

CATHERINE JESSUS
et VINCENT LAUDET

Les vies minuscules d'Édouard Chatton

CNRS EDITIONS

Préface

Je n'avais jamais entendu parler d'Édouard Chatton jusqu'à ce que mon nouveau collègue, Vincent Laudet, me montre ses magnifiques dessins et me parle de la préparation de l'ouvrage qui le célèbre. Je regrette profondément de n'avoir jamais visité la station marine de Banyuls que Chatton a dirigée à l'époque de la Seconde Guerre mondiale. Et je ne m'étais jamais demandé, même un instant, qui avait séparé les procaryotes des eucaryotes et créé ces termes. Dès lors, sachant à quel point cette distinction est ancrée dans la vision que les biologistes d'aujourd'hui se font du monde, j'ai été très surpris de découvrir les grands microbiologistes Roger Stanier et C. B. van Niel discutant, sérieusement et longuement, pas plus tard qu'en 1962, du « Concept de la Bactérie¹ » et attribuant à Chatton le mérite d'avoir fait de la distinction entre cellules avec ou sans noyau le socle fondamental de la classification des êtres vivants. Et les preuves, que vous pourrez découvrir dans cet ouvrage, sont plutôt convaincantes. Bien sûr, en 1925 et même en 1938, l'importance de la chromatine et de l'ADN n'était qu'un lointain futur, et je suppose que les questions de transmission et de variabilité des procaryotes étaient alors absolument énigmatiques. Inutile donc, à cette époque, de se perdre en conjectures.

Mais Chatton a été bien plus qu'un honnête classificateur – de fait, la question précédente semble avoir plutôt été pour lui une simple parenthèse – car comme Catherine Jessus le montre très bien, il a été un merveilleux scientifique, passionné par son domaine de spécialité, à savoir les micro-organismes eucaryotes, et parmi eux, les créatures que j'ai été contraint d'étudier, comme les amibes, les euglènes, les *spirogyres* et *Volvox*. À l'époque, ils servaient à illustrer l'émergence de l'être humain depuis ses origines unicellulaires, ou, plus curieusement, l'évolution des plantes à fleurs *via* les fougères et les

mousses. Je me débats encore aujourd'hui avec la succession de ces générations, sporophyte, gamétophyte et endosperme triploïde. L'un des plus beaux (et des plus ingénieux) dessins de Chatton est la Planche 14, sur la reproduction sexuelle des plantes. Je rêve que mon professeur de biologie à l'école en ait eu connaissance, et ait pu me la transmettre. La description de cette planche est d'ailleurs magnifiquement claire.

Je ne pense pas qu'on en sache beaucoup sur les cours que ces superbes images illustrent, mais il existe une donnée tout à fait frappante. J'ai été extrêmement surpris de trouver le nom d'André Lwoff, co-auteur de plusieurs publications de Chatton – s'agit-il du même Lwoff, récipiendaire du Prix Nobel, qui a découvert que les rayons UV induisaient l'activation des phages dans les bactéries lysogènes? En effet, c'est bien lui, et on découvre qu'il a fait ses dents scientifiques, si l'on peut dire, sous la direction de Chatton. Mais ce n'est pas tout, car un autre grand scientifique, Jacques Monod, a fait également des débuts de protistologue en étant fréquemment en contact avec Chatton. Ce ne peut pas être une coïncidence. Chatton a dû être un grand maître, ou un modèle magnifique, pour ceux dont l'intelligence était à même d'apprécier sa formidable puissance d'analyse et son attachement rigoureux à la vérité scientifique. Sans parler de ses talents artistiques. J'ai imprimé le tableau qu'il a fait de son laboratoire, avec vue sur la mer. C'est très beau.

Alors, un grand merci aux éditeurs et auteurs de cet ouvrage pour avoir réanimé ce formidable biologiste, presque entièrement tombé dans l'oubli. Je salue la mémoire d'Édouard Chatton!

Tim Hunt,
Prix Nobel de physiologie ou médecine, Septembre 2020

1. Roger Yate Stanier et Cornelis Bernardus van Niel, «The concept of a bacterium». 1962. *Arch. Mikrobiol.*, vol.42, p. 17-35.

Chapitre 1

Édouard Chatton ou la passion de la biologie

« Il ne m'appartient pas de dire ce qu'ont été mes enseignements de Biologie Générale, de Zoologie et de Protistologie, à Strasbourg et à Montpellier. Pour mieux les mettre à la portée de mes élèves, j'ai composé et entièrement dessiné à la main, 125 planches murales de 1,60 m sur 1,10 m¹. »

Celui qui explique dans son mémoire scientifique en 1937 le procédé pédagogique qu'il a créé et qui préfigure les diapositives et diaporama utilisés dans les amphithéâtres d'aujourd'hui est le professeur Édouard Chatton. Les planches qu'il évoque ont longtemps été oubliées dans la poussière des greniers du laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer dont il a été le directeur de 1937 à 1947, jusqu'à ce qu'elles soient sauvées *in extremis* en 1984. Alors qu'elles devaient être évacuées à la décharge lors d'un nettoyage des greniers, Marie-Odile Soyer-Gobillard et André Lwoff y reconnaissent la main d'Édouard Chatton. Les planches sont archivées au laboratoire Arago de Banyuls, au Museum d'Histoire naturelle de Perpignan et au Museum national d'Histoire naturelle à Paris. Sauvées certes, mais toujours à l'abri des regards, à l'exception de certaines qui sortent de leurs placards à la faveur de quelques expositions. Originales, colorées, furieusement esthétiques, elles représentent une foultitude d'êtres microscopiques marins, souvent formés d'une seule cellule* à l'architecture sophistiquée, dont les structures étranges et énigmatiques sont illustrées avec un luxe de détails. Chargées d'une merveilleuse beauté autant que d'une exactitude scientifique rigoureuse, elles sont hélas restées confinées sans la diffusion qu'elles méritaient, à l'égal de celles d'Ernst Haeckel, de John James Audubon ou de Georges de Buffon. La raison en tient peut-être à ce

qu'originellement, elles n'étaient destinées qu'à servir de support à des cours et n'avaient pas été conçues pour étayer des publications de recherche ou des ouvrages à destination du grand public.

L'oubli dans lequel a été plongé leur auteur, Édouard Chatton, est tout aussi injuste. Son œuvre scientifique, considérable et visionnaire, est toujours d'actualité. C'est lui qui a distingué et baptisé les deux grands types cellulaires qui fondent le vivant, celui des cellules sans noyaux* (les procaryotes*) et celui des cellules nucléées (eucaryotes*). Cette distinction fondamentale qui fournit un cadre à la biologie cellulaire est aujourd'hui parée d'une évidence qui nous a fait oublier les capacités d'observation et de conceptualisation de l'esprit curieux et ouvert à l'origine de cette découverte.

Fasciné par les êtres unicellulaires* du monde marin, Édouard Chatton en a étudié le fonctionnement avec passion et précision et a dégagé des théories sur leur évolution* et leur hérédité à travers l'étude de leurs divisions*, de leur sexualité*, de leur cycle de vie*, de la genèse de leurs incroyables architectures cellulaires. Tout cela se retrouve dans les planches qu'il dessine pour ses étudiants. Impossible de dissocier ces magnifiques tableaux de cours de leur auteur, et de rendre hommage aux dessins sans évoquer sa vie et son œuvre scientifique.

1. Édouard Chatton, *Titres et Travaux scientifiques (1906-1937)*. 1937. Imprimeur Sottano, Sète.

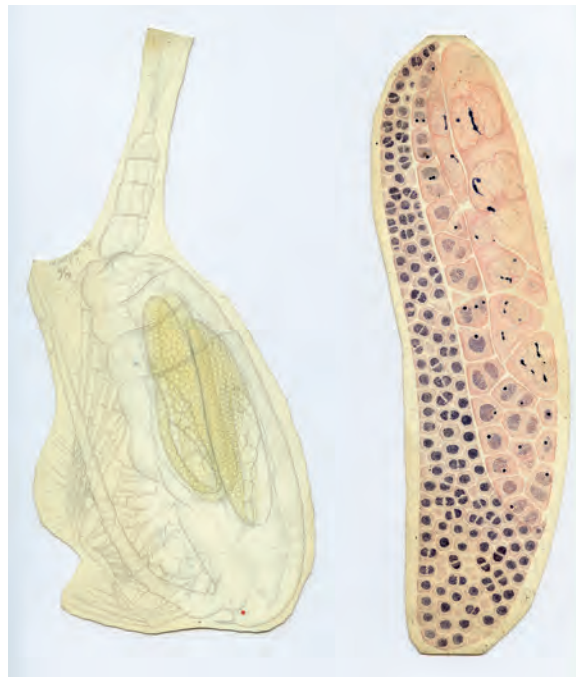
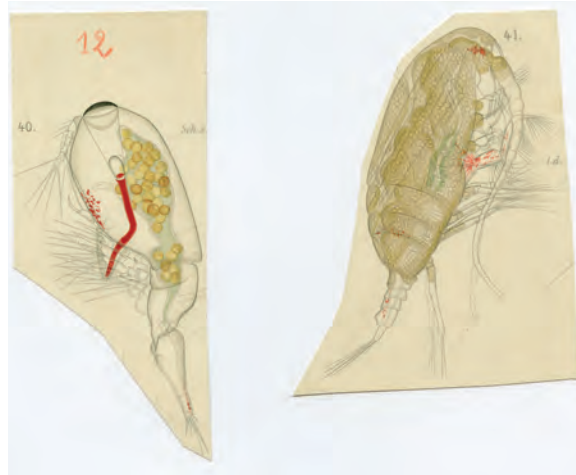


Figure 19. Dessins d'Édouard Chatton représentant des copépodes parasités par des dinoflagellés de la famille *Blastodinium*. En bas, à droite, les cellules d'un *Blastodinium* en divisions.

