



HAL
open science

Louis Ranvier, l'anatomie générale microscopique et les recherches sur les cellules nerveuses

Jean-Gaël Barbara

► **To cite this version:**

Jean-Gaël Barbara. Louis Ranvier, l'anatomie générale microscopique et les recherches sur les cellules nerveuses. J.G. Barbara, F. Clarac (éds.),. Le cerveau au microscope: la neuroanatomie française aux XIXe et XXe siècles, Hermann, p. 71-88, 2017, 9782705695132. hal-03110446

HAL Id: hal-03110446

<https://hal.science/hal-03110446>

Submitted on 14 Jan 2021

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

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

Louis Ranvier, l'anatomie générale microscopique et ses recherches sur les cellules nerveuses

Jean-Gaël BARBARA

Version auteur de : J.G. Barbara, 2017. « Louis Ranvier, l'anatomie générale microscopique et les recherches sur les cellules nerveuses », in J.G. Barbara, F. Clarac (éds.), *Le cerveau au microscope : la neuroanatomie française aux XIX^e et XX^e siècles*, Paris, Hermann, 2017, p. 71-88, 536 pages, ISBN 9782705695132.

Louis Antoine Ranvier est né à Lyon en 1835, dans une famille consacrée à la politique et aux affaires publiques, dont la gestion administrative des hôpitaux. C'est assez naturellement qu'il entreprit des études médicales à l'École préparatoire de médecine et de pharmacie de Lyon, qui le conduisirent rapidement à Paris en 1860, après son succès au concours sélectif de l'internat des hôpitaux de Paris. Durant sa formation médicale, Ranvier se familiarisa avec l'anatomie normale et pathologique, et il se consacra rapidement à la microscopie comme moyen d'étude supplémentaire des tissus. Cette orientation était alors encore peu courante chez les médecins français, après que Bichat eut inspiré Henri Ducrotay de Blainville (1777-1850) et Auguste Comte (1798-1857) dans leurs attaques contre la microscopie¹.

Cependant, le contexte français de la microscopie médicale changeait. Depuis le début des années 1830, des médecins s'étaient formés à cette nouvelle méthode d'observation comme Alfred Donné (1801-1878), Hermann Lebert (1813-1878), David Gruby (1810-1898), Louis Mandl (1812-1881), puis plus tard Charles-Philippe Robin (1821-1885), Paul Broca (1824-1880), Eugène-François Follin (1823-1867) et Aristide Verneuil (1823-1895) qui consacrèrent une partie de leurs recherches et leurs enseignements aux études microscopiques². Donné et Robin avaient publié des mémoires et des manuels de microscopie, certains adressés aux étudiants en médecine, qui ont eu une influence sur Ranvier qui suivit le cours privé de Robin³. Néanmoins, Ranvier fut certainement plus influencé par les études allemandes, dont certaines traductions françaises qu'il cita ultérieurement⁴.

¹ G. Canguilhem, *La Connaissance de la vie*. Paris, Hachette, 1952, p. 63-64 ; X. Bichat. *Traité des membranes*. Paris, Richard, Caillé et Ravier, 1799, p. 35.

² A. La Berge. Debate as Scientific Practice in Nineteenth-Century Paris. The Controversy over the microscope. *Perspectives on Science, Historical, Philosophical, Social*, 12, 2004, 424-453.

³ L. Foucault, A. Donné. *Cours de microscopie complémentaire des études médicales. Anatomie microscopique et physiologie des fluides de l'économie*. Paris, Baillière, 1844-1845 ; C.P. Robin. *Du Microscope et des injections dans leurs applications à l'anatomie et à la pathologie*. Paris, Baillière, 1849 ; C.P. Robin. *Sur un nouveau microscope approprié aux besoins des démonstrations anatomiques et permettant à plusieurs personnes d'observer ensemble*. Paris, Thunot, 1854 ; C.P. Robin. *Mémoire sur les objets qui peuvent être conservés en préparations microscopiques transparentes et opaques, classés d'après les divisions naturelles des trois règnes de la nature*. Paris, Baillière, 1856.

⁴ A. Kölliker. *Éléments d'histologie humaine*. Traduction de MM. J. Béclard et M. Sée, Paris, Masson, 1856 ; R. Virchow. *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre*. Berlin, Hirschwald, 1858 ; voir J. Jolly. Louis Ranvier (1835-1922). Notice biographique. *Archives d'Anatomie microscopique*, 19, 1922, 1-72, p. 10 ; J. Jolly. Ranvier et la méthode expérimentale, in Abel Lefranc éd., *Le Collège de France, 1530-1930, livre jubilaire composé à l'occasion de son quatrième centenaire*. Paris, Presses universitaires de France, 1932, p. 213.

Entre 1860 et 1865, Cornil et Ranvier consacrerent une partie de leur temps à la microscopie. En marge de leurs observations de tumeurs et d'autres tissus pathologiques, Ranvier se concentra sur des préparations osseuses qui le conduisirent à l'étude du cartilage et des lésions osseuses dans sa thèse de médecine⁵. Dès 1865, Ranvier et Cornil avaient commencé à collaborer dans l'étude des tumeurs épithéliales lorsqu'ils mirent sur pied un petit laboratoire privé de microscopie, 2 rue Christine à Paris, qui attira de jeunes internes dont Louis Malassez, Joseph-Louis Renaut, Georges Maurice Debove⁶, et Jacques-Joseph Grancher⁷. Entre 1866 et 1867, le cours d'un semestre de Cornil et Ranvier n'avait pas d'autre équivalent en France⁸. Il s'interrompit définitivement lorsque Ranvier accepta de rejoindre Claude Bernard au Collège de France. Ce cours fut publié en trois parties deux années plus tard sous la forme d'un manuel qui fit autorité⁹. Il fut traduit en anglais, avec des notes et des ajouts en Angleterre et aux États-Unis¹⁰, et considéré comme un manuel moderne bien écrit et utile pour les étudiants de médecine intéressés par l'histologie normale et pathologique.

Au début des années 1870, les études microscopiques gagnaient progressivement leur place et acquéraient une réputation dans le monde académique, particulièrement dans la faculté de médecine de Paris. Une chaire d'histologie avait été créée en 1862 pour Charles Robin. Cependant, selon Broca, à l'instar de Robin, la grande majorité des micrographes médicaux français demeuraient hostiles à la théorie cellulaire. Ils n'acceptaient pas le concept de cellule, mais ils reconnaissaient plutôt la « spécificité des diverses cellules », soulignant ainsi, selon eux, l'existence de différentes entités histologiques devant remplacer le concept allemand unitaire de cellule¹¹.

