

RECHERCHES EXPÉRIMENTALES
SUR
LA MULTIPLICATION DES INFUSOIRES CILIÉS

PAR
E. MAUPAS
Sous-bibliothécaire à Alger.

HISTORIQUE

Au mois d'août 1885, j'abordai l'étude de la conjugaison des Ciliés avec la ferme volonté de ne pas abandonner cette question, avant d'avoir vérifié par moi-même ce qu'en avaient dit les auteurs antérieurs et comblé les lacunes qui me semblaient exister dans leurs observations et leurs interprétations. Mais dès que je me fus un peu orienté au milieu des problèmes complexes de morphologie et de physiologie de ces phénomènes, je ne tardai pas à acquérir la conviction que, pour en saisir la vraie et complète signification, il était nécessaire au préalable de bien connaître les lois et conditions de multiplication des Ciliés. J'interrogeai les publications antérieures; mais n'y trouvai que des renseignements incomplets et tout à fait insuffisants. Les quelques observations publiées par mes devanciers, avaient été faites en quelque sorte d'une façon accidentelle, sans suite prolongée et à l'aide de méthodes peu précises et dénuées de critique. Je me décidai donc à reprendre moi-même l'étude de ces questions et à la poursuivre parallèlement à mes recherches sur la conjugaison. C'est ainsi qu'est né le présent travail, dont les principaux résultats et les conclusions ont déjà été communiqués à l'Académie des sciences dans sa séance du 4 avril 1887. ¹

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CIV, p. 1006.

La marche à suivre dans ces recherches est tout indiquée d'elle-même. Il faut isoler des individus de diverses espèces, les élever, les faire multiplier et suivre jour par jour les générations successives de leurs descendants. Très peu d'essais ont été tentés dans cette voie.

Le premier auteur qui ait fait une tentative est Bénédict de Saussure, le célèbre explorateur des Alpes. Voulant vérifier par lui-même si les animalcules des infusions se multipliaient comme les Polypes (Hydres) par divisions et subdivisions continues, il vint à bout, dit-il, à force de patience, de mettre un Infusoire parfaitement seul dans une goutte d'eau. L'animalcule se partagea en deux sous ses yeux; le lendemain, ces deux étaient devenus cinq, le surlendemain soixante, le quatrième jour un si grand nombre, qu'il fut impossible de les compter¹. La description donnée par de Saussure étant insuffisante, il est impossible de dire aujourd'hui quelle espèce lui servit dans cette expérience. Tout au plus pouvons-nous supposer que ce fut une Paramécie, ou quelque Oxytrichide. Le seul fait à retenir de cette observation, c'est que le troisième jour l'Infusoire observé se fissionna jusqu'à quatre fois dans les vingt-quatre heures. Ce chiffre est assez fort et nous indique à la fois une température assez élevée et une espèce d'une grande puissance de multiplication.

Après de Saussure, nous rencontrons les observations de Guanzati, publiées en 1796. Insérées dans un recueil fort peu connu², elles sont demeurées longtemps à peu près oubliées, bien que par leur exactitude elles soient de beaucoup supérieures à celles d'Ehrenberg. L'espèce, qui servit à Guanzati pour ses observations et à laquelle il donne le nom de *Proteus*, est décrite assez sommairement. Cette description suffit cependant pour nous permettre d'y recon-

¹ Lettre du 28 septembre 1769 à Ch. Bonnet, publiée par Spallanzani : *Opuscules de physique animale et végétale*, chap. ix, et reproduite par Balbiani : *Journal de micrographie*, t. V, 1881, p. 439.

² *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*, t. XIX, Milano, 1796, p. 3-21, traduit en allemand par de Siebold dans *Zeitschrift für wiss. Zoologie*, t. V, 1854, p. 432-442. Je cite d'après cette traduction.

naître un Cilié de la famille des Oxytrichides et peut-être même du genre Oxytriche, et non pas un Amphileptus, comme l'a prétendu Ehrenberg. L'observateur italien isola un individu, puis, éliminant un des rejetons après chaque bipartition, il le vit se diviser vingt fois en huit jours. Un second individu isolé donna naissance à soixante-quatre individus en deux jours et par conséquent s'était divisé six fois. Guanzati reconnut l'influence de la température ; car, dit-il, les divisions se succèdent d'autant plus rapidement que le temps est plus chaud. Malheureusement, il ne précise pas autrement cette donnée. Dans les conditions où il opérait, son Infusoire avait donc une puissance maximum de multiplication de trois divisions par vingt-quatre heures.

Ehrenberg renouvela en 1830¹ ces expériences. Au mois de novembre de cette année, il isola quatre *Paramecium aurelia* et une *Stylonichia mytilus*, dont il suivit le développement et la multiplication pendant dix jours. Ehrenberg plaça chacun de ses Infusoires dans un petit tube de verre fermé et nota chaque jour ce qui s'y passa. Voici, résumés sous forme de tableau, les résultats de ses observations :

	P. aurelia.		St. mytilus.
	A.	B.	
14 novembre.....	1	1	1
15 —	1	1	1
16 —	1	1	1
17 —	1	1	1
18 —	1	1	1
19 —	1	1	1
20 —	5	8	3
21 —	5	8	3
22 —	6	18	12
23 —	Trop grand nombre pour pouvoir compter.		

Des quatre Paramécies isolées, deux disparurent sans se reproduire. Les deux autres, ainsi que la Stylonichie, demeurèrent d'abord

¹ *Abhandlungen der Akad. der Wissenschaft zu Berlin*, 1831, traduit dans *Annales des sciences naturelles, Zoologie*, 2^o série, t. I, 1834, p. 205-207. — Voir également son grand ouvrage, *Die Infusionsthierchen*, etc., 1838, p. 351 et 371.

cinq jours sans aucun changement, « sans que leur force reproductive se soit développée », dit Ehrenberg ; par suite du manque de nourriture, aurait-il dû ajouter. Dans le milieu étroit où étaient renfermés ces Infusoires, les aliments durent d'abord y être trop rares pour leur permettre de se développer et se multiplier. Ces aliments finirent par s'accroître sous la forme de Schizomycètes, qui se développèrent et alors les Ciliés bien nourris se fissiparèrent. Le sixième jour, la Paramécie A donne naissance à cinq rejetons, la Paramécie B à huit et la Stytonichie à trois. Le lendemain, arrêt total dans la multiplication, qui recommence le huitième jour. En résumé, pendant cette durée de huit jours, la Paramécie A ne s'est bipartitionnée que trois fois, la Paramécie B cinq fois, et la Stytonichie quatre fois. Ce sont là des résultats bien maigres et bien peu concordants entre eux. Les conclusions qu'en tire Ehrenberg, n'ont plus aucun intérêt aujourd'hui.

Avec Balbiani, nous nous trouvons en face d'essais beaucoup plus nombreux et plus étendus. A deux reprises différentes, il a institué des expériences méthodiques pour suivre la marche de la fissiparité ; la première fois en 1860 et la seconde en 1881 ¹.

Dans son premier travail, Balbiani nous fait connaître les résultats de cultures entreprises avec des *Paramecium aurelia*, *Stytonichia mytilus*, *St. pustulata* et *Colpidium colpoda*. Il isola dans des verres de montre des individus de ces quatre espèces et laissa leurs descendants réunis jusqu'au moment où leur nombre, devenu trop grand, ne permettait plus de les compter. Prenant alors quelques-uns de ces descendants, il les isola de nouveau et les observa de la même façon. Ces isolements furent renouvelés seulement deux ou trois fois. Multipliant les uns par les autres les nombres totaux des individus comptés avant chaque isolement, Balbiani trouve qu'un *Paramecium aurelia* aurait produit 1384416 individus après quarante-deux jours, une seconde Paramécie 2100 en dix-sept jours, une *Stytonichia mytilus*

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. L, 1860, p. 1191, et *Journal de micrographie*, t. VI, 1882, p. 383.

54 462 en un mois, une *Stylonichia pustulata* 91 en six jours et un *Colpidium colpoda* 5964 en douze jours. Ces chiffres, qui, de prime abord, paraissent très gros, sont fort loin de nous donner la véritable expression de la puissance de multiplication de ces quatre espèces. Si nous les ramenons aux nombres de bipartitions qu'ils représentent, nous verrons que la première Paramécie et ses descendants ne se sont fissiparés que 21 fois en quarante-deux jours, la seconde 11 fois en dix-sept jours, la *Stylonichia mytilus* 16 fois en un mois, la *Stylonichia pustulata* 7 fois en six jours et le *Colpidium colpoda* 13 fois en douze jours. Les résultats de nos cultures de ces mêmes espèces, que nous donnons plus loin, démontrent combien ces chiffres sont au-dessous de la réalité.

Ces inexactitudes proviennent évidemment des méthodes défectueuses de culture employées par Balbiani. Ces défauts sont encore mieux accusés par l'irrégularité dans la marche des bipartitions successives. Ainsi, dans la culture de Paramécie dont nous avons le détail entier, les quatre premiers jours (18-22 novembre) il ne se produit qu'une bipartition, les quatre suivants (22-26 novembre) deux bipartitions, les dix suivants (26 novembre-6 décembre), trois bipartitions, les quinze suivants (6-21 décembre) sept bipartitions, les quatre suivants (21-25 décembre) trois bipartitions, et enfin les cinq derniers (25-30 décembre) cinq bipartitions. Ainsi nous avons, suivant les dates, une bipartition par un, deux, trois ou quatre jours, et nous devons admettre que pendant ce laps de quarante-deux jours la fécondité de cette Paramécie et de ses descendants a pu varier depuis une division par quatre jours jusqu'à une chaque jour, c'est-à-dire au maximum dans le rapport de un à quatre. Des variations aussi irrégulières sont complètement inacceptables, et ne s'expliquent que par l'insuffisance ou la mauvaise qualité de la nourriture offerte aux Paramécies isolées. Cette mauvaise appropriation de la nourriture est encore mieux démontrée par la terminaison de cette culture. Toutes les Paramécies finirent, en effet, par dépérir et s'éteindre sans se reproduire. Balbiani considère cette extinction

comme une mort naturelle. Mais cette interprétation est inadmissible, après un aussi petit nombre de générations fissipares. Les Paramécies sont mortes faute de nourriture, et il ne pouvait en être autrement dans les conditions où elles étaient placées. Balbiani se contentait de les déposer dans de petites quantités de liquide emprunté à de vieilles infusions de poivre et de les y laisser pendant des semaines successives. Mais tout le monde sait que ces infusions s'épuisent rapidement d'elles-mêmes et, la puissante absorption de nourriture par les Paramécies y aidant, la disette la plus complète devait bientôt régner dans ces petits milieux. Il eût fallu renouveler les aliments fréquemment et régulièrement.

En terminant, Balbiani affirme, comme résultat général démontré par ses recherches, que la propagation fissipare des Ciliés ne peut se continuer indéfiniment; mais se termine invariablement de l'une des trois manières suivantes : ou par la mort naturelle de tous les individus appartenant à un même cycle, ou par le retour d'une génération sexuelle indiquant la fermeture d'un cycle, ou par le phénomène d'enkystement.

En ce qui concerne le premier mode de terminaison, nous venons de voir que là où Balbiani a cru constater une mort naturelle, il se trouvait simplement en face d'une mortalité causée par la famine et l'inanition. Ses expériences ne prouvent pas mieux la terminaison par enkystement. Des quatre espèces étudiées par lui, deux, la Paramécie et le Colpidium, ne s'enkystent jamais, du moins n'ont encore été vues enkystées par personne. Quant aux deux Stylonichies, (comme d'ailleurs toutes les Oxytrichides), il suffit de les placer dans un milieu sans nourriture, pour les voir immédiatement se renfermer dans des kystes. Il n'y a donc là qu'un simple procédé permettant à ces espèces d'échapper à la mort par inanition. Quant à la nécessité du retour périodique d'un accouplement sexuel, ce ne sont pas les expériences de Balbiani, prolongées pendant quinze à vingt générations seulement, qui lui permettaient d'émettre une conclusion aussi importante. On peut cultiver les espèces

étudiées par lui pendant cent et deux cents générations indiscutées, sans leur voir jamais contracter un accouplement. Pour que ces unions s'effectuent, il faut un concours de circonstances toutes particulières et dont Balbiani n'avait pas la moindre connaissance. Sa conclusion est donc une pure hypothèse, à laquelle ses expériences ne pouvaient prêter aucun appui positif.

