

# **Louis Pasteur's discovery of molecular chirality and spontaneous resolution in 1848, together with a complete review of his crystallographic and chemical work**

**H. D. Flack**

*Faculté des sciences, University of Geneva, Switzerland. E-mail: Crystal@Flack.ch*

## **Appendix A.**

### **A1. Pasteur's family background and education**

Pasteur's father rose to be a sergeant-major in the legions of the First Empire serving in the war with Spain. He was decorated by the emperor on 11th March 1814 as a *chevalier de la Légion d'honneur* following the battle of Arcis-sur-Aube. He subsequently earned his living as a tanner. Louis, the second child, was born in Dole (Jura, Franche Comté) on the 27th December 1822 but the family moved to nearby Arbois when Louis was a child. Pasteur became much attached to the village and vineyards of Arbois and often returned there during his life. During his early education at the Collège communal d'Arbois, Pasteur was not a diligent student and much preferred fishing and drawing portraits. Some of his pastels are startling (Pasteur Vallery-Radot, 1956; Vallery-Radot, 1987). In October 1838 he was sent with his friend Charles Chappuis to the Lycée St Louis in Paris but suffered such a bad attack of homesickness that he returned to Arbois in November. Subsequently he studied at the Lycée of Besançon. As witnessed by the content of his letters to his parents and sisters by January 1840 he was working very hard, a habit which never left him later in life. He obtained a Bachelier ès Lettres on the 29th August 1840 and then became a *maître répétiteur* preparing the examinations for admission to the Ecole Normale in Paris. On the first attempt he obtained only the 14th place and this was not good enough to obtain a scholarship so he took the examinations again a year later in October 1843 and obtained a 4th place (Salomon-Bayet, 1995). It is at this time that he stopped painting never to recommence again. In Paris he attended the lectures of Balard at the Ecole Normale and Dumas at the Sorbonne. He learned crystallography from G. Delafosse who had been a pupil and former assistant of Häüy. Pasteur obtained his Dr ès sciences in chemistry (Pasteur, 1847a) and physics (Pasteur, 1847b) and then became an assistant to Balard. During the revolution of 1848 he enrolled in the national guard and in a letter to his parents Pasteur expresses patriotic sentiments for the holy cause of the Republic for which he was prepared to fight: *et s'il le fallait je me battrais avec courage pour la sainte cause de la République* (Vallery-Radot, 1922).

In 1848 after a stay of only three months as professor of physics at the lycée in Dijon, he was appointed as deputy professor of chemistry at the University of Strasbourg, succeeding to the chair in 1852. In previous correspondence with his parents, Pasteur had expressed the view that he was unlikely to get married for a long time and consequently might well take one of his sisters with him to look after his domestic arrangements. Despite having only arrived in Strasbourg on the 15th January 1849, Pasteur sent a very formal letter to the Rector of the university (Prof. Laurent) on the 10th February 1849 giving full details of Pasteur's family and professional situation and informing him that Pasteur's father would come to Strasbourg to make a formal marriage proposal on behalf of Louis. The letter does not mention which of Laurent's two available daughters had caught Louis' eye. He and Marie Laurent (born 15th January 1826) were married on the 29th May 1849 in Strasbourg. The Pasteurs had five children, three of whom died before reaching adolescence. It is of interest to mention some details of the other two. Jean-Baptiste (1852-1908) fought in the Franco-Prussian war of 1870-71 and afterwards became a diplomat. Marie-Louise (Zizi) married René Vallery-Radot and had two children, a girl and a boy called Louis (*i.e.* grandson of Louis Pasteur). Louis Vallery-Radot was allowed to take the name Louis Pasteur Vallery-Radot. Gal (2008b) gives more pertinent details of Pasteur's relation to his family of which the most poignant is in a letter that Mrs Marie Pasteur (née Laurent) wrote on her 35th wedding anniversary to her daughter and son-in-law (*i.e.* the Vallery-Radots): 'Your father, always very busy, speaks little to me, sleeps little, and gets up at dawn; in a word, he continues the life I started with him 35 years ago today' (Gal, 2008b; Vallery-Radot, 1922). A short and sensitive appreciation of the rôle of Marie Pasteur is to be found in Salomon-Bayet (1995). See §3.2 for a description of the source of the biographical information presented above.

## **A2. Quotations to the universal chiral force**

This appendix contains all of Pasteur's original quotations in French concerning the origin of spontaneous resolution and the universal chiral force.