Ranvier fut influencé par l'extension par Virchow de la théorie cellulaire à la pathologie. Certaines observations de Virchow sont soulignées dans l'introduction de Ranvier à ses études sur le cartilage et l'os¹². Tandis que Cornil étudiait les tissus pathologiques, Ranvier se consacra à l'histologie normale. Il ne s'intéressa pas seulement à la théorie cellulaire, mais aussi, en tant qu'élève de Bernard, au développement, à la nutrition et aux fonctions des tissus sains.

Ranvier apprit de Bernard comment l'histologie pouvait aider la physiologie. Il suivit les leçons de Bernard au Collège de France, les *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*¹³, et les *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*¹⁴, concernant les études microscopiques. Durant les années 1860, les partisans français de la physiologie expérimentale encourageaient les histologistes à localiser la fonction des organes à l'échelle des cellules et des tissus. Cette approche physiologique

⁵ L. Ranvier, *Considérations sur le développement du tissu osseux et sur les lésions élémentaires des cartilages et des os*. Thèse inaugurale, Paris, 1865.

⁶ Georges Maurice Debove (1845-1920).

⁷ Jacques-Joseph Grancher (1843-1907).

⁸ J. Jolly, 1922, *op. cit.*

⁹ V. Cornil, L. Ranvier, *Manuel d'histologie pathologique*. Paris, Baillièrre, 1869, 1873, 1876.

¹⁰ V. Cornil, L. Ranvier. *A Manual of Pathological Histology*. Traduit avec des notes et commentaires de E.O. Shakespeare et J. Henry, Philadelphia, Henry Lea, 1880 ; V. Cornil, L. Ranvier. *Manual of Pathological Histology*. Traduction de A.M. Hart, London, Smith, Elder & Co, 1882.

¹¹ A. La Berge. 2004, *op. cit.*, p. 438 ; G. Canguilhem, 1952, *op. cit.*, p. 66-67.

¹² V. Cornil, L. Ranvier, 1869, *op. cit.*, pp. 19-29 ; L. Ranvier. De quelques modes de préparation du tissu osseux. *Journal de Physiologie de l'Homme et des Animaux*, 6, 1863, 549-553.

¹³ Cl. Bernard. *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*. Paris, Baillièrre, 1859.

¹⁴ Cl. Bernard. *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*. Paris, Baillièrre, 1866.

contrastait avec celle très descriptive de Robin qui refusait la généralisation et la théorisation telles qu'elles étaient pratiquées dans les écoles allemandes¹⁵. Ranvier sut situer son travail entre Bichat et Bernard, en adoptant ce que Bernard nomma plus tard l'« histologie expérimentale ».

Le Collège de France et l'École pratique des hautes études furent des institutions nécessaires pour le développement de programmes de recherche originaux. Ces deux institutions françaises furent créées en réaction contre les facultés en favorisant des esprits libres et novateurs comme Ranvier. Elles jouèrent un rôle important en France, en particulier en favorisant l'acceptation de la théorie cellulaire, alors que les facultés prônaient l'établissement des faits de manière plus descriptive sans théorisation autour d'un concept de cellule¹⁶. Claude Bernard permit à Ranvier d'installer un petit laboratoire d'histologie à l'École pratique des hautes études, puis il installa plus tard Ranvier au Collège de France en 1867, où nombre de ses collègues suivaient ses recherches.

Les premières études de Ranvier sont souvent considérées comme une synthèse entre l'histologie et la physiologie, qui toutes deux se concentrent sur la définition des fonctions des organes¹⁷. Cependant, les conceptions sur la fonction de Bernard et de Ranvier différaient quant au rôle de la généralisation des observations anatomiques utilisée en tant que norme dans la définition des fonctions des tissus.

Georges Canguilhem a fait l'analyse de certaines des raisons pour lesquelles Bernard acceptait la théorie cellulaire. Il a souligné comment cette théorie justifiait la physiologie expérimentale en garantissant à Bernard une nouvelle organisation des organismes vivants, tout en échappant à la fois au matérialisme et au vitalisme¹⁸. La conception de Bernard définissait les parties de l'organisme comme des unités indépendantes entre elles et par leurs relations à l'organisme, la fonction des organes étant localisée dans les éléments histologiques¹⁹. Pour Bernard, la fonction pouvait être révélée par la physiologie expérimentale, tandis que l'histologie n'était concernée que par la localisation des fonctions. Bernard critiquait le principe de déduction anatomique des fonctions, pensant que des cellules d'apparence similaire pouvaient avoir des fonctions radicalement différentes. Inversement, il pensait que des cellules de morphologies et de tailles très différentes pouvaient avoir des fonctions similaires, selon une conception partagée par Ranvier dans son travail sur les petits et grands neurones de la moelle épinière²⁰.

Néanmoins, Ranvier développa une vue radicale et en apparence opposée qui se basait sur la possibilité d'assigner des fonctions à des types cellulaires particuliers selon des critères histologiques. Pour Bernard, de tels critères devaient être établis par la physiologie, car l'anatomie seule ne pouvait déterminer directement les fonctions. Cependant, Ranvier établit que les fonctions pouvaient être proposées et testées sur le vivant par l'histologie expérimentale.

¹⁵ Voir Jolly, 1922, *op. cit.*, p. 12.

¹⁶ Voir Cl. Bernard, *Principes de médecine expérimentale*. Paris, PUF, 1947, p. 23-26 et p. 215.

¹⁷ J. Jolly, 1922, *op. cit.* ; J. Jolly, 1932, *op. cit.* ; T.A. Appel, « Louis Ranvier », in, C.C. Gillispie, éd., *Dictionary of Scientific Biography*. New York, Scribner's Sons, 1978.

¹⁸ G. Canguilhem, *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*. Paris, Vrin, 1994.

¹⁹ Cl. Bernard, 1944, *op. cit.*, p. 135.

²⁰ L. Ranvier. *Traité technique d'histologie*. Paris, Savy, 1875, p. 1061.