Dans son second travail, publié dans le *Journal de micrographie* de 1882, Balbiani expérimente uniquement avec le *Paramecium aurelia* (*caudatum* ?). Ses nouvelles expériences consistent en cultures ne dépassant pas neuf jours de durée et ayant pour but de démontrer une augmentation dans la puissance de multiplication fissionnaire chez les Infusoires au sortir de la conjugaison. Cette augmentation n'existe pas, ainsi que je l'établirai dans la suite de ce travail, et les expériences de Balbiani elles-mêmes, étudiées et analysées sans idée préconçue, ne prouvent rien de tel.

Et tout d'abord, ses cultures ont duré beaucoup trop peu de temps pour qu'il soit permis d'en tirer des conclusions bien assises. Sur onze Paramécies isolées, il en est sept dont l'observation n'a pas dépassé trois à quatre jours. Il est impossible dans une si petite période de déterminer la puissance de reproduction d'un Infusoire. Les quatre autres cultures, d'une durée de neuf jours, pourraient avoir quelque valeur, si les Paramécies s'y étaient comportées d'une façon uniforme pendant tout le temps ; mais c'est tout le contraire qui a eu lieu. Ainsi la première Paramécie du tableau E, désignée par la lettre A, ne se fissionne une première fois qu'après cinq jours, une seconde fois après deux jours et une fois chacun des huitième et neuvième jours. Les irrégularités des trois autres cultures sont tout aussi marquées, bien qu'un peu différentes.

On peut aisément soupçonner les causes qui ont déterminé ces irrégularités. Balbiani nous apprend que, des quatre Paramécies isolées, deux le furent huit mois et les deux autres quarante-trois mois après la conjugaison. A quel caractère le savant micrographe reconnaissait-il que ces Paramécies avaient traversé de si longues

durées de temps depuis la dernière conjugaison de leurs ancêtres ? Il ne nous le dit pas et c'est grand dommage. Mais passons pour le moment. Ces Paramécies étaient évidemment extraites d'infusions très anciennes, déjà très épuisées depuis longtemps et dans lesquelles ces Infusoires, ne trouvant qu'une rare et maigre nourriture, avaient dû mener une existence chétive et s'atrophier fortement. Les Infusoires, ainsi atrophiés par défaut de nourriture, exigent toujours un temps assez long avant de reprendre leur vigueur normale, lorsqu'on les replace dans un milieu riche en aliments. J'en ai souvent fait l'expérience. Des espèces qui, à l'état normal et dans les conditions où je les plaçais, se seraient fissiparées deux ou trois fois par vingt-quatre heures, mettaient deux, trois et même quatre jours avant d'atteindre leur première bipartition. Elles recouvraient ensuite leur vigueur ordinaire. En outre de cette première cause, nous pouvons encore supposer que la quantité des aliments a dû varier dans les milieux étroits où Balbiani tenait ses Paramécies. Les Schizomyètes qui s'y trouvaient se sont multipliés et dans les derniers jours ont dû fournir une alimentation plus abondante qu'au commencement. Cette seconde cause, unie à la précédente, nous fait comprendre pourquoi dans les quatre cultures les Paramécies se sont développées et multipliées les huitième et neuvième jours beaucoup plus énergiquement qu'au début. Si Balbiani eût à ce moment isolé de nouveau quelques-unes de ces Paramécies, en les plaçant dans un milieu abondamment pourvu d'aliments, il les eût bien certainement vues continuer à se fissiparer avec la même vigueur qu'aucune des autres isolées.

Balbiani, en isolant quelques-unes de ces Paramécies, nous affirme qu'elles ne s'étaient pas conjuguées depuis huit, trente-six et même quarante-trois mois ! A quel signe, à quel caractère, par quel procédé a-t-il pu s'assurer de cette absence d'activité sexuelle pendant d'aussi longues périodes de temps ? Il ne nous le dit pas, et cependant c'était là le point essentiel, puisque toute sa théorie repose sur les différences de résultats qu'il prétend exister entre les cultures de

Paramécies nouvellement et anciennement conjuguées. S'il ne nous donne pas ce renseignement, c'est qu'il ne le pouvait pas ; car, à moins d'avoir *suivi jour par jour*, pendant huit, trente-six et quarante-trois mois, tous les ancêtres des Paramécies qu'il a ainsi isolées, rien ne lui permettait de conclure à l'absence de conjugaisons pendant ces longues périodes. Comme il n'a pas fait ces longues expériences, qui, je ne crains pas de l'affirmer, sont absolument irréalisables, nous devons considérer ces prétendues cultures de Paramécies, prises huit, trente-six et quarante-trois mois après la conjugaison, comme de pures fantaisies, sans valeur scientifique.

Et d'ailleurs, ce qu'il eût importé de compter, c'était bien moins le nombre des jours que celui des bipartitions depuis la dernière conjugaison. Il ne nous sert de rien de savoir qu'un Infusoire est resté un ou plusieurs mois sans se conjuguer, si on ne nous apprend pas, en même temps, comment il a vécu, s'est développé et multiplié pendant cette période. Le même Infusoire, suivant les conditions de température et de milieu dans lesquelles on le placera, pourra se multiplier dix, vingt, trente fois plus vigoureusement dans un cas que dans l'autre. Il en résulte que, de deux Infusoires conjugués depuis une même date et placés dans des conditions différentes, l'un pourra s'être fissiparé dix, vingt, trente fois plus que l'autre. Il est donc inutile et illogique de comparer la fécondité de deux Infusoires, si l'on ne possède pas leurs généalogies complètes.

Balbani s'est laissé tromper par le mirage des gros chiffres. Au lieu de comparer le total des individus comptés à la fin de chacune de ses expériences, il fallait ramener ces totaux aux nombres de bipartitions correspondantes. Il se fût alors facilement aperçu que les différencés de résultats, si énormes en apparence, se réduisaient à fort peu de chose. Sa culture D, n° 3, faite avec une Paramécie dite trois ans après la conjugaison, a donné cinq bipartitions en trois jours, tandis que les cultures A et B, quatre jours après la conjugaison, ont mis quatre jours pour atteindre le même chiffre ; et les cultures C neuf jours après conjugaison et D, n° 4, dix-neuf jours

après la conjugaison, n'ont donné, la première, que sept bipartitions en sept jours, et la seconde que six bipartitions en trois jours. Ces différences sont bien minimales et même un peu contradictoires. J'ose affirmer que, si, au lieu de s'en tenir à une culture de trois jours, Balbiani eût isolé de nouveau les descendantes de D, n° 3, en leur donnant la même nourriture qu'à celles de D, n° 1 et n° 2, il eût vu toutes ces isolées se multiplier d'une façon absolument uniforme. Les arguments sur lesquels il appuie sa théorie ne résistent donc pas à la critique.

En résumé; les expériences de Balbiani ont été instituées et interprétées avec des méthodes défectueuses; elles ont duré beaucoup trop peu de temps, et ne démontrent nullement une augmentation d'aptitude fissipare après la conjugaison. J'ai tenu à les analyser et à les discuter aussi longuement, parce que, jusqu'ici, elles ont été acceptées de confiance, et que les conclusions qu'en a tirées leur auteur étaient en voie de prendre droit de cité dans la science. Nous verrons, dans la suite de ce travail, combien ces conclusions sont inexactes et répondent mal aux faits convenablement observés.

Nous pouvons cependant retenir un fait intéressant, constaté dans ces expériences. Balbiani a observé plusieurs fois jusqu'à trois bipartitions dans les vingt-quatre heures. Ce chiffre est très probablement le maximum de fécondité de cette espèce, dans les conditions de température où elle était tenue. Cette température n'a pas été notée; mais je crois pouvoir déduire de mes expériences qu'elle devait approcher 20 degrés centigrades ou même les dépasser un peu.

Dans une lettre datée du 31 juillet 1881 et adressée à Weismann¹, Bütschli informe son correspondant qu'il a institué avec le *Paramecium Aurelia* quelques expériences, afin de déterminer le temps écoulé entre des bipartitions successives et voir l'influence de la température. Des Paramécies, d'une origine commune, furent placées dans les mêmes conditions de nourriture : l'une avec une tempé-

¹ *Zoologischer Anzeiger*, t. V, 1882, p. 378.

rature d'environ 20 degrés centigrades ; la seconde avec une température d'environ 4 à 5 degrés centigrades. La première se multiplia une fois toutes les vingt-quatre à quarante-huit heures ; la seconde ne se développa pas. Ces expériences sont intéressantes, puisqu'il est tenu compte de la température, ce que les autres observateurs n'ont jamais fait. Mais je puis affirmer que les résultats en sont fort inexacts, car le *Paramecium Aurelia*, nourri convenablement, se multipliera deux ou trois fois par vingt-quatre heures, la température étant de 20 degrés centigrades. Bütschli aura donné une nourriture insuffisante ou mal appropriée à ses Paramécies.

Gruber a publié, en 1886¹, les résultats d'un certain nombre d'expériences, faites à l'aide du *Stentor caeruleus*. Il isole cet Infusoire dans des verres de montre, et l'observe tous les jours. Ses expériences ont dû être faites dans des conditions fort défectueuses, car ses Stentors ne se sont jamais reproduits au-delà du degré d'arrière-petit-fils, c'est-à-dire de la troisième bipartition. En outre, les rejets ne s'accroissaient plus entre chaque division, de sorte que leur taille alla diminuant de génération en génération. Il est de toute évidence que ces Stentors étaient mal nourris, ou même ne l'étaient pas du tout. Gruber nous dit bien qu'il en a isolé avec de nombreuses Paramécies, et qu'ils ne se sont pas plus développés que ceux placés dans de l'eau pure. Ceci doit être exact, car j'ai en effet constaté plusieurs fois que le *Stentor caeruleus*, dans certains cas, peut dépérir par inanition, tout en ayant de nombreuses Paramécies autour de lui. Lorsque, le tenant captif dans un milieu étroit, on veut lui assurer une bonne alimentation, il faut lui fournir des espèces beaucoup plus petites que les Paramécies.

Tous les Stentors mis en observation se divisèrent de deux jours en deux jours. Gruber croit pouvoir en conclure que cette période de deux jours est l'expression d'une loi générale déterminant la succession des bipartitions chez le *Stentor caeruleus*. Cette conclusion

¹ *Berichte der naturforschenden gesellschaft zu Freiburg i. B.*, t. I, 1886, p. 18-21.

est beaucoup trop prématurée. Cette période de deux jours, en effet, répondait seulement aux conditions d'alimentation et de température dans lesquelles s'effectuaient ses expériences. Gruber n'a malheureusement pas noté la température. Mais, dans la suite de ce travail, je ferai connaître des résultats fort différents. La prétendue loi générale de Gruber ne répond donc qu'à un cas particulier, assez mal défini et peut-être anormal. Je suis assez disposé à croire que cette production de rejetons de plus en plus petits, sans accroissement ultérieur, avait quelque chose d'analogue avec les phénomènes que j'ai décrits ailleurs¹, à propos de la *Leucophrys patula*, et sur lesquels nous reviendrons plus loin.

