

Le meilleur ami de l'homme est, comme lui, un animal en réseau

La plus belle application des réseaux sociaux se trouve dans la domestication du chien. Son ancêtre, le loup, est un chasseur coopératif de gros gibier et l'homme préhistorique aussi. En créant le chien, nous avons associé deux réseaux sociaux qui se trouvaient déjà au faite de la socialité dans le monde vivant.

L'étude éthologique du chien montre qu'il est en réalité un loup demeuré immature : en sélectionnant les louveteaux puis les chiots, l'homme a obtenu un animal qui obéit à son maître toute sa vie, alors que le jeune loup n'obéit au meneur de la meute que tant qu'il n'est pas adulte.

L'homme est parvenu à cette transformation du loup il y a 30 000 (ordre de grandeur des premiers fossiles de chien) à 50 000 ans. Il est donc clair que le loup est, de loin, le premier animal à avoir été domestiqué.

Les premiers loups qui ont donné le chien étaient-ils des loups commensaux qui suivaient l'homme préhistorique et se nourrissaient de ses restes de chasse, ou plutôt des louveteaux capturés par les chasseurs à la tanière avant

qu'ils ouvrent les yeux ? Je penche pour la deuxième solution, qui implique une plus grande intimité avec l'animal : il s'intègre automatiquement au clan humain de par le phénomène d'imprégnation sociale, bien connu en éthologie et qui explique les photos du célèbre cofondateur de l'éthologie Konrad Lorenz (1903-1989) suivi de ses oies. Les vertébrés qui vivent en groupe social permanent ne connaissent pas leur espèce d'une manière innée et les jeunes considèrent comme leurs parents les êtres vivants qu'ils voient en premier. Dans la nature, c'est leur espèce, mais il est facile de se substituer à elle et de se les attacher.

Ainsi, le chien est bien un loup « dénaturé », en ce sens que la domestication en a fait un éternel adolescent, facile à

soumettre et à intégrer dans le réseau des interactions d'un groupe humain. Une fois élevé, il y travaillera comme chacun, devenant gardien, guide, guerrier, compagnon, etc.

Cette utilité considérable des chiens est bien ce qui explique leur intégration aux clans d'hommes préhistoriques. L'aide à la chasse est sans doute le plus ancien des services rendus par le loup imprégné à l'homme. Étant donné son ouïe fine et son flair bien supérieur à celui des hommes, un loup intégré à un groupe humain augmentait aussi considérablement sa sécurité, lui évitant d'être surpris par un prédateur ou une bande rivale.

Il devait même, et c'est une découverte que j'ai faite involontairement en élevant une louve, s'engager spontanément pour défendre ce qu'il considérait comme sa horde. Vous pouvez voir sur le site qui porte mon nom en un seul mot une vidéo de notre louve devenue adulte, où elle « sauve » mon épouse qui se baigne en rivière et la ramène sur la berge plusieurs fois de suite !

J'ai aussi pu observer un loup imprégné à l'homme qui défendait son maître contre l'attaque simulée par une tierce personne.

Ainsi, il semble bien que ce soit la tendance instinctive à l'entraide de *Canis lupus* (le loup) qui ait induit sa capacité à « aider » l'homme et, partant, la grande capacité des chiens actuels à travailler pour nous autres humains.

Afin de mieux comprendre ce phénomène familier au point que nous ne voyons plus à quel point le chien est spectaculaire, il importe d'étudier de près l'entraide entre loups. Pour le moment, cela n'a pas été fait ; on n'a pas encore observé dans la nature des cas d'entraide, hormis les séances de chasse collective durant lesquelles les loups agissent en équipe. Gageons que cela ne va pas tarder, de sorte que nous en saurons bientôt plus sur un altruisme animal si puissant qu'il a été capable de passer la barrière des espèces !

— Pierre Jouventin
Directeur de recherche
émérite au CNRS

groupe 1 rend ses membres capables de résoudre un problème qu'ils n'auraient jamais surmonté seuls : communiquer avec des membres d'une autre espèce !

Un dauphin enseignant ?

Paulo Simões-Lopes et David Lusseau ne savent pas encore si des dauphins du groupe 1 – peut-être les plus vieux et les plus expérimentés – enseignent aux autres comment coopérer avec les pêcheurs. Sachant que l'apprentissage de comportements alimentaires complexes existe chez les dauphins, il est vraisemblable qu'il peut s'étendre à une coopération avec des humains. De telles traditions apprises socialement sont à la base de la culture animale et les réseaux sociaux en facilitent grandement la diffusion.

■ BIBLIOGRAPHIE

A. J. Edelman et D. B. McDonald, *Structure of male cooperation networks at long-tailed manakin leks*, *Animal Behavior*, vol. 97, pp. 125-133, 2014.

F. G. Daura-Jorge et al., *The structure of a bottlenose dolphin society is coupled to a unique foraging cooperation with artisanal fishermen*, *Biology Letters*, vol. 8(5), pp. 702-705, 2012.

J. C. Flack et al., *Policing stabilizes construction of social niches in Primates*, *Nature*, vol. 439, pp. 426-429, 2006.

Notre attitude à l'égard des animaux a beaucoup évolué depuis l'époque où l'on considérait nos « amis les bêtes » seulement comme des robots ou des automates ne faisant qu'exécuter un programme génétique. On sait aujourd'hui que beaucoup d'animaux sont plus intelligents, plus flexibles dans leur comportement et bien plus capables d'apprentissage qu'on ne le pensait dans le passé.

Selon nous, l'étude des réseaux animaux et un partage accru de ses résultats feront encore évoluer notre regard. Loin d'être des automates programmés, de très nombreux animaux passent leur vie au sein de milieux sociaux complexes, où les interactions directes et indirectes avec les autres produisent de denses réseaux de relations, qui déterminent la survie et la réussite de chacun. Comme pour nous ! ■

ÉMILE DUCLAUX

physicien, pastorien et dreyfusard

Christine Moissinac

Dans le sillage de Pasteur, un jeune Auvergnat, physicien et chimiste, devient à la fin du XIX^e siècle un pilier de la microbiologie naissante. Fort de son autorité en sciences, il s'implique en tant que citoyen pour défendre la vérité, la justice, l'accès au savoir et l'hygiène sociale.