Ranvier étendit cette conception aux tissus ainsi qu'aux éléments cellulaires²¹. Il pensait que l'histologie expérimentale était un moyen d'étude de physiologie cellulaire. Les études de Ranvier sur les nerfs montraient qu'il était capable de suivre cette voie de recherche de telle façon que son biographe Justin Jolly (1870-1953) put le définir comme un physiologiste²².

La nutrition était pour Bernard une fonction cellulaire générale qu'il fallait étudier par les méthodes de la physiologie expérimentale²³. Ranvier adopta ce concept de nutrition dans son travail après 1869²⁴. Ses descriptions des étranglements annulaires des fibres nerveuses aboutissaient à demander comment les nutriments sont échangés de manière continue avec le sang dans la nutrition des cellules nerveuses²⁵ (Fig. 2). La physiologie avait démontré une perte de fonction du nerf moteur par interruption de la circulation sanguine et un retour à la fonction motrice après perfusion avec du sang oxygéné. Une réaction acide et une hausse de température notée par Ugo Schiff (1834-1915) suggéraient que les fibres nerveuses pouvaient être un foyer de consommation d'oxygène²⁶. La question devenait claire pour Ranvier. Quelle est la voie d'entrée de l'oxygène du sang dans les fibres nerveuses ? Pour Ranvier, la myéline représentait un film continu et imperméable empêchant tout échange de fluides et donc la nutrition. Ranvier démontra ce point expérimentalement en montrant que du carmin soluble ne pouvait pénétrer des fibres nerveuses myélinisées isolées²⁷. Cependant, Ranvier montra que du picocarminate pouvait pénétrer les fibres nerveuses à des sites identifiés, les interruptions de la gaine de myéline marquées ultérieurement par le nitrate d'argent²⁸. Ranvier découvrit ainsi les étranglements annulaires des fibres nerveuses nommés ultérieurement « nœuds de Ranvier ». Ces nœuds découverts dans le contexte des idées de Bernard sur la nutrition étaient localisés dans des éléments subcellulaires auxquels Ranvier attribuait une fonction d'échange physiologique de nutriments entre les fibres nerveuses et le sang. Bien que la question de la fonction des nœuds de Ranvier restât ouverte pendant de nombreuses décennies, Ranvier démontra que l'histologie expérimentale pouvait proposer des fonctions physiologiques hypothétiques à l'échelle des cellules et des parties de cellules.

Dans un autre domaine de recherche, Ranvier visait des corrélations entre les observations histologiques et la physiologie, en favorisant l'examen des pertes de fonction des nerfs après lésions²⁹. Selon Ranvier, les nerfs étaient entourés par du tissu conjonctif périfasciculaire et contenaient du tissu conjonctif intrafasciculaire. Pour ces deux tissus, leur fonction était définie dans le contexte des idées sur la nutrition des nerfs. Tandis que le premier était responsable de l'acheminement des nutriments depuis les vaisseaux

²¹ L. Ranvier. Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. *Archives de Physiologie Normale et Pathologique*, 4, 1872, 129-149, 427-446, p. 443.

²² J. Jolly, 1922, *op. cit.* ; J. Jolly, 1932, *op. cit.* Ranvier fut préparateur de Bernard et à ce titre il réalisa des expériences de vivisection avec lui. Il fut donc formé comme un physiologiste.

²³ Cl. Bernard, 1947, *op. cit.*, p. 85.

²⁴ L. Ranvier. Des cellules et des noyaux tubulaires des tendons. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 68, 1869, 274-276 ; L. Ranvier. Des éléments cellulaires des tendons et du tissu conjonctif lâche. *Archives de Physiologie*, 2, 1869, 471-487.

²⁵ L. Ranvier. Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 73, 1871, 1168-1171, p. 1168

²⁶ *Ibid.*, p. 1168-1169.

²⁷ L. Ranvier, Séance du 11 novembre. *Comptes Rendus de la Société de Biologie*, 23, 1871, 130-134, p. 131.

²⁸ L. Ranvier. Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques, *op. cit.*, p. 1169-1170 ; L. Ranvier, Séance du 11 novembre, *op. cit.*, p. 133.

²⁹ L. Ranvier. Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. *Archives de Physiologie normale et pathologique*, 4, 1872, 129-149, 427-446.

lymphatiques et sanguins, le second était une protection élastique contre les forces mécaniques ainsi qu'une barrière chimique permettant l'accès des nutriments par une voie colloïdale³⁰. Lorsque cette matière était détruite par une lésion, Ranvier observa l'effet d'une injection d'eau dans la blessure d'un animal vivant. Les nœuds disparaissaient et la gaine de myéline se gonflait à leur ancienne localisation³¹. L'effet de l'eau s'observait en parallèle de la perte de fonction du nerf, puis plus tard en parallèle de la paralysie du nerf lui-même. Ranvier conclut que les nœuds étaient des éléments nécessaires à la conduction nerveuse.

Cette approche fut reprise dans les études de Ranvier sur la dégénérescence des nerfs, dans lesquelles il définit avec précision les normes histologiques de la structure des nœuds des fibres nerveuses³². Ranvier observa qu'une cellule de Schwann unique avec un seul noyau se situait dans l'intervalle entre deux nœuds. Cette cellule et ce noyau unique devinrent pour lui la norme de la nature cellulaire d'un segment interannulaire. Cette observation l'amena à la première description précise de la dégénérescence d'un nerf, avec l'observation des modifications morphologiques des cellules de Schwann dans les fibres nerveuses lésées, alors que les fibres néoformées étaient normales³³. La disparition des nœuds dans des conditions pathologiques ou la multiplication anormale des noyaux des cellules de Schwann, qui étaient considérées comme des écarts à la norme, étaient responsables du dysfonctionnement du nerf. Ainsi Ranvier put-il montrer comment des normes histologiques, dérivées d'observations histologiques minutieuses de détails anatomiques, pouvaient rendre compte de la perte de fonction des nerfs après lésion.

Les recherches de Ranvier sur la dégénérescence des nerfs furent réalisées dans la perspective bernardienne des éléments nerveux considérés comme des régulateurs de l'activité des tissus. La section du nerf était responsable selon Ranvier de la perte de régulations négatives de divers ordres, incluant ceux concernant la régulation de la croissance et du développement, et incluant les changements morphologiques dans les tissus environnants. La multiplication des noyaux des cellules de Schwann dans les fibres lésées était interprétée de cette façon, comme une perte de contrôle de la division cellulaire des cellules de Schwann. La théorie cellulaire était donc importante pour reconnaître les fibres néoformées émanant des éléments cellulaires centraux des fibres sectionnées. Ainsi, les techniques histologiques de Ranvier lui permirent de réaliser des observations en accord avec les fondements théoriques heuristiques de ses expériences.

