



Édouard Chatton, arpenteur des mondes minuscules

Catherine Jessus, Vincent Laudet

► To cite this version:

Catherine Jessus, Vincent Laudet. Édouard Chatton, arpenteur des mondes minuscules. Pour la science, 2022. hal-03829749

HAL Id: hal-03829749

<https://hal.science/hal-03829749>

Submitted on 26 Oct 2022

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

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

Édouard Chatton, arpenteur des mondes minuscules

Un pilulier, un microscope, des pastels et une passion à toute épreuve, tels sont les ingrédients qui, dans la première moitié du xx^e siècle, ont conduit un jeune étudiant sur les traces d'un peuple invisible d'une richesse insoupçonnée...

Catherine Jessus

Directrice de recherche du CNRS au sein du Laboratoire de biologie du développement, à l'institut de biologie Paris-Seine, à Sorbonne Université

Vincent Laudet

Professeur de biologie marine à l'institut de science et technologie d'Okinawa, au Japon, et à l'Academia Sinica, à Taïwan

Pour la science **N°532 / Février 2022**

Essentiel

Au début du xx^e siècle, à la suite d'un stage dans une station marine, un jeune homme, Édouard Chatton, se prit de passion pour l'étude de la multitude d'organismes unicellulaires qui peuplent les eaux : les protistes.

À cette époque, on commençait juste à découvrir leur étonnante diversité et leur abondance.

De Banyuls-sur-Mer à Sète en passant par Paris, Tunis et Strasbourg, Chatton a scruté ces vies minuscules et décrit la biologie de nombre d'entre elles.

En cherchant à construire un arbre du vivant les englobant, il a notamment fait émerger des concepts visionnaires, comme la distinction entre cellules procaryotes (sans noyau) et eucaryotes (avec noyau).



Les Eudorina, des algues vertes unicellulaires d'eau douce qui vivent sous forme de colonies, font partie des protistes qu'Édouard Chatton a dessinés pour ses étudiants. Sur les 125 planches murales qu'il a préparées, seules 72 nous sont parvenues. On découvre aujourd'hui encore de nombreuses espèces de ce groupe.

© Bibliothèque du laboratoire Arago – Sorbonne Université

À lire



Catherine Jessus et Vincent Laudet ont récemment publié Les vies minuscules d'Édouard Chatton, CNRS, 2020.

Août 1984, Banyuls-sur-Mer, à quelques kilomètres de la frontière espagnole. L'équipe du laboratoire Arago profite de l'été pour se lancer dans un grand nettoyage des greniers poussiéreux de la station méditerranéenne, aujourd'hui connue sous le nom d'« observatoire océanologique de Banyuls-sur-Mer ». Ce faisant, ils exhument plusieurs dizaines de vieux rouleaux de papier cartonné de plus de 1 mètre de large, dont certains en assez mauvais état, recouverts de dessins aux couleurs vives réalisés à la craie ou au pastel sec. Destinées à la décharge, ces planches de 1,50 mètre de hauteur sont sauvées *in extremis* par Marie-Odile Soyer-Gobillard, alors chercheuse en biologie cellulaire marine au laboratoire, qui y reconnaît la main d'un ancien directeur de la station, Édouard Chatton. Ce que confirme le disciple et ami de ce dernier, André Lwoff, alors âgé de 82 ans, présent dans la station balnéaire cet été-là.

Lauréat du prix Nobel de physiologie ou médecine en 1965 avec François Jacob et Jacques Monod pour « leurs découvertes sur la régulation génétique de la synthèse des enzymes et des virus », Lwoff a en effet commencé sa carrière dans les stations marines de Roscoff et Banyuls, en y étudiant la morphologie des ciliés – des organismes unicellulaires munis de cils – sous la direction de Chatton. Et il connaît fort bien ces planches, qui, pour la plupart, représentent les objets des études de son maître : les protistes. Ces organismes unicellulaires peuplent toutes les eaux, que ce soient les mers et océans où ils sont les constituants majoritaires du plancton, les eaux douces – des lacs jusqu'aux flaques de boue –, ou l'intérieur d'autres organismes vivants où ils vivent en symbiose, en parasites ou en simples commensaux. Les grandes planches murales de Chatton servaient à illustrer les cours de biologie qu'il donnait en amphithéâtre. Enthousiaste, Marie-Odile Soyer-Gobillard les met en valeur à la faveur de quelques expositions, puis elles regagnent les archives de la station marine.