D'après Gruber, il n'y aurait pas équivalence morphologique et physiologique absolue entre les deux rejetons résultant de chaque bipartition. Je ne puis admettre cette manière de voir. Dans les longues et nombreuses expériences poursuivies par moi sur quinze à vingt espèces, je n'ai jamais rien observé qui permit de croire à l'existence de différences morphologiques et physiologiques, non seulement entre les deux rejetons d'une bipartition donnée, mais encore entre tous ceux qui en descendent par générations régulières et indisciplinées. Les petites différences qui peuvent survenir dans la multiplication, sont simplement le résultat de différences dans les conditions d'existence. Les moindres variations dans ces dernières se répercutent immédiatement sur la marche du développement des Infusoires.

Ici se termine l'historique des tentatives faites jusqu'à ce jour pour déterminer la puissance de reproduction des Ciliés. Les résultats en sont bien peu satisfaisants. Les méthodes employées sont constamment défectueuses et incomplètes. Un des facteurs les plus importants : la température, a été négligé par tous les observateurs, à l'exception de Bütschli. Un second facteur, non moins important : la nourriture, n'a été étudié et déterminé avec précision par per-

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CIII, 1886, p. 1270, et t. CIV, 1887, p. 308.

sonne. Avec des méthodes et des résultats aussi défectueux, il n'est pas surprenant que nous ayons rencontré des interprétations et des conclusions à l'avenant, ne résistant guère à une critique scientifique.

En discutant les recherches de Balbiani, Stein a formulé contre les cultures d'Infusoires isolés une critique générale¹ que je dois réfuter. D'après lui, les résultats obtenus dans ces isolements n'ont aucune valeur. Les Infusoires, placés dans de petites quantités de liquide, s'y trouvent dans des conditions artificielles, qui doivent les empêcher de se développer et se multiplier, comme ils l'auraient fait dans leurs milieux naturels. Cette objection est absolument erronée. Non seulement les Infusoires peuvent très bien vivre dans les petits tubes ou verres de montre, employés par les observateurs antérieurs, mais ils se contentent de milieux encore plus étroits. Je les isole et les cultive sur le porte-objet, entre les deux lamelles d'une préparation microscopique ordinaire, sans que leur développement en souffre le moins du monde. Il suffit de disposer ces préparations convenablement et d'y donner aux Infusoires une nourriture appropriée, pour les y voir croître et se multiplier dans les meilleures conditions. Les dispositifs à prendre et les manipulations à exécuter sont des plus faciles, et n'exigent qu'un peu de patience. On y peut suivre, jour par jour, et s'il est nécessaire, heure par heure, les Infusoires isolés, compter et noter leurs générations, régler et modifier à volonté leur nourriture et les autres conditions d'existence; en un mot, observer et expérimenter aussi aisément et sûrement qu'avec un animal quelconque élevé et tenu en captivité.

Jusqu'ici la recherche et l'étude des Infusoires ont été livrées au hasard des récoltes. Les pêches, faites à l'aveuglette dans les aquariums et déposées sur le porte-objet, y étaient utilisées et observées immédiatement. Lorsque l'espèce est commune, cela suffit souvent pour l'étude des caractères extérieurs, et même, avec l'aide des réac-

¹ *Der Organismus*, etc., t. II, 1867, p. 43.

tifs, pour celle de l'anatomie et de l'organisation interne. Mais, lorsque l'espèce est rare et qu'on ne rencontre qu'un ou deux individus, son étude complète devient à peu près impossible dans de pareilles conditions. Les difficultés sont encore beaucoup plus grandes, lorsqu'il s'agit de suivre le développement, même d'une espèce commune ; et beaucoup d'observateurs considèrent comme impossible de tenir en observation un même individu pendant une période un peu longue. Avec les méthodes que je vais faire connaître, toutes ces difficultés sont écartées. Il n'est plus d'espèces rares, puisqu'on peut conserver et faire multiplier à volonté les individus en observation. Quant au développement, on le suivra, heure par heure, indéfiniment, aussi longtemps que les recherches poursuivies l'exigeront.

Dans ces conditions, l'étude physiologique des Infusoires acquiert un intérêt scientifique considérable. Ils deviendront l'objet de recherches et d'expériences, qui contribueront puissamment et rapidement aux progrès de la physiologie et de la biologie générales. La facilité et l'économie avec lesquelles on peut se les procurer, l'énergie de leur activité physiologique et la rapidité d'évolution de leurs phénomènes de développement, en font d'admirables sujets d'observation et d'expériences. Nombre de questions, à peu près inabordables avec les autres êtres, à cause des exigences de temps et de dépenses qu'ils nécessiteraient, pourront être fructueusement mises à l'étude sur les Infusoires, dans les laboratoires pourvus des plus modestes installations. C'est ainsi qu'en un peu moins de deux années, il m'a été possible de mener à bonne fin l'étude expérimentale à peu près complète des phénomènes sexuels chez ces Protozoaires¹. Cette étude, je l'espère, contribuera au progrès général de nos connaissances sur le mécanisme et la signification de la sexualité chez les autres êtres vivants. Les problèmes se rattachant aux questions de l'hérédité, de la variabilité et de l'évolution des espèces, de l'influence des milieux,

¹ Voir les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CII, 1886, p. 1569 ; t. CIII, 1886, p. 482 ; t. CV, 1887, p. 175 et 356.

et tant d'autres, pourront être abordés à l'aide d'expériences faciles à combiner et à suivre.

MÉTHODES.

Ces considérations justifieront, je l'espère, les détails fastidieux dans lesquels je vais être obligé d'entrer, pour bien faire connaître ces nouvelles méthodes d'observation. Elles sont d'ailleurs fort simples et d'une mise en pratique des plus aisées. Mais, comme elles exigent quelques soins et quelques précautions indispensables, qu'une longue expérience seule m'a suggérés, je crois être utile, au moins à quelques-uns de mes lecteurs, en donnant les détails minutieux qui vont suivre.

Il faut d'abord et avant tout se pourvoir de chambres humides, convenablement disposées. Les chambres humides composées d'une cloche renversée sur l'eau, ne valent rien. L'espace d'air y est beaucoup trop grand et l'eau des préparations, qu'on y enferme, s'y évapore toujours beaucoup trop. Il faut des chambres humides dans lesquelles cette évaporation soit réduite au minimum possible. Pour arriver à ce résultat, je me sers de vases larges et plats (grandes assiettes creuses sans rebords, de 20 centimètres de diamètre, cuvettes de photographes, etc.), dont je garnis le fond de sable fin bien lavé. Dans ce sable, je plante longitudinalement et de champ deux lames de verre, dont la hauteur a été mesurée de façon à ce que leur bord supérieur soit de 4 à 5 millimètres au-dessous du niveau du bord du vase. Ces deux lames, debout, en portent trois autres placées perpendiculairement et à plat, celle du milieu ayant une largeur de 4 à 5 centimètres, les deux autres 2 centimètres seulement. C'est sur ces lames plates que je dépose les porte-objets ordinaires, sur lesquels sont disposés les Infusoires mis en culture. Le tout est recouvert d'une lame de verre s'appliquant sur les bords du vase le plus hermétiquement possible. On remplit d'eau les vases jusqu'à ce qu'elle affleure au-dessous des grandes lames posées à

plat. De cette façon l'espace à air est réduit à une simple couche de 4 à 5 millimètres d'épaisseur. Cette couche d'air est toujours sursaturée d'humidité et les préparations qu'on y dépose ne subissent qu'une très faible évaporation. On doit toujours avoir une provision d'eau de pluie pour compenser cette évaporation quand il est nécessaire.

Pour le triage et le transport des Infusoires à isoler, j'emploie des pipettes de verre. Ces pipettes ont environ 10 centimètres de longueur. L'ouverture de l'extrémité effilée ne doit pas dépasser 1 millimètre de diamètre, et il est nécessaire que ses rebords soient minces. Voici comment on doit opérer pour isoler un Infusoire avec ces pipettes. Les Infusoires sont d'abord placés en masse non triée dans une large goutte d'eau sur un porte-objet et observés avec un grossissement très faible. On amorce la pipette en y aspirant de l'eau pour humecter ses parois internes et en rejetant cette eau immédiatement. Un Infusoire étant choisi sous le microscope, on approche la pipette du point de la goutte d'eau où se trouve cet Infusoire. Dès que l'extrémité de la pipette entre en contact avec l'eau, celle-ci et avec elle les Infusoires y sont aspirés par l'attraction capillaire. La gouttelette d'eau entraînée dans la pipette est ensuite refoulée sur un second porte-objet. Si elle contient plusieurs Infusoires, on y ajoute une goutte d'eau de pluie pour l'étendre et on recommence la manœuvre de la pipette. On arrive ainsi très sûrement et rapidement à isoler l'Infusoire choisi. Quand les Infusoires sont réduits au nombre de quelques individus, on peut encore écarter et tuer avec une aiguille emmanchée ceux qui doivent être éliminés. Après chaque opération de la pipette, on devra la nettoyer avec soin en y soufflant un courant énergique d'eau fraîche. Il est en effet des Ciliés, comme les Onychodromes, par exemple, qui jouissent d'un pouvoir adhésif très grand et il peut toujours en rester des individus adhérents à la paroi interne du tube. En ne prenant pas ces soins de lavage, on s'exposerait à des mélanges intempestifs.

L'isolement et la mise en culture se font sur des porte-objets et

sous des couvre-objets ordinaires. J'emploie, de préférence, des couvre-objets carrés, de 18 millimètres de côté. Ils doivent être soutenus au-moyen de petites cales. Celles dont je me sers sont faites de fragments de gros poils de brosses à dents. Ces poils ayant une épaisseur moyenne d'environ 0,3 de millimètre, il en résulte que la totalité de l'espace libre compris entre les deux lamelles représente un volume d'environ 100 millimètres cubes. Tout cet espace doit toujours être rempli de liquide, ce qui donne pour chaque préparation une quantité d'eau égale à 10 centigrammes, ou environ 5 gouttes. Lorsque la gouttelette, dans laquelle on a d'abord isolé un Infusoire, ne suffit pas à remplir cet espace, on y ajoute de l'eau de pluie. Une recommandation essentielle : c'est de n'employer à ces cultures que des lamelles d'une propreté rigoureuse. Il m'est arrivé plusieurs fois de voir mes Infusoires dépérir lentement et sans cause apparente, uniquement parce que je les avais placés entre des lamelles ayant servi antérieurement à des préparations avec réactifs et sur lesquelles étaient restées attachées de minimes traces de ces réactifs. Le mieux est d'avoir des lamelles spécialement réservées à ces cultures et ne servant jamais à d'autres usages. Les mêmes soins de propreté doivent être observés avec les pipettes.

Les Infusoires ainsi disposés, dans ces milieux étroits, y peuvent vivre indéfiniment dans les meilleures conditions de santé. Il suffit de les y pourvoir d'une nourriture convenable, pour les y voir se développer et se multiplier avec toute l'énergie de leur plus haute puissance de reproduction. Au point de vue de leurs besoins alimentaires, on peut les diviser en deux groupes principaux : 1° les carnassiers se nourrissant d'autres espèces ; 2° les herbivores se nourrissant de Schizomycètes.

Pour alimenter aisément les premiers, il fallait rechercher parmi les Infusoires les plus communs une espèce de petite taille, se laissant facilement élever en grandes cultures. Après quelques tâtonnements, je reconnus que le *Cryptochilum nigricans* répondait parfaitement à ces conditions. Ce petit Cilié, du groupe des Herbivores, peut se pro-

pager et se multiplier à volonté. On le trouve partout, et quand on en a besoin, il suffit d'installer quelques infusions faites avec des débris pris au hasard dans les eaux stagnantes, pour être sûr de l'y rencontrer en grand nombre après quelques jours.