D'une manière générale, comme nous l'avons vu dans ses études de l'effet de l'eau dans des nerfs sectionnés, Ranvier cherchait des explications histologiques à des observations physiologiques. Dans cette perspective, il adopta une approche mécaniste pour expliquer la perte de fonction des fibres nerveuses en dégénérescence. Trois jours après la section d'un nerf, la perte de fonction était corrélée avec la multiplication des noyaux et le gonflement des cellules de Schwann. Ranvier conclut que ce gonflement du protoplasme exerçait une pression sur les fibres nerveuses, en empêchant la conduction nerveuse. Mais cette approche et cette interprétation de Ranvier furent parfois critiquées et réfutées. Joseph Jules Dejerine (1849-1917) puis S. Ramón y Cajal contredirent Ranvier en démontrant que le protoplasme

³⁰ L. Ranvier. Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques, *op. cit.*, p. 1171 ; L. Ranvier. Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs, *op. cit.*, p. 443.

³¹ *Ibid.*, p. 444.

³² L. Ranvier. De la dégénérescence des nerfs après leur section. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 75, 1872, 1831-1835.

³³ Voir J.F. Tello (1877-1887), Cajal y su labor histológica, in, DeFelipe J et Jones EG (1991), eds., *Cajal's Degeneration and regeneration of the Nervous System*. Oxford, Oxford University Press, 1877-1887, Part I, p. 102.

envahissait les interstices précédemment constitués par la fragmentation des gaines de myéline avant toute contrainte d'ordre mécanique³⁴. De plus, la théorie mécaniste de Ranvier sur la croissance des fibres selon une ligne de moindre résistance fut également réfutée en 1900³⁵. Cependant, Ramón y Cajal et son élève Jorge Francisco Tello Muñoz (1880-1958) reconnurent le mérite des descriptions remarquablement précises de Ranvier qui fut en effet le premier à reconnaître la nature des accumulations de matières grasses le long des cellules de Schwann, en réalité des leucocytes migrants qu'il observa dans des lésions expérimentales du tissu conjonctif³⁶. Ranvier donna la première description de la striation marquée des fibres centrales vivantes³⁷ alors que les structures spirales furent décrites comme des structures nouvelles aberrantes³⁸.

Les succès de Ranvier furent intimement liés à la perfection de ses techniques, de ses manipulations précises, de ses dissociations de fibres nerveuses à la main, et de ses usages spéciaux des acides et des colorations³⁹. Ranvier utilisa la réduction au nitrate d'argent à la lumière pour révéler certains détails des fibres nerveuses et de leurs cellules environnantes⁴⁰. Pour DeFelipe et Jones, les améliorations de cette technique par Ramón y Cajal en 1903 fut également cruciale pour sa dernière confrontation avec la doctrine du réticularisme⁴¹. Bien que Ranvier ne fut pas réellement impliqué dans la controverse autour de la théorie du neurone, Ramón y Cajal le considérait comme un monogéniste précoce aux côtés de Wilhelm His et d'Auguste Forel.

Le but de Ranvier fut toujours de reconnaître la nature cellulaire d'éléments histologiques spécialisés. Dans cette perspective, il étudia également les corpuscules des os et les éléments des tissus conjonctifs, dans lesquels des « canaux plasmatiques » impliqués dans la nutrition furent décrits⁴². Cette étude fut publiée sous forme d'un article complet dans le *Quarterly Journal of Microscopical Science*, le premier journal entièrement consacré à la microscopie⁴³.

Au début des années 1870, Ranvier eut la possibilité de travailler sur des raies et des torpilles au laboratoire de Victor Coste (1807-1873) à Concarneau. Dans une note d'anatomie comparée, Ranvier décrivit les nœuds et les gaines de myéline dans les nerfs moteurs de l'organe électrique de la torpille⁴⁴. En 1875, Bernard communiqua à l'Académie des sciences les observations de Ranvier sur les terminaisons nerveuses motrices de la torpille qui

³⁴ J.G. Barbara. Louis Antoine Ranvier (1835-1922). *Journal of Neurology*, 253, 2007, 399-400 ; S. Ramón y Cajal. *Estudios sobre la Degeneración y Regeneración del Sistema Nervioso*. Vol. 1. *Degeneración y Regeneración de los Nerviosos*. Vol. 2. *Degeneración y Regeneración de los Centros Nerviosos*. Madrid, Moya, 1913. Traduction anglaise, *Cajal's Degeneration and regeneration of the Nervous System*, J. DeFelipe et E.G., Jones, eds., Oxford, Oxford University Press, 1991, p. 70.

³⁵ *Ibid.* p. 70.

³⁶ L. Ranvier. Des lésions du tissu conjonctif lâche (tissu cellulaire) dans l'œdème. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 73, 1871, 124-126, p. 124.

³⁷ S. Ramón y Cajal, 1913, *op. cit.*, p. 138.

³⁸ *Ibid.*, p. 159.

³⁹ Voir pour les techniques L. Ranvier. De la dégénérescence des nerfs après leur section, *op. cit.*

⁴⁰ L. Ranvier. Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques, *op. cit.*, p. 1169.

⁴¹ J. DeFelipe et E.G. Jones, 1991, *op. cit.*, p. 6.

⁴² L. Ranvier. Des cellules et des noyaux tubulaires des tendons. *Comptes Rendus des séances de l'académie des sciences*, 1869, 68, 274-276.

⁴³ L. Ranvier. Des éléments cellulaires des tendons et du tissu conjonctif lâche. *Archives de Physiologie*, 2, 1869, 471-487 ; L. Ranvier. On the cellular elements of tendons and of loose connective tissue. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 10, 1870, 367-380.

⁴⁴ L. Ranvier. Des étranglements et des segments interannulaires chez les Raies et les Torpilles. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 75, 1872, 1129-1132.

relevaient de l'anatomie générale. Ce déplacement de l'anatomie comparée vers l'anatomie générale se produisit alors que Bernard permettait la nomination de Ranvier en 1876 à une chaire d'anatomie générale au Collège de France (Fig. 3).

