau ordre mondial exige le contrôle des maladies comme preuve de

modernisation. Ainsi le Mexique prendra-t-il part dans la course à la chasse du virus amaril avec ce qu'on pourrait appeler une certaine immaturité scientifique et tout en essayant de mettre en place des techniques encore en évolution. Les Mexicains sont pressés d'incorporer les nouveautés, mais surtout les résultats nés de la recherche occidentale pour montrer leur capacité scientifique. La recherche fondamentale prendra une place secondaire dans l'importation des connaissances et des techniques, ce qui laissera des lacunes dans la compréhension de la maladie.

La méconnaissance de la morphologie, de la variété, des caractéristiques des bactéries, ainsi que du concept de 'vaccin pasteurien' et d'immunité existant à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, rend difficile le transfert des techniques bactériologiques vers un pays exportateur de connaissances. L'importation et la mise en place des techniques bactériologiques demande des standards, lorsque la recherche fondamentale n'est pas développée. Ces standards ne seront mis en place au Mexique qu'en 1906 lors de la naissance des chaires de spécialisation obligatoires à l'École nationale de médecine.

## NOTES

<sup>1</sup> Le *Porfiriato* est la période pendant laquelle Porfirio Díaz (1830-1915) est président des Etats-Unis Mexicains, entre 1877 et 1880, et de 1884 à 1911. Partant, pendant la période qui va de 1881 à 1884, l'influence de Díaz est déterminante et de ce fait, historiquement, on considère comme unique la période s'étalant de 1877 à 1911.

<sup>2</sup> Une zone de contact est entendue par Kapil Raj (2006, p.11) comme un espace géographique où des personnes de différentes nationalités et horizons culturels se retrouvent. La zone de contact est une extension du concept de frontière dans l'historiographie des Etats-Unis comme une entité géographique temporelle, une intersection où différents processus économiques, sociaux, culturels et parfois militaires interagissent.

<sup>3</sup> Médecin d'un grand prestige au Mexique pendant la période porfirienne. Formé en France en tant que physiologiste et ophtalmologue au Musée d'histoire naturelle à côté de Brow-Séguard. Il fut deux fois président de l'Académie nationale de médecine en 1867 et 1892. Professeur d'ophtalmologie, de physiologie et de pathologie interne, directeur de l'École de médecine de Mexico de 1886 à 1902, sénateur, président de l'*ayuntamiento de México* et de la *Junta de Beneficiencia*, ami et médecin personnel de Díaz.

<sup>4</sup> Alvarado a fait ses études de Médecine à Mexico. Il a obtenu son diplôme de médecin avec le mémoire intitulée *Opusculo sobre el mal de San Lazaro o elefanciosis de los griegos* en 1852. Il a fait son mémoire avec Rafael Lucio. Alvarado fut le professeur de Gabino Barreda. Entre 1861 et 1862, il a remplacé Manuel Carpio dans la chaire de physiologie. En 1863, il a abandonné le cours à l'ENM pour appuyer les forces militaires de Juarez. Lors de la restauration de la République en 1867 il reprend ses activités dans la chaire de physiologie. Il a repris cette chaire des mains de Manuel Carmona y Valle, le 19 août 1867. Alvarado fut un très grand lecteur de Comte, Blainville, Virchow et Bernard. Il entretient des relations intellectuelles fréquentes avec Barreda. Cette relation et ses lectures de Comte seront à l'origine de son inclination pour la méthode expérimentale de Claude Bernard. On peut voir l'influence de Bernard dans le mémoire de 1869 et dans ses travaux sur la fièvre jaune (Izquierdo, 1934, p.172-174). Par ailleurs, il fait partie des savants qui signent la loi du 2 décembre 1867, proposée par Barreda pour que l'éducation dans la République devienne obligatoire et laïque.

<sup>5</sup> Cet article est publié dans le même numéro de la *Gaceta Médica de México*, où ont été publiées les recherches de Carmona y Valle : 'Utilidad del estudio de los infusorios y su moderna clasificación' (*Gaceta Médica de México*, 19, p.149-133, 172-174, 1884).

<sup>6</sup> Dans ce même numéro, la Société Mexicaine de Médecine fait appel aussi aux médecins pour étudier le typhus, maladie endémiques dans les hauts plateaux du centre du pays et qui sera l'objet de recherches internationales au Mexique vers 1908 (*Gaceta Medica de México*, 15, p.15-18, 1879).

<sup>7</sup> AGN-FIP et IBN, v.233, exp.8, fos.5, 1879.

<sup>8</sup> AGN-FIP et IBN, v. 233, exp.8, fos.1-2, 5-7, 1879.

<sup>9</sup> AGN-AGN-FIP et IBN, v. 233, exp.8, fos.14-18, 1881.

<sup>10</sup> AGN-FIP et IBN, v.233, exp.8, fos.18, 1881.

