

là des moyens, y compris en salaires. Car à l'institut Pasteur, si les laboratoires étaient bien équipés, les émoluments étaient à l'époque misérables, suivant en cela les principes de son directeur, Émile Roux, auquel on prête l'adage «l'homme est ainsi fait qu'il ne travaille bien que dans le besoin».

Autre aspect essentiel pour Chatton : l'université, par rapport à l'institut Pasteur, lui garantissait la liberté de choix de ses sujets de recherche, qu'il souhaitait orientés vers la connaissance du monde des unicellulaires, indépendamment de leur potentiel pouvoir pathogène pour l'humain. Et, enfin, le biologiste était motivé par l'enseignement. La réalisation des planches murales qu'il débuta à Strasbourg est évocatrice de ses talents de pédagogue, attestés par ses nombreux élèves. En 1927, à la demande du ministère, il publia deux rapports sur l'enseignement des sciences naturelles, qu'il proposa de réformer en profondeur en décroissant et diversifiant les disciplines, en rendant les étudiants plus actifs et plus impliqués et en prônant le concept de pluridisciplinarité, toujours d'actualité : «La subordination de plus en plus étroite des sciences biologiques aux sciences physiques est le trait le plus caractéristique de leur évolution récente. Il n'est pas de question où le chercheur ne se heurte aujourd'hui à un problème physico-chimique et souvent mathématique. Hormis le classificateur, il n'y aura plus dans l'avenir de naturaliste qui puisse se dispenser d'une initiation physico-chimique et partant mathématique.» Un constat formulé à l'identité de nos jours !

DES TRÉSORS DANS UN PILULIER

Le voici donc professeur de l'université de Strasbourg, où il organisa un laboratoire de protistologie. Il passait ses étés dans les stations marines de Roscoff ou Banyuls à collecter les protistes qu'il rapportait à Strasbourg, où il les mettait en culture et les étudiait. La mer n'en était pas la seule source d'ailleurs, car ils sont partout ! Chatton ne sortait jamais sans quelques piluliers dans ses poches où il recueillait tout liquide qu'il suspectait d'abriter des protistes inconnus. Les héros de ses 250 publications venaient des endroits les plus divers : lacs vosgiens, tourbières rhénanes, plages du Massachussetts, étangs d'eau saumâtre, marais salants, bassin des crocodiles du Muséum national d'histoire naturelle, lagunes bordelaises, abattoirs parisiens, égouts divers, Sahara tunisien, cathédrale de Strasbourg... Mais il les extrayait aussi d'un abondant bestiaire : vers, mollusques, crustacés, mouches (dont la célèbre tsé-tsé), moustiques, hannetons, tiques, puces, punaises, poux, poissons, geckos, vipères, lézards, chauves-souris, chiens, chats, souris, moutons... Ce fut également l'époque à laquelle il forma ses premiers élèves, dont certains eurent des carrières scientifiques prestigieuses.



À LIRE

Retrouvez les méticuleux dessins d'Édouard Chatton dans l'ouvrage de Catherine Jessus et Vincent Laudet, **Les Vies minuscules d'Édouard Chatton**, CNRS, 2020.

Rhipidodendron splendidum est un protiste d'eau douce qui vit en colonies en forme de drapeaux. Les cellules sont disposées à l'extrémité de tubes fusionnés entre eux à leur base. Végétal ou animal ? La question a fait l'objet de nombreux débats depuis le XIX^e siècle, cet organisme ressemblant à une algue ayant perdu son chloroplaste, un compartiment caractéristique des végétaux. L'étude de son génome a finalement révélé qu'il ne s'agit pas d'une algue à proprement parler.



Ainsi, en 1921, à Roscoff, il encadra le stage d'un très jeune étudiant : André Lwoff. Une rencontre qui bouleversa la vie des deux protagonistes. Lwoff apprit la science des protistes sous la direction de Chatton, à qui il voua une admiration éperdue pendant toute sa vie, comme en témoigne une correspondance fournie que seule la mort du maître a interrompue. Lwoff dépassa vite le statut d'élève pour devenir le collaborateur du protistologue et son meilleur ami. Chatton forma par ailleurs un futur comparse de Lwoff, Jacques Monod, devenu son assistant à Strasbourg.