Même si Ranvier écrivit d'autres notes sur l'histologie et la physiologie, la plupart de ses travaux ultérieurs concernèrent l'anatomie générale, une discipline dans laquelle s'étaient jusque là illustrés des auteurs comme Robin ou Virchow dans les *Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences*. Pour Ranvier, ce tournant vers l'anatomie générale fut permis par d'élégantes études précises sur l'indépendance anatomique des terminaisons nerveuses réfutant de manière générale le concept de réseau nerveux. Dans les notes qu'il ajouta à sa traduction du *Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen* d'Heinrich Frey (1822-1890), Ranvier décrit ses premières études sur les terminaisons nerveuses dans les glandes salivaires, la cornée et la peau⁴⁵. De même que nombre d'histologistes, Ranvier fut impressionné par la technique de coloration au chlorure d'or de Julius Cohnheim (1839-1884) qui permettait la démonstration sans équivoque de terminaisons nerveuses libres dans la cornée et la peau⁴⁶. Cependant, Ranvier préféra dans un premier temps sa technique à l'acide chromique⁴⁷. C'est seulement lorsqu'il réussit à Concarneau à combiner la technique de Cohnheim avec celle de l'acide chromique qu'il fut en mesure de réfuter la présence de réseaux nerveux dans l'appareil électrique de la torpille, admis par Rudolf Albert von Kölliker (1817-1905), Max Schultze (1825-1874) et Franz Christian Boll (1849-1879)⁴⁸. Ce succès de Ranvier dans ce domaine fut dû non seulement à son utilisation de techniques de coloration élaborées, mais aussi à l'utilisation de nouveaux objectifs à immersion, comme le numéro 12 de Hartnack et Prazmowski, qui permettaient un grossissement de 1000⁴⁹. D'autre part, la technique de Joseph von Gerlach (1820-1896) permit à Ranvier de visualiser les rameaux nerveux avant les terminaisons, semblables à des chiasmata.

L'adoption de l'anatomie générale par Ranvier ne fut possible que lorsqu'il fut en mesure de reproduire ses observations générales sur les terminaisons nerveuses dans des structures variées. Sur les pas de Franz von Leydig (1821-1908) et de Friedrich Sigmund Merkel (1845-1919), il réalisa une étude précise des organes tactiles de Grandy des papilles du bec et de la langue du canard⁵⁰. Ranvier décrit un type de terminaison nerveuse semblable au disque tactile de Merkel dans l'épiderme du museau de porc. La généralisation de ses résultats à des organes du tact dans la peau, la cornée et les muscles lisses fut publiée notamment sous la forme de *Leçons d'Anatomie Générale*⁵¹. D'une manière identique Ranvier démontra l'existence d'extrémités nerveuses libres dans les muscles lisses. Cependant la conception des plexus nerveux de Ranvier était beaucoup plus complexe. Les extrémités

⁴⁵ H. Frey. *Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen*. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1859. H. Frey, *Traité d'histologie et d'histochemie*. Traduction de l'allemand à partir de la troisième édition de P. Spillmann, avec des notes et un appendice de L. Ranvier. Paris, Savy, 1871.

⁴⁶ *Ibid.*, p. 717 et p. 735.

⁴⁷ *Ibid.*, p. 711.

⁴⁸ L. Ranvier. Sur les terminaisons dans les lames électriques de la Torpille. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 81, 1875, 1276-1278.

⁴⁹ L. Ranvier. *Traité technique d'histologie*. Paris, Savy, 1875, p. 789.

⁵⁰ L. Ranvier. De la terminaison des nerfs dans les corpuscules du tact. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 85, 1877, 1020-1023.

⁵¹ L. Ranvier, 1880a ; L. Ranvier. De la méthode de l'or et de la terminaison des nerfs dans le muscle lisse. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 86, 1878, 1142-1144 ; L. Ranvier. Terminaisons nerveuses sensitives ; cornée, in *Leçons d'anatomie générale faites au Collège de France*. Paris, Baillière, 1881.

libres ne représentaient pas pour Ranvier un argument radical contre les réseaux nerveux tel qu'ils apparaissaient dans certaines préparations avant les extrémités libres. L'examen minutieux de Ranvier des plexus nerveux requit les améliorations des techniques de Cohnheim et de Löwit en remplaçant l'acide formique par du jus de citron. La méthode de Ranvier fut publiée comme une contribution originale dans le *Quarterly Journal of Microscopical Science*⁵². Ranvier démontra que des plexus nerveux étaient présents dans certains tissus sous la forme de petits centres nerveux périphériques. Il leur attribuait un rôle dans le déclenchement des mouvements involontaires, comme les mouvements de l'œsophage, chez les mammifères, ou du tube digestif des arthropodes⁵³. Ranvier était donc très préoccupé par la signification fonctionnelle des plexus nerveux qui représentaient selon lui des arborisations terminales de fibres uniques.

C'est en utilisant cette approche que Ranvier fit une découverte fondamentale alors qu'il observait d'autres « menus détails anatomiques » du système nerveux. C'est lors d'observations réalisées entre 1870 et 1875, au cours de ses études des différents ganglions nerveux visant à élucider leur structure générale, que Ranvier découvrit la structure dite « en T » des fibres des cellules ganglionnaires sensitives des ganglions des racines dorsales⁵⁴. Ranvier conclut que la conduction dans les neurones sensitifs et moteurs ne devait pas être considérée comme s'exécutant selon une chaîne linéaire. Même si Ranvier ne parvint pas à assigner une direction à la circulation de l'influx dans la structure en T, il suspectait que des branchements complexes de fibres dans les centres nerveux pouvaient modifier les conceptions générales sur leur physiologie.

À partir de ces études, on peut faire de Ranvier le portrait d'un scientifique pragmatique concerné par les faits et les descriptions minutieuses d'éléments anatomiques, par des techniques raffinées. Ranvier semblait moins intéressé par les nouvelles idées sur le système nerveux. Bien que certaines de ses observations concernent directement la polémique sur la théorie du neurone, Ranvier ne participe pas à la polémique, mais il fonde l'anatomie générale en France comme une discipline mêlant l'anatomie microscopique à la physiologie.