<sup>11</sup> AGN-FIP et IBN, v.233, exp.40, fos.1, 1881.

<sup>12</sup> Le 25 février 1880, une commission, nommée par le Département de la Marine des Etats-Unis, est chargée de déterminer les causes de l'apparition de la fièvre jaune sur le vapeur Plymouth. Les objectifs de cette commission étaient de rechercher le microbe responsable de la maladie, expliquer pourquoi la maladie ne peut pas être transmise d'un individu à un autre et chercher un vaccin. D'après François Delaporte, Finlay s'est servi de la problématique exposée dans le Rapport Plymouth pour diriger sa recherche. Pour l'établir il a repéré les problèmes abordés par Finlay, à travers la lecture de ses travaux. Nous avons procédé un peu dans le même sens, nous avons trouvé une transformation importante dans les énoncés de Carmona y Valle entre le premier mémoire de 1880 et celui publié en 1885. Les ressemblances avec les hypothèses de Finlay et les problèmes posés par le Rapport sont claires.

<sup>13</sup> Carmona y Valle lui attribue aussi le mérite des dessins du développement des zoospores, faits à partir des observations au microscope (Figures 1 et 2).

<sup>14</sup> En 1891 Roux remarque que Koch utilise un bouillon de veau glyciné pour préparer la lymphé alors qu'il a toujours dit que les milieux liquides ne permettaient pas d'obtenir de culture pure (Roux, 1891).

<sup>15</sup> Par exemple, devant la diversité de produits et de procédures pour la production de la tuberculine, la Société de Nations convoque une commission d'experts pour tenter une standardisation de la tuberculine en 1926 (Calmette, 1926).

<sup>16</sup> Cf. Emile Roux, "Cours sur les virus", in *Cours de microbie technique*, Archives de l'Institut Pasteur, ROUX 7.M.

<sup>17</sup> AGN-FIP et IBN, v.233, exp.8, fos.1-2, 5-7, 1879.

<sup>18</sup> AGN-FIP et IBN, v.233, exp.8, fos.1-2, 5-7, 1879.

<sup>19</sup> AGN-FIP et IBN, v.233, exp.8, fos.1-2, 5-7, 1879.

## REFERENCES

AMM.

Academia de Medicina de México. Crónica a cerca del jurado que debe dictaminar sobre los trabajos extraordinarios presentados por los socios en el segundo semestre de 1881. *Gaceta Médica de México*, México, v.16, n.3, p.47-48. 1881.

ALVARADO, Ignacio.

Sugestiones sobre la patogénesis de la fiebre amarilla. *Gaceta Médica de México*, México, v.21, n.21, p.439-449. 1887a.

ALVARADO, Ignacio.

*Sugestiones sobre la patogénesis de la fiebre amarilla*. México: Secretaria de Fomento. 1887b.

AMSTERDAMSKA, Olga.

Medical and biological constraints: early research on variation in bacteriology. *Social Studies of Sciences*, London, v.17, p.657-687. 1987.

BASALLA, George.

The spread of western science. *Science*, Chicago, n.156, p.611-622. May 1967.

BENCHIMOL, Jaime Larry.

*Dos microbios aos mosquitos: febre amarela e a revolução pasteriana no Brasil*. Rio de Janeiro: Fiocruz; UFRJ. 1999.

BUCK, Carol et al.

*El desafío de la epidemiología: problemas y lecturas seleccionadas*. Washington, D.C. :

Organización Panamericana de la Salud. (OPS. Publicación Científica, 505). 1988.

BUSTAMANTE, Miguel.

*La fiebre amarilla en México y su origen en América*. t. 2/2. México: Instituto de Enfermedades Tropicales / Secretaría de Salubridad y Asistencia. 1986.

CALMETTE, Albert.

Sur les tirages (standardization) des tuberculines. *Annales de l'Institut Pasteur*, p.353-410. Rapport de la Commission d'Hygiène de la Société des Nations. 1926.

CARMONA Y VALLE, Manuel.

*De quelques faits relatifs à la fièvre jaune*. Berlin: H.S. Hermann. 1890.

CARMONA Y VALLE, Manuel.

*Leçons sur l'étiologie et la prophylaxie de la fièvre jaune: données à la fin de l'année de 1884 aux élèves de clinique interne*. Mexico : Imprimerie du Ministère des Travaux Publics. 1885.

CARMONA Y VALLE, Manuel.

Sesión del 22 de febrero de 1882 en la Academia Nacional de Medicina. *Gaceta Médica de México*, México, v.17, n.8, p.112-119. 1882a.

CARMONA Y VALLE, Manuel.

Sesión del 01 de marzo de 1882 en la Academia Nacional de Medicina. *Gaceta Médica de México*, México, v.17, n.8, p.128-133. 1882b.

