

Émile Duclaux, homme de science et de conscience

Par Michel SIMONET¹

RÉSUMÉ :

Émile Duclaux, physicien mais aussi chimiste, débute ses recherches doctorales, au sein du laboratoire de chimie physiologique dirigé par Louis Pasteur à l'École normale supérieure, par l'étude de la fermentation alcoolique du sucre et des acides volatils produits au cours de la réaction. Fermentations, diastases et acides volatils résultant de leur action seront ses sujets favoris durant toute sa carrière. En raison de sa contribution scientifique à l'amélioration de la sériciculture, de la vitiviniculture et tout particulièrement de celle de l'industrie fromagère, l'Académie des sciences l'élit, en 1888, comme nouveau membre dans la section d'économie rurale. Pilier de la création de l'Institut Pasteur et fondateur de son journal de microbiologie, les *Annales de l'Institut Pasteur*, Duclaux dirigera le service de microbiologie générale de l'institut. À la mort de son maître, en 1895, il lui succédera à la tête de l'Institut Pasteur et concourra à son essor et à son rayonnement international jusqu'à son décès prématuré à l'âge de 63 ans, en 1904. Homme de conviction, Duclaux aura été, à l'occasion de l'affaire Dreyfus, l'instigateur de la première pétition publique en France et le cofondateur de la Ligue des droits de l'Homme.

MOTS-CLÉS :

Fermentations, diastases, chimie biologique, phylloxéra, vers à soie, fromage, Institut Pasteur.

INTRODUCTION

Trois ans après sa nomination à Lille comme professeur de chimie et Doyen de la nouvelle faculté des Sciences, qu'il a structurée avec succès, Louis Pasteur est rappelé en 1857 par l'École normale supérieure, installée rue d'Ulm depuis 1847, pour l'administrer et diriger les études scientifiques. Il va y réformer l'organisation de l'enseignement scientifique, menant une action dynamique pour qu'elle rivalise avec l'École Polytechnique, et fonder une

revue périodique en 1864, les *Annales scientifiques de l'École normale supérieure* dans laquelle les élèves publieront leurs travaux. Mais, dès 1858, il obtient que les postes de préparateurs (ou répétiteurs) soient dorénavant réservés exclusivement à des normaliens devenus agrégés, comme lui-même le fut en chimie de 1846 à 1848, afin de favoriser leur accès à l'enseignement supérieur (1,2). L'un des tout premiers est Émile Duclaux, né le 24 juin 1840 à Aurillac et aîné des trois fils de Justin Duclaux, huissier au tribunal de cette préfecture du Cantal, et

¹ Professeur honoraire de bactériologie, Faculté de Médecine de Lille
auteur correspondant : michellouis.simonet@gmail.com

d'Agnès Farges, épicière (3) : il deviendra le premier Professeur de chimie biologique à la Sorbonne et succédera à la direction de l'Institut Pasteur après le décès de son créateur.

DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE À LA FACULTÉ DES SCIENCES DE CLERMONT-FERRAND

Après d'excellentes études au collège d'Aurillac, Émile Duclaux devient bachelier ès sciences et ès lettres en 1857 et rejoint ensuite Paris où il intègre la renommée institution Barbet (V^e arr.) préparant aux grandes écoles, dont Louis Pasteur est un ancien élève (4). Il est admissible, au premier rang, à la fois à l'École Polytechnique et à l'École normale supérieure en 1859, mais opte finalement pour cette dernière. Licencié ès sciences en 1861, il est reçu troisième à l'agrégation des sciences physiques un an plus tard. Pasteur l'admet alors dans son laboratoire de chimie physiologique (officiellement créé en 1867) en qualité d'agrégé-préparateur.

À l'époque, les hétérogénistes, comme Félix Pouchet (1800-1872) auteur d'un *Traité sur la génération spontanée* paru en 1859, prétendent que les êtres microscopiques naissent spontanément dans les milieux organiques fermentescibles, alors que Pasteur vient de prouver expérimentalement que l'apparition, sans ascendants, d'êtres vivants à partir de la matière inerte est impossible. Dans ce contexte de querelle de doctrines, Duclaux publie, en 1862, une note sur la germination des corpuscules organisés qui existent en suspension dans l'atmosphère (5). Ses travaux, pour l'obtention du doctorat ès sciences physiques et publiés dans les *Annales scientifiques de l'École normale supérieure*, vont concerner la fermentation du sucre candi par la levure. Duclaux démontre qu'elle est accélérée par la présence de tartrate d'ammoniaque ajouté à la liqueur et que le ferment ne dégage pas d'ammoniaque, mais au contraire assimile, pour sa croissance, l'azote du sel d'acide tartrique, contredisant ainsi les conclusions du chimiste Eugène Millon (6) ; par distillation fractionnée du filtrat de fermentation, il constate que, dans le même temps, la levure élimine de l'acide acétique lors de sa destruction pendant la fermentation (7). Tous les étés durant la préparation de sa thèse, Duclaux accompagnera Pasteur à Arbois (Jura) où le maître possède une demeure familiale, pour étudier les causes de l'altération des vins dans un laboratoire improvisé au sein d'un café (8).

Après avoir soutenu sa thèse de doctorat en 1865, Duclaux est nommé professeur de physique au lycée

de Tours. Il y rencontre un autre agrégé de physique, Maurice de Tastes qui l'initie à la météorologie et auquel il rendra hommage dans la préface de son *Cours de physique et de météorologie* publié vingt-cinq ans plus tard (9). Déçu par l'enseignement secondaire, Duclaux le quitte et obtient, en 1866, un poste à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand comme suppléant du professeur de chimie Hector Aubergier (1810-1884), pharmacien dont la notoriété repose sur sa fabrication d'opium indigène (10). Enseignant charismatique, il attire à la Faculté des sciences des étudiants en médecine en exposant, dans le cours de chimie biologique qu'il a créé, les travaux novateurs de Pasteur et les perspectives qu'ils ouvrent pour la médecine et la chirurgie ; il sera pour l'un de ces étudiants, Émile Roux, le maître à penser (11).