La renommée internationale de Ranvier demeura d'envergure limitée, mais son œuvre mérite l'intérêt des historiens pour trois contributions essentielles. Il demeure le découvreur des « nœuds de Ranvier ». D'autre part, His et Van Gehuchten reconnurent Ranvier comme le premier à avoir décrit les structures en T des neurones des ganglions des racines dorsales⁵⁵. Ranvier fut honoré par Ramón y Cajal pour ses descriptions précises de la dégénérescence et de la régénération des fibres nerveuses⁵⁶. Il fut également respecté pour ses enseignements des techniques histologiques⁵⁷. En particulier, Ramón y Cajal reconnut le grand mérite du traité de

⁵² L. Ranvier. On the terminations of nerves in the epidermis. *Quarterly Journal of Microscopical Science*, 20, 1880, 456-459.

⁵³ L. Ranvier. De la méthode de l'or et de la terminaison des nerfs dans le muscle lisse, *op. cit.*, p. 1144 ; L. Ranvier. Recherches expérimentales sur la signification physiologique du plexus nerveux terminal de la cornée. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 88, 1087-1089, p. 1088.

⁵⁴ L. Ranvier. Des tubes nerveux en T et de leurs relations avec les cellules ganglionnaires. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, 81, 1875, 1274-1276.

⁵⁵ Voir G.M. Shepherd, *Foundation of the neuron doctrine*. Oxford, Oxford University Press, 1991, p. 108 ; A. Van Gehuchten. *Anatomie du système nerveux de l'homme, leçons professées à l'université de Louvain*. Louvain, Uystpruyst-Dieudonné, 1897, p. 210.

⁵⁶ S. Ramón y Cajal, 1913, *op. cit.*

⁵⁷ Voir N. Fernandez et C.S. Breathnach. Luis Simarro Lacabra [1851-1921], from Golgi to Cajal through Simarro, via Ranvier? *Journal of the History of the Neurosciences*, 10, 2001, 19 -26 ; L. Ranvier, *Traité technique d'histologie*, 1875, *op. cit.*

Ranvier en le qualifiant de « bible technique de son époque (1887)⁵⁸. Ramón y Cajal écrivit en se remémorant sa préparation à son concours de 1879 : « Conscient de mes faiblesses, j'avais entrepris de les dépasser autant que je puisse. Je me perfectionnais dans les techniques histologiques, en utilisant comme guide l'admirable ouvrage intitulé Manuel technique d'histologie écrit par Ranvier, l'illustre professeur du Collège de France [...] »⁵⁹

Contrairement à ses ouvrages d'enseignement qui furent largement traduits, les recherches de Ranvier furent peu connues et citées dans la littérature spécialisée internationale. Les nœuds de Ranvier et les structures en T étaient généralement décrits comme des détails anatomiques sans mention de son nom. De manière identique, ses études sur la dégénérescence des fibres nerveuses ne furent reconnues que bien des années plus tard⁶⁰. La signification fonctionnelle de ces deux observations ne fut pas entièrement appréciée à l'époque de Ranvier. Aujourd'hui encore, les nœuds de Ranvier et l'étude de la régénération axonale demeurent deux champs de recherche fascinants et actifs⁶¹.

Une autre raison pour laquelle les recherches de Ranvier demeurèrent relativement peu connues est qu'il ne publia que dans des journaux français, et qu'il ne fit jamais traduire ses traités. Ses leçons principalement destinées à ses élèves furent peu lues et citées par ses collègues. Bien qu'il fût connu comme un professeur éminent dans le domaine des techniques histologiques, sa personnalité rugueuse et son caractère intègre peu commode n'encourageaient pas un grand nombre d'étudiants à suivre son enseignement. Cependant, Luis Simaro Lacabra (1851-1921) participa aux leçons de Ranvier durant lesquelles il prit peut-être connaissance de la technique de Golgi, qu'il montra plus tard à ses collègues de Madrid dont S. Ramón y Cajal⁶². L'influence de Ranvier fut semble-t-il limitée à un petit cercle de jeunes histologistes français et à ses collègues de La Salpêtrière⁶³, ainsi qu'à quelques étudiants et collègues étrangers qui appréciaient ses techniques. Ce que Ramón y Cajal commentait ainsi : « Au cours de mes explorations systématiques à travers les royaumes de l'anatomie microscopique [...] j'ai examiné sans ménagement [le système nerveux] dans divers animaux, guidé par les livres de Meynert, Huguenin, Luys, Schwalbe, mais au-dessus de tous, par l'incomparable travail de Ranvier, dont j'utilisais la technique ingénieuse avec une détermination consciencieuse. »⁶⁴

L'approche de Ranvier a le plus souvent été négligée par les historiens des sciences, peut-être en raison de son style de recherche physiologique qu'il poursuivit durant les années 1870 jusqu'aux années 1880. Ranvier n'a pour ainsi dire pas été impliqué dans la polémique sur la théorie du neurone, car il définissait très simplement la cellule nerveuse comme un corps cellulaire présentant des contacts continus avec des fibres nerveuses. Il négligea la

⁵⁸ S. Ramón y Cajal, *Recuerdos de mi vida, historia de mi labor científica*. Madrid, Moya. Traduction anglaise par Craigie et Cano (1937), *Recollections of my life*. American Philosophical Society memoirs, VIII, Philadelphia, University of Philadelphia, 1937, 1989. Cambridge, Mass, MIT Press, p. 307.

⁵⁹ *Ibid.*, p. 255.

⁶⁰ S. Ramón y Cajal, 1913, *op. cit.*

⁶¹ T. Ishibashi, K. Ikenaka, T. Shimizu, T. Kagawa, H. Baba, Initiation of sodium channel clustering at the node of Ranvier in the mouse optic nerve. *Neurochemical Research*, 28, 2003, 117-125 ; D.L. Sherman, P.J. Brophy, Mechanisms of axon ensheathment and myelin growth. *Nature Reviews Neuroscience*, 6, 2005, 683-690 ; B.A. Clark, P. Monsivais, T. Branco, M. London, M. Hausser, The site of action potential initiation in cerebellar Purkinje neurons. *Nature Neuroscience*, 8, 2005, 137-139.

⁶² N. Fernandez, C.S. Breathnach, 2001, *op. cit.*

⁶³ J.G. Barbara, 2007, *op. cit.* ; J.G. Barbara, Relations Médecine – Sciences dans l'individualisation des maladies à la Salpêtrière à la fin du XIX^e siècle, *op. cit.*

⁶⁴ S. Ramón y Cajal, 1917, *op. cit.*, p. 304.

technique de Golgi qu'il jugeait peu fiable⁶⁵. Il reconnut évidemment la beauté des précipitations de bichromate d'argent, mais il avait le sentiment que cette technique ne pouvait démontrer avec certitude les relations entre les prolongements cellulaires et les fibres nerveuses⁶⁶. Une démonstration convaincante de la contiguïté des cellules nerveuses n'apparut en effet qu'avec les avancées en microscopie électronique.