Lorsqu'on a réussi à se le procurer, voici comment on devra procéder pour l'utiliser à l'alimentation des espèces carnassières. On prépare une infusion en hachant quelques pincées de foin dans de l'eau. On fait chauffer cette eau et ce foin pendant quelques minutes à 60 degrés centigrades. Ce chauffage a pour but de détruire les espèces étrangères, qui pourraient exister librement dans l'eau, ou à l'état de kystes sur le foin. Sous cette dernière forme, le *Colpoda cucullus* est rarement tué, à cette faible température; mais il n'y a pas lieu de s'inquiéter de sa présence, puisqu'il finit bientôt par disparaître et laisser la place libre au *Cryptochilum*. L'infusion, ainsi chauffée, on la laisse à elle-même deux, trois ou quatre jours, suivant la température, attendant que les Schizomycètes s'y soient développés. On y sème alors quelques *Cryptochilums*, en prenant bien soin de ne pas y introduire d'autres Ciliés en même temps. Le vase contenant l'infusion doit toujours être recouvert d'une lame de verre s'appliquant exactement sur ses bords. En prenant ces précautions, on réussit assez aisément à n'avoir que des *Cryptochilums* dans ces petits aquariums. N'y étant exposés à aucune concurrence et y trouvant une abondante nourriture, ils ne tardent pas à s'y multiplier par myriades. Lorsque ces cultures de *Cryptochilums* commencent à s'épuiser, on peut les raviver deux ou trois fois, en y ajoutant un peu de mie de pain. Mais il faut avoir bien soin de ne pas mettre une trop grande quantité de mie; car elle déterminerait des fermentations acides, qui feraient périr les Infusoires. Comme les infusions finissent toujours par s'épuiser d'une façon définitive, on a soin, quand ce moment approche, d'en préparer une nouvelle.

Au lieu du foin on pourrait peut-être employer le poivre pour ces infusions. Lorsqu'on aurait bien déterminé les conditions de son emploi, il serait peut-être même plus avantageux que le foin, mais

il faudrait commencer par bien préciser les quantités proportionnelles à mélanger avec l'eau. J'ai, en effet, constaté plusieurs fois qu'en trop grande quantité, il produit des infusions impropres au développement des Ciliés.

Lorsqu'on veut donner les *Cryptochilums* en pâture aux espèces carnassières mises en cultures, on ne doit pas les puiser directement dans les aquariums à infusions. Il faut d'abord en faire des préparations sur porte-objet disposées comme je l'ai décrit plus haut. Les *Cryptochilums* viennent tous se rassembler au pourtour de la préparation sous le bord du couvre-objet, d'où on les aspire avec les pipettes, pour les donner ensuite aux Infusoires carnassiers. Ce procédé permet de vérifier sans peine ces préparations sous le microscope et d'avoir la certitude rigoureuse qu'on n'introduit aucune espèce étrangère dans les cultures. Ces préparations de *Cryptochilums* peuvent se garder en chambre humide, jusqu'à ce qu'on les ait épuisées.

Le *Cryptochilum nigricans* est la seule espèce dont je me sois servi jusqu'ici pour la donner en pâture aux espèces carnassières. Mais il en est d'autres qui pourraient peut-être tout aussi bien se prêter à cet usage. Le *Colpidium colpoda*, par exemple, fournirait, je crois, une excellente alimentation aux carnassiers forts et de grande taille et il se laisserait élever en grandes cultures tout aussi aisément que le *Cryptochilum*. Les Paramécies n'y conviendraient nullement, elles sont de trop grande taille et, comme nous l'avons vu plus haut, les Stentors, tenus en captivité eux-mêmes, ne réussissent que difficilement à les capturer.

Mes cultures, d'espèces du groupe des Herbivores, ont été moins nombreuses que celles du groupe des espèces carnassières. Je les ai nourries en leur donnant de la farine de blé cuite. On délaye une pincée de farine dans une assez grande quantité d'eau de pluie, puis on fait bouillir pendant deux à trois minutes. Avec cet aliment on peut élever et nourrir aisément les Paramécies, les *Colpidiums*, les Glaucomes, les Vorticelles, et probablement toutes les espèces qui,

à l'état de liberté, vivent à peu près uniquement de Schizomycètes. Les Stylonichies elles-mêmes, à la fois carnassières et herbivores, se contentent, à la rigueur, de cette alimentation. Elles se développent seulement un peu moins vigoureusement, si on la leur donne à l'exclusion de toute autre. L'emploi de cette bouillie claire est des plus aisés, puisqu'il suffit d'en déposer un peu sur le bord des préparations disposées comme je l'ai déjà décrit. Elle se conserve peu de temps et doit être renouvelée assez fréquemment, car, après un nombre de jours plus ou moins long, suivant la température, il s'y développe des fermentations acides, qui la rendent impropre à la nourriture des Infusoires. Cet aliment est d'un usage précieux, à cause de la facilité et de la rapidité avec lesquelles on se le procure. Peut-être en employant les méthodes de Pasteur pour la culture pure des Schizomycètes, réussirait-on à en trouver un encore mieux approprié aux besoins des Ciliés; mais je n'ai pas fait d'essais dans cette direction.

CONSIDÉRATIONS BIOLOGIQUES.

Les Infusoires ciliés, considérés dans leur ensemble, tirent leurs aliments tant du règne végétal que du règne animal. Au règne végétal, ils prennent à peu près toutes les espèces unicellulaires de champignons et d'algues, les Diatomées, les Desmidiées, les Zoospores et surtout les Schizomycètes. Quelques algues filamenteuses pluricellulaires, telles que les Oscillariées, sont également dévorées par certaines espèces de grande taille. Au règne animal, ils n'empruntent guère que les Flagellés et leurs propres congénères, auxquels, cependant, il faut encore ajouter quelques petits Rotateurs, capturés par les carnassiers les plus vigoureux¹.

Il ne faudrait pourtant pas croire que toutes ces variétés d'ali-

¹ Je remarque ici une fois pour toutes que dans ce travail j'ai entièrement laissé de côté les espèces parasites dépourvues de bouche et vivant dans les cavités internes de leurs hôtes, où elles s'alimentent par endosmose des substances liquides qu'elles leur empruntent.

ments soient absorbées indifféremment par tous les Ciliés. Chaque espèce, au contraire, est limitée dans son choix et n'use que d'un certain nombre d'entre eux. Il en résulte qu'on retrouve chez les Ciliés, comme chez les animaux supérieurs, des herbivores, des carnivores et des omnivores. Ces adaptations alimentaires constituent un des facteurs essentiels à connaître, lorsqu'on veut étudier et apprécier la puissance de reproduction d'une espèce. Variant d'un type à l'autre, elles déterminent dans la biologie de ces êtres de profondes différences dans leur puissance de développement.

La cause première de ces diverses adaptations alimentaires doit être recherchée dans l'organisation particulière de la bouche chez les différentes espèces. La bouche est, en effet, l'organe dominateur par excellence de la morphologie et de la biologie des Ciliés. Chez ces petits êtres, la nutrition et ses différents actes absorbent et résument à peu près toute leur existence. Cette fonction prend chez eux un développement et une intensité qui, je le crois, ne sont égalés nulle part ailleurs dans le règne animal. Ce sont des voraces par excellence, absorbant et digérant des aliments nuit et jour, sans arrêt ni repos. Il en résulte que l'appareil, chargé de pourvoir à un besoin fonctionnel si intense, s'est modifié, diversifié et développé avec une ampleur de formes et une richesse de variations vraiment étonnantes, surtout si l'on n'oublie pas qu'il s'agit d'organismes unicellulaires.

Il ne rentre pas dans le cadre de ce travail de donner ici une description détaillée de toutes ces dispositions et variétés d'organisation de la bouche. Elles ont, d'ailleurs, déjà été assez bien décrites par les auteurs, et plus particulièrement par Stein¹. Mais il est un point de vue général, auquel il nous importe de les envisager et sur lequel je dois insister. Si nous examinons, en effet, toutes ces structures et ces divers mécanismes dans leur but final, c'est-à-dire dans le mode suivant lequel les aliments sont saisis et introduits dans

¹ *Der Organismus*, etc., t. I, 1859, p. 77 et suiv.

l'appareil digestif, nous verrons qu'on peut les ramener à deux types fonctionnels distincts, d'où résultent pour les Ciliés deux modes de préhension des aliments profondément différents¹.

Dans le premier type, la bouche est toujours pourvue et armée de puissants appendices vibratiles, tels que cils, membranes, membranelles. Par leur agitation et leurs battements, ces appendices produisent dans l'eau ambiante un courant dirigé vers l'orifice buccal. Les particules et corpuscules alimentaires en suspension dans l'eau sont saisis par ce courant et entraînés violemment vers l'ouverture de la bouche. Ici se présentent deux cas différents : ou bien cette ouverture est constamment béante, et alors les aliments pénètrent directement et immédiatement à l'intérieur du corps, en traversant un œsophage plus ou moins développé ; ou bien la bouche est close et ne s'ouvre que sous la pression des corps apportés par le courant et par sa propre contractilité. En résumé, dans ce premier type, la partie essentielle du mécanisme consiste dans la production d'un courant ou *tourbillon alimentaire* ; la bouche proprement dite ne jouant qu'un rôle passif ou secondaire. Toutes les Vorticellides, les Oxytrichides, les Paramécies, les Colpodes, les Cyclidiums, les Cryptochilums, etc., etc., pourvoient à leur nourriture par ce mode de préhension des aliments.

Dans le second type, la bouche est presque toujours dépourvue d'appendices vibratiles spéciaux, et, quand il en existe, ils ne jouent plus qu'un rôle accessoire. Ils sont remplacés souvent par des appareils de préhension de natures diverses, tels que les lèvres mobiles et prenantes des Ophryoglènes, des Glaucomes, des Leucophres, ou bien les armatures dentaires en nasse des Chilodons, Nassules et Prorodons ; tantôt par des armes de projection (trichocystes) servant à immobiliser les proies, qui sont ensuite englouties par dilatation

¹ CLAPARÈDE et LACHMANN (*Etudes sur les Infusoires*, etc., 1858-1860, p. 32 et 74) avaient déjà bien aperçu ces différences ; mais ils n'en ont pas tiré tous les développements et toutes les conséquences qui en découlent pour l'histoire et la biologie des Ciliés.

de la bouche. C'est de cette dernière façon que les Enchélydes et les Trachélides capturent et saisissent les proies vivantes, qui constituent leur nourriture. Ce second type est donc caractérisé par un acte de préhension proprement dite, par une saisie et une déglutition active de la bouche. On pourrait désigner les Infusoires de cette seconde catégorie par la dénomination de *Ciliés capteurs* (*Ciliata captantia*), en opposition à ceux de la première catégorie, ou *Ciliés à tourbillon* (*Ciliata vorticosa*).

Ces modes de préhension des aliments ont une influence considérable sur la manière d'être et les mœurs des Infusoires. Tous ceux qui appartiennent à la première catégorie sont, avant tout, des animaux *sédentaires*. Lorsqu'ils sont placés dans un milieu riche en aliments et que rien ne vient les y troubler et inquiéter, ils se groupent par troupes serrées, en prenant les positions les plus favorables au jeu de leur tourbillon alimentaire. On les voit ainsi, tant que la nourriture est abondante, demeurer immobiles ou presque immobiles, n'exécutant que de légers changements de position, pour se tourner tantôt d'un côté, tantôt de l'autre. Les Oxytrichides elles-mêmes, si actives et si agitées, ne s'éloignent guère des points où elles trouvent à faire un riche butin. Cette influence, poussant au sédentarisme, atteint son maximum d'effet avec les espèces qui se fixent par un point de leur corps, d'une façon plus ou moins adhérente, comme le font les Stentors et les Vorticellides. Toutes ces espèces sédentaires redeviennent vagabondes dès que la nourriture s'épuise, et on les voit alors courir dans toutes les directions à la recherche de lieux mieux pourvus. Les Vorticellides elles-mêmes se détachent alors de leurs pédoncules et les abandonnent pour aller se fixer ailleurs et en sécréter un nouveau.