AU CHEVET DE LA SÉRICICULTURE ET DE LA VITICULTURE

Quand son cours à la Faculté des sciences est terminé, Duclaux, dont les relations sont devenues tendues avec Aubergier, rejoint Pasteur installé dans une magnanerie proche d'Alais (aujourd'hui Alès) avec ses préparateurs, Jules Raulin (1836-1896), Eugène Maillot (1841-1889) et Désiré Gernez (1834-1910) avec lequel Duclaux entretiendra une amitié durable (4). Pasteur a en effet été missionné en 1865 par le ministre de l'Agriculture pour combattre un fléau qui ruine l'économie cévenole reposant sur la sériciculture, depuis le règne d'Henri IV, grâce à la plantation de mûriers par l'agronome vivarois Olivier de Serres. À son apogée en 1855, la production de soie va chuter brutalement les années suivantes, car une épidémie décime les élevages de *Bombyx mori*. Pasteur découvre non seulement qu'ils sont touchés par la pébrine (ou maladie corpusculaire) qui se manifeste par des taches noires ressemblant à des grains de poivre (*pebre* en occitan) sur tous les stades de développement de l'insecte, mais aussi par la flacherie qui rend les vers flasques avant qu'ils ne meurent et se putréfient. Influencé par Gernez, Pasteur finit par admettre la nature parasitaire de la pébrine, affirmée par le pharmacien et chimiste Antoine Béchamp (1816-1908), et il met au point la méthode du grainage cellulaire pour préserver l'élevage de vers à soie sains. Les femelles papillons sont isolées pour leur permettre de pondre séparément et, après la ponte, elles sont broyées puis examinées au microscope : si des corpuscules brillants (microsporidies) sont observés, les œufs sont détruits, sinon ils sont conservés pour poursuivre l'élevage (12). En l'espace d'un peu moins d'un mois après la ponte, les chenilles effectuent quatre mues et deviennent des

vers blanc grisâtre de 8 cm de long qui tissent un cocon de soie dans lequel ils s'enroulent pour subir leur métamorphose en chrysalide puis en papillon. Béchamp, quant à lui, proposa que la sériciculture soit réalisée dans des chambrées chargées de vapeurs de créosote (13).

Duclaux va étudier la vie des œufs (ou graines) de vers à soie depuis la ponte jusqu'à l'éclosion afin d'améliorer la sériciculture. Après une brève période physiologiquement très active suivant la ponte, la graine annuelle sommeille et résiste au manque d'air, pourvu qu'il ne soit pas prolongé, ainsi qu'aux variations modérées de température. L'évolution de l'embryon, aboutissant à la naissance du ver, ne débute et ne se poursuit régulièrement qu'après que la graine a subi une période de froid qui abolit sa latence (14). Duclaux démontre qu'une exposition prolongée des graines à un froid artificiel peut conduire à leur éclosion à une époque inhabituelle dans la nature : en les plaçant en août dans une glacière pendant 40 jours puis, après ce délai, progressivement à 20 °C, il obtient des vers en novembre (15). Si un court séjour au voisinage de 0 °C est efficace pour provoquer l'éclosion de la graine, en revanche, un stage à -10 °C ne l'est presque plus, tout en la laissant intacte et dans les mêmes conditions où elle serait si elle n'avait pas été refroidie ou n'avait enduré qu'un hiver insuffisant (16). Ainsi, il est possible de faire éclore les graines en toute saison et obtenir des vers durant toute l'année.

À partir de 1865, le monde agricole est frappé par une autre épidémie qui va ravager la viticulture et restera longtemps gravée dans les mémoires : le phylloxéra (du grec ancien φύλλον, feuille, et ξηρός, sec). Il est causé par un insecte hémiptère de la vigne ressemblant à un puceron, *Phylloxera vastatrix*, identique à *Pemphigus vitifolii* découvert dix ans plus tôt en Amérique du Nord : il vit sous terre, s'attache aux racines (phylloxéra radicicole), alors que *Pemphigus* s'attache aux feuilles et y produit des galles (phylloxéra gallicole). Aujourd'hui, les deux espèces n'en font plus qu'une : *Daktulosphaira vitifoliae*. L'insecte dévastateur (*vastatrix* en latin) se disperse dans le sol de proche en proche, et sa forme ailée (Figure 1) peut être disséminée par les vents (17). L'Académie des sciences crée alors une commission du phylloxéra et, à sa demande, Duclaux va entreprendre une étude statistique et géographique de la marche territoriale du phylloxéra d'année en année et, par ailleurs, déterminer les circonstances contribuant à son extension ainsi que les moyens pour l'arrêter (18-22). Apparue, semble-t-il, dans le département du Gard en 1865, le fléau va se propager en

quelques années à tout le vignoble du Sud-Est, puis atteindre celui du Sud-Ouest (Figure 2). La nature du cep n'intervient pas en soi, mais la constitution du sol dans lequel la vigne pousse peut influencer la pénétration ou la marche souterraine du parasite : les terrains argileux sont les plus propices contrairement à ceux sablonneux. L'humidité et la rigueur de l'hiver sont des conditions fatales aux pucerons et des inondations prolongées des vignes à l'automne sont donc proposées pour contrer la progression du

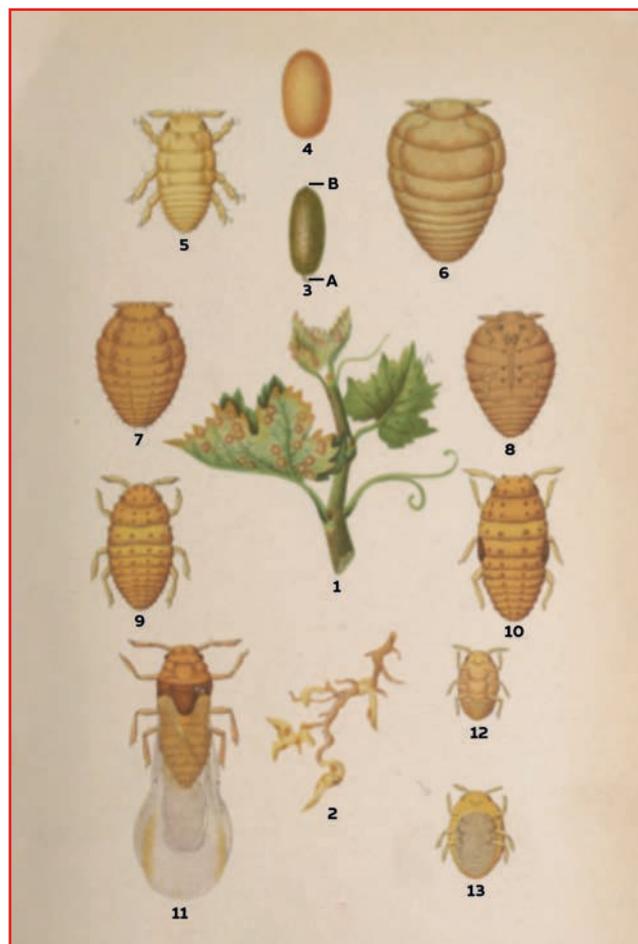


Fig. 1 - Le phylloxéra (d'après [17]).