Après treize années en Alsace, cependant, Chatton souffrit de l'éloignement de la source majeure des protistes qu'il étudiait, la mer. Il postula avec succès à un poste de professeur à l'université de Montpellier, dotée de ce dont il rêvait : une station de biologie marine, localisée à Sète. En 1932, il s'y installa et prit la direction de cette station, qu'il trouva dans une situation assez délabrée. Le protistologue déploya l'énergie dont il était coutumier pour la moderniser et l'ouvrir à l'international. Enfin, en 1937, il réalisa son rêve : devenu professeur à la Sorbonne, il prit la direction de la station marine de Banyuls, où il avait fait ses premiers pas de chercheur et ses premières grandes découvertes, où était installé un laboratoire moderne, où étudiants et chercheurs de toutes nationalités séjournaient dans une ambiance stimulante d'émulation intellectuelle, où, enfin, le littoral offrait un environnement particulièrement riche en protistes.

Hélas, après une petite année d'installation, la guerre débuta. Édouard Chatton passa tout son temps, toute son énergie à maintenir en activité le laboratoire, face aux contraintes du régime

LA PROTISTOLOGIE, UNE SCIENCE D'AVENIR

Un siècle après Édouard Chatton, on pourrait imaginer qu'on a fait le tour de la question, décrit l'essentiel des protistes et que cette science s'est étiolée. C'est tout le contraire ! Plus on plonge dans ce monde minuscule, plus on découvre des nouveautés phénoménales. Le plus fascinant est qu'il n'est pas nécessaire d'aller loin, certaines découvertes récentes ont été faites dans des flaques d'eau devant nos portes !

Notre connaissance des eucaryotes unicellulaires s'est construite en isolant et cultivant des protistes comme Chatton le faisait et en collectant des données précises sur chacun de ces organismes. Mais seule une infime partie des espèces de protistes sont étudiables de cette façon, car nombre d'entre eux ne se multiplient pas en culture dans les laboratoires. Mais ces dernières années, des approches utilisant les techniques récentes de séquençage de l'ADN à haut débit ont permis de caractériser la diversité des organismes présents dans un échantillon d'un milieu donné, grâce à l'obtention de la séquence complète ou quasi complète des génomes de ces organismes. On obtient ainsi des informations sur des eucaryotes unicellulaires très divers impossibles à cultiver, ni même à observer. Grâce à ces nouveaux développements, l'écologie microbienne se développe vite et notre connaissance de ces organismes progresse de façon spectaculaire.

Les protistologues d'aujourd'hui échantillonnent partout sur la planète en séquençant leurs collectes. C'est ce qu'ont réalisé les membres de l'expédition Tara Océan (et en particulier des chercheurs des stations de Roscoff, de Banyuls et de Villefranche-sur-Mer, chères à Chatton) qui ont ainsi évalué la diversité de plus de 300 communautés marines de plancton prélevées dans les océans. Ils ont révélé plus de 150 000 séquences individuelles distinctes, dont plus d'un tiers représentent des espèces et même des groupes entiers totalement nouveaux. Les données de Tara ont ainsi mis en évidence l'énorme biodiversité marine des protistes, jusqu'alors sous-estimée

malgré les efforts de Chatton et de ses collègues. Mais les chercheurs n'ont pas seulement « ratissé large » en découvrant de nouvelles formes de vie, ils ont aussi « labouré profond » en étudiant en détail le fonctionnement de protistes bien connus, comme la paramécie. Ainsi, des chercheurs anglais ont récemment visualisé comment les cils présents dans sa cavité orale manipulent les particules alimentaires. Ils ont caractérisé les mouvements collectifs de ces cils et les propriétés complexes qui émergent de leurs battements. Ils tentent à présent de créer des structures artificielles qui fonctionnent sur le même principe et qui pourraient servir de microtamis « intelligents ». Ces études apportent aussi des données intéressantes pour comprendre des maladies congénitales graves, les ciliopathies, liées à des anomalies de ces cils qui induisent des défauts du développement embryonnaire. Chatton, qui a été le premier à comprendre l'organisation des cils chez les protistes ciliés comme la paramécie, aurait sans doute savouré ces nombreuses avancées !