S'il note toujours avec soin les endroits et dates de ses récoltes, c'est parce que ces données sont précieuses pour comprendre le milieu de vie naturel des protistes ainsi collectés, et par conséquent leur physiologie, mais aussi pour élaborer les milieux de culture nécessaires à leur étude en laboratoire. Bien

avant l'heure, Édouard Chatton a intégré la composante environnementale indispensable à toute étude pertinente en biologie: il est écologue et biologiste. Bien avant l'heure, il a compris que tous les milieux naturels de la planète sont colonisés par des êtres vivants, même ceux dont les constantes (salinité, température, oxygénation...) semblent être incompatibles avec la vie. Bien avant l'heure, il a conscience de la foisonnante biodiversité des êtres microbiens. Quel ne serait pas son émerveillement de voir qu'un siècle après ses découvertes, les chercheurs d'aujourd'hui découvrent que l'immensité du monde microbien est encore plus vaste qu'il ne l'avait pensé et que des milliers de microbes inconnus se révèlent à eux grâce à la métagénomique* (voir chapitre 2) qui dévoile tous les êtres vivants invisibles qui peuplent n'importe quel petit échantillon? Mais quelle ne serait pas sa déconvenue de voir qu'aujourd'hui, l'être humain a mis en péril cette précieuse biodiversité dont dépend la vie sur notre planète.

Travailler aux côtés du professeur Chatton

Depuis 1916, lorsqu'il a eu à créer le laboratoire militaire de Bactériologie des troupes du Sud-Tunisien, Édouard Chatton ne mène plus ses recherches en solitaire mais entouré d'une équipe. C'est à partir de Strasbourg qu'il s'entoure véritablement d'élèves. Cet entourage restera toujours de taille modeste: un ou une assistant-e, un ou une chef-fe des travaux, des étudiant-es (il met en pratique les principes de son enseignement: inculquer une formation expérimentale dès la licence), un ou deux technicien-nés (Figure 20). À l'époque, assistant et chef des travaux sont rémunérés par l'université ou parfois boursiers de la CNRS (la Caisse nationale de la Recherche scientifique créée en 1935 et qui préfigure le futur CNRS). L'assistant prépare un doctorat alors que la chefferie des travaux, confiée à un maître de conférences, exige d'en être titulaire. N'oublions pas les bénévoles: souvent l'épouse du professeur! Et n'oublions pas non plus les collaborateurs avec lesquels Édouard Chatton échange correspondance et matériel, qui séjournent régulièrement au laboratoire et qu'il rejoint pour de durs labeurs estivaux dans une station marine.

Un mot sur la correspondance: elle frappe par son abondance (jusqu'à un voire deux échanges hebdo-



Figure 20. Édouard Chatton (3^e à partir de la gauche) et ses collaborateurs, Sète, 1935. Parmi eux, Simone Brachon (1^{re} à gauche), le technicien d'Édouard Chatton, Fernand Dumazet (4^e à partir de la gauche), Berthe Biecheler (5^e à partir de la gauche), Marguerite Lwoff (7^e à partir de la gauche), André Lwoff (8^e à partir de la gauche) et Raymond Hovasse (9^e à partir de la gauche).

madaires avec les collaborateurs ou élèves les plus proches; au total des centaines de courriers), par sa liberté de ton, par la variété des sujets abordés. Si l'essentiel est généralement occupé par des discussions scientifiques longues et pointilleuses sur les observations et expériences en cours, une bonne partie est consacrée à des commentaires admiratifs, acerbes ou critiques sur les collègues, des anecdotes qui peuvent confiner aux ragots (en 1933, Jacques Monod relate avec facétie et faconde les démêlés extra-conjugaux de l'un des maîtres pastoriens¹), des analyses de la situation politique nationale, des nouvelles de la famille ou des amis... Cette période sans téléphone ni messagerie électronique nous a livré un magnifique trésor épistolaire où se révèlent toute la vie professionnelle et intime, toutes les relations entre les protagonistes du cercle d'Édouard Chatton. Trésor hélas déséquilibré du fait que cette correspondance est essentiellement représentée par les lettres reçues par Édouard Chatton. Hormis celles destinées à André Lwoff, les courriers envoyés ont été dispersés dans les effets de leurs destinataires et sont difficilement accessibles. Beaucoup de ses collaborateurs se plaignent qu'Édouard Chatton ne leur réponde pas très vite.

1. Correspondance entre Jacques Monod et Édouard Chatton. Institut Pasteur-Musée Pasteur, Paris.
2. Correspondance d'Édouard Chatton à Félix Mesnil. Institut Pasteur-Musée Pasteur, Paris.
3. Laurent Loison, *André Lwoff, une autobiographie. Itinéraire scientifique d'un Prix Nobel*, op. cit.

Lui qui prend la plume sans relâche pour rédiger des publications scientifiques détaillées n'était pas un grand épistolier. Il signe une carte de vacances envoyée à Félix Mesnil de ces mots: «*L'homme qui n'écrit pas*»!

Ses élèves auront des destins scientifiques remarquables, comme Antonio de Zulueta (futur professeur à l'université de Madrid), Hervé Harant (futur professeur à l'université de Montpellier et directeur du Jardin des Plantes de Montpellier), Marcel Avel (futur professeur à l'université de Bordeaux), Robert Weill (futur professeur à l'université de Bordeaux et directeur de la station marine d'Arcachon), voire prestigieux comme Etienne Wolff (qui se tournera finalement vers l'embryologie et deviendra une sommité mondiale grâce à ses découvertes sur la différenciation des sexes) ou André Lwoff (Prix Nobel en 1965). Signalons que Jacques Monod, s'il n'a pas été véritablement l'élève d'Édouard Chatton, a été son assistant à Strasbourg pendant l'année universitaire 1930-1931 où il a été initié aux techniques de microbiologie et associé à ses recherches sur la ciliature des ciliés. Il ne fait aucun doute que la formation reçue à Strasbourg a joué un rôle capital dans l'évolution de sa carrière scientifique ainsi que le note André Lwoff dans son autobiographie³. Qu'ils aient été ses maîtres, ses élèves ou ses collaborateurs, Édouard Chatton publiera un nombre conséquent d'articles avec trois récipiendaires du Prix Nobel, Charles Nicolle, Jacques Monod et André Lwoff, ce dont peu de scientifiques peuvent se targuer!

Le premier contact avec Édouard Chatton était sûrement saisissant, ne serait-ce que par l'impression de force et calme puissance qui émanait d'une physionomie volontaire et énergique. Un front haut, une large mâchoire, une complexion plutôt forte, des yeux marrons très écartés (Figure 21). Ceux qui l'ont connu sont frappés par un regard extraordinairement vif et pénétrant qui gêne parfois, et par une élocution mesurée, plutôt lente, où chaque mot est pesé. La vie dans son laboratoire associe des discussions animées et approfondies à un dur labeur. Édouard Chatton est un bourreau de travail. Sa vitalité se traduit par un constant besoin d'action, la passion qu'il voue à ses recherches emplit sa vie: il passe

Chapitre 2

Les protistes, *terra incognita* de la biologie

Une merveilleuse diversité

Prenez une goutte d'eau dans un étang et observez-la avec un microscope. Vous verrez que la vie foisonne, une vie étrange, minuscule et qui pourtant bouillonne d'une incroyable activité. Sous vos yeux, tout un monde se révèle : des paramécies traversent à toute vitesse le champ d'observation et ces cellules* ciliées* sont en fait très variables en taille, en forme, en motilité. Ailleurs, bizarres fuseaux hélicoïdaux, des

euglènes vertes avancent plus lentement alors que de gros ballons symétriques, les *Microsterias*, flottent paisiblement dans l'eau entourés d'*Actinosphaerium*, tout aussi sphériques mais armés comme des oursins, de centaines d'épines acérées (Planches 35 à 39). Lorsque vous regardez de plus près, vous voyez toute une série de formes extraordinairement variées, des cellules ovales, pleines de longs cils*, les euplotes, des assemblages de ballons verts regroupés dans une même goutte de gelée, les *Volvox*.... Bref le bizarre est partout. Si vous aviez observé une goutte d'eau

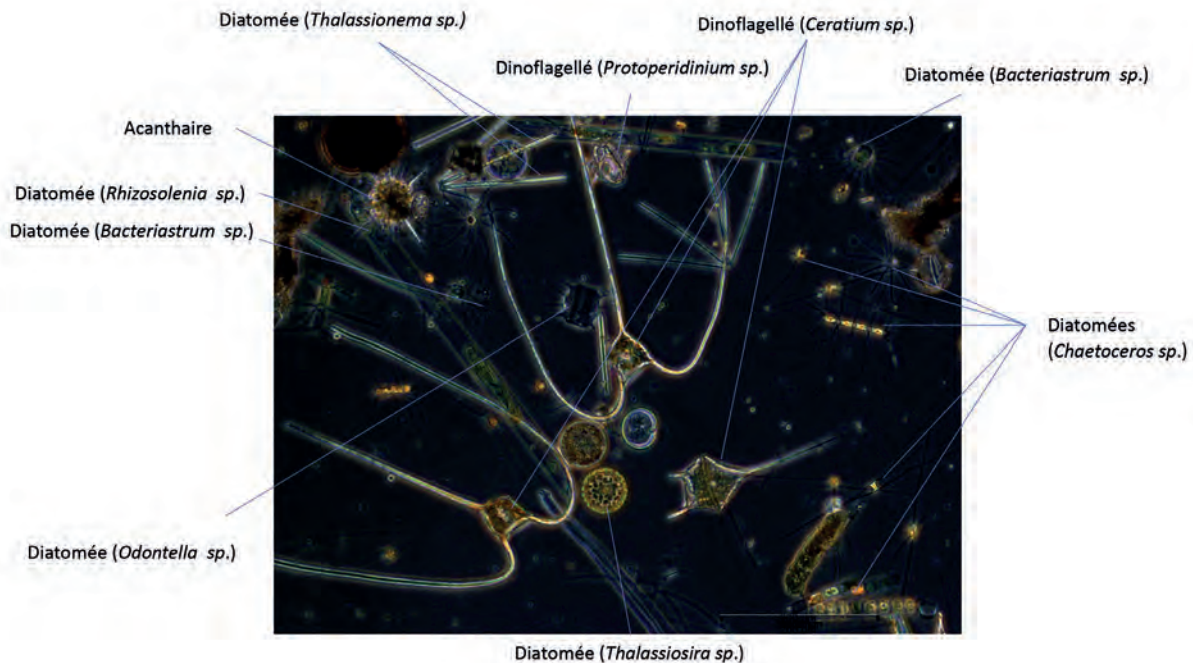


Figure 1. La vie dans une goutte d'eau de mer prélevée en baie de Banyuls illustrant une belle diversité de diatomées et de dinoflagellés. (Photo Laurent Intertaglia OOB.)

de mer, la diversité aurait été encore plus grande (Figure 1). De fait, quel que soit l'environnement que vous pouvez tester, lac hyper salé, flaque d'eau isolée, échantillon de sol, fragment de glace polaire, vous auriez trouvé cette vie : elle est partout, foisonnante, robuste et pourtant infinitésimale.

