

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, le biologiste en herbe 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, qu'Henri de Lacaze-Duthiers, professeur à la Sorbonne, avait fondées à la fin du ^{xix}^e siècle. Elles accueillait 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, Chatton 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. En ce début du ^{xx}^e siècle, 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).

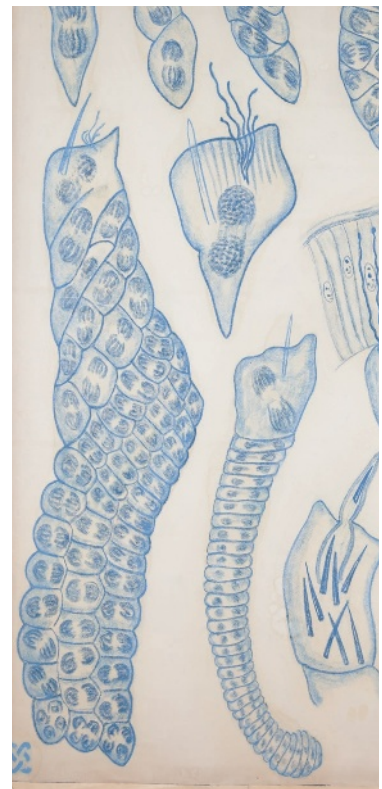
LES PROTISTES, UNE PRODIGIEUSE DIVERSITÉ

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 » (eucaryote signifiant organisme dont les cellules ont un noyau).

Il existe des milliers, voire des millions d'espèces de protistes, certaines photosynthétiques, d'autres prédatrices ; certaines libres, d'autres fixées ; certaines 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 encore s'assemblent 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.





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

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. Le naturaliste 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 le dessin page ci-contre*).

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 rentra 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 : le plasmodium... un protiste ! 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 à ce « nouveau monde » 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 infectieux 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 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 pour ses travaux sur le typhus). 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'impatiait. 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 pasteuriennes.

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 germanique et n'ait aucun regret vis-à-vis de son ancienne nationalité... Il y avait donc

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 actuels.

PROCARYOTES ET EUCARYOTES, UN CONCEPT CLÉ

Tous les organismes vivant sur la Terre descendent d'un organisme 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 milieux 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 dits « procaryotes » (c'est-à-dire sans noyau cellulaire), 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. Les archées d'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 à d'autres bactéries. La coopération entre cellules serait donc à la base de notre histoire !