Elles prenaient à nouveau la poussière quand, il y a quelques années, nous sommes tombés à notre tour en arrêt devant elles. Même dans la pénombre de la bibliothèque, leurs couleurs nous ont fascinés. L'un de nous (Vincent Laudet) venait de prendre la direction du laboratoire Arago, en 2015, mais à notre grande confusion, nous ignorions tous deux qui était Chatton.

Depuis, au fil de nos recherches bibliographiques, nous avons découvert qu'au-delà du talentueux dessinateur et coloriste, Chatton a été un chercheur passionné et visionnaire à une période charnière, la première moitié du ^{xx}e siècle, où les concepts qui gouvernaient la biologie étaient en profonde mutation. En France, les réticences à ces changements étaient grandes. La théorie de la sélection naturelle de Darwin peinait à s'imposer dans le pays du naturaliste Jean-Baptiste Lamarck qui, au début du ^{xix}e siècle, avait défendu une vision de l'évolution fondée sur la transmission à sa descendance de caractères acquis par un organisme lors de son adaptation à un environnement particulier. Quant aux sciences expérimentales, elles avaient du mal à percer face aux courants conservateurs menés par des naturalistes cantonnés à la description. Embrassant la théorie darwinienne et les sciences expérimentales, Chatton est parvenu à faire émerger des concepts clés de la biologie moderne.

Une révélation dans une goutte d'eau

Né en 1883 en Suisse près de Fribourg, Chatton a passé son enfance à Belfort où, très jeune, sous l'influence d'un grand-père botaniste amateur, il a été saisi par le démon du naturalisme. Bachelier en 1901, il s'est installé à Paris pour y débiter une licence de sciences naturelles à la Sorbonne. À l'époque, les stations marines avaient déjà fleuri sur les côtes françaises, en particulier celles de Roscoff et de Banyuls, que Henri de Lacaze-Duthiers, professeur à la Sorbonne, avait fondées à la fin du ^{xix}e siècle. Elles accueillaient professeurs, assistants et étudiants pour des vacances studieuses dédiées à l'observation des faune et flore marines. C'est ainsi qu'en 1902, à Roscoff, le jeune homme a éprouvé le choc qui a déterminé toute sa vie scientifique : il a découvert le foisonnement des êtres unicellulaires qui pullulaient dans la petite goutte d'eau de mer qu'il avait placée sous son microscope. Émerveillé par leur diversité prodigieuse, leur activité incroyable, leur beauté, il eut, comme il l'écrivit par la suite, « la révélation d'un monde nouveau », un monde qu'il pressentait immense et qui était inexploré à l'époque.

Munis d'un noyau et de toute une compartimentation intracellulaire, les organismes unicellulaires qui l'intéressaient, les protistes, sont bien plus complexes que les bactéries. On sait aujourd'hui qu'il règne une incroyable diversité parmi eux, ce qui permet de comprendre la mise en place des grandes fonctions des cellules retrouvées chez les organismes multicellulaires, dont l'humain. À l'époque de Chatton, les scientifiques n'étaient qu'à l'orée de ce monde immense, qu'aujourd'hui nous sommes encore loin d'avoir fini d'explorer (*voir l'encadré ci-dessous*).

Les protistes, une prodigieuse diversité

Océan, flaque d'eau, échantillon de sol, fragment de glace polaire, lac salé, étang pollué, intestins des animaux, tous ces milieux bouillonnent de vies minuscules d'une richesse insoupçonnée. Ce monde bouge, se reproduit, mange et meurt à une échelle où agissent des forces qui n'existent pas pour nous. À cette échelle, un étang est un océan, une simple flaque un lac immense et une heure, une vie entière. Ce monde fascinant est celui des protistes, un groupe hétéroclite d'organismes à une seule cellule, aujourd'hui connus sous le nom d'« eucaryotes unicellulaires ».