Le cycle annuel comprend une phase sur les feuilles et une autre sur les racines. La reproduction est essentiellement parthénogénétique, mais une phase de reproduction sexuée existe à l'automne pour produire les œufs fécondés qui constituent une forme de survie durant l'hiver.

1, bourgeon de vigne avec galles ; 2, radicelles avec nodosités et phylloxéra ; 3, œuf d'hiver (A, pédicule qui le fixe au bois ; B, micropyle) ; 4, œuf d'aptère agame ; 5, jeune phylloxéra gallicole ; 6, phylloxéra gallicole adulte ; 7, phylloxéra radicicole adulte, face dorsale ; 8, phylloxéra radicicole adulte, face ventrale ; 9, phylloxéra radicicole adulte, face ventrale ; 10, nymphes ; 11, phylloxéra ailé ; 12, phylloxéra sexué mâle ; 13, phylloxéra sexué femelle.

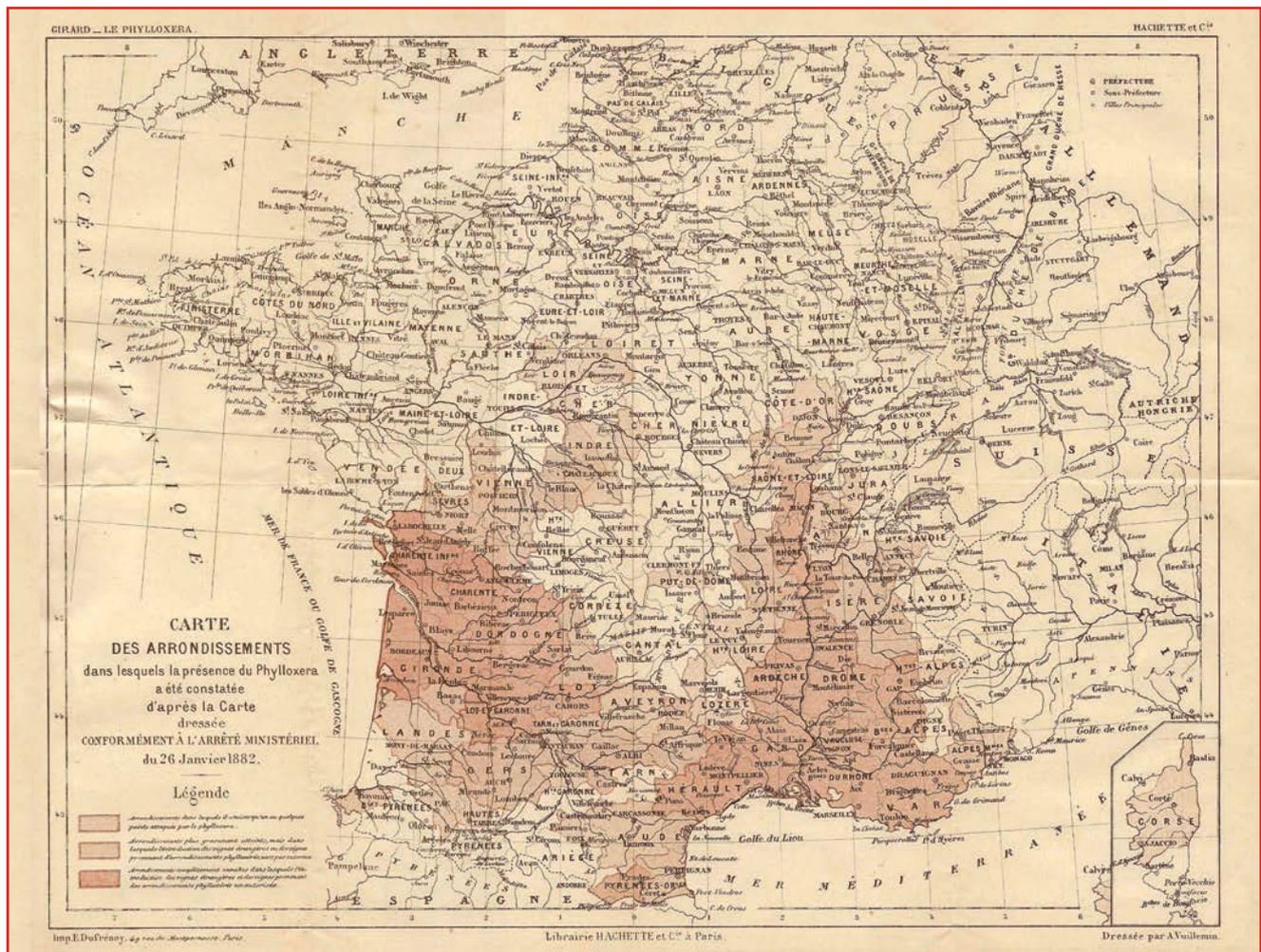


Fig.2 - Territoires viticoles frappés par le phylloxéra en 1882.

■ Arrondissements peu atteints ; ■ arrondissements plus gravement atteints ; ■ arrondissements complètement envahis.

phylloxéra (23) ; néanmoins, le meilleur moyen pour détruire les insectes ravageurs dans les profondeurs du sol est de les empoisonner par le sulfure de carbone (sulfocarbonate) tout en respectant la vigne (24).

LA CHIMIE BIOLOGIQUE, LE DOMAINE DE RECHERCHE DE PRÉDILECTION

Dans les tout premiers jours de septembre 1870, Pasteur, dont la santé a été ébranlée deux ans auparavant par la survenue d'un accident vasculaire cérébral, réside à Arbois. La guerre entre la France et la Prusse a éclaté mi-juillet et l'avancée rapide des troupes prussiennes jusqu'aux portes de Paris, alors assiégée, sera suivie, après l'armistice signé fin janvier, d'une guerre civile jusqu'à la fin du mois de mai, empêchant le retour de Pasteur

dans la capitale. En avril 1871, Pasteur prend alors la décision de se fixer avec sa famille pour quelques mois à Royat, près de Clermont-Ferrand où Madame Pasteur est née ; mais Duclaux lui propose de l'héberger à son domicile clermontois (25). Avec l'aide de son élève, Pasteur commence l'étude scientifique de la bière à l'instar de celle du vin effectuée auparavant, d'abord au laboratoire, puis dans la brasserie Kuhn située à Chamalières. Patriote revanchard envers l'Allemagne, il veut créer une bière meilleure que celle des Allemands et qui puisse être exportée sans qu'elle ne tourne : il appliquera alors son procédé de pasteurisation breveté en 1865 assurant la conservation des vins (26). La poursuite de ses recherches à l'École normale, puis dans la grande brasserie des frères Tourtel à Tantonville (Meurthe-et-Moselle) aboutira à la parution, en 1876, de l'ouvrage *Études sur la bière* (27).