Les Infusoires de la seconde catégorie sont, au contraire, des animaux essentiellement vagabonds, changeant constamment de place et courant de droite et de gauche. Ce sont, dans toute l'acceptation du terme, de véritables *chasseurs*, en quête perpétuelle de proie et de butin. Ils se déplacent et changent de position à tout instant, vont,

viennent, se détournent, s'éloignent, reviennent, tâtant et palpant tous les objets qui se trouvent sur leur chemin. Lorsqu'il leur arrive de rencontrer ainsi une proie ou un objet alibile quelconque, ils le saisissent et l'avalent rapidement, puis reprennent immédiatement leur course à la recherche d'un nouveau butin. L'abondance ou la pénurie d'aliments ne modifient en rien cet état d'agitation perpétuelle. Organisés uniquement pour la chasse, ces Infusoires sont condamnés, par leur organisation, à une activité sans arrêt, ni le jour ni la nuit.

L'adaptation alimentaire des Ciliés, ou autrement le choix que chaque espèce exerce parmi les diverses substances alibiles, est, comme nous l'avons dit, sous l'influence directe du mode de préhension des aliments. Envisagés à ce point de vue, les Infusoires ciliés peuvent se grouper en trois catégories principales.

Parmi les espèces à tourbillon nous trouvons d'abord une première série dont la nourriture se compose presque uniquement de Microphytes unicellulaires et plus particulièrement de Schizomycètes. Ces espèces sont des herbivores proprement dites et prospèrent surtout dans les eaux où pullulent les Bactéries, Vibrions, Bacilles et Micrococcus. Ce sont les grands nettoyeurs des eaux putrides. J'ai souvent fait la petite expérience que voici : Dans une goutte d'eau grouillante et presque laiteuse de Bactériens, je déposais quelques Paramécies. Je plaçais cette préparation en chambre humide et quelques heures plus tard je retrouvais la goutte d'eau complètement nettoyée et pure comme de l'eau de source. Les Paramécies avaient dévoré tous les Schizomycètes et s'étaient accrues et multipliées. Ces espèces herbivores sont de véritables saprophages et ce sont-elles que nous retrouvons si constamment et si communes dans les infusions et les eaux stagnantes. Leur nombre est assez grand, puisqu'elles comptent parmi elles toutes les Vorticellides, les Paramécies, les Colpodes, les Cyclidium, les Cryptochilums, les Spirostomes, les Blepharisma, etc., etc. A ce groupe des herbivores à tourbillon, se rattachent quelques espèces du type des Ciliés chasseurs, également

adaptées à une alimentation végétale. Ce sont de petites espèces peu puissantes et à bouches munies de lèvres ou d'armatures dentaires prenantes. Tels sont les Glaucomes, les Chilodons, les petits Prorodons, qui se nourrissent de Schizomycètes à l'état de Zooglœa et d'autres petits Microphytes.

Une seconde série, non moins nombreuse, d'Infusoires à tourbillon se compose d'espèces omnivores. Le tourbillon alimentaire y est produit par des appareils vibratiles beaucoup plus puissants que chez les espèces du groupe précédent. Il en résulte que ces Ciliés omnivores possèdent la faculté de capturer des proies animales vivantes simultanément avec des aliments végétaux. Ces proies animales sont représentées surtout par des Ciliés, des Flagellés et quelques Rotateurs. Les aliments végétaux se composent de Schyzomicètes, de Zoospores, de Diatomées, de Desmidiées et autres Microphytes unicellulaires.

Ce groupe d'omnivores comprend les Oxytrichides, les Euplotides, les Tintinnides, les Stentors, les Haltéries, les Condylostomes, les Bursaria, les Strombidiums, etc., etc. A leur suite, nous devons encore ajouter quelques types chasseurs, tels que les Ophryogènes, les Nassules, les Coleps, qui, pourvus de vigoureuses lèvres ou armatures dentaires prenantes, se nourrissent tout aussi bien de proies animales vivantes, que de Microphytes unicellulaires et même d'Algues filamenteuses.

Enfin la troisième catégorie renferme les Ciliés chasseurs proprement dits, qui, saisissant leurs aliments par un acte de préhension de la bouche, se nourrissent exclusivement de proies animales vivantes. Ce sont des carnassiers par excellence, ne vivant que de carnage et de déprédations. Partout où ils apparaissent dans les cultures, ils ont bientôt fait de dévorer et faire disparaître les espèces inoffensives des Herbivores. Ces carnassiers appartiennent presque exclusivement aux familles des Enchelydes, des Trachelides et des Cyclodides. Leur voracité carnassière est encore surpassée par celle de la *Leucophrys patula*, qui par l'organisation et le mode de fonc-

tionner de sa bouche se rattache cependant au groupe inoffensif des Glaucomes.

Maintenant que nous connaissons la nature des aliments employés par les Ciliés à l'entretien de leur existence, nous pouvons essayer de préciser la place que ces petits êtres occupent dans l'économie de la nature. Malgré leur taille microscopique, cette place est considérable et l'apport de leur activité biologique, dans le flux général de la matière vivante, représente un des puissants affluents, dont la réunion constitue le fleuve majestueux de la vie. Les nombreuses formes, qu'a revêtues leur organisme, sont répandues partout et les unes ou les autres d'entre elles apparaissent immédiatement, dès que des gouttes d'eau s'accumulent quelque part. Leur principal rôle dans ces milieux humides est d'y faire contrepoids au développement des ferments et des Schizomycètes, dont la puissance de multiplication est encore beaucoup plus grande que la leur. Ils les absorbent, les dévorent et entravent ainsi leur envahissement. Ce sont les destructeurs par excellence de ces Microphytes, qui en pullulant à l'excès rendent les eaux putrides. Mais, tout en les détruisant, ils s'assimilent leurs parties nutritives et, par leur propre accroissement et leur multiplication, reconstituent un aliment d'un degré supérieur, qui sert à l'entretien d'êtres d'une organisation plus élevée que la leur. C'est ainsi que les Rotateurs, les Bryozoaires, les petits Crustacés, les larves de beaucoup d'insectes et tant d'autres microzoaires pourchassent perpétuellement les Infusoires et s'en nourrissent avidement. Ces derniers leur servent donc d'intermédiaires pour faire arriver jusqu'à eux la matière vivante, empruntée au monde inorganique et élaborée par les Microphytes.

Tel est le poste de combat occupé par les Ciliés dans la lutte générale pour la vie, que tous les êtres vivants se livrent entre eux. Mais, envisagés dans les limites restreintes de leur groupe zoologique, ils exercent les uns contre les autres une concurrence vitale qui n'est pas moins énergique. La loi inexorable de la lutte pour l'existence, qui donne le plus faible et le moins bien armé en pâture

au plus fort et au mieux armé, ne se manifeste nulle part avec une évidence plus intense que dans ce petit monde. Renfermés dans l'espace étroit des petits aquariums, où nous les élevons et les cultivons, ils s'y livrent des batailles acharnées et sans repos, pour se disputer les aliments ou s'entre-dévorés.

Les espèces herbivores rivalisent d'activité pour s'enlever les unes aux autres les aliments. Si l'on désire, par exemple, obtenir une culture abondante de petites espèces, comme les *Cryptochilums*, on devra veiller avec le plus grand soin à en écarter les grandes *Paramécies*. Celles-ci, avec leur puissant tourbillon alimentaire, auraient bientôt fait d'absorber les aliments disponibles et ne laisseraient qu'une maigre nourriture à leurs petits compagnons. Mais c'est surtout entre herbivores et carnassiers que cette lutte se montre avec tout son acharnement¹. Dans un milieu confiné, elle se termine toujours par l'extermination des premiers. C'est ainsi que les grandes *Stylonichies* et les grandes *Oxytriches* font disparaître en peu de temps les herbivores de petite et de moyenne taille, vivants dans les mêmes milieux qu'elles. Douées d'une grande puissance de reproduction, elles se multiplient rapidement, lorsque la nourriture est abondante. Leurs proies, entraînés irrésistiblement par les vigoureux battements de leurs membranes et membranelles buccales, sont saisies et dévorées avec une activité sans repos. Le *Didinium nasutum*, encore mieux armé pour cette chasse, n'épargne même pas les grosses *Paramécies*². Il les pourchasse incessamment, les fou-

¹ C'est une loi générale dans tous les groupes zoologiques, que leurs représentants se sont divisés en espèces inoffensives se nourrissant des produits du règne végétal et en espèces carnassières dévorant les précédentes. Cette loi si apparente et si connue chez les animaux supérieurs, tels que les Mammifères, les Oiseaux et les Poissons, se manifeste avec des effets aussi intenses dans le monde microscopique des Infusoires.

² Balbiani, dans sa monographie de ce bel Infusoire (*Archives de zoologie*, t. II, 1873, p. 363-374) lui a décrit et figuré une trompe exsertile, sortant de la bouche au moment de la capture des proies. Cette trompe n'existe pas et n'est qu'une illusion d'observation. Voici comment s'explique l'erreur de Balbiani. Le *Didinium* jouit d'une agilité sans arrêt. Lorsqu'il vient de se précipiter sur une proie et de la tuer, il lui

droie de ses trichocystes et les avale avec une glotonnerie insatiable. La *Leucophrys patula* est également un terrible ennemi pour les herbivores de petite et moyenne taille. Plus loin, en faisant connaître les observations sur sa puissance de multiplication, nous verrons quelle grande quantité d'aliments elle peut absorber et, par suite, le nombre énorme d'herbivores nécessaires pour repaître sa voracité. Je ne pousserai pas plus loin cette énumération, qui m'entraînerait à des répétitions inutiles à propos de chaque espèce du groupe des Ciliés chasseurs. Je tiens cependant à compléter cette esquisse, en consignant ici quelques observations sur les mœurs et la voracité du *Coleps hirtus*.

J'ai déjà donné¹ une description détaillée de ce petit carnassier, si curieux par les particularités de son organisation. Son étude, au point de vue de la lutte pour l'existence des Infusoires entre eux,

arrive fréquemment de s'en trouver un peu écarté par un faux mouvement. En s'écartant ainsi, il entraîne, attaché à l'extrémité rostrale de sa bouche, un cordon de sarcode, que l'on voit sortir de la perforation produite dans le corps de la victime par la pénétration des trichocystes. Le carnassier et sa proie restent donc reliés l'un à l'autre par ce cordon qui, étant donnée la rapidité avec laquelle tout cela se passe, peut aisément être confondu avec une trompe. Mais le *Didinium* engloutit rapidement cette prétendue trompe et rapproche ainsi le cadavre de sa proie, qui disparaît à son tour à la suite du cordon. — Fabre Domergue, essayant de réhabiliter le prétendu tube intestinal de cette espèce, m'accuse de ne pas avoir bien compris Balbiani (*Recherches anatomiques et physiologiques sur les Infusoires ciliés*, 1888, p. 64). Or, il me semble mériter cette accusation beaucoup mieux que moi. Une bulle d'air contenue dans une masse de verre, une gouttelette d'huile suspendue dans l'eau ne possèdent pas de *parois propres*. Ce sont de simples espaces, des *vacuoles* creusées dans des masses ambiantes. Les proies du *Didinium*, en pénétrant dans le cytoplasme, s'y creusent également une simple vacuole digestive, semblable à celles connues chez tant d'autres espèces. Qu'y a-t-il de commun entre cette vacuole digestive et l'intestin traversant une cavité périgastrique décrit par Balbiani? D'ailleurs, F. Domergue doit lire trop rapidement les travaux des auteurs qu'il défend ou critique. Autrement il ne m'aurait point accusé (p. 45) de négliger comme sans importance la structure élémentaire du cytoplasme, quand au contraire j'ai été un des premiers à publier des observations tant soit peu étendues sur cette structure, et cela à une époque où les objectifs homogènes étaient encore inconnus. Plus loin (p. 66), il me reproche de n'avoir pas donné d'explication de ma figure 27, pl. XX, qui se trouve expliquée en détail page 490 de mon Mémoire.