Le voilier
de l'expédition
Tara Océan.

de Vichy, aux réquisitions forcées de matériel, à la désorganisation de la Sorbonne... Finalement, l'armée allemande évacua en totalité le village de Banyuls et l'occupa. Exilé à Prades, Chatton se désespérait à l'idée des dégradations que devait subir sa station marine. De fait, elles furent considérables malgré l'énergie incroyable qu'il avait déployée pour sauver ce qui pouvait l'être. En 1945, il put installer à nouveau le laboratoire, mais n'en profita pas. Victime d'un accident vasculaire cérébral en 1946, il s'éteignit l'année suivante, à l'âge de 63 ans.

UNE VISION GLOBALE DU VIVANT

Quelles découvertes, quels concepts Chatton nous a-t-il légués ? Il fut d'abord l'explorateur pionnier d'un monde géant, celui des milliers, voire millions d'espèces de protistes. Mais il

n'arpentait pas ce monde avec l'esprit du naturaliste soucieux d'établir des catalogues exhaustifs. En cette période marquée par la théorie de l'évolution de Lamarck, sous-tendue par la sélection naturelle des espèces que Darwin avait proposée, Chatton s'attachait à comprendre les filiations entre ces protistes, à édifier leur arbre généalogique, à en déterminer les racines, qui nous rapprochent des premières cellules apparues sur la planète il y a quelques milliards d'années, à en dessiner le foisonnement des branches que forment leurs descendants, les organismes multicellulaires. Il avait une capacité rare à faire jaillir à partir de petites observations méticuleuses une vision globale du monde vivant, à synthétiser et à conceptualiser.

En 1925, il récupéra une amibe inconnue dans le bassin des crocodiles du Jardin des plantes. Peinant à comprendre où elle se plaçait



Grâce à deux techniques distinctes (coloration au fer, à gauche, à l'argent, à droite), Édouard Chatton a mis en évidence deux structures bien distinctes dans le protiste cilié *Glaucoma piriformis* : des stries rectilignes munies de granules, ou cinétosomes (à gauche), et des cordons sinueux (à droite). Il a ainsi montré que les stries et les granules persistaient au fil des divisions cellulaires et produisaient les cils du protiste.

dans l'arbre phylogénétique des organismes unicellulaires, il la nomma *Pansporella perplexa*. C'est pourtant à partir de ses réflexions sur cette petite amibe qu'il édifie un arbre phylogénétique du vivant. Pour cela, il ne se contenta pas de comparer la morphologie des organismes unicellulaires, mais il prit en compte l'ensemble du cycle de vie de ces organismes et révéla ainsi des filiations qui auraient été invisibles sans la connaissance des différentes formes successives adoptées par la cellule au cours de sa vie. C'est grâce à cette méthode et aux réflexions que lui inspirait *Pansporella* qu'il proposa de séparer le vivant en deux catégories, qu'il nomma les cellules « procaryotes », dépourvues de noyau, et les cellules « eucaryotes » qui en ont un (voir l'encadré page 78). Cette paternité est tombée dans l'oubli alors même qu'il s'agit d'un concept qui sert de cadre à toute la biologie !