Pasteur (1850a): *C'est donc seulement lorsque le sel double de soude et d'ammoniaque prend naissance qu'il s'opère, par une cause inconnue, lors de la cristallisation, un dédoublement de l'acide racémique, et que deux sels prennent naissance.*

Pasteur (1850c): *Chaque jour de plus en plus j'acquiers la conviction que j'ai les premières preuves d'une loi de la nature, et des plus fécondes, dans les travaux que j'ai publiés.*

Letter of 20 Jan. 1851 from Pasteur to the Ministre de l'Instruction Publique et des Cultes (Pasteur Vallery-Radot, 1946): *Le but de mes recherches, qui, s'il est atteint, aurait des conséquences incalculables, est de produire dans tous les cas la substance gauche qui correspond à telle substance droite donnée, ou inversement. Or j'ai des raisons de croire que j'y parviendrai en faisant végéter dans des circonstances toutes particulières les plantes qui*

*fournissent ces substances dissymétriques, et par exemple, en les étioyant dans l'obscurité ou dans des serres très chaudes.*

Letter of 15 Dec. 1852 from J.-B. Biot to Pasteur (Pasteur Vallery-Radot, 1968): ... *Je voudrais pouvoir vous détourner des tentatives que vous avez eu l'idée de faire sur l'influence du magnétisme dans la végétation. M. de Senarmont et moi nous sommes du même sentiment à cet égard. D'abord vous allez dépenser une forte partie de votre argent, si ce n'est pas la totalité, pour acheter des appareils dont l'usage ne vous est pas familier, et dont le succès très problématique....*

Pasteur (1853e): *C'est un phénomène très curieux, sans doute, mais dont on ne voit aucune cause prochaine.*

Pasteur (1849-1854 in Strasbourg) in Vallery-Radot (1922): *L'Univers, disait-t-il un jour, est un ensemble dissymétrique. Je suis porté à croire que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, doit être fonction de la dissymétrie de l'Univers ou des conséquences qu'elle entraîne. L'Univers est dissymétrique; car on placerait devant une glace l'ensemble des corps qui composent le système solaire, se mouvant de leurs mouvements propres, que l'on aurait dans la glace une image non superposable à la réalité. Le mouvement même de la lumière solaire est dissymétrique. Jamais un rayon lumineux ne frappe en ligne droite et au repos la feuille où la vie végétale crée la matière organique. Le magnétisme terrestre, l'opposition qui existe entre les pôles boréal et austral dans un aimant, celle que nous offrent les deux électricités positive et négative ne sont que des résultantes d'actions et de mouvements dissymétriques. La vie, disait-t-il encore, est dominée par des actions dissymétriques. Je pressens même que toutes les espèces vivantes sont primordialement, dans leur structure, dans leurs formes extérieures, des fonctions de la dissymétrie cosmique. Much of the above paragraph is identical to Pasteur (1874).*

From Marie Pasteur (wife) to Jean-Joseph Pasteur (father), 10 Nov. 1853 (Pasteur Vallery-Radot, 1946): *Il va bien, mais il se préoccupe toujours un peu trop de ses expériences. Vous savez que celles qu'il entreprend cette année doivent nous donner si elles réussissent un Newton ou un Galilée.*

From Pasteur to Dr. Godélier, 10 Nov. 1853 (Pasteur Vallery-Radot, 1946): *Quant à mes études de cette année dont vous avez la bonté de me parler, elles sont à l'état le plus embryonnaire. Je n'ose même espérer qu'elles verront le jour. Leur succès dépasserait toutes les prévisions actuelles de la science, et je crains beaucoup d'avoir cette fois entrepris l'impossible. Je voudrais remonter à la cause d'un des plus grands mystères de la nature et dont la connaissance aurait, il me semble des conséquences d'une portée incalculable.*

Pasteur (1860): *Il y a évidemment des causes à ces curieuses manifestations du jeu des forces moléculaires. Les indiquer d'une manière précise serait assurément chose bien difficile.*