À côté de son combat contre le phylloxéra, Duclaux mène des recherches sur le vin depuis qu'il a été appelé à la Faculté des sciences de Lyon en 1873, année également de son mariage avec Mathilde Briot (Figure 3). Il met au point un nouveau procédé très sensible pour le titrage alcoolique du vin, reposant sur la diminution de la tension superficielle du liquide produite par l'alcool, un phénomène physico-chimique d'étude favori de Duclaux, à l'instar des mouvements d'écoulement des liquides dans les espaces capillaires (28-30) : à chaque mélange d'alcool et d'eau correspond une tension superficielle liée aux interactions moléculaires dans le fluide.

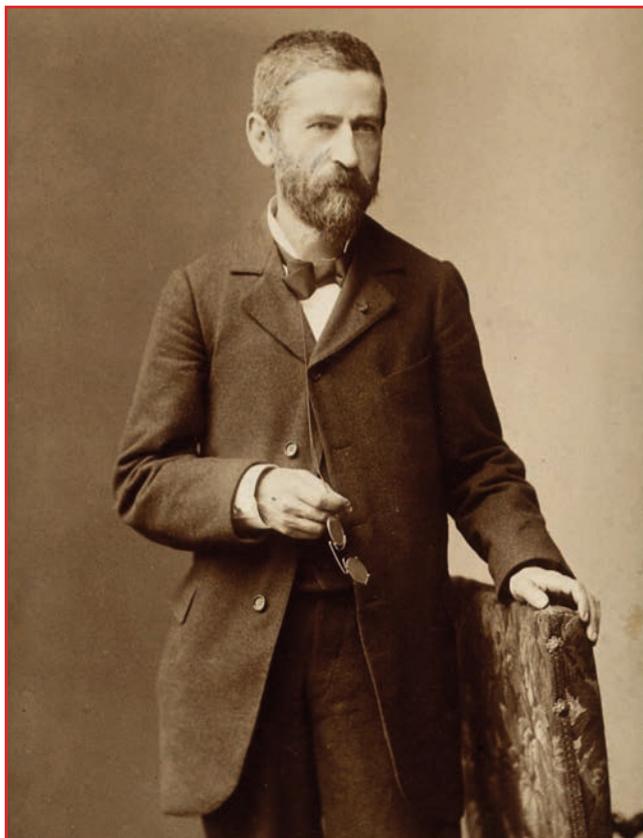


Fig. 3 - Émile Duclaux photographié par Pierre Petit

Émile Duclaux épouse en 1873 Mathilde Briot, âgée de 27 ans, fille d'un éminent professeur de physique mathématique à la Faculté des sciences de Paris. De cette union naîtront trois fils : Pierre (1876-1949), qui deviendra ingénieur agronome ; Jacques (1877-1978), qui sera Professeur de biologie générale au Collège de France ; Jean, né en 1880 et qui mourra de méningite dans sa première année. Mathilde succombe de fièvre puerpérale en 1880, à la suite de la naissance de son troisième fils : Duclaux lui dédiera son ouvrage *Ferments et Maladies* paru en 1882 et refondu et édité quatre ans plus tard sous le titre de *Le Microbe et la Maladie* (3). Veuf, Duclaux ne se remaria qu'en 1901 avec Mary Robinson, poète et romancière anglaise qui écrira la biographie de son époux (4).

Cette dernière peut être évaluée en laissant s'écouler lentement un volume de liquide défini au travers d'un compte-gouttes volumétrique dont l'orifice à une dimension constante : du nombre de gouttes obtenues, on déduit le titre alcoolique au moyen de tables établies pour diverses températures (31,32). Le vin renferme toujours des acides volatils (acide acétique, acide butyrique, acide valériannique) résultants de la fermentation du moût et qui lui donnent du bouquet, en quantités très faibles et proportions variables lorsqu'il est sain, mais dont les teneurs sont accrues quand il a tourné ou est devenu amer. Avec le même compte-gouttes, Duclaux étudie également la production d'acides volatils dans le vin qui font aussi varier la tension superficielle des liquides (33).

En 1876, le ministre de l'Agriculture et du Commerce missionne Duclaux d'étudier les procédés de l'industrie fromagère du Cantal et leurs améliorations possibles (34). Pendant plusieurs années, il loue durant les vacances d'été un manoir, dans le hameau de Fau de la commune de Marmanhac, appartenant à un riche marchand de parapluies d'Aurillac (4). Dans une ferme à proximité, il crée, grâce à une modeste subvention du gouvernement, une station laitière en plein pâturage où il réalise ses recherches ; elles sont poursuivies, à partir de 1878, dans le laboratoire de chimie de l'Institut agronomique de Paris où Duclaux a été nommé, sur concours, professeur de physique et du premier cours de météorologie. Dans le même temps, il est chargé d'une conférence de chimie biologique à la Sorbonne et, ne disposant d'aucun laboratoire, Pasteur lui donne asile dans le sien afin qu'il puisse réaliser des cultures pour les montrer à ses auditeurs. De ses premiers travaux exécutés dans la station laitière de Fau, Duclaux constate la diversité des microorganismes prenant part, surtout ceux aérobies, à la maturation des fromages : ils interviennent tour à tour de manière ordonnée et arrêtent leur action à un moment donné (35). Agissant sur la caséine, qui est en suspension et, pour environ un cinquième, en solution dans le lait (36), ces ferments sécrètent tous, en proportions variables, deux types de diastases (le terme « enzyme » est inventé par le physiologiste allemand Wilhelm Kühne en 1878) : le premier type a les mêmes propriétés que la présure de l'estomac du jeune veau (caillette), le second est analogue à la diastase pancréatique (caséase) (37). L'écrémage partiel du lait conserve la saveur du fromage du Cantal, le fromage demi-gras s'affine plus lentement et la conservation de la fourme est meilleure (38). Duclaux apprécie l'influence de la température, de la quantité de présure et la durée

de la coagulation du lait en caillé sur la fabrication et la maturation du fromage. Puis, il étudie l'action coagulante de la présure sur le lait (39), la composition chimique du beurre frais obtenu après soudure, par barattage, des sphérules microscopiques du corps gras à l'état d'émulsion dont la stabilité est due à l'égalité de la tension superficielle du sérum et du corps gras, ainsi qu'après qu'il est devenu rance (40, 41). Différents autres fromages à pâte molle (de Brie et Roquefort) ou dure (de Parme, Gruyère et Hollande) et dont la fabrication requiert l'intervention de microorganismes distincts font également l'objet d'investigations minutieuses (42). L'ensemble des études chimiques et microbiologiques du lait, qui ont contribué au progrès de l'industrie laitière, sera compilé dans un traité publié en 1887 (42).