Il existe des milliers, voire des millions d'espèces de protistes, certains photosynthétiques, d'autres prédateurs ; certains libres, d'autres fixés ; certains vivant en symbiose, associations mutuellement profitables avec d'autres organismes y compris l'humain, d'autres parasites et responsables de maladies graves, et d'autres s'assemblant en groupes ou colonies. Tous les modes possibles de vie existent, et on en découvre tous les jours. Il a fallu plus d'une centaine d'années pour que les scientifiques commencent à comprendre quelles sont leurs parentés. Aujourd'hui, ils sont regroupés en neuf grands ensembles. On y rencontre par exemple les trypanosomes, responsables de la maladie du sommeil, les dinoflagellés (*ci-contre*), grâce auxquels les coraux édifient leurs fantastiques architectures, les amibes, parfois responsables de dysenteries spectaculaires, les coccolithophores qui s'accumulent au fond des océans et permettent aux prospecteurs de pétrole de détecter des gisements, les volvox, qui représentent une tentative de vie multicellulaire et même le fameux blob, dont la cellule géante a, semble-t-il, des facultés d'apprentissage.

Les dinoflagellés du genre Haplozoon s'organisent en chaînes de cellules au fil des divisions cellulaires à partir d'une seule cellule munie d'un stylet qui lui permet de pénétrer dans les cellules intestinales du ver marin que ces organismes parasitent. Sur ce dessin d'Édouard Chatton, on distingue les chromosomes de chaque cellule.



© Bibliothèque du laboratoire Arago – Sorbonne Université

Chatton fut fasciné par la complexité des microarchitectures présentes dans les cellules des protistes et des métamorphoses bouleversantes qui ponctuent leur vie, qui leur permettent de coloniser différents milieux, de se déplacer ou de se fixer, de se nourrir, de se reproduire de façon sexuée ou clonale, bref de récapituler l'ensemble des fonctions du vivant de façon extrêmement élaborée, à l'échelle de leur unique cellule. Il comprit que pour les étudier, il lui faudrait travailler dans des stations marines, car s'ils peuplaient tous les milieux, la mer restait la source majeure de ces petits organismes. À la suite de sa licence, en 1904, il entreprit des travaux de recherche au laboratoire Arago de Banyuls, alors dirigé par Georges Pruvot. Ce dernier, qui avait délaissé la zoologie pour l'océanologie, laissa le jeune homme libre de choisir ses sujets d'études et de les mener en toute autonomie.

Des dinoflagellés à l'institut Pasteur

Les premières découvertes de Chatton furent d'emblée fracassantes. Il fut le premier à identifier et décrire certaines familles de dinoflagellés, des protistes pourvus d'un flagelle qui leur permet de

nager. Si les amateurs d'huîtres connaissent trop bien ces microorganismes parfois responsables d'intoxication alimentaire, certains vivent aussi en symbiose avec les coraux, leur assurant 80 % de leur source d'énergie. Chatton se consacra à leur étude de nombreuses années. Dès ses débuts, il renversa quelques dogmes bien établis. Il montra ainsi que certains dinoflagellés sont parasites alors qu'on les considérait comme des êtres exclusivement libres. Il observa aussi qu'ils sont capables de rester agrégés en longs cordons, des formes précédemment décrites par erreur comme étant des êtres multicellulaires (*voir encadré précédent*).

Par ailleurs, il prouva que ce qui avait été interprété comme des formes musculaires atypiques de certains petits crustacés n'était rien d'autre que les chromosomes géants de dinoflagellés parasites. Une observation importante, car, quelques années plus tôt, plusieurs biologistes aux États-Unis et en Allemagne avaient émis l'hypothèse que les chromosomes étaient le support de l'hérédité. À cette époque en effet, on venait de redécouvrir les travaux de Gregor Mendel sur les lois de l'hérédité, et les biologistes recherchaient activement quel élément des cellules transportait les gènes – les caractères transmis – d'une génération à une autre. Tout organisme muni de chromosomes bien visibles les intéressait donc dans ce contexte.