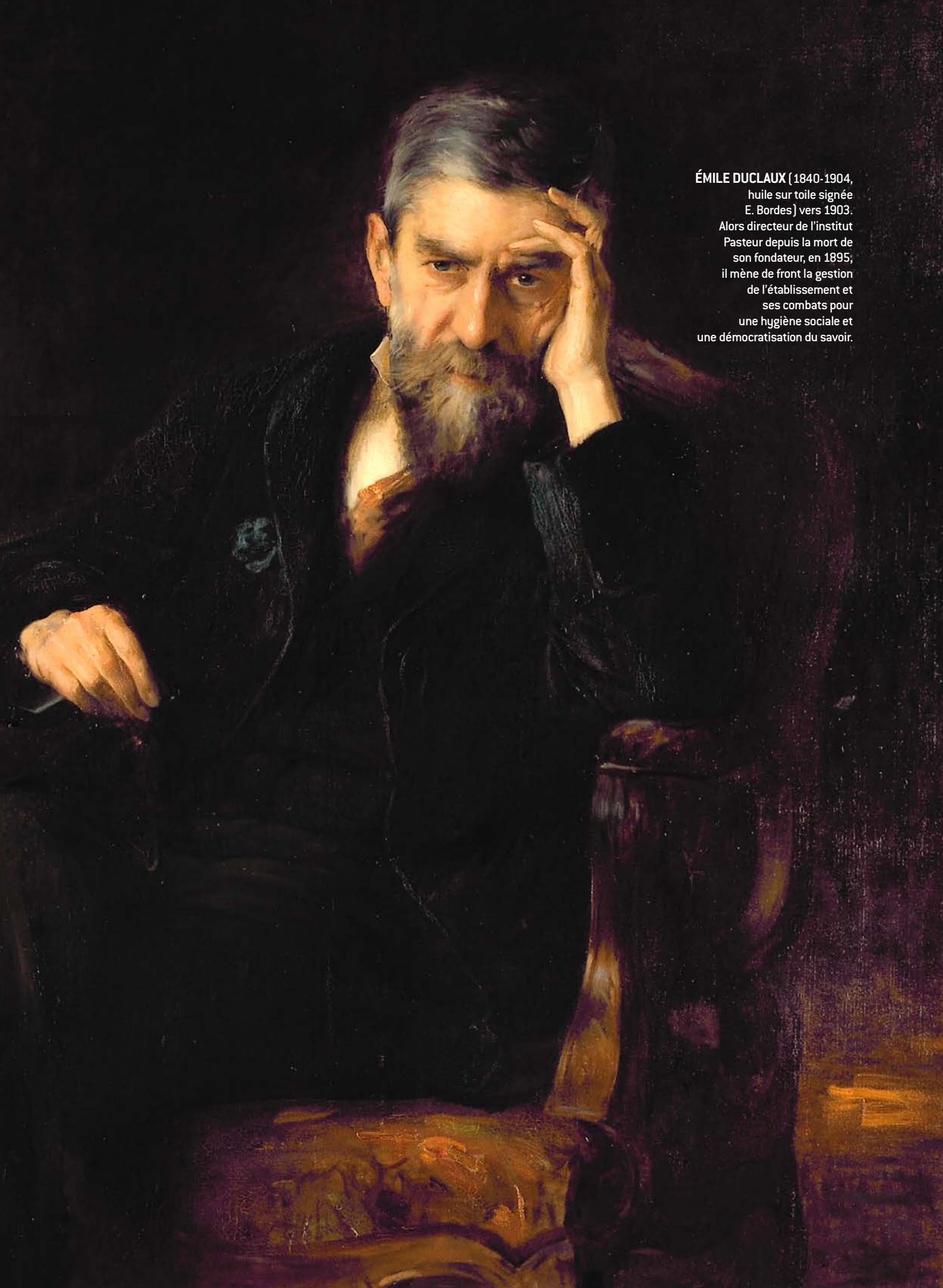
L'ESSENTIEL

- Élève de Louis Pasteur à l'École normale supérieure, Émile Duclaux devient l'un de ses plus proches collaborateurs.
- Avec Pasteur, il se prend de passion pour l'étude des microbes – la toute nouvelle microbiologie – et fonde l'institut Pasteur.
- Reconnu et apprécié de ses pairs, il s'engage publiquement pour défendre les droits de l'homme et une hygiène sociale fondée sur la prévention et l'éducation.

Je reste intellectuel. Ainsi se termine le manifeste publié par Émile Duclaux en réponse à une attaque violente du journaliste Ferdinand Brunetière, parue le 15 mars 1898 dans la très antidreyfusarde *Revue des deux Mondes*. Le journaliste y accuse savants, linguistes, juristes et autres gens de laboratoire ou de plume de s'immiscer dans des débats politiques sans en avoir la compétence. Le 19 mars, Duclaux signe dans le quotidien dreyfusard *Le Siècle* un vibrant plaidoyer pour leur défense, rappelant leur rôle de veilleurs, chacun des membres de la société civile ayant le droit de s'engager en conscience et de prendre part aux débats qui l'agitent. Il en profite pour donner une leçon de méthode, de vérité et de démocratie à celui qui accuse les intellectuels d'inciter à l'individualisme personnel et au désordre social.

Rien jusque-là ne laissait penser que Duclaux s'impliquerait dans des questions de politique et de société. Physicien et chimiste auvergnat dans l'ombre de Louis Pasteur, Duclaux avait pour seule ambition, comme lui, de servir la science et son pays, les honneurs ne l'intéressant que s'ils pouvaient faciliter le travail de son équipe. Mais si l'on creuse son histoire, on s'aperçoit que l'homme fut bien plus que le fidèle disciple de Pasteur, et que toute sa vie, le savant et le citoyen n'ont jamais été très éloignés l'un de l'autre.