Ces diastases, qui prennent part à la fabrication du fromage, jouent un rôle prépondérant dans les phénomènes de la vie, comme Duclaux le démontre par ses recherches expérimentales des digestions gastrique, pancréatique et intestinale, et leurs fonctions dépendent des conditions physiques et chimiques des milieux dans lesquels elles agissent (43-45). Il révèle également que, dans le sol, des diastases sécrétées par des microbes transforment les matières organiques hydrocarbonées et azotées présentes en substances plus simples et assimilées par les végétaux : en leur absence, la terre est infertile (46). Duclaux les classera suivant les réactions qu'elles exercent et proposera l'addition du suffixe «-ase» au nom du substrat d'une enzyme pour dénommer celle-ci. Dans leur action sur les substances qu'elles transforment, elles obéissent à des lois générales qu'il mettra en formule et dont il sera un précurseur dans l'étude de leur cinétique d'action (47,48), avant que Leonor Michaëlis et Maud Menten proposent leur célèbre équation, en 1913.

L'ARCHITECTE DE L'INSTITUT PASTEUR

Dans sa première année d'application, la méthode de prophylaxie de la rage après morsure proposée par Pasteur est un énorme succès, au-delà même de l'Hexagone. Sur l'initiative de l'Académie des sciences, une souscription publique internationale est alors ouverte le 1^{er} mars 1886 et un peu plus de 2 500 000 francs sont recueillis un an plus tard ; un institut destiné à traiter la rage et à étudier les maladies contagieuses est alors créé par décret le 4 juin 1887. Duclaux, assisté d'Émile Roux, joue un rôle central dans l'édification de l'établissement, car Pasteur est ébranlé par la survenue d'un nouvel accident vasculaire cérébral en octobre. L'institut, bâti en dix-huit mois sur des terrains occu-

pés par des cultures maraîchères de la commune de Vaugirard, récemment rattachée à Paris, aura coûté (achat du terrain, terrassement et construction) environ 1360 000 francs : il est inauguré le 14 novembre 1888 par le Président de la République Sadi Carnot. La direction du laboratoire de microbiologie générale est attribuée par Pasteur à son plus ancien élève et collaborateur qui, professeur titulaire de chimie biologique à la Sorbonne depuis 1885, est autorisé par le ministre de l'Instruction publique à transférer son cours ainsi que son personnel et ses crédits à l'institut (49). Les travaux originaux de Duclaux, jusqu'alors publiés majoritairement dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, vont dorénavant paraître essentiellement dans le journal mensuel de microbiologie qu'il a fondé, les *Annales de l'Institut Pasteur* (Figure 4), dont le premier numéro est édité en janvier 1887. Le périodique

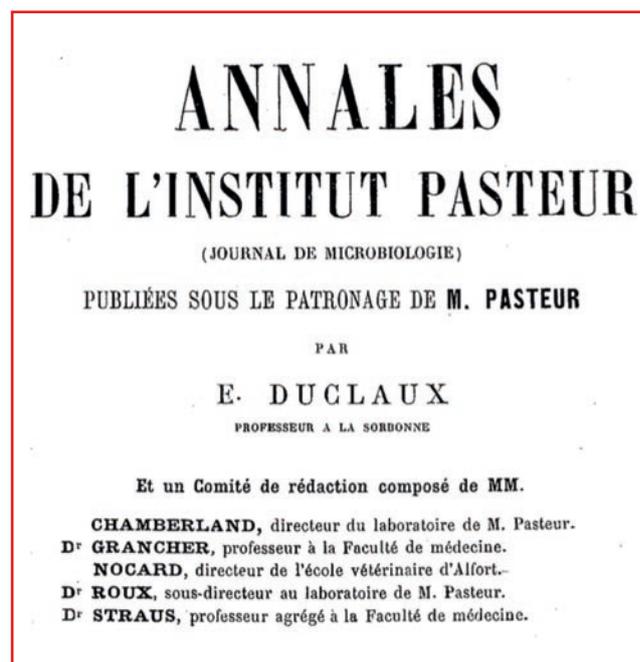


Fig. 4 - Premier numéro (janvier 1887) des *Annales de l'Institut Pasteur*

« Mon cher Duclaux, Bien souvent, dans les causeries du laboratoire, nous avons regretté de ne pas avoir à notre disposition un recueil d'une publicité plus intime et moins solennelle que celle des *Comptes rendus* de l'Académie des sciences... Vous m'apprenez, mon cher Duclaux, que vous avez résolu d'inaugurer un recueil mensuel sous ce titre : *Annales de l'Institut Pasteur*. Le service que vous rendez sera apprécié des jeunes savants, de plus en plus nombreux, qu'attirent les études microbiologiques. Les travaux de laboratoire auront, dans vos *Annales*, une place naturelle, et ceux que vous accueillerez venant d'ailleurs seront pour nous tous un motif d'émulation ».

Louis Pasteur, Bordighera, le 27 décembre 1886.

connaît rapidement un grand succès, notamment grâce aux innombrables revues critiques écrites par Duclaux, résumant les travaux récents sur des sujets très diversifiés comme, pour n'en citer qu'une dizaine parmi les soixante-dix-neuf parues en quatorze années, les microbes du sol, les bactéries des eaux sulfureuses, le carcinome et sarcome, le choléra des poules, les théories de l'immunité, les procédés de conservation du lait, les matières albuminoïdes, la coagulation de divers liquides, l'étude chimique des aliments et la falsification des substances alimentaires, la purification spontanée des eaux de fleuve, la valeur alimentaire de l'alcool... (50-61).

Affaibli par la maladie, Pasteur est secondé par Duclaux dans la direction de l'institut et ce dernier en devient le directeur à part entière au décès du maître en 1895. Il va alors le développer et créer en 1900, grâce à la générosité de la baronne Clara de Hirsch, philanthrope aux nombreuses activités caritatives, un institut de chimie biologique (aujourd'hui le bâtiment Duclaux) en face de l'institut de microbiologie « historique » ; par ailleurs, il édifie avec le concours d'Émile Roux et de Louis Martin, un hôpital d'études et de traitement des maladies contagieuses financé par une mécène qui restera longtemps anonyme, Amicie Piou, veuve du riche Jules Lebaudy, l'héritier d'une famille de sucriers. Durant le mandat de Duclaux, des laboratoires pasteurien verront le jour à Saint-Louis du Sénégal (1896) et Tananarive (1896), et un institut sera fondé à Lille en 1899, complétant ceux antérieurement créés à Saint-Pétersbourg, Saïgon, Constantinople et Nha Trang.