En 1906, à 23 ans, Chatton publia ses quatre premiers articles, qui le consacrèrent comme le spécialiste des dinoflagellés parasites et, plus largement, comme un protistologue à suivre. L'année suivante, il fit un choix de carrière *a priori* surprenant, mais soigneusement réfléchi : il fut recruté à l'institut Pasteur, à Paris. Cette année-là, le pasteurien Alphonse Laveran obtint le prix Nobel pour la découverte de l'agent du paludisme, un protiste, le plasmodium. Cette découverte avait révolutionné la vision des agents pathogènes, alors considérés exclusivement comme des bactéries ou des virus. L'institut Pasteur s'était alors ouvert au monde des protistes et en avait accueilli un jeune expert, Chatton.

L'institut fit preuve d'une grande ouverture d'esprit en acceptant que, pendant ses douze années comme pasteurien, le jeune homme continue ses études sur les protistes marins, non pathogènes pour l'humain, en parallèle de ses travaux sur les agents pathogènes d'intérêt de l'institut. Chatton poursuivit donc ses séjours à Roscoff, mais surtout à Banyuls, dont l'attrait était peut-être décuplé par le fait qu'il était tombé amoureux de Marie Herre, une jeune Banyulencque qu'il épousa en 1908. Pourquoi avoir choisi l'institut Pasteur ? En premier lieu, la recherche y bénéficiait de moyens significatifs, supérieurs à ceux des universités. Et surtout, l'institut y développait une méthode expérimentale rigoureuse qui reposait sur l'établissement de cultures cellulaires. Celles-ci permettaient une étude précise des protistes, isolés sans contaminants dans des milieux contrôlés par le chercheur... à l'opposé du naturalisme prôné par les universités où l'on se limitait souvent à observer des communautés d'organismes unicellulaires grouillant dans leur milieu naturel. Ces cultures pures rendaient le chercheur maître du jeu : il pouvait perturber les conditions du milieu afin d'en voir les conséquences sur la physiologie de l'organisme qu'il étudiait, sans se soucier que d'autres organismes contaminants ne soient à l'origine des réponses qu'il observait.

Cette formation pasteurienne marqua toute la vie scientifique de Chatton, promoteur et expert reconnu de la culture pure. C'est ainsi qu'en 1933, le jeune Jacques Monod le remercia pour l'envoi de souches de paramécies en mentionnant : « Quant à leur pureté, j'y crois beaucoup plus qu'à l'évangile de mes pères. » Pour autant, la période ne fut pas calme pour Chatton. En 1913, il fut envoyé à l'institut Pasteur de Tunis pour y seconder Charles Nicolle (prix Nobel en 1928). Sommé par la déclaration de guerre de choisir entre ses deux nationalités, suisse ou française, il opta pour la seconde afin de mieux servir le pays où il avait été éduqué. La première lui aurait pourtant évité l'ordre de mobilisation qui l'envoya en 1914 dans l'enfer des tranchées du nord de la France. En 1915, il en sortit assez gravement blessé et, après plusieurs mois de convalescence, rejoignit son dépôt à Tunis, d'où il fut envoyé, en 1916, sur une nouvelle zone de combat dans le sud tunisien.

Sur la piste des microbes humains

Cependant, privé de son principal collaborateur, Charles Nicolle s'impatientait. Il convainquit l'État-major des armées que Chatton servirait mieux l'effort de guerre en étudiant les agents de la dysenterie qui dévastait les troupes françaises qu'en faisant le coup de feu dans le sud tunisien. Et voici le protistologue chargé de monter de toutes pièces un laboratoire militaire de bactériologie à Gabès, ce dont il s'acquitta avec succès. En 1918, il rejoignit Tunis, où il devint directeur-adjoint de l'institut Pasteur. Pendant toute sa période tunisienne, Chatton explora et décrivit les cycles de vie d'un énorme nombre d'agents pathogènes humains qu'il extrayait d'à peu près toutes les parties du corps, intestin, sang, liquide céphalorachidien, conjonctifs, téguments... et qu'il étudiait avec la rigueur inhérente aux méthodes pasteurienues.