Ce monde vous est totalement inconnu, il vit, se reproduit, se mange et meurt à une échelle qui nous est largement étrangère et où agissent des forces qui sont pour nous négligeables. À cette échelle, l'eau est une substance extrêmement visqueuse dans laquelle il est difficile de se mouvoir. À cette échelle, sa surface constitue une assise sur laquelle on peut s'appuyer, se fixer solidement. À cette échelle, un étang est un véritable océan, une simple flaque un lac immense et une heure représente une vie entière.

Cette fascinante série d'organismes microscopiques, ce sont des protistes*, un groupe hétéroclite d'organismes vivants que l'on définit souvent comme des eucaryotes* unicellulaires*. Mais qu'est-ce que cela veut dire ? Que sont ces protistes qu'Édouard Chatton a étudiés avec une telle passion ? Pourquoi sont-ils à ce point fascinants ? Pour le comprendre il faut considérer de façon globale la biodiversité présente sur notre planète et rapidement retracer les étapes majeures de son évolution*.

Une des caractéristiques fondamentales du monde vivant tel que nous le connaissons est que l'unité de base de la vie, c'est la cellule. De façon amusante ce terme vient de la cellule des moines, unité fondamentale de la vie monacale. Le terme « cellule » a été utilisé pour la première fois dans le contexte de la biologie au XVII^e siècle par Robert Hooke qui a observé de l'écorce d'arbre avec l'un des premiers microscopes et y a repéré de « petites chambres ». On sait à présent que tous les êtres vivants sont constitués d'une ou plusieurs cellules. Ainsi, discuter de l'origine de la vie c'est tenter de comprendre comment les différents constituants d'une cellule se sont mis en place pour que celle-ci puisse extraire de l'énergie du milieu environnant, croître et bien sûr, et surtout, se multiplier par division*. Ce sont les grandes caractéristiques présentes dans les différents types de cellules qui fondent notre compréhension de l'organisation du monde vivant et qui nous permettent donc de les classer et surtout de comprendre les grandes étapes de leur évolution et de leur diversification.

Comme toutes les cellules ont une origine unique, elles se ressemblent toutes et partagent des caracté-

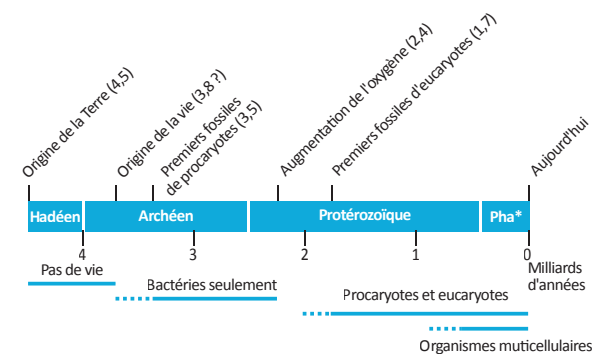


Figure 2. Les grandes étapes de la vie depuis l'origine de la terre il y a 4,5 milliards d'années jusqu'à nos jours. Pha : Phanérozoïque. (Source Dacks *et al.*, (2016) J. Cell Science 129 : 3695-3703.)

ristiques communes. C'est le cas en particulier de la membrane*, que l'on appelle « plasmique », qui les sépare du milieu extérieur et qui permet donc de définir un compartiment interne, le cytoplasme*, dans lequel on va trouver différents organites*, très divers, qui baignent dans un milieu particulier, le cytosol*. Bien sûr, la cellule primordiale qui est apparue il y a environ 3,5 milliards d'années contenait déjà du matériel génétique* regroupant les instructions nécessaires pour assembler ses différents constituants et permettre sa division à l'identique. Il est largement admis que la toute première cellule était une cellule de type bactérien, dépourvue de noyau*, dont le matériel génétique était contenu dans un filament d'ADN* circulaire rassemblé sous forme d'une pelote compacte en son centre. Ce type d'organisation, que l'on retrouve avec mille et une variations chez les très nombreuses espèces de bactéries*, caractérise les cellules que l'on appelle les procaryotes*, terme défini par Édouard Chatton en 1925.

Pendant 1,5 milliard d'années les cellules bactériennes représentent l'unique forme de vie présente sur notre planète (Figure 2). Bien sûr, pendant ce laps de temps, cet ancêtre bactérien s'est énormément diversifié, donnant en particulier deux grandes séries d'organismes procaryotes, les eubactéries et les archées*, qui représentent aujourd'hui encore une part essentielle du monde vivant. Mais il y a environ deux milliards d'années une innovation essentielle s'est produite : une cellule bactérienne a séparé son matériel génétique du reste du cytoplasme, en l'entourant d'une membrane interne. Le noyau cellulaire était

né et avec lui les eucaryotes, subdivision essentielle du monde vivant qui regroupe tous les organismes dont les cellules contiennent un noyau individualisé. Animaux, paramécies, plantes, amibes, champignons, algues : nous sommes tous des eucaryotes ! Cette innovation spectaculaire est déterminante pour la suite de l'histoire de la vie car elle va permettre une spécialisation de plus en plus raffinée des cellules.

Une autre innovation majeure va se produire ensuite, non pas une fois, mais plusieurs fois : certaines cellules vont se réunir entre elles, ou plutôt se diviser mais rester groupées après la division. C'est une étape très importante parce que le fait que des cellules restent associées de façon permanente va permettre à certaines d'entre elles de se spécialiser. De la même façon que lorsque plusieurs êtres humains se regroupent dans une ville, ils spécialisent leurs activités, certaines cellules vont s'impliquer uniquement dans la reproduction, d'autres dans la prise de nourriture, d'autres encore dans l'élimination des déchets. On va ainsi atteindre le stade de la vie multicellulaire* et cela se produit à différentes époques, au tout début de l'évolution des animaux mais aussi des plantes et des champignons. Cela explique le fantastique succès évolutif de ces différentes lignées qui vont se diversifier en une immense et magnifique série d'organismes parmi lesquels l'homme, le séquoia ou le cèpe !

Le monde des eucaryotes unicellulaires, des protistes, comme on les appelait du temps d'Édouard Chatton, c'est le monde des organismes vivants eucaryotes (leurs cellules ont donc un noyau) mais qui sont restés à l'état unicellulaire. Ils ne forment donc pas d'associations permanentes de cellules spécialisées, mais restent à l'état de simples cellules isolées même si, on le verra à l'occasion, ils adoptent parfois des formes d'associations temporaires qui montrent bien que la vie multicellulaire n'est pas apparue en une fois comme par magie (Planches 21, 32, 35 à 38, 40 et 41).

Observés depuis le XVII^e siècle, mal compris, les protistes sont restés largement ignorés pendant longtemps. Il faut dire que les naturalistes avaient déjà fort à faire pour décrire et comprendre la diversité terrestre et marine d'une taille « normale » par rapport à la nôtre. Cependant, après la découverte de l'incroyable richesse des animaux et des plantes tropicaux puis, dans la seconde moitié du XIX^e, la mise en évidence de la diversité marine, notamment suite aux grandes expéditions océanographiques comme celle du *Challenger* et celles du Prince Albert I^{er} de Monaco

dans les années 1870, la diversité du monde microscopique saute au visage des naturalistes. La vie foisonne à toutes les échelles ! Ils découvrent peu à peu sous leurs microscopes, avec émerveillement, une diversité insoupçonnée qu'ils comprennent d'autant plus mal qu'ils s'aperçoivent que ces êtres unicellulaires peuvent également être des parasites responsables chez l'être humain et les animaux de terribles maladies. Ainsi, en 1907, Alphonse Laveran, premier Français récipiendaire du Prix Nobel, est couronné justement « pour ses travaux sur le rôle des protozoaires* comme agents de maladies », en l'occurrence le parasite unicellulaire responsable du paludisme (Planches 54 et 55). Chez de nombreux naturalistes, à l'aube du XX^e siècle, il apparaît donc comme une évidence qu'il faut décrire cette vie microscopique, comprendre comment elle s'organise, révéler ses cycles de vie* souvent complexes, percer la façon dont ces formes vivantes peuvent être pathogènes.

C'est dans ce défi que, avec d'autres, Édouard Chatton va se lancer. Mais avant de voir comment ils sont parvenus à décrire et à mieux comprendre ces organismes, nous devons changer d'échelle et nous placer à celle des protistes pour nous rendre compte des défis que ces organismes doivent relever. Car tout faire avec une seule cellule, ce n'est pas simple !

Les Protistes : tout faire avec une seule cellule

Une cellule eucaryote est donc, chez les protistes, un organisme entier qui doit pouvoir réussir à tout faire : obtenir de l'énergie à partir du milieu extérieur, échapper aux prédateurs, résister aux changements de l'environnement et bien sûr se diviser. Pour réaliser toutes ces fonctions (manger, se déplacer, se défendre, se reproduire), les cellules eucaryotes ont une organisation en trois grands compartiments bien délimités, la membrane plasmique, le cytoplasme et le noyau qui chacun ont des fonctions précises permettant à l'ensemble de la cellule de fonctionner de façon cohérente (Figure 3).