En qualité de directeur de l'Institut Pasteur et membre de l'Académie de médecine depuis 1894, Duclaux (ainsi qu'Émile Roux, directeur adjoint) est sollicité en 1899 par le Préfet de la Seine pour résoudre une recrudescence de fièvre typhoïde d'origine hydrique, frappant depuis plus d'un an la population parisienne (62). En effet, Duclaux s'intéresse à l'hydrographie souterraine depuis 1894 et notamment aux eaux de source du Cantal (63, 64), étudiées pendant ses vacances estivales dans un laboratoire établi au sein de son manoir d'Olmet, acquis en 1892 dans la vallée de la Cère (4). Fort de son expérience, il considère que les recherches effectuées, en amont, sur le terrain même des sources (la Vanne, l'Avre et la Dhuys) qui alimentent Paris, sont les plus pertinentes. « *On est plus sûr de saisir au point de départ, pour chacune des sources examinées isolément, les quelques microbes dangereux provenant des fosses d'aisance ou du fumier d'une ferme voisine, que lorsqu'ils sont mêlés dans l'aqueduc commun à la foule de microbes inoffensifs*

qui d'ordinaire les accompagnent » (62). Selon Duclaux, il faut d'une part établir d'abord le périmètre de terrain d'alimentation des sources par les précipitations et tracer, en recourant à un colorant (fluorescéine), la carte de la circulation souterraine des eaux et, d'autre part, protéger les sources par une inspection assidue des points dangereux et une surveillance médicale des typhoïques sur toute la surface qui les alimente. Finalement, son projet sera adopté par le conseil municipal de Paris (62).

UN SAVANT ENGAGÉ

La fin du XIX^e siècle est marquée par un scandale judiciaire, sur un fond de nationalisme et d'antisémitisme, qui secoue la III^e République : l'affaire Dreyfus. Capitaine d'artillerie d'origine alsacienne et de confession juive, Alfred Dreyfus est accusé de haute trahison pour avoir transmis des renseignements militaires confidentiels à l'Allemagne ; à la suite d'un simulacre de procès, Dreyfus est condamné en décembre 1894 à la dégradation militaire et au baigne à perpétuité. Une contre-enquête du colonel Picquart du service du Renseignement établit, en 1896, son innocence et la culpabilité du commandant Esterhazy, mais ce dernier est acquitté, scandaleusement, par un Conseil de guerre, le 11 janvier 1898 (65).

« L'affaire » va diviser les Français en « antidreyfusards », convaincus de la culpabilité de Dreyfus, et « dreyfusards », partisans de son innocence, et parmi ces derniers, des « intellectuels » vont se mobiliser pour une révision du procès (66). Duclaux est l'un d'eux et écrit une lettre le 8 janvier (Figure 5) dans laquelle il dénonce l'absence des règles élémentaires de la recherche de la vérité appliquées dans la science par la justice militaire, et qui est publiée dans *Le Siècle*, avant même le *J'accuse... Lettre au Président de la République* d'Émile Zola, paru le 13 janvier 1898 dans *l'Aurore*. Le lendemain, le quotidien publie une protestation signée par Zola, Duclaux, Anatole France et bien d'autres écrivains ou savants, contre la violation des formes juridiques au procès de 1894 et les mystères qui ont entouré l'affaire Esterhazy ainsi que pour la révision du procès. Comme il s'y attendait, Zola (ainsi que *L'Aurore*) est poursuivi pour diffamation par le ministre de la Guerre et sera condamné à l'issue de son procès ; pour échapper à l'emprisonnement, l'auteur des *Rougon-Macquart* fuira incognito en Angleterre. Des « intellectuels » soutenant Zola se réunissent en juin 1898 dans une association de défense des droits humains, la Ligue des droits de l'homme et du citoyen : elle est présidée par le sénateur de Gironde,

M. Scheurer-Kestner ayant demandé à M. Duclaux, membre de l'Institut, directeur de l'Institut Pasteur, son opinion de savant sur l'affaire Dreyfus, a reçu la lettre suivante :

Paris, le 8 janvier 1898

Monsieur,

Vous voulez bien me demander ce que je pense comme savant, de l'acte d'accusation porté contre le capitaine Dreyfus tel qu'il a paru hier dans les journaux. Je pense tout simplement que si, dans les questions scientifiques que nous avons à résoudre, nous dirigeons notre instruction comme elle semble l'avoir été dans cette affaire, ce serait bien par hasard que nous arriverions à la vérité.

Nous avons des règles tout autres, qui nous viennent de Bacon et de Descartes : garder notre sang-froid, ne pas nous mettre dans une cave pour y voir plus clair, croire que les probabilités ne comptent pas et que cent incertitudes ne valent pas une seule certitude. Puis, quand nous avons cherché et cru trouver la preuve décisive, quand nous avons même réussi à la faire accepter, nous sommes résignés à l'avance à la voir infirmer dans un procès de révision auquel souvent nous présidons nous-mêmes.

Nous voilà loin de l'affaire Dreyfus; et vraiment, c'est à se demander si l'État ne perd pas son argent dans ses établissements d'instruction, car l'esprit public est bien peu scientifique.

Bien cordialement à vous.

Fig. 5 - Une lettre de M. Duclaux. Le Siècle, 10 janvier 1898

Ludovic Trarieux, et Duclaux ainsi que le pharmacien et chimiste Édouard Grimaux sont élus vice-présidents. Cependant, le ministère ayant condamné Zola est irrité par les progrès de cette ligue (et d'autres qui se sont constituées face à l'injustice et l'arbitraire du pouvoir judiciaire) et poursuit les deux vice-présidents, et non pas son président, ancien garde des Sceaux (!), pour infraction à une ancienne loi n'autorisant pas les associations de plus de vingt personnes (4). Le combat des dreyfusards conduira à la réhabilitation d'Alfred Dreyfus, mais il faudra attendre 1906 pour que celle-ci soit prononcée.

Humaniste attaché de longue date au partage des savoirs et à l'éducation populaire, Duclaux fait une conférence d'hygiène sociale tous les samedis après-midi à l'École des Hautes Études Sociales créée en 1899 par la romancière Dick May et située rue de la Sorbonne (67). Dirigeant cette institution d'enseignement, il y expose le mode de transmission et les moyens de prévention de maladies contagieuses au retentissement social important : la variole, la fièvre typhoïde, l'ankylostomiase des mineurs, la tuberculose et la syphilis, mais aussi la prophylaxie de l'alcoolisme, autre fléau social du XIX^e siècle (68). Duclaux intervient aussi comme directeur d'études en sciences physiques et naturelles au sein de La Solidarité du XIII^e arrondissement fondée également

par Dick May en 1900, une des multiples universités populaires voyant le jour dans Paris à la même époque (69).