Chatton est également l'un des pionniers de la biologie cellulaire, notamment sur deux aspects qu'il a abordés en profondeur à travers l'étude de divers protistes, depuis son arrivée à Strasbourg en 1919 jusqu'à sa mort : les mécanismes de la division de la cellule d'une part et, d'autre part, l'organisation et le fonctionnement des cils et des flagelles, de petites expansions qui permettent aux protistes qui en sont pourvus de se déplacer, mais aussi de se fixer sur des supports, de guider la nourriture vers de petits entonnoirs leur servant de bouches, ou encore de former des microharpons à usage défensif ou agressif. Avant l'arrivée de la microscopie électronique, il décrit ces microarchitectures dans leurs moindres détails, perçant leur fonctionnement et les secrets de leur origine.

La question était complexe : comment ces structures si élaborées et stéréotypées s'organisaient-elles dans des cellules issues de la division d'une cellule mère qui en était dépourvue ? Il renversa le dogme de l'autoorganisation, en vigueur à l'époque, pour démontrer qu'il existait une continuité lors de la division, et que, même dépourvue de cils, la cellule mère léguait à ses filles un réseau de petits granules, les cinétosomes (aujourd'hui appelés « centrosomes ») qui dictaient le plan de réorganisation de la ciliature (voir le dessin ci-contre).

Au début des années 1920, le biologiste décrypta aussi le déterminisme de la sexualité des protistes ciliés dans des travaux très modernes menés avec Marie Chatton, son épouse, et montra comment la présence de certaines bactéries spécifiques guide le choix entre sexualité et simple division clonale. Il découvrit nombre de cycles de vie de nouveaux protistes parasites ou symbiotes, ce qui l'entraîna à discuter du poids respectif de l'hérédité des caractères acquis et des caractères innés. Avec un demi-siècle d'avance, il jeta ainsi les bases de l'épigénétique, l'étude des mécanismes qui modifient les caractères d'un organisme sans modifier les gènes eux-mêmes, mais en jouant sur leur activité, et qui peuvent être hérités chez les organismes unicellulaires d'une génération à une autre par la division cellulaire – aujourd'hui un domaine passionnant de recherche.

INVENTEUR À SES HEURES

Ces découvertes ne découlaient pas que de la curiosité clairvoyante de Chatton. Elles ont requis l'invention de techniques longues et délicates. Ainsi, en 1930, le biologiste mit au point une technique d'imprégnation argentique permettant des observations de haute résolution d'organismes unicellulaires marins, encore utilisée de nos jours. En 1921, grâce à ses talents de bricoleur, il inventa aussi un régulateur à fléau bimétallique pour thermostats à chauffage électrique pour équiper les étuves de laboratoire, ce qui permit d'éliminer les feux permanents des étuves à gaz et de mieux stabiliser les températures requises.

Édouard Chatton est une belle figure qui devrait inspirer les biologistes du XXI^e siècle. Il récapitule en effet les qualités attendues des chercheurs, qu'ils soient d'hier ou d'aujourd'hui : la capacité à mettre les observations les plus pointues au service d'une vision d'ensemble cohérente ; la curiosité, la soif d'explorer l'inconnu, le goût du risque ; la liberté d'esprit, la force de s'affranchir des dogmes et de pouvoir en renverser. Sa passion et son émerveillement devant les êtres minuscules qui peuplent les eaux ont pavé la voie de la protistologie (voir l'encadré page ci-contre) et nous ont légué de fabuleux dessins de ces mondes infinitésimaux. ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Jessus et V. Laudet, **Les Vies minuscules d'Édouard Chatton**, CNRS, 2020.

M. O. Soyer-Gobillard et J. Schrevel, **The discoveries and artistic talents of Édouard Chatton and André Lwoff, famous biologists**, Cambridge Scholars Publishing, 2020.

E. Karsenti, **Aux sources de la vie : de la cellule à l'être humain**, Flammarion, 2018.

L. Loison, **André Lwoff, une autobiographie. Itinéraire scientifique d'un Prix Nobel**, Hermann, 2017.

M. Morange, **Les Mousquetaires de la nouvelle biologie**, Les Génies de la Science, février 2002.

E. Chatton, **Titres et travaux scientifiques (1906-1937)**, Sottano, 1937.