*Mais je ne crois pas me tromper en disant que nous connaissons un de leurs caractères essentiels. N'est-il pas nécessaire et suffisant d'admettre qu'au moment de l'élaboration dans l'organisme végétal des principes immédiats, une force dissymétrique est présente? Car nous venons de voir qu'il n'y avait qu'un seul cas où les molécules droites différaient de leurs gauches, le cas où elles sont soumises à des actions d'un ordre dissymétrique. Ces actions dissymétriques, placées peut-être sous des influences cosmiques, résident-elles dans la lumière, dans l'électricité, dans le magnétisme, dans la chaleur? Seraient-elles en relation avec le mouvement de la terre, avec les courants électriques par lesquels les physiciens expliquent les pôles magnétiques terrestres? Il n'est pas même possible aujourd'hui d'émettre à cet égard les moindres conjectures. Mais je regarde comme nécessaire la conclusion de l'existence de forces dissymétriques au moment de l'élaboration des produits organiques naturels, forces qui seraient absentes ou sans effet dans les réactions de nos laboratoires, soit à cause de la brusque action de ces phénomènes, soit pour toute autre circonstance inconnue.*

*Pasteur (1870): Projets d'expériences sur la dissymétrie moléculaire. Il ne me paraît pas du tout possible que ce sel dédouble comme il le fait pendant sa cristallisation sans qu'une force dissymétrique quelque petite qu'elle soit y préside. Cette action dissymétrique est à rechercher avec grand soin. (1) Existerait-elle par le fait de la présence du soleil au dessus de l'horizon? .... (2) Il faudrait opérer la cristallisation à l'abri de toute poussière organique. .... (3) Il serait possible encore que le primum movens du premier cristal fût le mouvement de la terre. .... (4) Il serait possible aussi que l'acide paratartrique dont on part, forcément associé à des traces d'acide tartrique droit, obéît à cette influence dissymétrique. .... La cause de la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels est peut-être tout entière dans le fait du mouvement solaire. .... Il faudra faire pousser une plante étiolée dans une chambre obscure où pénétrera seulement de la lumière solaire introduite par un héliostat. .... Aux pôles de l'appareil Ruhmkorff, produire beaucoup d'espèces chimiques par synthèse d'éléments et rechercher si elles sont dissymétriques. Les choisir autant que possible parmi les cristallisables, ou à dérivés cristallisables. .... Faire pousser aux pôles complètement diverses plantes.*

*Pasteur in a letter dated 4th April 1871 in Lyon to J.-L. Raulin (Nicolle, 1969): J'ai commencé ici quelques expériences de cristallisation dans une grande voie . . . Vous savez que je crois à une influence cosmique dissymétrique qui préside naturellement, constamment, à l'organisation moléculaire des principes immédiats essentiels à la vie et qu'en conséquence les espèces des règnes de la vie sont, dans leur structure, dans leurs formes, dans les dispositions de leurs tissus, en relation avec les mouvements de l'univers.*

*Pasteur (1874) in a note Observations sur les Forces Dissymétriques: Quelle peut être la nature de ces actions dissymétriques? Je pense, quant à moi, qu'elles sont d'ordre cosmique.*

*L'univers est un ensemble dissymétrique, et je suis persuadé que la vie, telle qu'elle se manifeste à nous, est fonction de la dissymétrie de l'univers ou des conséquences qu'elle entraîne. L'univers est dissymétrique, car on placerait devant une glace l'ensemble des corps qui composent le système solaire, se mouvant de leurs mouvements propres, qu'on aurait dans la glace une image non superposable à la réalité. Le mouvement de la lumière solaire est dissymétrique. Jamais un rayon lumineux ne frappe en ligne droite et au repos la feuille où la vie végétale crée la matière organique; le magnétisme terrestre, l'opposition qui existe entre les pôles boréal et austral dans un aimant, celle que nous offrent les deux électricités positive et négative ne sont probablement que des résultantes d'actions et de mouvements dissymétriques. De tout ce qui précède, je crois pouvoir déduire qu'on ne parviendra à franchir la barrière qu'établit, entre les règnes minéral et organique, l'impossibilité de produire par nos réactions de laboratoire des substances organiques dissymétriques, que si l'on arrive à introduire dans ces réactions des influences d'ordre dissymétrique. ... Quoi qu'il en soit, cherchons, par tous les moyens possibles, à provoquer la dissymétrie par des manifestations de forces ayant une action dissymétrique....*