¹ *Archives de zoologie*, t. III, 1885, p. 337-367, pl. XVII.

n'est pas moins intéressante. Par sa petite taille, il semblerait destiné à un rôle de victime condamnée d'avance à servir de proie à tous les autres carnassiers. Son organisation en a fait, au contraire, un chasseur vigoureusement armé pour cette lutte. Sa carapace lui permet de résister à des ennemis beaucoup plus puissants que lui et, grâce à l'armature de sa bouche, il peut attaquer et dévorer des proies d'une vigueur et d'un volume bien plus grands que le sien. Voici quelques nouvelles observations à l'appui de ces considérations.

Sur une préparation de *Stylonichia pustulata*, disposée en vue d'une culture en chambre humide, s'étaient trouvés au début trois ou quatre Coleps, qui firent la chasse aux *Cryptochilums* destinés à la nourriture des *Stylonichies* et se multiplièrent en même temps que ces dernières. Tant que les *Cryptochilums* alimentant les deux carnassiers furent abondants, les Coleps attaquèrent peu les *Stylonichies*. Celles-ci, d'ailleurs fort bien nourries et très vigoureuses, se défendaient et échappaient sans peine aux poursuites des Coleps, en nombre encore restreint. Mais, après quatre à cinq jours, les *Cryptochilums* commencèrent à devenir rares. Les Coleps, par contre, s'étaient fort multipliés. Les *Stylonichies*, au nombre de plus de trois cents, manquaient de nourriture, et, pourchassées sans relâche par la bande également affamée de leurs petits ennemis, ne réussirent plus à éviter leurs attaques. En moins de vingt-quatre heures, les Coleps les eurent toutes tuées et dévorées, et il n'en resta plus une sur la préparation. Cette observation est excellente pour démontrer la puissance d'attaque de ce petit carnassier. Si l'on compare, en effet, le volume d'une *Stylonichia pustulata* à celui d'un Coleps, on reconnaît que la première est au moins seize fois plus grande que le second, et cependant, dans la lutte pour l'existence, c'est le petit qui l'emporte sûrement et rapidement, grâce à sa puissante armature buccale.

J'ai également vu plusieurs fois des Coleps attaquer avec succès des *Paramecium aurelia*, dont la taille est encore plus grande que celle des *Stylonichies*. Voici comment les choses se passent. Un Co-

leps réussit à s'accrocher à l'extrémité postérieure d'une Paramécie. Celle-ci, blessée par les pointes des denticules buccaux de son ennemi, se contracte énergiquement au point lésé, tout en s'agitant et s'enfuyant. Le Coleps ne lâche pas prise et se laisse entraîner. Le sarcode de la Paramécie ne tarde pas à exsuder et faire hernie par le point lésé. D'autres Coleps s'accrochent à leur tour sur ces hernies et élargissent la blessure. La Paramécie perd bientôt ses forces et ralentit ses mouvements. Le nombre de ses vampires s'augmente. Elle finit par demeurer immobile, et toute sa masse sarcodique se désorganise en une bouillie granuleuse. Les Coleps accourent de toutes parts, se précipitant sur cette curée. J'en ai compté plus de quarante à cinquante, ainsi attablés sur chaque cadavre de Paramécie. Les voraces carnassiers dépècent leur proie en très peu de temps, et, trois à quatre minutes après sa mort, il ne reste plus rien d'une Paramécie.

Dans les moments de grande disette, les Coleps s'attaquent également à leurs semblables. Mais, dans ce cas, ce sont seulement les individus issus d'une récente bipartition qui succombent sous les coups de leurs congénères. Chez ces individus, une moitié du corps seulement est protégée par l'ancienne carapace, l'autre moitié étant encore nue. C'est par cette moitié vulnérable que leurs congénères les attaquent et les dévorent, en laissant la moitié de carapace solide vidée de tout son contenu sarcodique.

Cette concurrence acharnée des Ciliés entre eux, nous donne une facile explication d'un phénomène bien connu de tous ceux qui se sont occupés avec un peu de suite de leur étude. Dans les petits aquariums à infusoires, où nous les tenons et les élevons pour les besoins de nos recherches, leurs espèces apparaissent successivement, en se remplaçant dans un ordre à peu près constant. Au début, les espèces herbivores, trouvant une abondante nourriture de Schizomycètes, pullulent et nettoient l'eau de ces microphytes. Les carnassiers entrent alors en scène, donnent la chasse aux herbivores, les dévorent et les font disparaître en se multipliant à leur tour. Ces

derniers, lorsque les aliments sont épuisés, s'enferment dans des kystes pour y attendre le retour de l'abondance¹. Toutes leurs espèces jouissent, en effet, de la faculté de sécréter des enveloppes kystiques, dans lesquelles elles peuvent vivre enfermées pendant des années sans prendre de nourriture. Cette faculté appartient aussi à certaines espèces herbivores ; mais il en est d'autres, même parmi les plus communes, que personne n'a encore vues s'enkyster. Les Paramécies, les Colpidiums, les Coleps sont dans ce cas. Lorsqu'on les place dans des milieux dépourvus d'aliments, on les y voit dépérir d'inanition. Cette absence de kyste rend leur dissémination universelle fort embarrassante à expliquer. Il y a là un problème inexpliqué, dont quelque donnée essentielle nous échappe pour le moment.

LES FAITS.

Maintenant que nous connaissons bien les lois et conditions générales qui président à l'alimentation des Ciliés, nous pouvons passer à l'étude spéciale des espèces, sur lesquelles j'ai expérimenté, dans le but de déterminer exactement leur puissance de développement. Ces expériences consistent en cultures méthodiques d'Infusoires isolés, auxquels j'ai toujours donné une nourriture convenable et abondante. Ces cultures se font sur porte-objet en préparations microscopiques ordinaires, tenues dans les chambres humides, comme je l'ai décrit plus haut. Tous les jours, à la même heure, ces prépara-

¹ C'est une opinion, on peut le dire, devenue classique, que les Ciliés s'enkystent surtout sous l'influence de l'évaporation de l'eau, pour se préserver de la dessiccation. Cette opinion est en grande partie erronée ; car il suffit de supprimer les vivres à toutes les espèces jouissant de cette faculté, pour les voir bientôt sécréter cette enveloppe protectrice, sans qu'il se soit produit la moindre évaporation dans l'eau ambiante. Toutes les expériences (Cienkowski, Claparède) citées à l'appui de cette fausse opinion, n'ont pas d'autre signification. Les Infusoires placés dans des gouttes d'eau s'évaporant lentement, s'y sont enkystés, parce qu'ils y ont épuisé en peu de temps toute la nourriture disponible. On trouvera plus loin, dans les notes et observations de mes cultures de *Stylonichia pustulata*, de nombreuses expériences à l'appui de cette manière de voir. Il est bien entendu que je ne m'occupe ici ni des kystes de reproduction, ni des kystes de digestion.

tions ont été examinées et l'observation consignée sur un journal divisé en six colonnes. Sur la première de ces colonnes, j'ai inscrit la date ; sur la seconde, la température ; sur la troisième, le nombre d'individus ; sur la quatrième, le nombre de bipartitions dans les vingt-quatre heures ; sur la cinquième, le nombre total de bipartitions depuis le début de la culture ; sur la sixième, enfin, les observations particulières, lorsqu'il y avait lieu d'en faire. On obtient des chiffres de température suffisamment exacts, en suspendant un bon thermomètre près des chambres humides. Plusieurs fois, j'ai contrôlé ces chiffres, en couchant un second thermomètre à l'intérieur des chambres humides, à côté même des préparations ; les indications des deux thermomètres furent identiques, à quelques dixièmes de degré près. Après chaque nouvel isolement, la préparation antécédente a toujours été conservée pendant plusieurs jours, jusqu'à ce que j'aie acquis la certitude que le nouveau progéniteur et ses descendants étaient bien constitués.

J'ai étudié ainsi le développement et la multiplication de 20 espèces. Sur ces 20 Ciliés, 8 ont été observés pendant plusieurs mois, 4 pendant un mois et les 8 autres pendant au moins quinze jours.

Je ne reproduirai pas ici les journaux d'observation de toutes ces espèces. Leur reproduction intégrale m'entraînerait à des répétitions fastidieuses et sans intérêt. Je me contenterai de donner, à titre de spécimen, celui de la culture la plus longue et la plus complète que j'aie faite. Elle suffira pour donner une idée des autres, dont je me bornerai à faire connaître les résultats. L'espèce sur laquelle je possède les plus longues observations est la *Stylonichia pustulata* ; c'est donc par elle que nous allons commencer.

Stylonichia pustulata.

La *Stylonichia pustulata* est la première espèce dont j'aie fait des élevages méthodiques et continus. Au 1^{er} novembre 1885, j'isolai un premier individu pris dans un aquarium, et en poursuivis les générations successives jusqu'au 26 mars 1886, où cette culture s'éteignit

par épuisement de l'espèce après 215 bipartitions ininterrompues. Au cours de cette culture, j'en tirai de temps à autre des individus, que je mélangeai avec d'autres *Stylonichies* de provenance étrangère et obtins ainsi de nombreuses conjugaisons. J'isolai, le 22 février 1886, un de ces couples formés vers la 156^e bipartition de la culture. Après la disjonction, je supprimai une des ex-conjuguées et conservai l'autre pour en faire le progéniteur d'une seconde culture méthodique et suivie. Celle-ci a duré de la fin de février au 10 juillet, époque à laquelle elle s'est également éteinte par épuisement de l'espèce, après une série de 316 bipartitions. C'est cette seconde culture dont je vais donner le journal complet et détaillé.

La *Stylonichia pustulata* est, comme toutes les Oxytrichides, un Cilié à tourbillon. Elle peut se nourrir de Schizomycètes et de petits Infusoires. Dans ces longues cultures, je l'ai constamment alimentée avec des *Cryptochilum nigricans*, qu'elle dévorait avec avidité et dont elle n'a jamais manqué un instant.

Date.	Temp.	Individus.	Bipartitions.		
Février. 27	16°	1			Cette ex-conjuguée isolée a recommencé à manger le 27, à trois heures du soir, et s'est fissiparée pour la première fois le 28, à deux heures du soir.
28	16	2	1	1	
Mars... 1	16	4	1	2	
2	16	32	3	5	
3	17	147	2	7	
4	18	483	2	9	
5	18	935	1	10	
J'isole une de ces 935.					
6	19	2	1	11	Les <i>Stylonichies</i> de cette préparation ayant fini par manquer de nourriture se sont enkystées. Je les supprime le 12.
7	19	8	2	13	
8	18	64	3	16	
9	17	230	2	18	
J'isole une de ces 230.					
10	17	4	2	20	Enkystements après manque de vivres. Suppression le 15.
11	17	16	2	22	
12	16	126	3	25	
J'isole une de ces 126.					
13	16	4	2	27	Le 20, suppression après nombreux enkystements.
14	16	30	3	30	
15	15	92	1	31	
J'isole une de ces 92.					