- CARMONA Y VALLE, Manuel.  
Estudio etiológico de la fiebre amarilla. *Gaceta Médica de México*, México, v.16, p.385-401. 1881a.
- CHAILLÉ, Stanford ; STENBERG, George.  
Preliminary report of the Habana Yellow Fever Comission. In: U.S. National Board of Health. *Annual report of the National Board of Health*. Washington: U.S. National Board of Health. 1879.
- CONTREPOIS, Alain.  
*Transformations de la pratique clinique liées à la théorie des germes et au développement de la bactériologie médicale en France (1870-1918)*. Thèse (Doctorat en épistémologie et histoire des sciences exactes et des institutions scientifiques) – Université Paris 7, Paris. 1998.
- CORDELL-CARTER, Kay.  
Koch postulates in relation to the work of Jacob Henle and Edwin Klebs'. *Medical History*, Oxford, v.29, n.4, p.353-384. 1985.
- DELAPORTE, François.  
*Histoire de la fièvre jaune*. Paris: Payot. 1989.
- DUBOS, René.  
*Louis Pasteur: franc-tireur de la science*. Paris: La Découverte. 1995.
- FINLAY, Carlos.  
Conferencia Sanitaria Internacional de Washington, protocolo 7, session del 18 de febrero de 1881. *Anales de la Academia de Ciencias Medicas, Fisicas y Naturales de la Habana*, Habana, n.17, p.449-482. 1881.
- GARCÍA DE ALBA, García Javier; SALCEDO ROCHA, Ana L.  
Fiebre amarilla en México, hace 120 años. *Cirugía y Cirujanos*, México D.F., v.70, n.2, p.116-123. 2002.
- GAYON, José.  
Concurso para resolver ¿cuales son las enfermedades endémicas que se observan en la Republica mexicana, precisando sus circunstancias especiales'. *Gaceta Médica de México*, México D.F., v.26, n.64, p.461-176. 1891.
- GONZÁLEZ-NAVARRO, Moises.  
El trasfondo humano. In: COSIO-VILLEGAS, Daniel (Ed.). *Historia moderna de México*. t.6/9. Mexico: Hermes. p.1-135. 1973.
- GRADMANN, Christoph.  
A harmony of illusions: clinical and experimental testing of Robert Koch's tuberculin 1890-1900. *Studies in History and Philosophy of Science*, Oxford, v.35, p.465-482. 2004.
- IZQUIERDO, José Joaquín.  
*El inicio de la fisiología en México*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 1934.
- KAPIL, Raj.  
*Relocating modern science: circulation and the construction of scientific knowledge in South Asia and Europe*. Delhi: Permanent Black. 2006.
- KOYRÉ, Alexandre.  
*Du monde clos à l'univers infini*. Paris : Gallimard. 1993.
- LAFUENTE, Antonio (Ed.).  
*Mundialización de la ciencia y cultura nacional*. Madrid: Doce Calles. 1993 .
- LAFUENTE, Antonio.  
*Ciencia colonial en América*. México: Alianza. 1992.
- LÖWY, Ilana.  
*Virus moustiques et modernité: la fièvre jaune au Brésil entre science et politique*. Paris: Editions des Archives Contemporaines. 2002.
- LOZANO, Sonia.  
Positivism and theory of science in Mexico. In: Priego, Natalia; Lozano, Sonia. (Org.). *Paradigmas, culturas y saberes: la transmisión del conocimiento médico moderno a Latinoamérica (segunda mitad del siglo XIX y primera del siglo XX)*. Madrid: Iberoamericana. P.61-77. 2007
- LUCIO, Rafael et al.  
Dictamen sobre dos memorias la una relativa al uso de un nuevo calorífero y la otra intitulada 'Estudio etiológico sobre la fiebre amarilla'. *Gaceta Médica de México*, México, v.17, n.1, p.97-131. 1882.
- MENUT, Philippe.  
*Contributions à l'étude de la définition des standards de bactériologie médicale et de leur mise en pratique*, mémoire. Paris: DEA d'histoire des sciences/Université Paris 7. 1995.
- MOULIN, Anne-Marie.  
*Le dernier langage de la médecine: histoire de l'immunologie de Pasteur au Sida*. Paris: Presses Universitaires de France. 1991.
- PARRA, Porfirio.  
Consideraciones sobre el método en fisiología. Disertación presentada a la Academia de Medicina de México, para optar a la plaza vacante en la sección de fisiología. *Gaceta Médica de México*, México D.F., v.21, p.306-320. 1886.
- POLANCO, Xavier.  
*Naissance et développement de la science monde*. Paris : La Découverte. 1990.
- ROUX, Emile.  
La tuberculine (revue critique). *Annales de l'Institut Pasteur*, Paris, p.722. 1891.
- WESTFALL, Richard S.  
*The construction of modern science: mechanisms and mechanics*. Cambridge: Cambridge University Press. 1980 .
- WESTFALL, Richard S.; THOREN, Victor E.  
*Steps in the scientific tradition, readings in the history of science*. New-York: J. Wiley and Sons. 1968.