*Pasteur (1884): On peut exprimer les faits qui concernent la dissymétrie moléculaire de la manière suivante: quand les principes immédiats essentiels à la vie prennent naissance, c'est sous l'influence de forces dissymétriques et c'est pourquoi la vie fait des substances dissymétriques. .. Me demanderez-vous quelles sont donc les forces dissymétriques qui président à l'élaboration des principes immédiats naturels? Il me serait difficile de répondre avec précision; mais la dissymétrie, je la vois partout dans l'univers. L'univers est dissymétrique. Imaginez le système solaire placé devant une glace, avec le mouvement propre de ses astres, vous aurez dans la glace une image, non superposable à la réalité. Placez devant une glace la terre avec les courants électriques en solénoïdes qu'imaginait Ampère pour rendre compte du magnétisme terrestre et de ses pôles, vous aurez une image non superposable à la réalité, et surtout, placez devant une glace la plante verte avec le rayon solaire qui la frappe, rayon qui ne la frappe jamais qu'étant en mouvement, vous aurez une image non superposable à la réalité. Sans nul doute, je le répète, si les principes immédiats de la vie sont dissymétriques, c'est que, à leur élaboration, président des forces dissymétriques; c'est là, suivant moi, un des liens entre la vie à la surface de la terre et le cosmos, c'est-à-dire l'ensemble des forces répandues dans l'univers. Vous, dans vos laboratoires, avec vos dissolvants, vos actions de froid et de chaleur, vous n'avez à votre service que des forces symétriques. Est-ce à dire qu'il y ait là une séparation absolue? Non certes. Loin que je l'aie jamais dit ou pensé, j'ai le premier indiqué les moyens de la faire disparaître. Que faut-il faire pour imiter la nature? Il faut rompre avec vos méthodes qui sont à ce point de vue surannées et impuissantes. Il faut chercher à faire agir des forces dissymétriques, recourir à des actions de solénoïde, de magnétisme, et mouvement*

*dissymétrique lumineux, à des actions de substances, elles-mêmes dissymétriques. Lorsque, entraîné, enchainé, devrais-je dire, par une logique presque inflexible de mes études, j'ai passé des recherches de cristallographie et de chimie moléculaire à l'étude des ferments, j'étais tout entier à la pensée d'introduire la dissymétrie dans les phénomènes chimiques. A Strasbourg déjà, j'avais fait construire par Rhumkorff de puissants aimants; à Lille, j'avais eu recours à des mouvements tournants, provoqués par des mécanismes d'horlogerie. J'allais essayer de faire vivre une plante, dès sa germination, sous l'influence des rayons solaires renversés, à l'aide d'un miroir conduit par un héliostat. Je ne vous dirai rien de ces tentatives dont quelques-unes me semblent aujourd'hui grossières. Pourtant les efforts que j'ai faits dans le but d'introduire la dissymétrie dans les actions chimiques des laboratoires n'ont pas été stériles. En combinant la cinchonine, substance active dissymétrique, avec l'acide paratartrique, j'ai vu se déposer du tartrate gauche de cinchonine et le tartrate droit rester dans la liqueur. .... J'en conclus, au contraire, que l'expérience dont je vous parle consacre cette proposition, savoir que les forces mises en jeu dans nos laboratoires diffèrent de celles auxquelles la nature végétale est soumise. .... la vie est dominée par des actions dissymétriques dont nous pressentons l'existence enveloppante et cosmique. Je pressens même que toutes les espèces vivants sont primordialement, dans leur structure, dans leurs formes extérieures, des fonctions de la dissymétrie cosmique. .... Voudrais-je tenter des combinaisons dissymétriques de corps simples? Je ferais réagir ces derniers sous l'influence d'aimants, de solénoïdes, de lumière polarisée elliptique, . . enfin de tout ce que je pourrais imaginer d'actions dissymétriques .... Je suis persuadé que le paratartrate double de soude et d'ammoniaque ne se dédouble lui-même, à l'ordinaire, dans sa cristallisation, que parce qu'une force dissymétrique est présente, et si ce n'est pas une action de lumière ou de magnétisme, je crois volontiers que cette force est due à quelque poussière organique dissymétrique à la surface des vases de cristallisation. Rien ne serait plus facile que de faire cristalliser une solution de paratartrate de soude et d'ammoniaque en dehors de toute poussière organique. On devrait obtenir le paratartrate non dédoublé.*

### **A3. Literature references to Oeuvres de Pasteur**

This list provides a crosslink between two sources of Pasteur's scientific publications on molecular chirality and spontaneous resolution. The first source is the primary scientific literature, as cited in the *References* section of the main paper, and abbreviated here, for example, by *Pasteur, L. (1847a)*. The second source is Pasteur's collected works in *Oeuvres de Pasteur*, edited by L. Pasteur Vallery-Radot (1922), Volume 1, *Dissymétrie Moléculaire*, Paris: Masson. This source is abbreviated, for example, by *OP1*, 1-18 where 1-18 are the page numbers of the article in this source. For completeness, the title of the publication is also given.