	Date.	Temp.	Individus.	Bipartitions.		
Mars...	16	15	4	2	33	J'avais introduit par mégarde des
	17	17	16	2	35	<i>Coleps hirtus</i> , sur cette préparation.
	18	17	80	2	37	Lorsque la nourriture est venue à
	19	18	216	2	39	manquer, ces <i>Coleps</i> ont attaqué et
			J'isole une de ces 216.			dévoré les <i>Stylonichies</i> , dont il ne
	20	18	4	2	41	restait plus une le 20 au soir.
	21	18	12	2	43	Suppression le 26, après de nom-
	22	18	37	1	44	breux enkystements.
	23	18	168	2	46	
			J'isole une de ces 168.			
	24	18	4	2	48	Enkystements et suppression le 29.
	25	18	32	3	51	
	26	18	214	3	54	
			J'isole une de ces 214.			
	27	18	4	2	56	Enkystements et suppression le
	28	18	32	3	59	2 avril.
	29	18	147	2	61	
			J'isole une de ces 147.			
	30	18	4	2	63	Nombreux enkystements. Suppres-
	31	18	16	2	65	sion le 5. Une partie des 350 extraites
Avril...	1	18	80	2	67	et mélangées avec des étrangères ne
	2	19	350	2	69	se sont pas conjuguées.
			J'isole une de ces 350.			
	3	20	8	3	72	Suppression le 8, après de nom-
	4	21	45	2	74	breux enkystements. Extraction et
	5	22	322	3	77	mélange sans obtenir de conjugai-
			J'isole une de ces 322.			sons.
	6	22	8	3	80	Enkystements et suppression le 12.
	7	22	47	2	82	Extraction et mélange sans conjugai-
	8	20	250	3	85	sons.
			J'isole une de ces 250.			
	9	19	4	2	87	Enkystements et suppression le 15.
	10	18	17	2	89	Extraction et mélange sans conjugai-
	11	18	72	2	91	sons.
	12	18	220	2	93	
			J'isole une de ces 220.			
	13	16	4	2	95	Enkystements et <i>atrophies</i> . Extrac-
	14	16	13	2	97	tion et mélange sans conjugaisons.
	15	16	27	1	98	
			J'isole une de ces 27.			
	16	16	2	1	99	Enkystements et suppression le 24.
	17	16	8	2	101	Extraction et mélange sans conjugai-
	18	17	64	3	104	sons.
	19	18	219	2	106	
			J'isole une de ces 219.			

Date.	Temp.	Individus.	Bipartitions.			
Avril...	20	18	4	2	108	Enkystements.
	21	17	13	2	110	
	J'isole une de ces 13.					
	22	18	4	2	112	Enkystements et suppression le 30.
	23	19	23	2	114	Extraction et mélange sans conjugai-
	24	20	59	2	116	sons.
	25	19	168	1	117	
	26	19	574	2	119	
	J'isole une de ces 574.					
	27	19	8	3	122	Enkystements.
	28	18	15	1	123	
	J'isole une de ces 15.					
	29	19	7	3	128	Enkystements. Extraction et mé-
	30	19	50	3	129	lange avec étrangères ; trois couples.
Mai....	1	20	221	2	131	
	J'isole une de ces 221.					
	2	19	8	3	134	Enkystements.
	3	19	25	2	136	
	4	20	102	2	138	
	J'isole une de ces 102.					
	5	19	4	2	140	Enkystements. Extraction et mé-
	6	19	22	2	142	lange avec étrangères ; quinze cou-
	7	19	80	2	144	ples.
	8	19	230	2	146	
	9	20	600	1	147	
	J'isole une de ces 600.					
	10	21	6	3	150	Le 12, extraction et mélange avec
	11	21	51	3	153	étrangères ; nombreux couples. En-
	12	22	330	2	155	kystements des non mélangées.
	J'isole une de ces 330.					
	13	24	16	4	159	Le 15, extraction et mélange avec
	14	24	80	2	161	étrangères ; nombreux couples. Quel-
	15	22	374	3	164	ques couples entre non mélangées.
	J'isole une de ces 374.					
	16	22	4	2	166	
	J'isole une de ces 4.					
	17	20	8	3	169	Le 19, extraction et mélange. Nom-
	18	20	59	3	172	breux accouplements tant chez les
	19	20	244	2	174	mélangées que chez les non mélan-
	J'isole une de ces 244.					
	20	23	7	3	177	Nombreuses conjugaisons sans mé-
	21	23	30	2	179	lange.
	22	22	127	2	181	
	23	22	507	2	183	
	J'isole une de ces 507.					

	Date.	Temp.	Individus.	Bipartitions.		
Mai....	24	23	7	3	186	Enkystements sans conjugaisons.
	25	22	54	3	189	Suppression le 1 ^{er} juin.
	26	21	159	1	190	
	27	22	492	2	192	
	J'isole une de ces 492.					
	28	22	7	3	195	Pas de mélange ; une vingtaine de couples.
	29	22	23	1	196	
	30	22	73	2	198	
	31	21	281	2	200	
J'isole une de ces 281.						
Juin....	1	21	8	3	203	Pas de mélange ; nombreuses conjugaisons.
	2	22	29	2	205	
	3	22	87	1	206	
	4	22	298	2	208	
	5	22	320	1	209	
J'isole une de ces 320.						
	6	22	8	3	212	Pas de mélange ; enkystements.
	7	22	56	3	215	
J'isole une de ces 56.						
	8	22	4	2	217	Mélange ; couples avec mélangées et non mélangées.
	9	22	26	3	220	
	10	23	105	2	222	
	11	23	466	2	224	
J'isole une de ces 466.						
	12	23	8	3	227	Mélange ; conjugaisons avec mélangées et non mélangées.
	13	22	47	2	229	
	14	23	170	2	231	
J'isole une de ces 170.						
	15	22	8	3	234	Atrophiées.
J'isole une deuxième des 170.						
	16	22	4	2	236	Pas de mélange ; se sont conjuguées, puis atrophiées.
	17	21	8	1	237	
	18	22	64	3	240	
J'isole une de ces 64.						
	19	23	4	2	242	Atrophiées.
	20	24	22	2	244	
J'isole une de ces 22.						
	21	24	8	3	247	Pas de mélange ; se sont conjuguées, puis atrophiées.
	22	24	118	4	251	
J'isole une de ces 118.						
	23	23	4	2	253	Pas de mélange ; se sont conjuguées, puis atrophiées.
	24	23	38	3	256	
	25	24	158	2	258	
J'isole une de ces 158.						
	26	24	16	4	262	
J'isole une de ces 16.						

	Date.	Temp.	Individus.	Bipartitions.		
Juin....	27	24	12	4	266	Extinction par atrophie sans enkys- tement.
	28	26	179	3	269	
	J'isole une de ces 179.					
	29	24	32	5	274	Atrophiées.
	30	25	616	4	278	
	J'isole une de ces 616.					
Juillet..	1	25	11	3	281	Atrophies et enkystement.
	2	26	161	4	285	
	J'isole une de ces 161.					
	3	25	16	4	289	Conjugaisons sans mélange et atro-
	4	26	233	4	293	phies.
	J'isole une de ces 233.					
	5	25	16	4	297	Atrophiées.
	6	25	313	4	301	
	J'isole une de ces 313.					
	7	25	4	2	303	Conjugaisons sans mélanges et atro-
	8	26	64	4	307	phies.
	J'isole une de ces 64.					
	9	27	32	5	312	
	10	28	510	4	316	

J'isole une de ces 510 ; mais elle ne donne naissance qu'à des atrophiées qui, ne prenant plus de nourriture, meurent bientôt. Celles restées sur la préparation du 8 se sont encore multipliées, en donnant également naissance à des atrophiées. Celles-ci végètent quelques jours sans prendre de nourriture et meurent bientôt, de sorte que le 13, au matin, il n'en restait plus une seule, bien que pendant tout ce temps elles aient eu une abondante nourriture à leur disposition. Cette nourriture était composée, comme toujours, de *Cryptochilum nigricans*, qui se maintinrent, sur les préparations, vigoureux et bien portants. La mort des Stylonichies ne peut donc pas être attribuée à une altération survenue dans l'eau des préparations ; mais elle a eu pour cause la dégénérescence amenée par l'épuisement des générations agames. Nous reviendrons, d'ailleurs, plus amplement sur cette importante question.

De l'examen de ces longues colonnes de chiffres ressort, avec évidence, l'influence considérable que la température a sur le développement des Ciliés. Afin de mieux compléter cette démonstration, je

vais encore reproduire une culture de la même espèce, et d'une courte durée, faite dans les conditions de température les plus basses que j'aie pu obtenir. La chambre humide, contenant cette culture, avait été installée en dehors, sur le rebord d'une fenêtre orientée au nord. Un thermométographe, à maxima et à minima, me donnait les températures extrêmes. Leurs moyennes peuvent être considérées comme répondant à une température constante quotidienne.

	Date.	Min.	Max.	Moy.	Individus.	Bipartitions.	
Janvier...	1	4	7,5	5,5	1		
	2	6	7,5	6,5	2	1	1
	3	5,5	10	7,5	2	0	
	4	3,5	11,5	7,5	4	1	2
	5	9	14	11,5	8	1	3
	6	12	16	14	32	2	5
	J'isole une de ces 32.						
	7	11	13	12	2	1	6
	8	9,5	15	12	4	1	7
	9	9	12,5	10,5	8	1	8
	10	9	12,5	10,5	32	2	10
	11	8	12	10	64	1	11
	12	8	13	10,5	126	1	12
	J'isole une de ces 126.						
	13	6	12	9	2	1	13
	14	8,5	15	11,5	4	1	14
	15	10	15	12,5	13	2	16
	16	9			31	1	17

En combinant les résultats de ces diverses cultures, nous voyons que la *Stylonichia pustulata*, abondamment pourvue de nourriture animale, peut, par vingt-quatre heures, se fissiparer

1 fois.	2 fois.	3 fois.	4 fois.	5 fois.
avec 5° à 10°	— 10° à 15°	— 15° à 20°	— 20° à 24°	— 24° à 28°.

et par conséquent, suivant la température, donner naissance à 2, 4, 8, 16 ou 32 individus par vingt-quatre heures.

On pourrait m'objecter que ces chiffres maxima ne sont pas constants, et que sur mes tableaux il s'en trouve très fréquemment de moins élevés ; que, par suite, ces résultats ne répondent pas à la réalité et exagèrent beaucoup la véritable puissance de multiplica-

tion de cet Infusoire. Rien de plus aisé que de répondre à cette objection. Dans les conditions d'élevage où se cultivent les Infusoires, il est impossible de leur donner constamment une nourriture entièrement pure. Elle est toujours plus ou moins mélangée de productions étrangères. Or, j'ai souvent remarqué que la présence de certains Schizomycètes était défavorable au développement des Ciliés et pouvait même, dans certains cas, l'entraver complètement. Il suffit donc d'une proportion plus ou moins grande de ces Schizomycètes dans les milieux de culture pour causer des variations correspondantes dans l'accroissement et la multiplication des Ciliés. En outre, dans les milieux étroits où je les élève, il peut et doit arriver que les individus ne se trouvent pas également bien placés, par rapport aux aliments et à leur préhension. De là des retards dans l'accroissement de certains d'entre eux et des variations dans les résultats généraux. Les chiffres par lesquels je résume ces cultures correspondent donc à des conditions de milieu et de nourriture dégagées de ces influences contraires et étant, par conséquent, les plus avantageuses et les plus favorables à la multiplication du Cilié.

Il me faut encore écarter une autre objection, d'un ordre différent, consistant à expliquer ces variations, par des différences individuelles, dans la capacité de développement des divers individus. Que des différences de cette nature existent réellement et que des individus d'une même espèce puissent posséder une puissance de multiplication plus grande les uns que les autres, j'en donnerai plus loin la preuve incontestable, en résumant mes expériences de culture de l'*Onychodromus grandis* et de la *Leucophrys patula*. Mais j'ai la conviction, sinon la certitude, que ces différences ne se manifestent qu'entre individus appartenant à des cycles de développements différents et ne descendant pas d'un même progéniteur. Dans toutes mes cultures, j'ai toujours vu tous les descendants, bien organisés, d'un même ancêtre, s'accroître et se multiplier avec la plus parfaite uniformité. Il y a, j'en suis persuadé, transmission intégrale de la faculté de développement d'une génération à l'autre, et l'équiva-

lence physiologique la plus complète doit exister entre tous les individus, bien constitués, produits par ces générations successives. Ce n'est que plus tard, après une longue série de multiplications agames, que cette faculté se modifie et s'affaiblit par une dégénérescence, qui affecte simultanément tous les individus d'un même cycle. Mais alors, nous nous trouvons en face de phénomènes d'un autre ordre et dont nous aborderons la description plus loin.