Ranvier fut donc une figure française typique de son temps, dans la ligne directe de F. Magendie et de Cl. Bernard, c'est-à-dire davantage concerné par la réfutation des anciennes théories et idées, et par la construction de l'histologie comme une nouvelle discipline établie sur des faits solides, hors de doute, issus d'une approche expérimentale rigoureuse. Son œuvre visait essentiellement, à partir d'études nettes, originales et irréprochables, l'instauration d'une méthode et d'une nouvelle discipline, l'anatomie générale microscopique d'esprit physiologique qui annonçait l'histophysiologie, la cytologie et la physiologie cellulaire du tournant du XX^e siècle.

Références

- Appel T.A. Louis Ranvier. In, Gillispie C.C., éd., *Dictionary of Scientific Biography*. New York, Scribner's Sons, 1978.
- Barbara J.G. Les étranglements annulaires de Louis Ranvier (1871). *Lettre des Neurosciences* 28, 2004, 3-4.
- Barbara J.G. Louis Antoine Ranvier (1835-1922). *Journal of Neurology*, 253, 2005, 399-400.
- Béclard P.A. *Elémens d'anatomie générale ou description de tous les genres d'organes qui composent le corps humain*. Paris, Béchot jeune, 1827.
- Bernard C. *Leçons sur la physiologie et la pathologie du système nerveux*. Tome I. Paris, Baillière, 1858.
- Bernard C. *Leçons sur les propriétés physiologiques et les altérations pathologiques des liquides de l'organisme*. Paris, Baillière, 1859.
- Bernard C. *Leçons sur les propriétés des tissus vivants*. Paris, Cours de médecine du Collège de France, 1866.
- Bernard C. De la physiologie générale. In, *La science expérimentale*. Paris, Baillière, 1872.
- Bernard C. *Principes de médecine expérimentale*. Paris, PUF, 1877.
- Bichat X. *Traité des membranes*, Paris, Richard, Caillé et Ravier, 1799.
- Bichat X. *Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine*. Paris, Brosson, Gabon, 1801.
- Bouchet A. Histoire de l'anatomie à Lyon. In, Ollier L., éd., *Conférences d'histoire de la médecine, cycle 1981-1982*. Lyon, Fondation Mérieux, 1982.
- Canguilhem G. *La Connaissance de la vie*. Paris, Hachette, 1952.
- Canguilhem G. *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*. Paris, Vrin, 1994.
- Canguilhem G. Claude Bernard et Bichat. In, G. Canguilhem, *Études d'Histoire et de Philosophie des Sciences*. Paris, Vrin, 1994.
- Caullery M. Les Sciences biologiques dans la France contemporaine. In, *La France et la civilisation contemporaine. Bibliothèque de Philosophie scientifique*. Paris, Flammarion, 1941.
- Clark B.A., Monsivais P., Branco T., London M., Hausser M. The site of action potential initiation in cerebellar Purkinje neurons. *Nature Neuroscience* 8, 2005, 137-139.
- Cornil V., Ranvier L. *Manuel d'histologie pathologique*. Paris, Baillière, 1869, 1873, 1876.

⁶⁵ L. Ranvier. *Traité technique d'histologie*, 1875, op. cit., p. 1062.

⁶⁶ *Ibid.*, p. 1097.

- Cornil, V., Ranvier L. A Manual of Pathological Histology. Traduction avec des notes de E.O. Shakespeare et J. Henry. Philadelphia, Henry Lea, 1880.
- Cornil, V, L Ranvier. Manual of Pathological Histology. Traduction de A.M. Hart. London, Smith, Elder & Co, 1882.
- DeFelipe J., Jones E.G. *Cajal's Degeneration and regeneration of the Nervous System*. Oxford, Oxford University Press, 1991.
- Deiters O.F.K. Untersuchungen über Gehirn und Rückenmark des Menschen und der Säugetiere. Braunschweig, Vieweg, 1865.
- Duval M. *Précis d'Histologie*. Paris, Masson, 1900.
- Fernandez N., Breathnach C.S. Luis Simarro Lacabra [1851-1921], from Golgi to Cajal through Simarro, via Ranvier? *Journal of the History of the Neurosciences* 10, 19 -26, 2001.
- Flourens P. *De la vie et de l'intelligence*. Paris, Garnier frères, 1858.
- Foucault L., Donné A. *Cours de microscopie complémentaire des études médicales. Anatomie microscopique et physiologie des fluides de l'économie*. Paris, Baillière, 1844-1845.
- Frey H. *Handbuch der Histologie und Histochemie des Menschen*. Leipzig, Verlag von Wilhelm Engelmann, 1859.
- Frey H. *Traité d'histologie et d'histochemie*. Traduit à partir de la troisième édition allemande par P. Spillmann, avec des notes et un appendice de L. Ranvier. Paris, Savy, 1871.
- Ishibashi T., Ikenaka K., Shimizu T., Kagawa T., Baba H. Initiation of sodium channel clustering at the node of Ranvier in the mouse optic nerve. *Neurochemical Research* 28, 2003, 117-125.
- Jolly J. Notice sur la vie et les travaux de Louis Malassez. *Comptes Rendus de la Société de Biologie* 68, 1910, 1-18.
- Jolly J. Louis Ranvier (1835-1922). Notice biographique. *Archives d'Anatomie microscopique* 19, 1922, 1-72.
- Jolly J. Ranvier et la méthode expérimentale. In, Abel Lefranc éd., *Le Collège de France, 1530-1930, livre jubilaire composé à l'occasion de son quatrième centenaire*. Paris, Presses universitaires de France, 1932.
- Kölliker A. *Éléments d'histologie humaine*. Traduction par MM. J. Béclard et M. Sée. Paris, Masson, 1856.
- La Berge A. Medical microscopy in Paris, 1830-1855. In, La Berge A, Feingold M, eds., *French medical culture in the XIXth century*. Amsterdam, Rodopi, 1994.
- La Berge A. Debate as Scientific Practice in Nineteenth-Century Paris, The Controversy over the microscope. *Perspectives on Science, Historical, Philosophical, Social* 12, 424-453, 2004.
- Laguesse E. Revue annuelle d'anatomie générale. *Revue générale des sciences pures et appliquées* 13, 1088-1099, 1902.
- Landouzy T.J. Lymphadénie cutanée. Mycosis fongoïde. *Comptes Rendus de la Société de Biologie* 23, 1871, 184-185.
- Michaut P. *Pour devenir médecin*. Paris, Reinwald et Schleicher, 1899.
- Michel P. Du microscope et de ses applications à l'anatomie pathologique, au diagnostic et au traitement des maladies, *Mémoires de l'Académie de médecine* 21, 1856, 241-442.
- Pallulault F. *Medical Students in England and France, 1815-1858. A Comparative Study*. D. Phil, Oxford, 2003.
- Papillon F. L'Anatomie Générale et les travaux de M. Charles Robin. *Revue des deux mondes* 88, 1829, 330-361.
- Ramón y Cajal S. *Estudios sobre la Degeneración y Regeneración del Sistema Nervioso. Vol. 1. Degeneración y Regeneración de los Nerviosos. Vol. 2. Degeneración y Regeneración de los Centros Nerviosos*. Madrid, Moya, 1913. Traduction anglaise par May. Oxford, Oxford University Press, 1928. *Degeneration and regeneration of the Nervous System*. Nouvelle