Pasteur, L. (1847a). *OP1*, 1-18. *Thèse de Chimie. Recherches sur la capacité de saturation de l'acide arsénieux. Etude des arsénites de potasse, de soude de d'ammoniaque.*

Pasteur, L. (1847b). *OP1*, 19-30. 1. *Thèse de Physique. Etude des phénomènes relatifs à la polarisation rotatoire des liquides* 2. *Application de la polarisation rotatoire des liquides à la solution de diverses questions de chimie.*

Pasteur, L. (1848a). *OP1*, 31-32. *Note sur la cristallisation du souffre.*

Pasteur, L. (1848b). *OP1*, 33-34. *Recherches sur divers modes de groupement dans le sulfate de potasse.*

Pasteur, L. (1848c). *OP1*, 35-37. *Recherches sur le dimorphisme.*

Pasteur, L. (1848d). *OP1*, 38-58. *Recherches sur le dimorphisme.*

Pasteur, L. (1848e). *OP1*, 59-60. *Note sur un travail de M. Laurent intitulé: Sur l'isomorphisme et sur les types cristallins.*

Pasteur, L. (1848f). *OP1*, 61-64. *Mémoire sur la relation qui peut exister entre la forme cristalline et la composition chimique, et sur la cause de la polarisation rotatoire.*

Pasteur, L. (1848g). *OP1*, 65-80. *Recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le sens de la polarisation rotatoire.*

Pasteur, L. (1849a). *OP1*, 81-82. *Recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le sens de la polarisation rotatoire (Deuxième mémoire).*

Pasteur, L. (1849b). *OP1*, 83-85. *Recherches sur les propriétés spécifiques des deux acides qui composent l'acide racémique.*

Pasteur, L. (1850a). *OP1*, 86-120. *Recherches sur les propriétés spécifiques des deux acides qui composent l'acide racémique.*

Pasteur, L. (1850b). *OP1*, 121-124. *Nouvelles recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le phénomène de la polarisation rotatoire.*

Pasteur, L. (1851a). *OP1*, 125-154. *Nouvelles recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le phénomène de la polarisation rotatoire.*

Pasteur, L. (1851b). *OP1*, 155-159. *Mémoire sur les acides aspartique et malique.*

Pasteur, L. (1852a). *OP1*, 160-188. *Mémoire sur les acides aspartique et malique.*

Pasteur, L. (1852b). *OP1*, 198-202. *Nouvelles recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le phénomène rotatoire moléculaire.*

Pasteur, L. (1852j). *OP1*, 189-197. *Observations optiques sur la populine et la salicine artificielle (Par M. Biot, avec la collaboration de M. L. Pasteur)*

Pasteur, L. (1853a). *OP1*, 203-241. *Nouvelles recherches sur les relations qui peuvent exister entre la forme cristalline, la composition chimique et le phénomène rotatoire moléculaire.*

Pasteur, L. (1853b). *OP1*, 242-249. *Notice sur l'origine de l'acide racémique.*

Pasteur, L. (1853c). *OP1*, 252-256. *Recherches sur les alcaloïdes des quinquinas.*

Pasteur, L. (1853d). *OP1*, 257. *Transformation de l'acide tartrique en acide racémique.*

Pasteur, L. (1853e). *OP1*, 258-262. *Transformation des acides tartriques en acide racémique. Découverte de l'acide tartrique inactif. Nouvelle méthode de séparation de l'acide racémique en acides tartriques droit et gauche.*

Pasteur, L. (1853j). *OP1*, 250-251. *Note sur la quinidine.*

Pasteur, L. (1853k). *OP1*, 263. *Sur l'identité de l'acide paracitrique de M. Winckler avec l'acide malique. Lettre de M. Pasteur à M. A. Wurtz.*

Pasteur, L. (1854). *OP1*, 264-272. *Sur le dimorphisme dans les substances actives. Tétartoédrie.*

Pasteur, L. (1855). *OP1*, 275-279. *Mémoire sur l'alcool amylique.*

Pasteur, L. (1856a). *OP1*, 280-283. *Note sur le sucre de lait.*

Pasteur, L. (1856b). *OP1*, 284-288. *Isomorphisme entre les corps isomères, les uns actifs les autres inactifs sur la lumière polarisée.*