La membrane

Examinons la membrane d'abord. Elle est fondamentalement importante car c'est grâce à elle que la

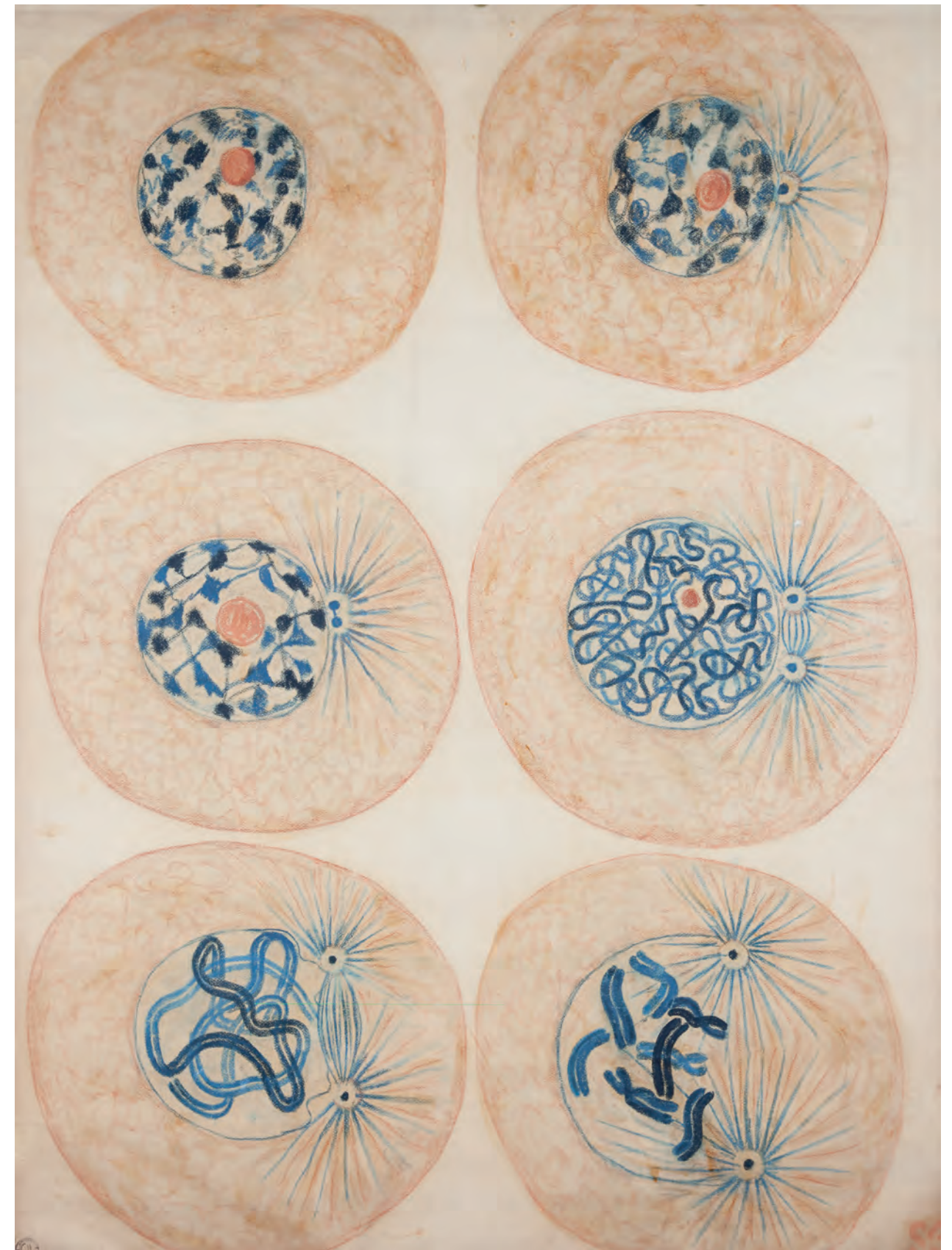
LA DIVISION CELLULAIRE, OU MITOSE. PREMIÈRES ÉTAPES

Édouard Chatton s'est passionné pour la division des cellules (appelée « mitose »). L'étude des protistes, des êtres unicellulaires qui se multiplient intensément par simple division de leur cellule, était particulièrement propice à l'observation de ce phénomène, directement accessible sous le microscope sans avoir à extraire les rares cellules en division noyées au milieu de tissus ou organes d'un être multicellulaire. Cette planche illustre, avec la suivante, les différentes étapes de la division d'une cellule virtuelle. Le cytoplasme (partie qui entoure le noyau) de la cellule est coloré en orangé. Le génome de la cellule, son ADN, est représenté en bleu foncé, et le nucléole, un sous-compartiment de ce génome, est rouge.

La planche représente la première étape de la mitose, que l'on appelle la prophase. En haut à gauche: la cellule est représentée dans son état fonctionnel, hors de la période de division. En haut à droite: elle manifeste les premiers signes précurseurs de la division. Au sein du noyau, le génome se condense. Dans le cytoplasme apparaît un réseau de filaments (des microtubules) en forme étoilée (un aster), autour d'une petite structure avec un granule

central, le centrosome. Au milieu à gauche: le génome poursuit sa condensation, les centrosomes qui formaient l'aster se dédoublent. Au milieu à droite, le génome est maintenant organisé en chromosomes, et les centrosomes dédoublés s'éloignent l'un de l'autre, formant chacun un aster. En bas à gauche, les chromosomes poursuivent leur condensation. Chacun d'entre eux est formé de deux bras d'ADN, les chromatides. Le nucléole n'est plus visible car il est incorporé dans les chromosomes. Les deux asters se sont éloignés l'un de l'autre et ont généré des microtubules les reliant l'un à l'autre. Cette structure de microtubules – deux pôles occupés par les centrosomes, qui organisent chacun un aster et sont reliés par des microtubules –, préfigure la machine qui va être le moteur mécanique de la division: le fuseau de division. L'enveloppe membranaire qui séparait noyau et cytoplasme disparaît. En bas à droite: les chromosomes sont au maximum de leur condensation, on peut les dénombrer (Édouard Chatton a choisi d'en figurer huit), chacun étant formé de ses deux chromatides. Ils entrent en connexion avec des microtubules qui les attirent au centre du fuseau de division.

► En rapport avec cette planche: Planches 2, 4, 10, 11, 48, 49, 50



REPRODUCTION SEXUÉE CHEZ LES PLANTES

Lors de leur cycle de vie, les végétaux alternent entre deux formes : l'une formée de cellules contenant un nombre double de chromosomes (phase diploïde) et l'autre dont les cellules ne contiennent qu'un seul jeu de chromosomes (phase haploïde). Les cellules haploïdes initiales sont issues d'une méiose (deux divisions qui réduisent le nombre de chromosomes par deux). Les cellules diploïdes initiales sont formées par la fécondation de deux gamètes haploïdes. Six cas sont représentés. Au centre de chaque dessin, les deux cercles concentriques représentent la durée des stades haploïde (1 trait) et diploïde (2 traits).

En haut à gauche, les mousses : la mousse est formée à partir d'une spore, une cellule haploïde (petite boule orange). La spore se multiplie et forme un filament ramifié (lignes blanches). Le long de ce filament, des bourgeons donnent naissance aux petites tiges feuillées vertes qui forment la mousse. À l'extrémité des tiges apparaissent des cellules qui forment soit des ovules (rouge), soit des spermatozoïdes (bleu). Quand le sol est humide, ces derniers nagent vers l'ovule et la fécondation produit une cellule diploïde. Celle-ci grossit, se multiplie et forme une petite tige verticale, à l'extrémité renflée en une capsule (orange). Cette dernière contient des cellules qui effectuent la méiose et deviennent donc haploïdes. Ce sont les spores qui sont libérées sur le sol. Chacune reforme une mousse.

En haut à droite, les fougères : au contraire de la mousse, la fougère est diploïde. Au revers de ses pinules, certaines cellules effectuent la méiose : elles deviennent donc haploïdes et sont appelées des spores (boules orangées). Ces spores se détachent de la fougère et chacune se multiplie en donnant un minuscule feuillet vert, le prothalle, qui est haploïde. Certaines des cellules du prothalle se transforment en oosphères (rouge, le gamète femelle) et d'autres en spermaties (bleu, équivalent du spermatozoïde). La fécondation entre ces deux cellules donne une cellule-œuf diploïde qui se multiplie et reforme une fougère.

Au milieu à gauche, la prêle (une fougère) : le cycle de vie de la prêle est très comparable au précédent. Les spores sont formées dans un épi situé au sommet de la tige. À la différence des autres fougères, les spores des prêles forment deux sortes de prothalles, certains produisant les oosphères (rouge) et les autres les spermatozoïdes (bleu). Quand le sol est humide, les spermatozoïdes s'échappent et nagent vers les cellules femelles. Il y a fécondation et production d'un œuf diploïde qui reforme une prêle.

Au milieu à droite, les gymnospermes (les conifères pour l'essentiel) : comme les fougères, les conifères sont diploïdes. Ils sont équipés de deux types de cônes, femelles ou mâles, qui contiennent des cellules qui effectuent la méiose. Dans les cônes femelles, la méiose produit des cellules haploïdes (boules orange) qui vont produire les gamètes femelles, ou oosphères (rouge). Dans les cônes mâles, les gamètes mâles (bleu) sont contenus dans des grains de pollen qui sont dispersés par le vent. La fécondation résulte en une cellule diploïde qui se transforme en une petite plantule au sein du cône femelle. Cette plantule est finalement dispersée par le vent et reforme un nouvel individu.

En bas à gauche, les angiospermes monocotylédones (les graminées pour l'essentiel). Ce sont des plantes diploïdes, présentant des fleurs au sein de l'épi qui termine leur tige (orange). Ces fleurs contiennent les organes reproducteurs au sein desquels des cellules effectuent la méiose, ce qui produit un ovule haploïde (rouge) au sein du carpelle, et des gamètes mâles également haploïdes (bleu) contenus dans les grains de pollen des étamines. Ces grains de pollen sont dispersés par le vent et fécondent les ovules quand ils tombent sur une fleur. La fécondation a lieu et donne une cellule-œuf diploïde qui se transforme en graine, puis en une nouvelle graminée.