Accueillie avec enthousiasme dans les milieux dreyfusards et spécialement par l'élite scientifique, la prise de position de Duclaux en mars 1898 le fait



ÉMILE DUCLAUX (1840-1904,
huile sur toile signée
E. Bordes) vers 1903.
Alors directeur de l'institut
Pasteur depuis la mort de
son fondateur, en 1895,
il mène de front la gestion
de l'établissement et
ses combats pour
une hygiène sociale et
une démocratisation du savoir.

apparaître comme l'un des porte-parole les plus en vue de cette force nouvelle que sont les intellectuels. Le terme est apparu quelques semaines auparavant sous la plume de Georges Clemenceau, alors rédacteur au quotidien *L'Aurore*. Le 13 janvier, dans le même journal, Émile Zola avait dénoncé par son fameux « J'accuse » toutes les irrégularités entachant la condamnation du capitaine Dreyfus. Au lendemain du procès que les autorités militaires avaient intenté contre l'écrivain, accusé d'atteinte à l'ordre public, Clemenceau, indigné, avait pris appui sur la réaction des « intellectuels » : « N'est-ce pas un signe, tous ces intellectuels, venus de tous les coins de l'horizon, qui se groupent sur une idée et s'y tiennent inébranlables ? »

La science au secours de Dreyfus

De fait, depuis quelques mois, la presse et la société civile s'étaient enflammées : s'affrontaient l'« honneur de la patrie », que défendaient les militaires, et la vérité judiciaire appelée par les « intellectuels ». Fin 1897, ce qui deviendrait l'Affaire avait connu un rebondissement provoqué par la découverte du capitaine Picquart, chef des renseignements militaires : il avait obtenu la preuve que les pièces ayant servi en 1894 à l'accusation de Dreyfus avaient été falsifiées. Déjà, certaines autorités civiles, sous l'influence de la famille et de plusieurs journalistes, avaient des doutes. Parmi elles, Auguste Scheurer-Kestner, vice-président du Sénat, était convaincu de l'innocence du condamné. Il avait alerté le président de la République, puis le ministre de la Guerre, mais n'ayant été entendu ni de l'un ni de l'autre, il avait décidé, en janvier 1898, de porter le débat dans d'autres milieux, hors du monde politique et à l'écart des autorités militaires. Il voulait mobiliser une personnalité scientifique incontournable. Ayant demandé conseil à Paul Appell, alors doyen de la faculté des sciences de Paris, il avait choisi de s'adresser à Duclaux.

Ce dernier occupait en effet une place centrale dans cet univers de la science, à plusieurs titres. Dans le sillage de Pasteur, il avait participé activement à la création de l'institut du même nom. Il en était à présent le directeur reconnu et apprécié ;

■ L'AUTEURE



Christine MOISSINAC, historienne de formation, effectue des recherches

en histoire des sciences et des techniques.

en même temps, titulaire de la chaire de chimie biologique à la faculté, il assurait un cours de météorologie dans le jeune Institut agronomique au sein duquel il dirigeait un laboratoire renommé ; publiant des ouvrages de référence, il était devenu le héraut de la microbiologie, cette nouvelle science dont il était l'un des acteurs les plus avertis, car les jeunes scientifiques, médecins, chimistes ou biologistes, venus à l'institut Pasteur, puis partis en Europe ou dans d'autres continents, restaient en étroite liaison avec lui. Membre de l'Académie des sciences et de l'Académie de médecine, Duclaux était écouté aussi bien de ses pairs que de ses élèves et ses correspondants. C'était donc au savant que Scheurer-Kestner s'était adressé, et c'était à ce titre que Duclaux lui avait répondu le 8 janvier :

Vous avez bien voulu 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.

Dans cette lettre comme dans les articles qu'il avait publiés les jours suivants, Duclaux avait dénoncé avec son ironie habituelle ce qu'il considérait comme des imprudences, des approximations et des fautes de procédure :

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 certitude.