La position de Duclaux dans « l'Affaire Dreyfus » lui a malheureusement valu l'éloignement de plus d'un de ses amis, mais aussi l'hostilité d'une partie de la population de sa ville natale le qualifiant de « traître » ou de « vendu », qui l'ont profondément meurtri (4). Ces blessures affectives, ajoutées à la fatigue accumulée par ses nombreuses tâches, ont probablement concouru à la survenue, en janvier 1902, d'une attaque d'hémiplégie frappant tout le côté droit. Après quelques mois, Duclaux retrouve une certaine autonomie et reprend progressivement une activité, rédigeant ses observations d'hydrographie souterraine pour les *Annales de l'Institut Pasteur* et poursuivant l'écriture de son *Traité de Microbiologie*. Bien qu'ayant encore quelques troubles de la parole, il décide de reprendre son cours à l'Institut Pasteur en mars 1903, mais il est victime, une quinzaine de jours plus tard, d'une seconde attaque, moins grave que la première. Duclaux est contraint d'accepter le repos et s'éteindra à son domicile parisien dans la soirée du 2 mai 1904 en lisant son journal (4). Après des obsèques civiles, rarissimes à l'époque, il sera inhumé au cimetière Massigoux d'Aurillac.

CONCLUSION

Le fil directeur des recherches de ce disciple favori de Louis Pasteur aura été la fermentation et Duclaux deviendra le premier Professeur de chimie biologique à la Sorbonne. Auteur prolifique, la mort l'empêchera toutefois d'achever son encyclopédie microbiologique et son *Traité de microbiologie* ne comprendra finalement que quatre tomes au lieu des sept pro-

jetés, consacrés pour les trois aux diastases, à la fermentation alcoolique et, enfin, aux fermentations variées des diverses substances ternaires. L'engagement citoyen de Duclaux lors de l'Affaire Dreyfus fera dire à l'historien Gustave Bloch, lors de son éloge à l'École normale supérieure, en janvier 1905, «*qu'il avait, plus que personne, le sens du devoir civique, de la solidarité sociale, de la communion humaine*».

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

La plupart des articles cités sont téléchargeables gratuitement dans la bibliothèque numérique Gallica.

- (1) Mallet J M. Département de Chimie de l'ENS. Historique. www.chimie.ens.fr
- (2) Hulin N. L'organisation de l'enseignement scientifique au milieu du XIX^e siècle : L. Pasteur, témoin et acteur. *Bull Hist Elect* 1985 ; **5** : 37-51
- (3) Roux E. Notice sur la vie et les travaux d'Émile Duclaux. *Ann Inst Pasteur* 1904 ; **18** : 337-62.
- (4) Robinson-Duclos M. La vie de Émile Duclaux. *Jeux de Mots*, Aurillac ; 2023 : 235 pages (cet ouvrage est une réédition de celui paru à 100 exemplaires en 1906 et non réédité depuis).
- (5) Duclaux E. Sur la germination des corpuscules organisés qui existent en suspension dans l'atmosphère. *C R Acad Sci* 1863 ; **56** : 1225-7.
- (6) Duclaux E. Observations en réponse à la Note de M. Million relative aux fermentations alcooliques. *C R Acad Sci* 1864 ; **59** : 450-3.
- (7) Duclaux E. Études relatives à l'absorption de l'ammoniaque et à la production d'acides gras volatils pendant la fermentation alcoolique. *Ann Sci Ec Norm Sup* 1865 ; **2** : 249-90.
- (8) Duclaux E. Le laboratoire de M. Pasteur à l'École Normale. *Rev Sci* 1895 ; **4^e série 3** : 449-54.
- (9) Duclaux E. Cours de physique et de météorologie professé à l'Institut agronomique. A. Hermann, Paris : 504 pages.
- (10) Raynal C. Onzième dépôt de marque : les empreintes d'Hector Aubergier [R 248 Marques pharmaceutiques]. *Rev Hist Pharm* 2012 ; **374** : 238-42.
- (11) Simonet M. Monsieur Roux, un bienfaiteur de l'humanité. *Feuill Biol* 2019 ; **345** : 51-60.
- (12) Pasteur L. Études sur la maladie des vers à soie. Moyen pratique assuré de la combattre et d'en prévenir le retour. Tomes I & II. Gauthier-Villars, Paris : 1870 : 322 & 327 pages.
- (13) Béchamp A. Sur l'innocuité des vapeurs de créosote dans les éducations de vers à soie. *C R Acad Sci* 1866 ; **62** ; 1341-2.
- (14) Duclaux E. Études physiologiques sur la graine de vers à soie. *Ann Chim Phys* 1871 ; **73** : 290-306
- (15) Duclaux E. De l'influence du froid de l'hiver sur le développement de l'embryon du ver à soie, et sur l'éclosion de la graine *C R Acad Sci* 1869 ; **69** : 1021-2.
- (16) Duclaux E. De l'action physiologique qu'exercent, sur les graines des vers à soie, des températures inférieures à zéro. *C R Acad Sci* 1876 ; **83** : 1049-51.
- (17) Mayet V. Les insectes de la vigne. Georges Masson, Paris ; 1890 : 470 pages.
- (18) Duclaux E. Sur la maladie de la vigne dans le sud-est de la France. *C R Acad Sci* 1872 ; **75** : 1686-90.
- (19) Duclaux E. Pays vignobles atteints par le phylloxéra en 1874. *C R Acad Sci* 1875 ; **80** : 1085-6.
- (20) Duclaux E, Cornu M, Faucon L. Rapports sur les études relatives au phylloxéra. *C R Acad Sci* 1873 ; **76** : 1454-64.
- (21) Duclaux. Pays vignobles atteints par le phylloxéra (1877). *C R Acad Sci* 1877 ; **85** : 1145-7.
- (22) Duclaux. Progrès de la maladie du phylloxéra dans le sud-ouest de la France. *C R Acad Sci* 1877 ; **85** : 1206-9.
- (23) Duclaux E. Sur un moyen d'arrêter les progrès de la maladie de la vigne. *Ann Soc Agr Hist Nat Arts Lyon* 1874 ; **7** : 15-24.
- (24) Duclaux E. Traitement, par les sulfocarbonates, de la tache qui avait signalé l'apparition du phylloxéra à Villié-Margon. *C R Acad Sci* 1875 ; **81** : 829-31.
- (25) Vallery-Radot R. La vie de Pasteur. Librairie Hachette & Cie, Paris ; 1900 : 692 pages.
- (26) Pasteur L. Études sur le vin, ses maladies, causes qui les provoquent, procédés nouveaux pour le conserver et pour le vieillir. *Imprimerie impériale*, Paris ; 1866 : 264 pages.
- (27) Pasteur L. Études sur la bière, ses maladies, causes qui les provoquent, procédé pour la rendre inaltérable, avec une théorie nouvelle sur la fermentation. Gauthier-Villars, Paris ; 1876 : 387 pages.
- (28) Duclaux E. Sur la tension superficielle des liquides. *Ann Chim Phys* 1870 ; **4^e série 21** : 378-435.
- (29) Duclaux E. Sur les lois des mouvements des liquides dans les espaces capillaires. *C R Acad Sci* 1872 ; **74** : 368-9.
- (30) Duclaux E. Sur les tensions superficielles des solutions aqueuses d'alcools et d'acides gras. *C R Acad Sci* 1877 ; **85** : 1068-9.
- (31) Duclaux E. Sur la formation des gouttes liquides. *C R Acad Sci* 1870 ; **70** : 933-5.