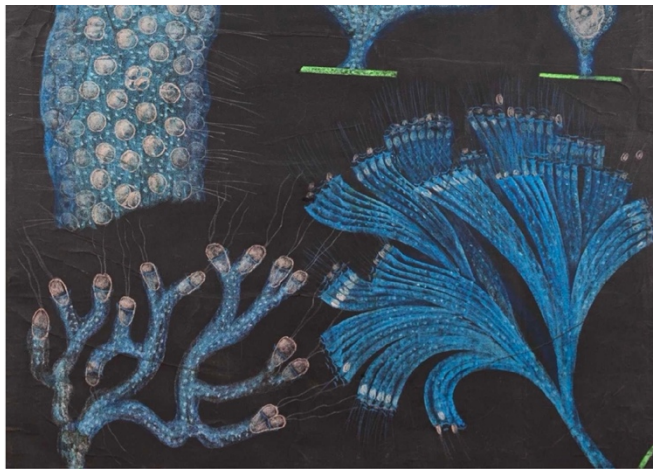
De retour à Paris en 1919, le jeune homme fit un nouveau choix de carrière, encore une fois étonnant à première vue, mais de fait mûrement pesé : l'université de Strasbourg. D'allemande, cette université était devenue française et l'État avait décidé de fortement la soutenir, pour qu'elle garde le niveau de modernité de sa période allemande et n'ait aucun regret vis-à-vis de son ancienne nationalité... Il y avait donc là des moyens, y compris en salaires. Car à l'institut Pasteur, si les laboratoires étaient bien équipés, les salaires 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 ».

Un autre aspect était 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 décloisonnant 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'identique 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 ramenait 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. Ceux qui sont les héros de ses 250 publications venaient des endroits les plus divers : lacs vosgiens, tourbières rhénanes, plages du Massachussets, 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.

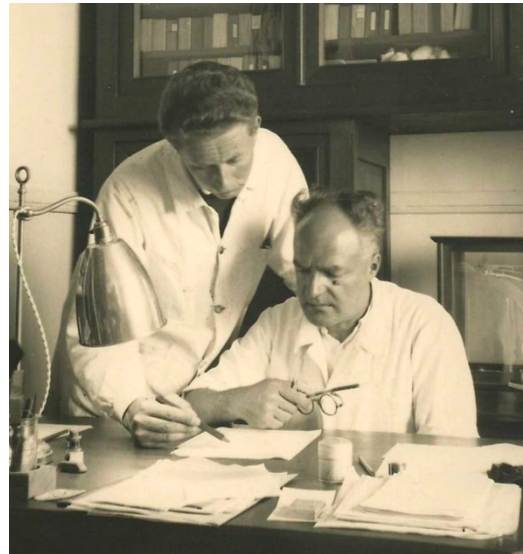


Rhipidodendron splendidum est un protiste d'eau douce qui vit en colonies en forme de drapeaux. Les cellules sont disposées à l'extrémité de tubes fusionnés entre eux à leur base. Végétal ou animal ? La question a fait l'objet de nombreux débats depuis le xix^e siècle, cet organisme ressemblant à une 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 de Chatton a interrompue. Lwoff dépassa vite le statut d'élève pour devenir le collaborateur du protistologue et son meilleur ami. Lequel forma par ailleurs un futur comparse de Lwoff, Jacques Monod, devenu son assistant à Strasbourg.

André Lwoff (debout) et son maître Édouard Chatton, probablement dans les années 1930.

© Bibliothèque du laboratoire Arago – Sorbonne Université



Après treize années en Alsace, cependant, Chatton souffrait 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. Il 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, là où il avait fait ses premiers pas de chercheur et ses premières grandes découvertes, là où était installé un laboratoire moderne, là où étudiants et chercheurs de toutes nationalités séjournaient dans une ambiance stimulante d'émulation intellectuelle, là où 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, à travers les contraintes du régime de Vichy, les réquisitions forcées de matériel, 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 conséquentes malgré l'énergie incroyable qu'il avait déployé pour sauver ce qui pouvait l'être. Enfin,

en 1945, il installa 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 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 édifia 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 ci-dessous*). Cette paternité est tombée dans l'oubli alors même qu'il s'agit d'un concept qui sert de cadre à toute la biologie !