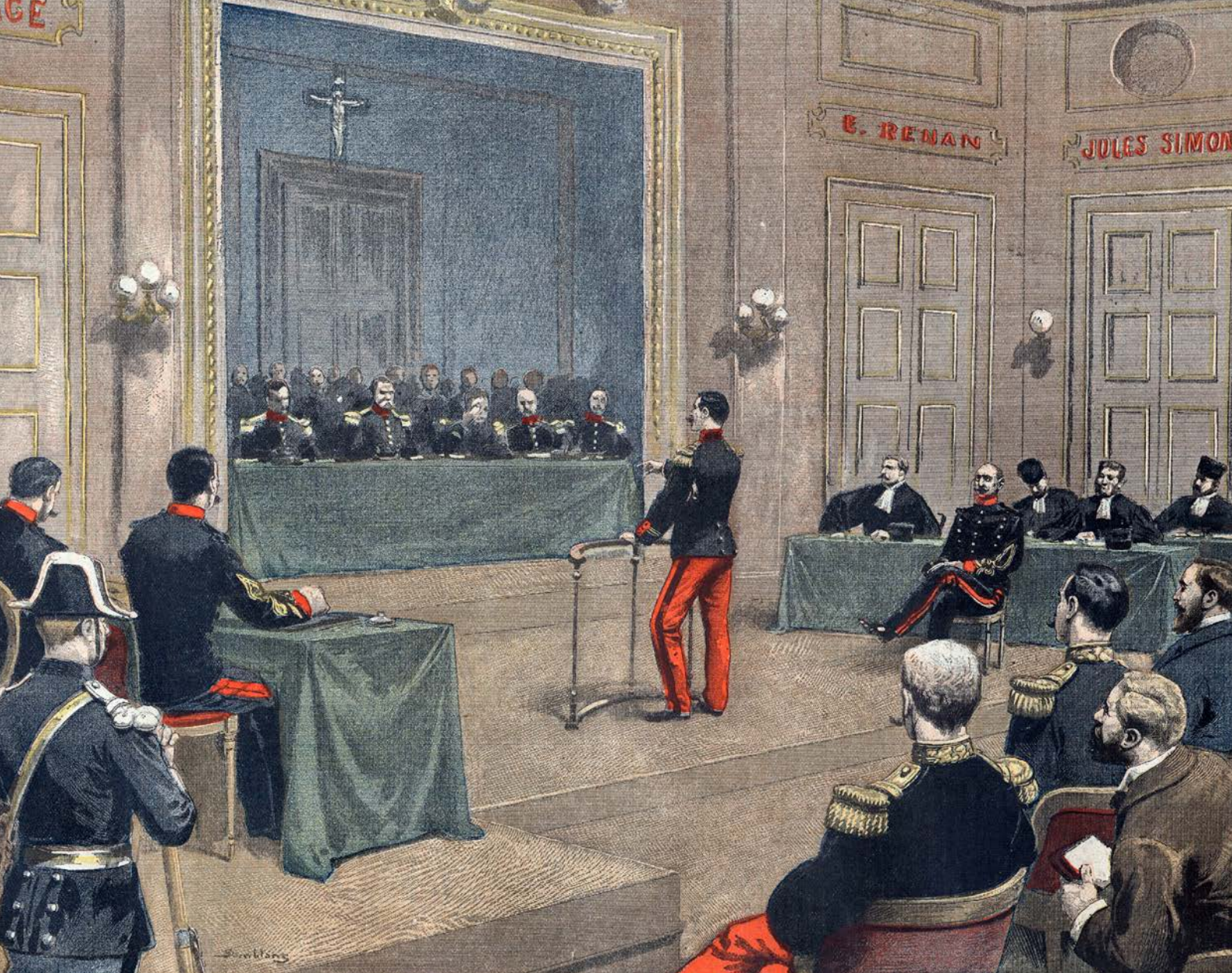
Ce texte, largement diffusé, plaça Duclaux au cœur des débats du moment et le fit entrer, lui qui avait mené jusqu'alors une vie sévère et studieuse de savant et d'enseignant, dans un univers nouveau où la parole publique devenait acte de citoyenneté.

Revenons en effet sur son passé. Voilà un jeune Aurillacois, né en 1840, dont le père a été commerçant en Espagne. Ses études ont été suffisamment brillantes pour l'amener à Paris préparer des grandes écoles. Reçu deux ans après à l'École polytechnique et à l'École normale supérieure, il a choisi cette dernière.

« C'est
précisément
parce que la science

n'est sûre de rien
qu'elle avance »

Émile Duclaux



Grâce au directeur de la pension qui l'a hébergé, Émile a déjà côtoyé Louis Pasteur, alors l'intransigeant directeur des études à l'École normale. Cette rencontre est décisive. Dix-huit ans séparent les deux hommes, mais leur profil est le même : venus d'une lointaine province, ils ont été élevés avec les mêmes valeurs – l'attachement à la famille et le respect de l'effort, de la constance, du travail et de la science – et leurs pères se sont investis dans leurs études.

Très jeune, Duclaux s'est senti attiré par la recherche ; il a raconté avec émotion comment, grâce à un professeur, Émile Appert, il avait vu s'enrichir le modeste cabinet de physique du collège d'Aurillac, avec l'arrivée de deux caisses de ballons et pipettes. Aussi, quand Pasteur lui ouvre son petit et malcommode laboratoire au sein de l'École normale, pendant les trois années d'études qui le mènent à l'agrégation puis à la thèse, consacrée à la chimie

de la fermentation alcoolique, il suit avec passion les travaux de celui qu'il considère dorénavant comme son maître.

En 1862, il devient l'un des cinq préparateurs de Pasteur. Le titre et le poste sont nouveaux, inventés par ce dernier qui voulait retarder le départ en province des jeunes thésards intéressés par la recherche, mais obligés d'aller enseigner loin de Paris. De cette époque, Duclaux garde un souvenir ému, évoquant souvent cette « bienheureuse préparation ». Ces années de travail intensif et d'apprentissage des méthodes d'expérimentation sont fondatrices pour lui : il connaît les exigences et les joies de la recherche.

Mais après sa soutenance de thèse, fin 1865, Duclaux est nommé professeur de physique dans un collège à Tours. Déçu, il obtient six mois plus tard un poste à la faculté des sciences de Clermont-Ferrand, mais seulement comme suppléant. Cependant,

LE CAPITAINE DREYFUS eut droit à un second procès en août 1899, qui atténua sa condamnation à dix ans de prison. Une bien piètre consolation pour Émile Zola, Émile Duclaux et les autres dreyfusards. Dreyfus ne fut innocenté qu'en 1906, deux ans après la mort de Duclaux.

les rapports avec celui qu'il supplée ne sont pas simples. Pharmacien et chimiste, Hector Aubergier a mis au point un antidouleur et sédatif dont la commercialisation lui apporte de grandes facilités financières. Il a créé de ses propres deniers la faculté des sciences de la ville, ce qui, pense-t-il, lui donne le droit de ne pas ménager son suppléant. S'ensuivent altercations orales et écrites qui déstabilisent Duclaux.

Heureusement, Pasteur, averti des difficultés de son ancien préparateur, le débauche pour le faire participer à plusieurs de ses travaux. Pasteur est un savant atypique. D'abord parce qu'il s'est intéressé à la cristallographie, un sujet considéré comme particulièrement difficile. Ensuite parce qu'il est parvenu, en 1863, à clore le débat sur la génération spontanée (l'idée que la vie naît de la matière inanimée) en mettant en évidence les « infiniment petits » à l'origine des fermentations. Enfin parce qu'il s'intéresse toujours, depuis son passage à la faculté de Lille et ses expériences pour maintenir la qualité des bières locales, aux

applications possibles des recherches qu'il mène. Toute sa vie, il aura cette volonté de rapprocher science pure et effets pratiques, et Duclaux a la même attitude.