En bas à droite, les angiospermes dicotylédones (arbres -conifères exclus- et plantes à fleurs colorées) : le cycle de vie est très proche de celui des monocotylédones. Le pollen est plutôt dispersé par les animaux et non le vent.



LES LOIS DE L'HÉRÉDITÉ. DOMINANCE INCOMPLÈTE

Édouard Chatton a utilisé un symbole représentant la plante *Mirabilis* (plus connue sous son nom commun de Belle de nuit). Le gène dont la transmission est étudiée est présent dans chaque fleur sous deux formes distinctes, que l'on appelle des allèles : un allèle que nous appellerons « blanc » car il donne à la fleur une couleur blanche, et un allèle « rouge » qui lui confère la couleur rouge. Les parents (P) ont, pour celui de gauche, deux allèles blancs, et pour celui de droite, deux allèles rouges. Leurs descendants (F1) héritent d'un allèle de chaque parent, donc d'un allèle blanc donné par le parent de gauche et d'un allèle rouge donné par le parent de droite. Or, les descendants F1 ne sont ni blancs, ni rouges ! Ils sont tous roses, ce qui montre qu'aucun des deux allèles

ne domine. L'allèle blanc et l'allèle rouge s'expriment tous les deux à la fois, et génèrent un caractère intermédiaire, ici la couleur rose. On appelle ce phénomène « dominance incomplète ». On croise deux de ces F1 ensemble. Un quart de leur descendance (F2) est rouge (à droite) : ils ont hérité de deux allèles rouges. Un quart possède deux allèles blancs et est donc blanc (à gauche). La moitié possède un allèle blanc, et un allèle rouge, et est donc rose (milieu). Les croisements illustrés ensuite viennent toujours confirmer le fait que chaque parent donne au hasard l'un de ses deux allèles à sa descendance, et que si les deux allèles sont présents simultanément, ils s'expriment tous deux et produisent une couleur intermédiaire.

► En rapport avec cette planche : Planches 16, 18



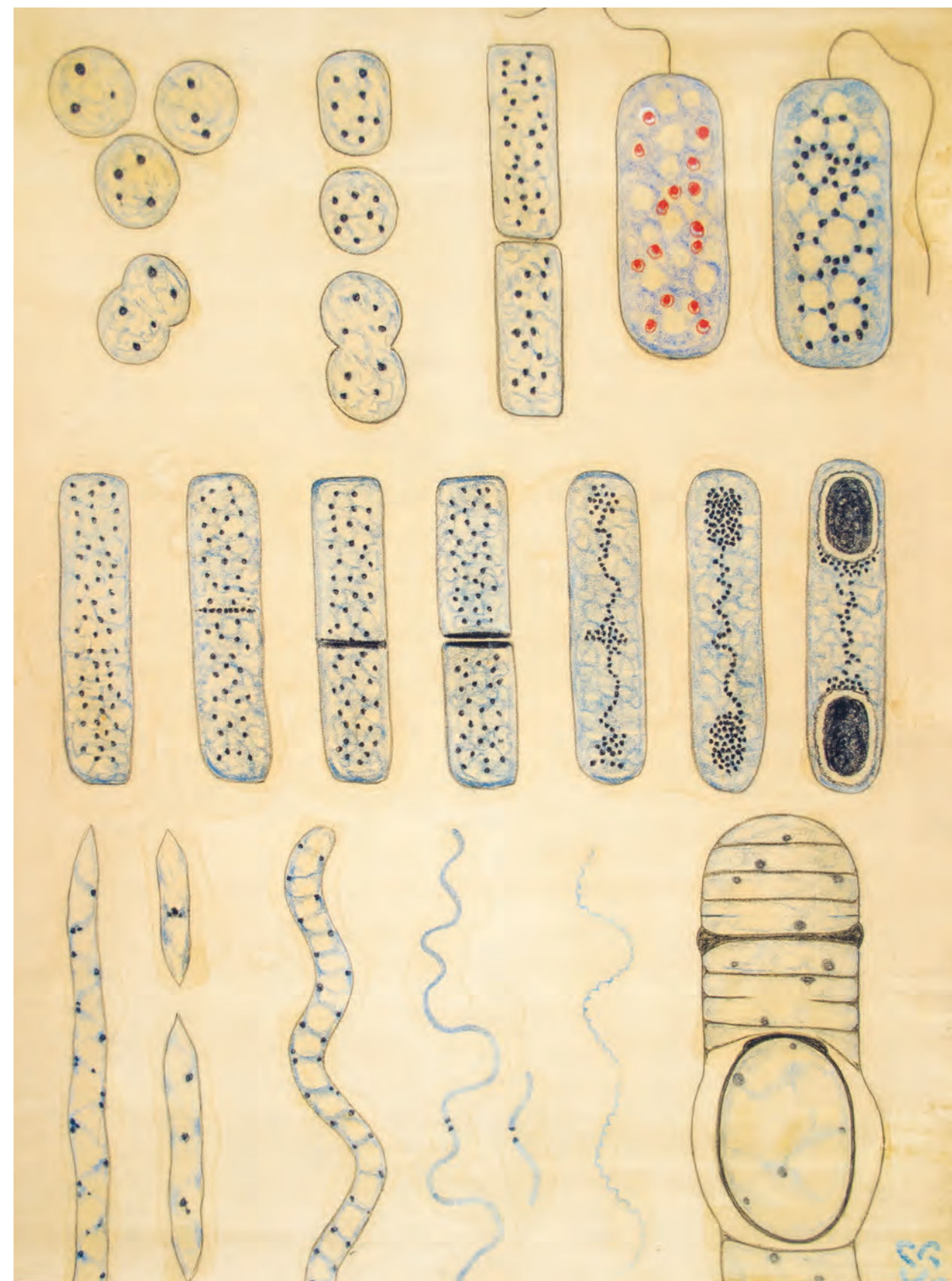
LA BACTÉRIE OSCILLOSPIRA GUILLERMONDII

Oscillospira guillermontii est une bactérie découverte en 1913 par Édouard Chatton, dans l'intestin des cobayes de l'Institut Pasteur. Elle est anaérobie (elle vit dans des milieux dépourvus d'oxygène) et on la trouve dans la panse de très nombreux animaux herbivores. Elle se présente sous forme de filaments très robustes, qui montrent un cloisonnement assez clair: chaque compartiment est une cellule. Les filaments sont figurés dans le bas de la planche. *Oscillospira* est très mobile. Les filaments se déplacent suivant une ligne hélicoïdale (partie centrale des dessins du bas). Les cellules se multiplient par coupure transversale (les 4 dessins de la partie centrale, à gauche), provoquant l'allongement du filament, qui peut se couper transversalement. Des cellules du filament peuvent fusionner et se transformer en une spore, d'une taille beaucoup plus importante que les cellules initiales. Les premières étapes de la

formation de deux spores sont illustrées par les 3 dessins de la partie médiane, sur la droite. Une spore prête à être libérée est illustrée sur le dessin du bas à droite. Une fois libérée, la spore se divise et reforme un nouveau filament (les 3 dessins du haut, à gauche).

Les deux dessins en haut à droite sont énigmatiques. En effet, ni *Oscillospira*, ni la cyanobactérie *Nostoc*, qu'Édouard Chatton avait rapprochée d'*Oscillospira* en raison de son organisation en longs filaments pluricellulaires, ne possèdent de flagelle, contrairement à ce qui est illustré.

Oscillospira guillermontii n'a jamais été cultivée en laboratoire mais suscite actuellement beaucoup d'intérêt car elle est présente dans le tube digestif humain où elle semble participer de façon importante à l'équilibre du microbiote. Elle jouerait en particulier un rôle significatif pour limiter l'inflammation et l'obésité.



LES CNIDOCYTES DES CNIDAIRES

Les cnidaires sont des animaux aquatiques regroupant les anémones de mer, les méduses et les coraux. Leur nom vient du fait qu'ils sont équipés de cellules urticantes appelées cnidocytes (attention, ce sont des cellules, ne pas confondre avec les cnidocystes, qui sont des vésicules!). Elles sont concentrées à l'extrémité des tentacules de l'animal (dessin du haut à gauche, représentant l'hydraire *Cladonema*). Ces cellules sont représentées en détail dans le dessin en haut à droite. Elles sont localisées dans l'épiderme de l'animal qui contient aussi d'autres types cellulaires. Sous l'épiderme se trouve une couche aqueuse figurée ici en blanc-rosé, puis en dessous un feuillet interne de cellules possédant des flagelles (filaments bleus). Les cnidocytes contiennent une vésicule, le cnidocyste (figuré en orange), qui renferme un liquide urticant et un filament creux enroulé en forme de harpon torsadé autour de son axe. À leur surface, elles possèdent un cil, le cnidocil, figuré ici sous la forme d'une petite baguette noire. Le noyau du cnidocyte est figuré en rouge sous le cnidocyste. Entre les cnidocytes sont logées des cellules interstitielles. Le cnidocil agit comme une gâchette. Lorsqu'il est excité par un signal extérieur, la présence d'une proie potentielle par exemple, il provoque l'expulsion du contenu du cnidocyste qui s'éverse en doigt de gant à l'extérieur: le harpon filamenteux est expulsé et le liquide urticant se déverse. Il s'agit d'un mouvement violent, l'un des plus rapides du monde animal.

► En rapport avec cette planche: Planches 8, 28, 29

Le cnidocyte est à usage unique: une fois l'expulsion réalisée, il meurt et est remplacé par un nouveau.

Les trois dessins du cadran de gauche en bas montrent des cnidocystes. On voit qu'ils sont pourvus d'un opercule à leur sommet, qui s'ouvre lors de la décharge, et que la base du harpon est couverte d'épines. Le cnidocil possède des filets nerveux (en noir) qui se raccordent à l'ampoule du cnidocyste mais se prolongent aussi vers la base de la cellule où ils sont en connexion avec des cellules nerveuses. Ceci explique que la stimulation mécanique et chimique (détection d'odeurs) du cnidocil déclenche l'ouverture du cnidocyste. Les deux dessins du bas à droite montrent la décharge du cnidocyste, chez deux espèces de cnidaires. La base du harpon est couverte d'épines et le filament lui-même peut être couvert de crochets. Ceux-ci pénètrent dans la proie et le liquide venimeux y est injecté.