Procaryotes et eucaryotes, un concept clé

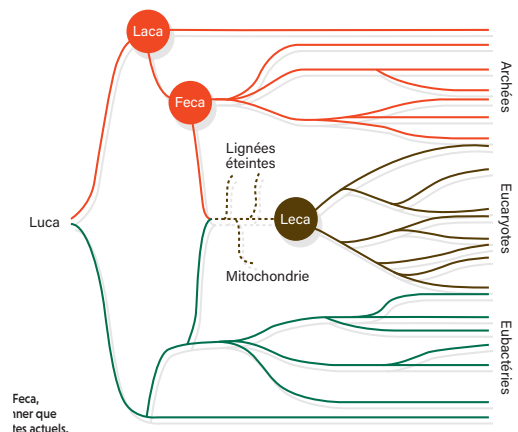
Tous les organismes vivant sur la Terre descendent d'un organisme unique qui vivait il y a environ 3,7 milliards d'années, Luca (pour *Last universal common ancestor*). Les premières formes de vie étaient simples : une membrane séparant milieu intérieur et extérieur et contrôlant les échanges avec l'environnement, un cytoplasme fournissant un milieu favorable pour les réactions chimiques de la vie et, flottant dans ce cytoplasme, le matériel génétique, un filament d'ADN ou d'ARN, le plus souvent circulaire, contenant les instructions codées pour produire un nouvel organisme. Pendant 1,5 milliard d'années, ces cellules ont ainsi représenté l'unique forme de vie présente sur notre planète. Pendant cette période, elles se sont énormément diversifiées, donnant en particulier deux grandes séries d'organismes procaryotes, les bactéries et les archées.

Mais il y a environ 1,5 milliard d'années, une innovation essentielle s'est produite : l'association symbiotique entre une bactérie et une archée a produit une nouvelle cellule équipée d'une mitochondrie (une centrale énergétique) et dont le matériel génétique s'est entouré d'une enveloppe le séparant du reste du cytoplasme : le noyau cellulaire était né et, avec lui, les eucaryotes, subdivision du monde vivant qui regroupe tous les organismes dont les cellules contiennent un noyau individualisé : animaux, paramécies, plantes, amibes, champignons, algues... Cette innovation spectaculaire a été déterminante pour la suite de l'histoire de la vie, car elle a permis une spécialisation de plus en plus raffinée des cellules. C'est dire l'importance conceptuelle des termes « eucaryotes » et « procaryotes » forgés par Édouard Chatton.

L'une des grandes questions actuelles de la biologie est de savoir comment les eucaryotes sont apparus. Une découverte récente amène des éléments très intéressants de ce point de vue. En effet un groupe particulier d'archées, dit « d'Asgård » (en référence au royaume divin de la mythologie scandinave), a été identifié comme étant le groupe frère de tous les eucaryotes. Cette découverte est importante, car elle bat en brèche notre vision de l'organisation du vivant en trois règnes (bactéries, archées et eucaryotes) en n'en maintenant plus que deux, les bactéries et les archées. Les eucaryotes ne sont, dans cette vision, qu'un groupe d'archées qui a splendidement réussi. Ces archées Asgård sont anaérobies c'est-à-dire qu'elles ne supportent pas l'oxygène, et surtout elles ne vivent pas seules, mais doivent être associées à d'autres archées et d'autres bactéries. La coopération entre cellules serait donc à la base de notre histoire !

Les eucaryotes proviennent de la symbiose entre une archée et une bactérie. De nombreuses lignées se sont éteintes entre Feca, le premier organisme qui s'est séparé des archées pour ne donner que des eucaryotes, et Leca, l'ancêtre commun de tous les eucaryotes vivants actuellement.

© Pour la Science



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, et 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 dessin ci-dessous*).



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 (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.

© Bibliothèque du laboratoire Arago – Sorbonne Université

Au début des années 1920, Chatton 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 encadré ci-dessous*) et nous ont légué de fabuleux dessins de ces mondes infinitésimaux.

La protistologie, une science d'avenir

Un siècle de travaux après ceux d'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'eaux au pied de 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, Banyuls et 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 en 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 peuvent induire 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.

Bibliographie

C. Jesus 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.

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.

<https://www.pourlascience.fr/sd/biologie/les-genies-de-la-science-n010-508.php>

É. Chatton, Titres et Travaux scientifiques (1906-1937), Sottano, 1937.

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