En campagne avec Pasteur

Ce dernier est alors entraîné dans différentes campagnes. Les premières, de l'été 1863 et jusqu'en 1865, ont lieu à Arbois, la patrie de Pasteur et le fief du vin jaune du Jura. Installée dans un ancien café, l'équipe vit dans des conditions précaires. Pour contrôler la fermentation du vin et assurer sa qualité, Pasteur préconise un léger réchauffement – le terme de pasteurisation apparaît pour la première fois –, mais l'idée laisse les vignerons dubitatifs. De 1866 à 1870, d'autres campagnes, dans le Gard cette fois, visent à lutter contre les deux épidémies qui déciment les vers à soie, la pébrine et la flacherie. Pourtant, ni Pasteur ni Duclaux ne connaissent le sujet. Décelant le caractère épidémique, les deux hommes concluent à la nécessité d'assurer

à tous les vers un isolement strict et d'analyser chaque femelle, afin de décider de la conservation ou non de sa ponte.

En 1870, la défaite de la France, puis la Commune laissent Pasteur désespéré. Duclaux l'accueille alors à Clermont-Ferrand et tous deux s'attachent à améliorer la bière d'une brasserie voisine que Pasteur, par patriotisme, nomme la bière de la Revanche. Enfin, à nouveau dans les départements du sud, Duclaux participe à une campagne sur la maladie de la vigne provoquée par le phylloxera, un insecte parasite. Dans ces dernières campagnes, il se révèle beaucoup plus qu'un simple assistant. L'analyse des cahiers d'expériences montre qu'il a joué un rôle moteur.

En même temps, entraîné par l'exemple et le goût du terrain, il ouvre un nouveau champ de recherche sur le lait et les maladies des fromages. C'est une façon aussi de renouer avec ses origines rurales : chaque été à partir de 1877, et jusqu'en 1890, il travaille d'arrache-pied dans un modeste laboratoire de campagne près d'Aurillac, que lui finance

Toutes les archives

- Pour la Science
- Dossier Pour la Science

depuis
1996



Disponibles sur www.pourlascience.fr*

* Numéros à lire en ligne ou à télécharger au format PDF

Peu de moyens et beaucoup de patience

Étant donné un fromage quelconque, comment trouver et séparer les espèces vivantes qui y sont présentes ? Pour Émile Duclaux, il était évident que les ferments jouent un rôle essentiel dans la fabrication des fromages, et identifier les êtres microscopiques impliqués était une priorité. Il mit donc une méthode au point dans sa petite station laitière du Cantal, qu'il consigna ainsi dans un article paru en 1880 :

« On commence par préparer un certain nombre de matras [vases de verre à col long et étroit] renfermant le lait naturel ou mélangé d'un peu de carbonate de chaux de façon à lui assurer au besoin une alcalinité permanente. Ces matras dont le col a été étiré et fermé à la lampe sont portés avec leur contenu à 100 °C pour être débarrassés de tous les germes qu'ils pourraient renfermer.

Les choses étant ainsi disposées, on prend le fromage qu'il s'agit d'étudier et à l'aide d'un couteau dont la lame a été

récemment flambée, on enlève une tranche mince parallèle à la surface, puis aussitôt après, on fait une section perpendiculaire à cette surface. Dans le milieu de la tranche ainsi obtenue, on enfonce à l'aide d'une pince un fil de platine dont on a rendu la surface un peu rugueuse au moyen de quelques coups de lime et qu'on vient de flamber.

Ce fil enlève quand on le retire de petits fragments de matière. On l'introduit aussitôt dans un des matras dont on a coupé le cou après avoir chauffé la surface où on applique le trait

de lame. On referme immédiatement l'ouverture avec un caoutchouc sortant de l'eau bouillante que l'on coiffe avec un tube de verre ouvert par ses deux bouts, renfermant un tampon d'ouate et récemment porté à une température suffisante pour le débarrasser de tous ses germes vivants. On met le matras à l'étude et on attend.

Généralement, les quelques particules de fromage que le fil de platine a apportées dans le matras renferment plusieurs germes qui se développent mais à des vitesses différentes, dépendant pour chacune des conditions de milieu et de température. L'un d'eux est presque toujours en avance sur les autres, et dès lors, en prélevant dans ce premier milieu de culture une prise d'essai pour l'ensemencer dans un autre matras placé dans les mêmes

conditions que le premier, et en recommençant une troisième, une quatrième fois l'opération, on peut arriver à séparer l'espèce qui se développe le plus facilement.

On ne pourra toutefois la considérer comme pure que lorsqu'elle se reproduira identique à elle-même dans une série de cultures conduites comme je viens de le dire avec cette condition nouvelle qu'on prélèvera les semences non plus dans les matras récemment ensemencés mais dans des fermentations touchant à leur fin. S'il y avait mélange des espèces, c'est en opérant ainsi qu'il serait le plus facile de s'en apercevoir. »

Des matras, un couteau, un fil de platine, une pince, de l'ouate, une source de chaleur... et beaucoup de patience !

– C. M.

le ministère de l'Agriculture. De ces travaux, il tire un livre de référence qu'il complète les années suivantes.