Pourquoi Édouard Chatton, spécialiste des protistes, s'est-il intéressé aux cnidocystes des cnidaires? Parce qu'il avait découvert avec surprise que certains protistes, comme *Polykrikos schwartzii*, en possèdent aussi! On sait à présent que ces structures n'ont qu'une ressemblance superficielle et qu'elles ne sont pas apparentées, mais il a fallu pour le déterminer utiliser des moyens très poussés de microscopie électronique. Avec les moyens dont il disposait, Édouard Chatton ne pouvait qu'être fasciné par cette ressemblance et tenter d'en tirer une signification évolutive.

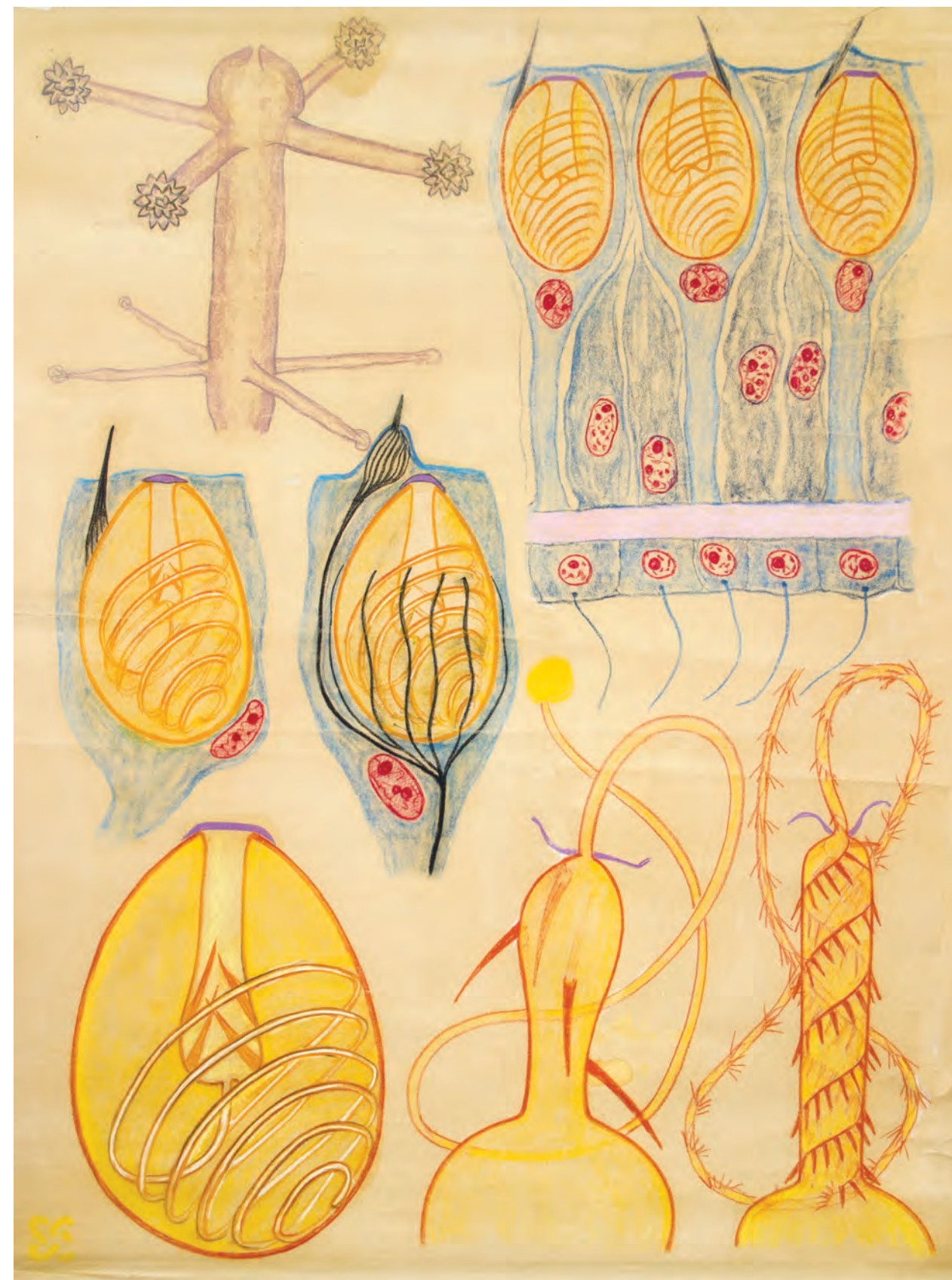


Planche 32
HAPLOZOON

Cet organisme a été identifié quasi-simultanément par le professeur russe Valentin Dogiel et Édouard Chatton vers 1906. Il s'agit d'un parasite fixé dans l'intestin de vers marins. Valentin Dogiel le classe dans la catégorie des êtres pluricellulaires. C'est à Édouard Chatton, qui étudie scrupuleusement toutes les phases de sa vie que l'on doit de découvrir qu'*Haplozoon* fait partie des dinoflagellés unicellulaires.

En haut figure *Haplozoon armatum*. À gauche, sa vie commence sous forme d'une seule cellule, appelée « cellule céphalique » ou trophocyte, ici en division. Cette cellule est équipée d'un stylet aigu qui lui permet de pénétrer dans les cellules intestinales du ver qu'elle infecte. De gauche à droite, les quatre dessins du haut représentent les poussées successives de divisions des cellules, qui permettent l'allongement du filament.

Le grand dessin en bas à gauche représente toujours *Haplozoon armatum*. On voit que le « corps » continue de s'agrandir grâce aux divisions des cellules et que la cellule initiale, dite « céphalique », est restée en position apicale. Cette cellule est représentée en détail sur la droite. On y voit le noyau en division sous forme de deux masses noires et tout l'équipement qui permet la fixation et la nutrition du parasite : le stylet à gauche qui permet des perforations et qui peut se rétracter ou s'ériger selon les besoins, des pseudopodes qui sont des extensions de la membrane qui permettent à la

cellule de se déplacer et de s'intercaler entre les cellules intestinales, et des stries verticales qui sont des fibrilles qui permettent à la cellule de se contracter. Plus à droite, un dessin représente le contact établi entre les cellules intestinales du ver parasité et la cellule céphalique d'un *Haplozoon*. Grâce à la contraction des fibrilles, les pseudopodes se concentrent au sommet de la cellule céphalique et s'infiltrent profondément entre les cellules intestinales, assurant un bon ancrage à l'intestin. Le stylet perce les cellules intestinales, permettant de récupérer leur contenu pour la nutrition.

Une autre espèce d'*Haplozoon* est représentée en bas au milieu : *Haplozoon lineare*, composé d'une chaîne linéaire de cellules toutes égales, aplaties en disques. Sa cellule céphalique, représentée en bas à droite est différente de celle d'*Haplozoon armatum*. Outre le stylet perforateur entouré d'une gaine, la cellule possède de nombreux stylets de remplacement, disséminés sans ordre dans la cellule.

La position phylogénétique précise au sein des dinoflagellés de ces *Haplozoon*, dont il existe à présent au moins une quinzaine d'espèces décrites, et sans doute beaucoup plus à découvrir, reste toujours très discutée. C'est souvent le cas pour les parasites qui ont des morphologies très éloignées du type représentatif de leur famille et souvent des génomes qui évoluent très rapidement.