- (32) Duclaux E. Sur un nouveau procédé pour l'étude et le dosage de l'alcool des vins. *C R Acad Sci* 1874 ; **78** : 951-2.
- (33) Duclaux E. Sur les acides volatils du vin. *C R Acad Sci* 1874 ; **78** : 1160-2.
- (34) Duclaux E. Maturation et maladies du fromage du Cantal. *C R Acad Sci* 1877 ; **85** : 1171-3.
- (35) Duclaux E. Fabrication, maturation et maladies des fromages du Cantal. Rapport sur les travaux réalisés à la station laitière du Fau (Cantal) pendant l'année 1879. *Ann Agron* 1880 ; **6** : 161-79.
- (36) Duclaux E. Sur la constitution du lait. *C R Acad Sci* 1884 ; **98** : 438-41.
- (37) Duclaux E. Rapport sur les travaux réalisés en 1880 à la station laitière du Fau (Cantal). *Ann Agron* 1881 ; **7** : 255-85.
- (38) Duclaux E. Rapport à M. le Ministre de l'Agriculture et du Commerce, sur les travaux réalisés en 1881 à la station laitière du Fau (Cantal). *Ann Agron* 1882 ; **8** : 5-22.
- (39) Duclaux E. Action de la présure sur le lait. *C R Acad Sci* 1884 ; **98** : 526-8.
- (40) Duclaux E. Études sur le beurre *C R Acad Sci* 1886 ; **102** : 1022-4.
- (41) Duclaux E. Sur la rancissure du beurre. *C R Acad Sci* 1886 ; **102** : 1077-9.
- (42) Duclaux E. Le lait : études chimiques et microbiologiques. *J-B. Baillière et fils*, Paris ; 1887 : 336 pages.
- (43) Duclaux E. Sur la digestion gastrique. *C R Acad Sci* 1882 ; **94** : 736-9.
- (44) Duclaux E. Sur la digestion pancréatique. *C R Acad Sci* 1882 ; **94** : 808-10.
- (45) Duclaux E. Sur la digestion intestinale. *C R Acad Sci* 1882 ; **94** : 877-9.
- (46) Duclaux E. Sur la germination dans un sol riche en matières organiques, mais exempt de microbes. *C R Acad Sci* 1885 ; **100** : 66-8.
- (47) Duclaux E. Lois générales de l'action des diastases. *Ann Inst Pasteur* 1898 ; **12** : 96-127.
- (48) Duclaux E. Traité de microbiologie. Tome II, diastases, toxines et venins. *Masson et C^{ie}*, Paris ; 1899 : 763 pages.
- (49) Widal F. L'Institut Pasteur. *Revue Internationale de l'Enseignement* 1890 ; **20** : 465-70.
- (50) Duclaux E. Les microbes du sol. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1887 ; **1** : 246-51.
- (51) Duclaux E. Sur les bactéries des eaux sulfureuses. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1887 ; **1** : 548-53.
- (52) Duclaux E. Carcinome et sarcome. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1888 ; **2** : 84-9.
- (53) Duclaux E. Mémoires sur le choléra Hog (choléra des poules). *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1888 ; **2** : 387-98.
- (54) Duclaux E. Sur les théories de l'immunité. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1888 ; **2** : 494-509.
- (55) Duclaux E. Les procédés de conservation du lait. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1889 ; **3** : 30-7.
- (56) Duclaux E. Les matières albuminoïdes. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1891 ; **5** : 712-21.
- (57) Duclaux E. Sur la coagulation. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1892 ; **6** : 584-91.
- (58) Duclaux E. Sur l'étude chimique des aliments. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1893 ; **7** : 676-80.
- (59) Duclaux E. La purification spontanée des eaux de fleuve. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1894 ; **8** : 117-27.
- 60) Duclaux E. La falsification des substances alimentaires. *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1896 ; **10** : 244-56.
- (61) Duclaux E. L'alcool est-il un aliment ? *Revue critique. Ann Inst Pasteur* 1902 ; 857-64.
- (62) Vallin E. L'enquête officielle sur les sources de l'Avre et de la Vanne. *Rev Hyg Pol San* 1901 ; **23** : 296-340.
- (63) Duclaux E. Études d'hydrographie souterraine. *Ann Inst Pasteur* 1903 ; **17** : 523-39 & 640-64 & 857-51.
- (64) Duclaux E. Études d'hydrographie souterraine. *Ann Inst Pasteur* 1904 ; **18** : 121-8 & 197-208.
- (65) Ministère de la Justice. L'affaire Dreyfus. <https://www.justice.gouv.fr/histoire-et-patrimoine-10050/proces-historiques-10411/laffaire-dreyfus-22696.html>
- (66) Duclert V. Émile Duclaux, le savant et l'intellectuel. *Mil neuf cent* 1993 ; **11** : 21-6.
- (67) Prochasson C. Sur l'environnement intellectuel de Georges Sorel : l'École des hautes études sociales (1899-1911). *In Cahiers Georges Sorel* 1985 ; **3** : 16-38.
- (68) Duclaux E. L'hygiène sociale. *Félix Alcan*, Paris ; 1902 : 272 pages.
- (69) May D. Quelques réflexions sur les Universités Populaires. *La Revue Socialiste* 1901 ; **33** : 32-49 & 165-84.