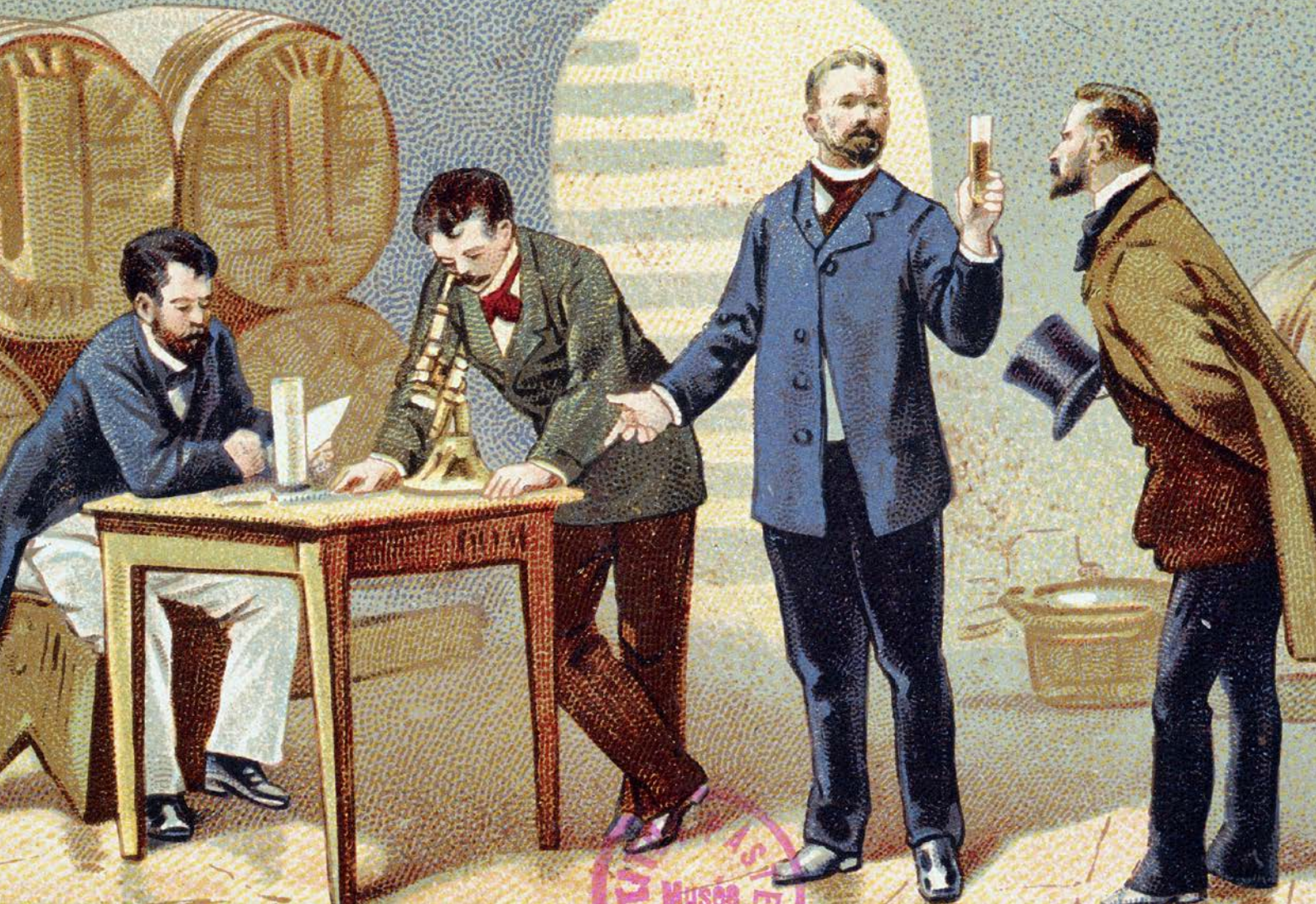
Duclaux a en effet le sens de l'écriture et de la synthèse. Durant toutes ces années 1866-1878, à Clermont-Ferrand puis à Lyon à partir de 1873, cette fois comme titulaire de la chaire de physique-chimie, il écrit et ses publications font date. Elles portent principalement sur les fermentations, les épidémies et tous ces organismes – bactéries, bactériodites, protozoaires... – dont la dénomination n'est pas fixée, mais rassemblés sous le nom de « microbes » en 1878 à la suite d'une communication du médecin militaire Charles Sédillot à l'Académie des sciences.

Le triomphe de la microbiologie

Le retour à Paris en 1878 se fait alors en deux étapes. Sur concours, Duclaux obtient la charge d'un premier cours sur la météorologie à l'Institut national agronomique. Quelques semaines plus tard, on lui confie à la faculté des sciences un cours sur les fermentations. En principe provisoire, il

lui permet pourtant d'obtenir un poste de maître de conférences en 1879 et de devenir titulaire de chaire six ans après.

Depuis son retour à Paris, Duclaux suit quotidiennement les travaux de Pasteur et de son équipe. Il participe même activement à certains, telle la recherche sur le choléra des poules. Les travaux de Pasteur et des jeunes scientifiques dont il s'est entouré ont abouti à une conclusion brève, mais au potentiel révolutionnaire : « Toute maladie infectieuse est causée par un germe et à chacune correspond un germe particulier. » Leurs premiers résultats suscitent admiration et enthousiasme, car ils permettent de protéger le bétail, que décime une épidémie de charbon : en cultivant le germe de la maladie dans des conditions atténuant sa virulence, l'équipe produit un vaccin qui éradique presque complètement la mortalité des troupeaux de bovins. Et en 1885, Pasteur sauve un enfant mordu par un chien enragé en appliquant une méthode similaire. C'est l'apothéose, entraînant une demande exponentielle de vaccination et justifiant le projet d'un institut consacré à l'application de ces recherches, auquel Pasteur pense depuis plusieurs années. D'autant que d'autres



DANS UNE CAVE À VIN à Arbois, vers 1866, Louis Pasteur (*debout au centre*), assisté d'Émile Duclaux (*assis, à gauche*), d'un autre collaborateur et d'un viticulteur, étudie le vin, convaincu que des germes sont responsables de ses altérations. Ce sont les débuts de la microbiologie, auxquels Duclaux a activement participé.

études corroborent la théorie microbienne. Le chirurgien anglais Joseph Lister évite l'infection de ses malades en prenant des précautions drastiques en matière d'asepsie et, du fond de sa Silésie, Robert Koch a identifié en 1882 le bacille de la tuberculose. La médecine traditionnelle est bouleversée.