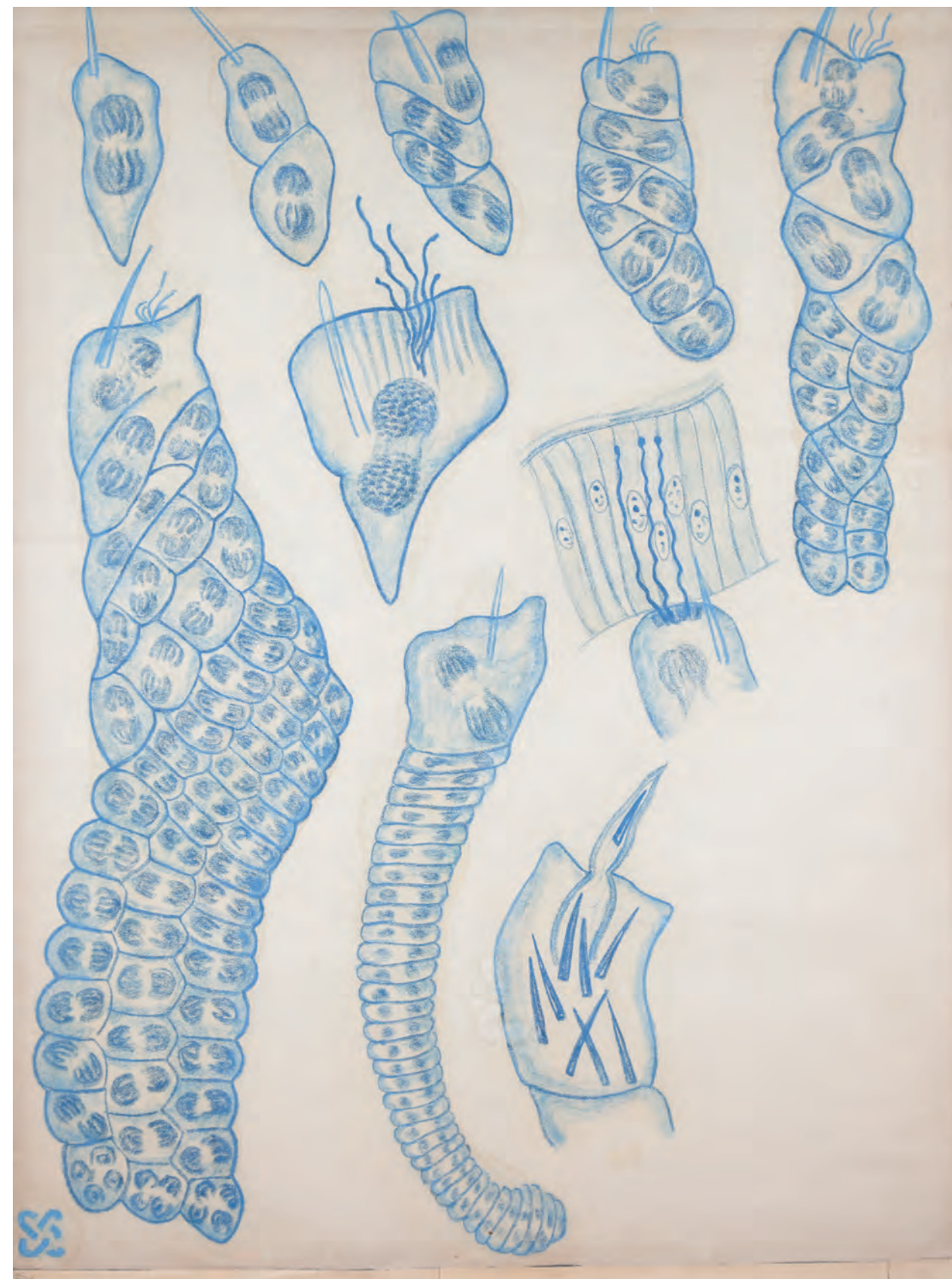


Planche 38
VOLVOX

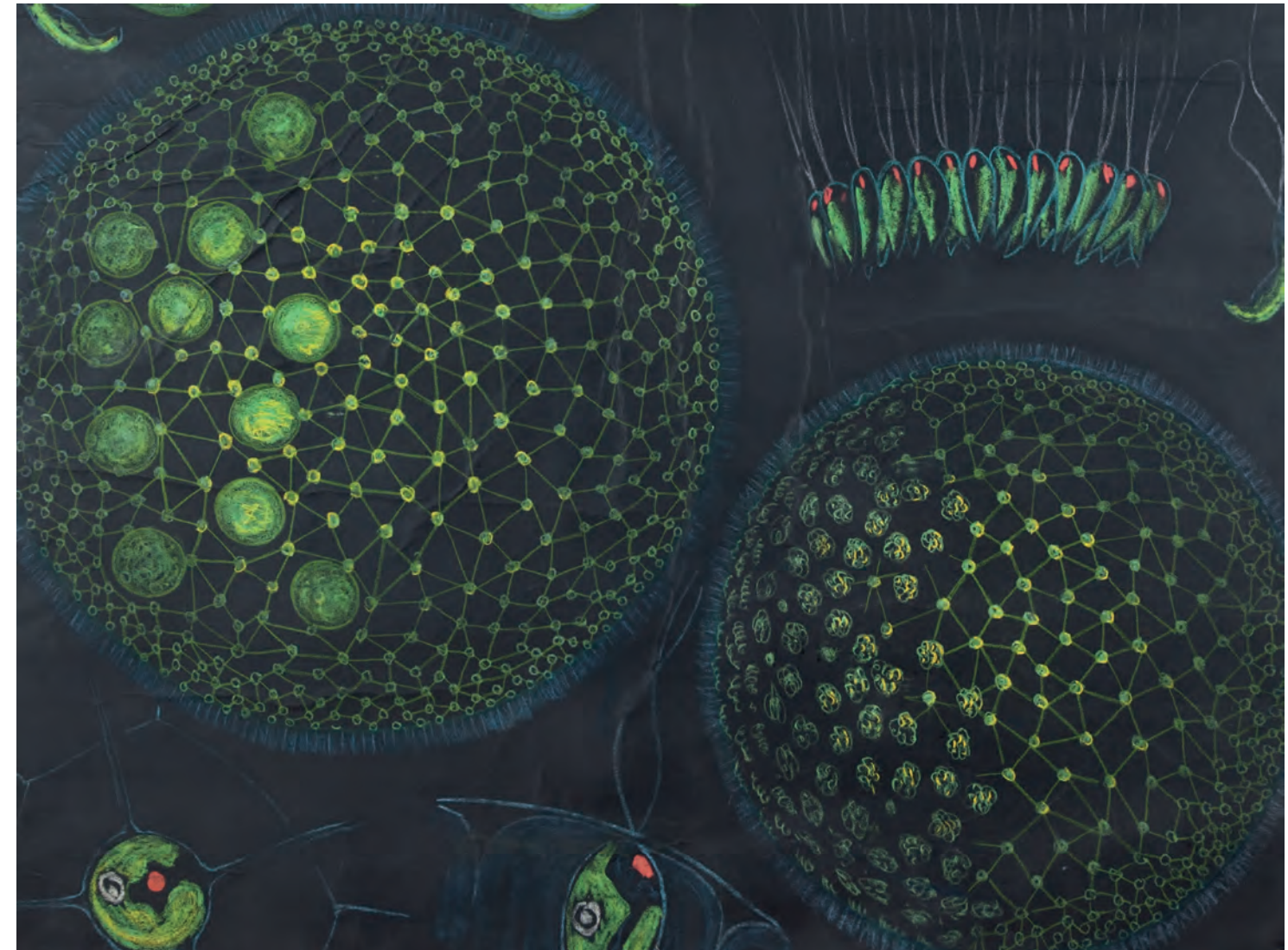
Le haut de la planche a été abîmé et nous ne présentons que les deux-tiers inférieurs. Comme les *Gonium* et les *Eudorina*, les *Volvox* sont des algues vertes unicellulaires d'eau douce, qui vivent sous forme de colonies. Les cellules, encloses dans une masse gélatineuse sphérique, contiennent plusieurs centaines à plusieurs milliers de cellules. Comme le montre la portion de schéma tout en bas de la planche, ces cellules ressemblent à celles de *Gonium* et d'*Eudorina*: elles contiennent un grand chloroplaste en forme de cupule (vert) comprenant un micro-compartiment (un pyrénôïde) concentrant les enzymes de la photosynthèse (en blanc), un stigma, ou tâche oculaire, qui perçoit la lumière (point rouge), et deux flagelles de même longueur (filaments blancs).

Les deux grosses sphères représentent des colonies de *Volvox*. Les cellules sont situées en périphérie de la sphère, le centre étant occupé par un matériel gélatineux. Sur la sphère de gauche, chaque petit point est une cellule, et ces cellules sont reliées les unes aux autres par des ponts de leur cytoplasme, figurés par les filaments qui vont d'une cellule à l'autre et conférant cet aspect réticulé. On distingue au sein de la colonie de plus grosses sphères appelées gonidies: ce sont de jeunes colonies-filles, issues de la division de cellules de la colonie. Les colonies-filles vont se multiplier et grossir, jusqu'à faire éclater la colonie-mère initiale. Il s'agit là d'un mode de reproduction asexué, le plus commun chez *Volvox*.

► En rapport avec cette planche: Planches 35, 36, 37, 39

Volvox peut utiliser plus rarement un mode de reproduction sexué, déclenché par des conditions environnementales défavorables. Le dessin de droite représente une colonie de *Volvox* orientée vers la production de gamètes. Les cellules habituelles de la colonie ne changent pas leur fonctionnement, on les distingue unies par leur réseau de ponts cytoplasmiques sur la droite. En revanche, les cellules des gonidies, au lieu de se diviser produisent des cellules reproductrices. Ce sont les petits massifs présents sur la partie gauche de la sphère. Les gamètes mâles (figurés au-dessus de la colonie) sont libérés par paquets et très mobiles. Les gamètes femelles, gros et immobiles, restent au sein de la colonie. Les premiers nagent activement, pénètrent à l'intérieur des colonies où se trouvent les seconds et les fécondent. Cela produit une cellule-œuf qui s'entoure d'une paroi résistante et entre en vie ralentie jusqu'à ce que les conditions environnementales redeviennent favorables. Elle se transforme alors en cellule biflagellée caractéristique et forme une nouvelle colonie en se divisant.

Volvox, dont il existe plusieurs dizaines d'espèces, représente clairement le couronnement d'une évolution vers une forme de multicellularité qui s'est développée au sein des algues vertes unicellulaires. En partant de l'algue non-coloniale *Chlamydomonas*, on passe par différentes étapes de colonies, comme chez *Gonium* puis *Pandorina* et *Eudorina*, pour aboutir aux fascinants édifices de *Volvox* qui peuvent contenir 50 000 cellules.



TRYPANOSOMES NON-PATHOGÈNES

Les trypanosomes sont des parasites infectant des vertébrés, dont l'être humain, chez lesquels ils peuvent provoquer des maladies. Ils sont souvent transmis par un invertébré qui se nourrit de sang, des insectes ou des sangsues. Édouard Chatton a ici représenté plusieurs espèces de trypanosomes qui n'infectent pas les mammifères et ne provoquent apparemment pas de maladies chez leurs hôtes (ici, des poissons, des amphibiens et des reptiles). Il a illustré la variété des formes morphologiques adoptées par ces différentes espèces. Elles lui ont permis de proposer la façon dont elles avaient dérivé les unes des autres sur le plan évolutif, ce que désormais l'analyse génomique permet de réaliser bien plus facilement. Précurseur, Édouard Chatton avait compris l'importance de l'infinie diversité des formes vivantes de protistes, y compris ceux qui ne sont pas directement responsables de maladies humaines.

La constante est la présence du noyau, représenté par un grand cercle rouge ou orangé, la présence d'un flagelle (le fil rouge) qui s'ancre dans un kinétoplaste (le bouton rouge-noir). Les formes présentées, appelées « trichomastigotes », sont celles infectant l'hôte vertébré. À l'exception des deux cas au centre, le kinétoplaste est localisé en-dessous du noyau, du côté postérieur de la cellule. En général, le flagelle émerge à l'extrémité antérieure, sous la forme d'un fouet. À partir de ce thème de base, des variations morphologiques importantes caractérisent chacune de ces formes.

► En rapport avec cette planche: Planches 44, 46, 47

La cellule, plus ou moins trapue, a souvent la forme d'un fuseau. Le cytoplasme (en bleu) peut être parcouru de stries, homogène, ou rempli de vacuoles. Avant de faire saillie à l'extérieur, le flagelle est le plus souvent soudé à la cellule par une membrane ondulante dont la surface et le nombre d'ondulations sont plus ou moins importants.