- édition. *Cajal's Degeneration and regeneration of the Nervous System*, DeFelipe J., Jones E.G., eds., *Cajal's Degeneration and regeneration of the Nervous System*. Oxford, Oxford University Press, 1991.
- Ramón y Cajal S. Recuerdos de mi vida, historia de mi labor científica. Madrid, Moya, 1917. Traduction anglaise par Craigie et Cano. *Recollections of my life*. American Philosophical Society memoirs, VIII, Philadelphia, University of Philadelphia, 1937. Nouvelle édition Cambridge, Mass, MIT Press, 1989.
- Ranvier L. De quelques modes de préparation du tissu osseux. *Journal de Physiologie de l'Homme et des Animaux* 6, 1863, 549-553.
- Ranvier L. *Considérations sur le développement du tissu osseux et sur les lésions élémentaires des cartilages et des os*. Thèse inaugurale. Paris, 1865.
- Ranvier L. Des cellules et des noyaux tubulaires des tendons. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 68, 1869, 274-276.
- Ranvier L. Des éléments cellulaires des tendons et du tissu conjonctif lâche. *Archives de Physiologie* 2, 1869, 471-487.
- Ranvier L. Des cellules du tissu conjonctif. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 68, 1869, 1478-1479.
- Ranvier L. On the cellular elements of tendons and of loose connective tissue. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 10, 1870, 367-380.
- Ranvier L. Contributions à l'histologie et à la physiologie des nerfs périphériques. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 73, 1871, 1168-1171.
- Ranvier L. Séance du 11 novembre. *Comptes Rendus de la Société de Biologie* 23, 1871, 130-134.
- Ranvier L. Des lésions du tissu conjonctif lâche (tissu cellulaire) dans l'œdème. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 73, 1871, 124-126.
- Ranvier L. Recherches sur l'histologie et la physiologie des nerfs. *Archives de Physiologie Normale et Pathologique* 4, 1872, 129-149, 427-446.
- Ranvier L. De la dégénérescence des nerfs après leur section. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 75, 1872, 1831-1835.
- Ranvier L. Des étranglements et des segments interannulaires chez les Raies et les Torpilles. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 75, 1872, 1129-1132.
- Ranvier L. Sur les éléments conjonctifs de la moelle épinière. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 77, 1873, 1299-1302.
- Ranvier L. *Traité technique d'histologie*. Paris, Savy, 1875.
- Ranvier L. Sur les terminaisons dans les lames électriques de la Torpille. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 81, 1875, 1276-1278.
- Ranvier L. Des tubes nerveux en T et de leurs relations avec les cellules ganglionnaires. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 81, 1875, 1274-1276.
- Ranvier L. De la terminaison des nerfs dans les corpuscules du tact. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 85, 1877, 1020-1023.
- Ranvier L. De la méthode de l'or et de la terminaison des nerfs dans le muscle lisse. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 86, 1878, 1142-1144.
- Ranvier L. Leçons sur l'histologie du système nerveux. Paris, Savy, 1878.
- Ranvier L. Recherches expérimentales sur la signification physiologique du plexus nerveux terminal de la cornée. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 88, 1879, 1087-1089.
- Ranvier L. Nouvelles recherches sur les organes du tact. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences* 91, 1880, 1087-1089.
- Ranvier L. On the terminations of nerves in the epidermis. *Quarterly Journal of Microscopical Science* 20, 1880, 456-459.

- Ranvier L. Terminaisons nerveuses sensibles ; cornée. In, Leçons d'anatomie générale faites au Collège de France. Paris, Baillière, 1881.
- Robin, C.P. Du Microscope et des injections dans leurs applications à l'anatomie et à la pathologie. Paris, Baillière, 1849.
- Robin, C.P. *Sur un nouveau microscope approprié aux besoins des démonstrations anatomiques et permettant à plusieurs personnes d'observer ensemble*. Paris, Thunot, 1854.
- Robin, C.P. *Mémoire sur les objets qui peuvent être conservés en préparations microscopiques transparentes et opaques, classés d'après les divisions naturelles des trois règnes de la nature*. Paris, Baillière, 1856.
- Shepherd G.M. *Foundation of the neuron doctrine*. Oxford, Oxford University Press, 1991.
- Sherman D.L., Brophy P.J. Mechanisms of axon ensheathment and myelin growth. *Nature Reviews Neuroscience* 6, 2005, 683-690.
- Tello J.F. Cajal y su labor histológica, 1877-1887, in, J. DeFelipe & E.G. Jones, eds., *Cajal's Degeneration and regeneration of the Nervous System*. Oxford, Oxford University Press, 1991.
- Van Gehuchten A. *Anatomie du système nerveux de l'homme, leçons professées à l'université de Louvain*. Louvain, Uystpruyst-Dieudonné, 1897.
- Virchow R. *Die Cellularpathologie in ihrer Begründung auf physiologische und pathologische Gewebelehre*. Berlin, Hirschwald, 1858.