Toutes ces années, Duclaux, comme il aime le faire, a tenu une sorte de journal des découvertes successives en les racontant dans des publications scientifiques. Mais la microbiologie prend une telle ampleur qu'il ressent la nécessité d'une revue consacrée à cette discipline. Dès 1887, il fonde et entretient, au prix d'un énorme travail, ce qui deviendra les *Annales de l'Institut Pasteur*, qu'il finance lui-même, bienveillantes à tous les chercheurs engagés sur ce terrain et largement diffusées.

Mais le grand défi est l'institut Pasteur, établi grâce à des fonds privés et inauguré en 1888. Pasteur, déjà assez malade, s'est reposé sur trois hommes : Duclaux, le pédiatre Jacques-Joseph Grancher et Émile Roux, ancien élève de Duclaux et médecin. Plusieurs lettres de Pasteur témoignent de l'autorité qu'il confère à Duclaux au

sein de cette équipe en charge des indispensables préparatifs et des urgences successives : première rédaction des statuts, mise en place de la souscription destinée à financer le projet, affichage quotidien des résultats, organisation administrative, premiers achats de terrain, construction de bâtiments, accueil de jeunes scientifiques...

L'institut ouvert, les diverses activités – recherche, vaccinations, enseignements et publications – se mettent en place. Duclaux, tout en assurant toujours ses cours, est membre de son conseil d'administration. Et si, jusqu'en 1895, il ne porte que le titre de directeur adjoint – Pasteur en étant le directeur –, il occupe une place centrale, comme le montrent les comptes rendus des conseils d'administration et les correspondances échangées. Il gère le quotidien et, en même temps, défend une vision plus large que celle d'un Pasteur réticent à des extensions d'activité. Dès 1895, après le décès du fondateur, ses efforts aboutissent à plusieurs extensions sur des terrains nouvellement achetés. En 1900 sont inaugurés un bâtiment consacré à la chimie biologique et un hôpital qui, en rapprochant malades, médecins et

chercheurs dans des conditions d'asepsie et de propreté rigoureuses, relève d'une conception très nouvelle pour l'époque.

Rien ne pouvait, pensait-il, troubler sa vie de grand travailleur, consacrée à ses nombreuses tâches et à ses deux enfants, dont il a la charge depuis le décès de sa femme en 1880... Jusqu'au jour où le séisme de l'affaire Dreyfus l'entraîne dans une société qu'il a peu fréquentée, celle des hommes de lettres, juristes, journalistes, avocats. Les six mois de janvier à juin 1898 bouleversent sa vie.

Pour une hygiène sociale

Le déclencheur est sa réponse à Scheurer-Kestner, le 8 janvier 1898. Quelques jours plus tard, le 19, avec Zola et Anatole France, Duclaux signe une pétition qui portera son nom, adressée aux milieux universitaires et scientifiques. Appelé comme témoin au procès Zola, Duclaux assiste à la condamnation de l'écrivain. Il se lance alors dans une série d'articles où il dénonce à son tour les dysfonctionnements de la justice. L'avocat de Zola l'appelle pour créer une association de défense des droits de l'homme et du citoyen. Le 6 juin 1898, ils sont dix à se réunir. Après avoir lu la Déclaration des droits de l'homme et du citoyen de 1789, dans une ambiance enthousiaste, la Ligue est créée et Duclaux en est élu vice-président.

À lire tous les témoignages, la mouvance dont Duclaux fait désormais partie est animée d'une volonté de justice et d'un esprit citoyen; active, solidaire et chaleureuse, elle le conduit à renouveler son investissement dans ce qui a toujours été au centre de sa vie, le partage des savoirs. Dès les premiers jours, il rejoint le grand mouvement des universités populaires, né en 1898, participe à la vie de celle sise rue Mouffetard, à Paris, et défend la Ligue lors de séances nocturnes ouvertes au public. Plus étonnant encore, il devient directeur d'une institution, l'École des hautes études sociales fondée par Dick May, une dreyfusarde convaincue qui convie enseignants, formateurs, journalistes, artistes et toutes autres bonnes volontés à aborder librement les problèmes de la société.

En 1900, l'institut Pasteur fonctionnant au mieux, Duclaux s'intéresse aux maladies qu'il qualifie de « sociales », définies comme largement répandues et souvent de très longue durée, telles la tuberculose, la syphilis et une maladie professionnelle des mineurs. Difficiles à identifier, elles

sont aussi difficiles à juguler. Au moment où la loi sur les accidents de travail vient d'être enfin promulguée en 1898 – celle sur les maladies professionnelles ne le sera qu'en 1919 –, cette hygiène « sociale » déborde largement l'hygiène publique traditionnelle, un ensemble de règles établies pour protéger la santé de tous, dont l'État est le seul ordonnateur et le gardien. L'hygiène sociale de Duclaux s'appuie principalement sur deux idées révolutionnaires pour l'époque : d'un côté la prévention systématique des risques auxquels sont exposés un groupe social ou une population spécifique et, de l'autre, l'éducation, l'information et l'appel aux plus directement concernés, pour trouver avec eux des solutions applicables et acceptables.

Une dernière campagne, enfin : appelé par les municipalités de Paris et d'Aurillac à propos des eaux offertes à la consommation, Duclaux préconise un programme à la fois de prévention municipale, avec des investissements à la clé, et une large information des habitants. Ce sont là ses derniers travaux, sa mort survenant brutalement le 2 mai 1904.

Ne voir en Duclaux que le fidèle disciple de Pasteur est réducteur. Universitaire engagé avec ferveur dans ses tâches d'enseignant et de chercheur participant à l'exploration de la microbiologie, il a été l'un des piliers de la création de l'institut Pasteur, puis l'âme appréciée de la communauté scientifique qui s'est construite autour. Interpellé lors de l'Affaire Dreyfus, il a pris parti, comme il l'a toujours fait, pour une recherche rigoureuse de la vérité. Projeté en pleine lumière, cet intellectuel revendiquant fièrement ce statut a montré la force de la méthode scientifique et le pouvoir du savoir. Citoyen militant, il s'est investi pour l'accès à la science du plus grand nombre et a préconisé une hygiène sociale respectueuse de la parole des malades.