Deux formes très curieuses sont représentées en bas à gauche et sur l'avant-dernière ligne, second dessin à partir de la gauche. Ces deux trypanosomes n'ont plus du tout de forme fusiforme, le kinétoplaste est entré en contact direct avec le noyau, et le flagelle s'est réduit. Encore présent avec une membrane ondulante dans le dessin du haut (*Trypanosoma rotatorium*, qui infecte des grenouilles), il est réduit à un tout petit vestige en bas à gauche, chez *Trypanosoma chattoni* (ainsi nommé car découvert par Édouard Chatton) qui infecte le crapaud masqué. Seule l'observation du cycle de vie de ces deux trypanosomes et l'accès à leurs formes juvéniles retrouvées chez les têtards, et qui présentent des formes caractéristiques, permet de comprendre que ces deux flagellés sont des trypanosomes tant leurs formes matures en ont perdu les attributs.

La diversité des trypanosomes a récemment été étudiée par des chercheurs canadiens qui ont retracé leur histoire évolutive, démontrant ainsi que *Trypanosoma chattoni* était une espèce assez éloignée des autres trypanosomes de grenouilles.



LE SYSTÈME INFRACILIAIRE DE *GLAUCOMA PIRIFORMIS*

Ce dessin, issu d'un article publié par Édouard Chatton en 1935¹, illustre la distinction entre deux systèmes contenus dans la cellule du protiste cilié *Glaucoma piriformis* (appelé depuis 1950 sous un autre nom, *Tetrahymena pyriformis*), l'infrastructure et le système argentophile. Édouard Chatton a observé ce *Glaucoma* au microscope par deux techniques.

Sur la partie gauche de la planche, où deux dessins sont dans les tons bleus, il a utilisé une coloration au fer. Il observe des stries ciliaires, identiques à celles qu'il distingue sur les *Glaucoma* vivants. Le dessin du bas représente une partie de *Glaucoma piriformis*. Chaque strie est formée d'un fil très ténu et rectiligne (en bleu sombre) qui ne se ramifie jamais. Ces fils portent des granules basaux à partir desquels les cils émanent directement (les cils ne sont représentés que sur la droite, pour simplifier le schéma). On peut distinguer des granules basaux en train de se doubler, toujours sur le fil. Les formes gris-bleu pâle sont des mitochondries, les organites qui servent à la production d'énergie. Stries et granules basaux forment le système infraciliaire, un élément de l'appareil ciliaire (ou cinétosome). Le dessin du haut à gauche représente le pôle antérieur de *Glaucoma piriformis*.

Sur la partie droite de la planche, où les dessins sont de teinte orangée, Édouard Chatton a utilisé une coloration à l'argent. Surprise, il y observe une structure bien différente de la précédente. On voit dans le dessin du bas à droite que les granules basaux, alignés, sont toujours visibles (grains noirs). En revanche, cette coloration ne révèle pas les stries rectilignes observées précédemment, mais des cordons très sinueux et ramifiés (fils orange). Le dessin du haut à droite

représente le pôle antérieur de *Glaucoma piriformis* où les cordons colorés à l'argent sont reliés par des anastomoses circulaires, ce qui n'est pas du tout le cas des stries infraciliaires qu'on peut voir dans le dessin de gauche. Édouard Chatton a baptisé ce réseau « système argentophile » ou argyrome. Le dessin central représente l'argyrome d'une autre espèce de *Glaucoma*, *Glaucoma scintillans*, chez lequel les cordons sont particulièrement circonvolués.

Grâce à deux techniques distinctes, Édouard Chatton a mis en évidence deux réseaux de la cellule bien différents, celui des stries rectilignes qui organise la ciliature, et celui des cordons sinueux colorables à l'argent, dont on ignore la fonction. Il clôt ainsi une importante controverse scientifique de l'époque. Certains auteurs qui n'avaient utilisé qu'une seule technique, celle de l'imprégnation à l'argent, avaient confondu argyrome et stries ciliaires, prétendant que les cils prenaient naissance sur les cordons sinueux. Comme ces cordons disparaissent totalement lorsque les cellules se divisent, ces scientifiques défendaient la thèse selon laquelle les cils sont reformés *de novo* dans les cellules issues d'une division. Édouard Chatton a montré qu'il n'en était rien, et que la continuité était bien assurée lors de la division cellulaire grâce à la persistance des stries et des granules basaux.

Glaucoma piriformis a une autre caractéristique. Ce cilié (un Alvéolate) a eu le privilège d'être étudié par deux Prix Nobel français: André Lwoff d'abord qui, dans la lignée de son maître Édouard Chatton a réalisé des cultures pures de cet organisme en 1923; puis en 1935 Jacques Monod, qui a étudié sa croissance en fonction de la quantité de nutriments disponibles.

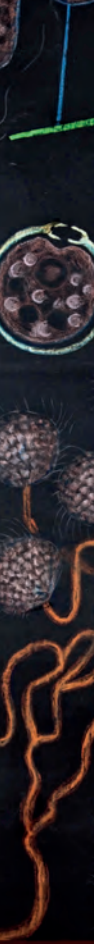
► En rapport avec cette planche: Planches 3, 5, 61, 63, 64, 70

1. Édouard Chatton et Simone Brachon, « Discrimination, chez deux infusoires du genre *Glaucoma*, entre système argentophile et infrastructure ». 1935. *C. r. soc. biol.*, vol. CXVIII, p. 399-402.



Table des matières

Préface	7
Chapitre 1	
Édouard Chatton ou la passion de la biologie	9
De l'écllosion d'une vocation naturaliste à Belfort aux débats biologiques parisiens (1883-1901)	10
Entre la Sorbonne et les stations océanographiques : naissance d'une passion pour la faune marine (1901-1906)	13
À l'Institut Pasteur de Paris : protistologie et pathogénicité (1907-1913)	18
Des tranchées du Nord de la France au Sud-Tunisien (1913-1919)	21
Le choix de l'université de Strasbourg : la liberté d'action (1919-1932)	24
Enseignement : une pratique, une vision, des réformes	25
Découvertes, nouveaux concepts, mise à bas de vieux dogmes : les leçons des Amœbiens, Thigmotriches et Apostomes	27
1921, naissance de l'amitié d'une vie : rencontre avec André Lwoff	31
Débats et rayonnement à l'international	33
Une paternité tombée dans l'oubli : eucaryotes et procaryotes	35
Le choix de l'université de Montpellier : enfin la mer (1932-1937)	37
Peu d'attraits pour les ors de la République, peu d'honneurs pour un grand maître	40
La quiétude strasbourgeoise regrettée, règlements de compte dans les cénacles parisiens	40
Méthodes et technologies : nitrate d'argent, geckos et thermostats électriques	42
Arpenter, échantillonner : le legs d'une enfance naturaliste	44
Travailler aux côtés du professeur Chatton	46
Une collaboratrice exceptionnelle, un destin tragique : Berthe Biecheler	53
La réalisation d'un rêve : la direction du laboratoire Arago de Banyuls (1937)	55
Une prise de fonction compliquée (1938-1942)	56
Réquisition et évacuation du laboratoire Arago (1942-1944)	60
Retour au Laboratoire Arago, le rendez-vous tragiquement manqué (1944-1947)	62
Chapitre 2	
Les protistes, <i>terra incognita</i> de la biologie	63
Une merveilleuse diversité	63
Les Protistes : tout faire avec une seule cellule	65
L'histoire évolutive des protistes	71
L'origine des eucaryotes	90
Les protistes dans l'environnement	99
La recherche sur les protistes aujourd'hui	102
Planches	109
Postface	269
Glossaire	271
Sources	277
Remerciements	279



Apparus sur notre planète il y a plus d'un milliard d'années, on les trouve aujourd'hui dans toutes les eaux, dans tous les sols et même au sein d'autres êtres vivants. Jouant un rôle essentiel pour les grands équilibres de la Terre, ils adoptent toutes sortes de formes et de couleurs, changent d'aspect au rythme de spectaculaires métamorphoses, nagent, rampent, s'accrochent à un support ou se laissent flotter au gré des courants... Fascinants et magnifiques, ils sont également si minuscules que nous ne les voyons pas.

Ni bactéries, ni virus, ce sont les protistes, des êtres microscopiques formés d'une seule cellule. Il y a un siècle, un chercheur génial les a passionnément étudiés : Édouard Chatton, formé à l'Institut Pasteur, professeur des universités de Strasbourg, de Montpellier et de la Sorbonne, directeur des stations marines de Sète, puis de Villefranche-sur-Mer et de Banyuls-sur-Mer. Fasciné par la beauté étrange et mystérieuse de ces protistes, il en a percé les secrets intimes, faisant émerger au passage des concepts visionnaires qui ont fourni des cadres à la biologie contemporaine, et les a dessinés avec talent. Originaux, colorés, chargés d'une merveilleuse beauté autant que d'exactitude scientifique, voici les dessins qui vous feront plonger dans ces mondes infinitésimaux dont Édouard Chatton a été le fabuleux explorateur.

Catherine Jesus est directrice de recherche au CNRS. Elle a dirigé le Laboratoire de biologie du Développement à Sorbonne Université, et l'Institut des Sciences biologiques (INSB) du CNRS. Elle a dirigé l'ouvrage Étonnant vivant (CNRS Éditions, 2017).

Vincent Laudet a dirigé, comme Édouard Chatton, la station marine de Banyuls-sur-Mer. Il est professeur de Biologie Marine à Okinawa Institute of Science and Technology (OIST) au Japon.

Préface de Tim Hunt, prix Nobel de Physiologie ou Médecine
Postface de Nathalie Gallissot, conservatrice en chef du patrimoine

29 € prix valable en France
ISBN : 978-2-271-13403-5



9 782271 134035

 UN LIVRE A
LE MÊME PRIX
PARTOUT

www.cnrseditions.fr

Maquette :  SYLVAIN COLLET