Pasteur, L. (1856c). *OP1*, 289-292. *Etudes sur les modes d'accroissement des cristaux et sur les causes des variations de leurs formes secondaires.*

Pasteur, L. (1857b). *OP1*, 273-274. *Note sur la tétartoédrie non-superposable.*

Pasteur, L. (1857c). *OP1*, 293-313. *Etudes sur les modes d'accroissement des cristaux et sur les causes des variations de leurs formes secondaires.*

Pasteur, L. (1860). *OP1*, 314-344. *Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels. (Leçons professées à la Société chimique de Paris le 20 janvier et 3 février 1860)*

Pasteur, L. (1861a). *OP1*, 345-348. *Lettre adressée aux rédacteurs des Annales de Chimie et de Physique au sujet d'une note de MM. Perkin et Duppa: "Sur la transformation de l'acide succinique en acide tartrique".*

Pasteur, L. (1861b). *OP1*, 349-350. *Remarques sur la constitution moléculaire de l'acide paratartrique.*

Pasteur, L. (1861c). *OP1*, 351-352. *Observations au sujet d'une note de M. Loir sur les dérivés de la mannite et de la dulcine.*

Pasteur, L. (1862j). *OP1*, 353. *Remarques au sujet d'une note de M. Dessaignes: "Sur deux acides nouveaux dérivés de la sorbine".*

Pasteur, L. (1866j). *OP1*, 354-356. *Note Historique sur les recherches de MM. Gernez et Viollette relatives à la cristallisation des dissolutions sursaturées.*

Pasteur, L. (1873). *OP1*, 359. *Observations au sujet d'une note de M. Vignon "Sur le pouvoir rotatoire de la mannite".*

Pasteur, L. (1873j). *OP1*, 357-358. *Lettre à M. le Directeur de la Revue Scientifique au sujet de la préparation de l'acide tartrique par synthèse totale.*

Pasteur, L. (1874). *OP1*, 360-363. *Observations sur les forces dissymétriques.*

Pasteur, L. (1875j). *OP1*, 364-365. *Sur la distinction entre les produits organiques naturels et les produits organiques artificiels.*

Pasteur, L. (1877j). *OP1*, 366-368. *Note au sujet d'une communication de M. Weddell concernant l'avantage qu'il y aurait à remplacer la quinine par la cinchonidine.*

Pasteur, L. (1878a). *OP1*, 309-310. Footnote to *OP1*, 293-313 added by Pasteur Vallery-Radot which commences *Dans le volume qu'il projetait en 1878 sur la Dissymétrie moléculaire, Pasteur a inséré cette page:*

Pasteur, L. (1878b). *OP1*, 389-412. *Pages inédites de Pasteur. Pasteur rassembla en 1878 ses anciens travaux sur la dissymétrie moléculaire pour les publier dans leur ensemble sous le titre: "Etudes de chimie moléculaire ou recherches sur la dissymétrie dans les produits organiques naturels". Il reprit*



la préface d'un volume ébauché en 1854 sur la polarisation rotatoire. Il écrivit une introduction et une note historique. Le livre projeté ne fut pas achevé.

Pasteur, L. (1884a). *OP1*, 369-380. *La Dissymétrie Moléculaire*. Conférence faite à la Société Chimique de Paris le 22 décembre 1883.

Pasteur, L. (1884b). *OP1*, 381-386 *Réponses aux Remarques de MM. Wyruboff et Jungfleisch sur " La Dissymétrie Moléculaire "*

Pasteur, L. (1886). *OP1*, 387. *Observations à propos de la note de M. Piutti: "Sur une nouvelle espèce d'asparagine"*.

#### Articles not referenced in main text

Pasteur, L. (1852j). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **34**, 606-615.

Pasteur, L. (1853j). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **36**, 26-27.

Pasteur, L. (1853k). *J. Pharm. Chim.* **24**, 75-76.

Pasteur, L. (1862j). *Bull. Soc. Chem. Paris*, **3**, 107-108.

Pasteur, L. (1866j). *Anal. Sci. Ecole Normale sup.* **3**, 163-165.

Pasteur, L. (1873j). *Rev. Sci.* **4**, 739-740.

Pasteur, L. (1875j). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **81**, 128-130.

Pasteur, L. (1877j). *C. R. Acad. Sci. Paris*, **84**, 577-578.