Duclaux, une figure du passé ? Non, bien au contraire, une figure d'actualité dans la mesure où son combat en faveur de l'hygiène sociale, qu'il place moins sur le terrain médical que sur le terrain social et politique, rejoint nos débats sur l'environnement, la pollution, la détection et la lutte contre les maladies transmissibles. Sa façon très nouvelle pour l'époque de mettre la priorité sur la prévention reste une des règles intangibles de notre temps, de même que l'information de tous et l'appel aux responsabilités de chacun. ■

■ À ÉCOUTER

Le jeudi 7 avril 2016, de 16 h à 17 h, Christine Moissinac reviendra sur la vie d'Émile Duclaux dans l'émission **La marche des sciences**, sur France Culture. www.franceculture.com

■ BIBLIOGRAPHIE

C. Moissinac, **Émile Duclaux. De Pasteur à Dreyfus**, Hermann, 2015.

Pasteur, microbes et controverses, *Les Génies de la Science*, n° 33, novembre 2007.

LOGIQUE & CALCUL

Adoucir son comportement ou le durcir

Les simulations des diverses stratégies qu'il est possible d'adopter dans le « dilemme itéré du prisonnier » indiquent que, dans les grands ensembles sociaux, il est préférable d'être coopératif, surtout au début.

Jean-Paul DELAHAYE et Philippe MATHIEU

Le « dilemme itéré du prisonnier » est un modèle mathématique permettant d'évaluer les choix stratégiques envisageables dans le monde social, politique ou économique. Il nous conseille sur l'attitude à adopter face à un éventuel associé susceptible de comportements soit coopératifs [organiser un covoiturage, mener des travaux en commun, s'échanger des outils, etc.], soit agressifs [se bousculer pour passer le premier, exercer une concurrence commerciale, se disputer un bien, etc.].

Trop simple pour modéliser toute la complexité des interactions entre associés, ce dilemme autorise cependant une étude par simulation informatique, qui enrichit notre compréhension et dont les résultats contredisent souvent l'intuition. Une conclusion tirée des simulations de grands ensembles d'individus jouant à ce jeu est qu'il vaut mieux être coopératif qu'agressif. C'est un peu vague et, d'ailleurs, ce n'est pas vrai de façon absolue : la stratégie la plus coopérative ne réussit pas très bien. Une analyse plus fine est nécessaire pour savoir quand et comment la coopération est souhaitable.

La méthode que nous avons utilisée est celle des « transformations d'ensembles massifs de stratégies ». Elle consiste à définir des procédés généraux qui modifient légèrement tous les éléments d'un grand ensemble de stratégies en les rendant plus coopératives ou plus agressives. Puis nous mesurons l'effet de ces transformations à l'aide de confrontations généralisées entre stratégies dans des arènes évolutives

variées. Les résultats obtenus sont étonnamment stables et indiquent les transformations bénéfiques ou pénalisantes.

Pour commencer, explicitons ce qu'est le dilemme du prisonnier. Deux entités sont soumises à ce « jeu » si chacune doit choisir entre coopérer (c) et trahir (t). Elles sont rétribuées par R points si chacune joue c, par P points si chacune joue t, et reçoivent respectivement T et S points si l'une joue t et l'autre c. On écrit cela : $[c, c] \rightarrow R+R$, $[t, t] \rightarrow P+P$ et $[t, c] \rightarrow T+S$. Les valeurs classiques sont $T=5$, $R=3$, $P=1$, $S=0$.

Coopérer ou trahir ?

L'expression « dilemme du prisonnier » se rapporte à un récit imaginaire. On arrête deux suspects armés devant une banque. Un interrogateur essaie d'établir qu'ils étaient sur le point de mener une attaque. Si l'un avoue, c'est-à-dire trahit son complice, et l'autre n'avoue pas et ne dénonce pas son complice, situation notée $[t, c]$, celui qui avoue est libéré [rétribution de $T=5$ années de remise de peine], celui qui n'a pas avoué va en prison 5 ans [rétribution nulle, $S=0$, il écope du maximum prévu pour le délit]. Si les deux

compères restent solidaires, $[c, c]$, ils vont 2 ans en prison chacun pour port illégal d'armes (remise de $R=3$ années de liberté par rapport aux 5 ans du pire cas). Si les deux bandits avouent, $[t, t]$, ils vont chacun 4 ans en prison (remise de peine d'une année pour les remercier de leurs aveux, $P=1$).

Un comportement rationnel conduit à la trahison, qui produit un meilleur résultat que la coopération. En effet, si l'autre entité coopère, j'obtiens 5 points en trahissant (t) et seulement 3 points en coopérant (c) ; si l'autre entité trahit, j'obtiens 1 point en trahissant (t) et 0 en coopérant (c). Autrement dit, le choix t est toujours meilleur que le choix c. On parle de dilemme, car les complices emportent à eux deux 6 points en jouant $[c, c]$ alors qu'ils en gagnent moins en jouant $[c, t]$ et encore moins en jouant $[t, t]$. L'intérêt collectif est de jouer $[c, c]$, mais une analyse individuelle conduit à $[t, t]$ qui est, collectivement, le pire cas !

Le dilemme est dit itéré quand la situation du choix est répétée. Jouer consiste alors à choisir une stratégie qui, compte tenu du passé, indique comment jouer le coup suivant. La méthode la plus simple pour comparer des stratégies consiste à organiser des tournois. Chaque stratégie qui y participe rencontre chaque autre (par exemple dans un face-à-face comportant 10 étapes) et cumule les points gagnés à chaque étape lors de chaque rencontre. On classe alors les stratégies ayant participé en fonction du total des points récoltés (voir les encadrés pages 81 et 82-83).

À côté du classement des stratégies par des tournois, il existe des méthodes de tests