J'ai fait quelques petits calculs, afin de rendre la puissance de multiplication de la *Stylonichia pustulata* plus frappante. Cet infusoire, lorsqu'il s'enkyste¹, le fait sous forme de petites sphères très régulières, et dont on peut calculer très exactement le volume. Le diamètre de ces kystes ayant, en moyenne, de 57 à 58 μ , il en résulte que le volume d'une Stylonichie est égal à 100000 μ cubes et que, par suite, il en faut 10000 pour faire 1 millimètre cube, et 10 millions pour 1 centimètre cube. Le protoplasma ayant une densité à peu de chose près égale à celle de l'eau, ces 10 millions de Stylonichies pèseront 1 gramme, et 10 billions 1 kilogramme. Une *Stylonichia pustulata*, par une température de 25 à 26 degrés centigrades, se fissiparant cinq fois par vingt-quatre heures, enfantera 10 millions d'individus vers la fin du cinquième jour, et 10 billions vers le milieu

¹ Cet enkystement a été fort exactement décrit par Engelmann (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, t. XI, 1862, p. 336, pl. XXIX, fig. 1, 2, 3), sauf une erreur portant sur un point assez intéressant. L'observateur allemand affirme qu'avant de s'enkyster, les Stylonichies rejettent au dehors par l'anus tous les bols alimentaires qu'elles avaient avalés auparavant. Quand elles s'enkystent, elles n'ont plus de masses alimentaires à rejeter, ces bols étant digérés et assimilés depuis longtemps. Les Stylonichies ne s'enkystent que lorsque la nourriture leur fait défaut et qu'elles jeûnent depuis quelque temps déjà. Les fèces qu'on leur voit rejeter à ce moment sont des amas de corpuscules biréfringents d'urate de soude, dont tout leur corps était pour ainsi dire farci auparavant. Elles s'en débarrassent si complètement, qu'elles en deviennent toutes transparentes de noirâtres qu'elles étaient auparavant. C'est cet état que Stein (*Der Organismus*, t. I, 1859, p. 163, pl. IX, fig. 7) avait décrit et figuré sans le comprendre et que Engelmann a reproduit de nouveau. Si, à ce moment, on examine les Stylonichies avec l'appareil de polarisation, on ne leur trouve plus un seul corpuscule biréfringent dans le corps. Ces corpuscules manquent également dans les kystes. Toutes les Oxytrichides se débarrassent ainsi de leurs corpuscules d'urate de soude avant de s'enkyster.

du septième ; c'est-à-dire qu'une seule *Stylonichie* pourrait produire 1 gramme de protoplasma en un peu moins de cinq jours, et 1 kilogramme en six jours et demi¹.

Poussons encore plus loin ce calcul en tenant compte, non plus du poids, mais du volume, et continuons-le jusqu'à la cent cinquantième génération qui, chez la *Stylonichia pustulata*, paraît correspondre à la période de maturité sexuelle parfaite. En supposant toujours la même température, elle arrivera vers la fin du trentième jour. Le total de tous les individus issus de cette cent cinquantième génération donne un nombre commençant par 1 suivi de 44 zéros, et tous ces individus, réunis en une masse unique, représenteraient une sphère 1 million de fois plus volumineuse que le soleil. Bien que ces chiffres énormes ne correspondent à rien de réel et même de réalisable, ils n'en projettent pas moins un jour singulier sur tout ce qu'il y a de prodigieux dans les activités physiologiques et les énergies moléculaires organiques de ces petits êtres.

Afin de bien démontrer l'influence de la qualité des aliments, j'ai cultivé, pendant quarante-cinq jours, une *Stylonichie* et ses descendants, en leur donnant, pour toute nourriture, la bouillie claire de farine cuite, dont j'ai parlé plus haut. Cette *Stylonichie* avait été extraite d'une de mes deux grandes cultures. Elle et ses descendants ont fort bien vécu avec cet aliment ; mais avec un développement beaucoup plus lent et moins de vigueur. Tandis que les *Stylonichies* de la grande culture, nourries avec des *Cryptochilums*, se sont fissiparées 73 fois, celles-ci ne l'ont fait que 27 fois pendant cette durée de quarante-cinq jours. Elles ne se fissiparaient qu'une fois par vingt-quatre heures, avec 14 à 18 degrés centigrades, et deux fois

¹ Cette puissance d'accroissement est encore dépassée de beaucoup par celle des Schizomycètes. Le *Bacillus subtilis*, étudié par Brefeld, par une température de 30 degrés centigrades, se multiplie une fois par trente minutes, ou quarante-huit fois par vingt-quatre heures. Il pourrait donc, en un jour, donner naissance à 263 trillions d'individus. Sa longueur étant de 6 μ et son diamètre de 0,5 μ , le volume d'un individu égale 1,178 μ cube et celui des 263 trillions d'individus 310 centimètres cubes.

avec 18 à 22 degrés. En outre, leur longueur s'était réduite à 125 μ , de 160 μ que mesuraient les *Stylonichies* de la culture mère.

Nous avons vu plus haut que les cultures poursuivies sans interruption finissent par s'éteindre d'elles-mêmes par épuisement de l'espèce ou, plus exactement, par dégénérescence sénile. Je l'ai constaté dans mes deux longues cultures du 1^{er} novembre 1885 et du 27 février 1886. Elles se sont terminées, l'une et l'autre, de la même façon. Comme ce fut avec la première de ces cultures que j'observai, pour la première fois, ce phénomène, il me prit un peu à l'improviste.

Le 28 février 1886, j'avais fait une nouvelle préparation, en isolant une *Stylonichie* de cette culture, qui en était à sa cent soixante-dix-septième bipartition. Je ne conservai pas les nombreuses sœurs de cette isolée, et il était trop tard, lorsque je m'aperçus qu'elle avait un aspect comme étiolé. Son corps était transparent, amaigri, de petite taille, bien qu'elle fût entourée d'une abondante nourriture. Elle se nourrissait, en effet, à peine et resta deux jours sans fissiparer. Le troisième jour seulement, elle se fissipara deux fois, et une fois le quatrième. Mais, parmi les individus résultant de ces bipartitions, les uns avaient un aspect extérieur normal et se nourrissaient bien, tandis que les autres ne prenaient plus aucune nourriture et se présentaient avec des formes atrophiées, que nous étudierons dans un instant. Voulant à tout prix prolonger cette culture, je choisis un individu à aspect normal, mangeant bien, et l'isolai. Les mêmes phénomènes se reproduisirent, et ayant continué à isoler des individus choisis, je les vis se répéter jusqu'au 20 avril, où j'abandonnai cette culture et laissai périr les derniers survivants. Avec un peu de soin et une sélection constante des reproducteurs, j'aurais encore pu, bien certainement, la prolonger quelque temps ; mais sans aucun intérêt, puisque les phénomènes s'y répétaient absolument identiques, de préparations en préparations. L'atrophie allait cependant croissante sur les dernières, et les bons reproducteurs y devenaient plus rares. Dès les premiers jours de mars, je tuai avec les

réactifs et préparai de nombreux individus, dont je pus étudier complètement la structure atrophiée. Mais, avant de les décrire, je dois entrer dans quelques explications sur la dégénérescence de la seconde culture du 27 février 1886.

Prévenu par ce qui s'était passé sur la précédente, je veillai celle-ci avec plus de soin et dès le 15 avril, vers la centième bipartition, j'aperçus quelques atrophées ne mangeant plus et dépérissant sans se reproduire. Ces atrophées se montrèrent d'abord en petit nombre, comparé à celui des Stylonichies bien constituées et bien portantes. Mais à partir du 15 juin, vers la deux cent trentième bipartition, elles se multiplièrent d'une façon compromettante pour la continuation de la culture. Je ne réussis, dès lors, à l'entretenir, qu'en choisissant, avec le plus grand soin, des reproducteurs bien constitués, du moins dans leur aspect extérieur. Elle s'éteignit enfin le 10 juillet, malgré tous mes soins, après une série indiscontinue de 316 bipartitions. Toutes les dernières Stylonichies y périrent par atrophie, incapables de se nourrir et de se reproduire.

Voyons en quoi consiste cette dégénérescence. On peut y distinguer deux degrés de développement. Au premier degré, les individus qui en sont affectés n'en laissent rien paraître dans leur aspect extérieur. Leur taille seule est un peu réduite, puisqu'ils ne mesurent plus que 110 à 135 μ . Ils continuent à se nourrir et se multiplier aussi activement qu'à l'état normal, ainsi que le démontre le journal de culture, sur lequel nous voyons les bipartitions ne subir aucun ralentissement pendant les mois de juin et de juillet, bien que cette culture fût déjà entièrement arrivée à ce premier degré de dégénérescence. Mais si ces dégénérés du premier degré conservent encore toute leur faculté de reproduction, ils donnent, par contre, fréquemment naissance à des dégénérés du second degré qui, eux, ont perdu tout pouvoir de se nourrir et de se reproduire. En outre, lorsqu'on les tue, en les préparant, pour étudier leur organisation interne, on constate une dégradation particulière de l'appareil nucléaire.

Le nucléus conserve encore sa structure intime normale, et il paraît absorber, comme d'habitude, les teintures colorantes spéciales de la chromatine. Mais il a, dès lors, une tendance très marquée à se fragmenter par un simple étranglement. A côté d'individus à nucléus normalement constitué de deux corps reliés par un ligament, on en trouve beaucoup chez lesquels le corps nucléaire antérieur est à moitié étranglé, d'autres où l'étranglement, complètement achevé, le divise en deux, d'autres enfin dont le corps nucléaire postérieur est également fragmenté en deux (pl. IX, fig. 1, 2, 3). Cette fragmentation ne dépasse jamais le nombre de quatre. Les fragments prennent des formes arrondies plus ou moins irrégulières, et il m'a semblé qu'aucune commissure ne les rattachait plus les uns aux autres.

Le micronucléus¹ éprouve une dégénérescence plus complète. Cet organe est représenté, chez cette espèce, par plusieurs petits corpuscules sphériques, pouvant atteindre au nombre de six. Il commence par subir une forte réduction, qui ramène ce nombre au chiffre uniforme de deux. C'est surtout en cet état que les accouplements féconds s'effectuent. On peut donc le considérer comme caractérisant la maturité sexuelle de l'espèce. Plus tard, la dégéné-

¹ Aujourd'hui que nous connaissons complètement le véritable rôle et la signification de cet organe, il est devenu impossible de continuer à le désigner par le mot *nucléole*. Ce dernier terme s'applique, en effet, dans la cytologie générale, à des objets d'une nature tout autre et avec lesquels il importe d'autant plus de ne pas confondre le nucléole des Ciliés, qu'on rencontre quelquefois des nucléoles proprement dits chez les Infusoires eux-mêmes. J'emploierai donc constamment le mot *micronucléus* pour désigner l'organe connu jusqu'à ce jour sous le nom de *nucléole*. Cette nouvelle dénomination m'a paru d'autant mieux appropriée, que dans son sens étymologique elle n'implique d'autre idée que la différence de volume, toujours si grande entre le nucléus proprement dit et le micronucléus. Bütschli avant moi (*Studien über die ersten Entwicklungsvorgänge der Eizelle*, etc., 1876, p. 147) avait déjà proposé d'appeler le nucléole *nucléus primaire*, et le nucléus proprement dit, *nucléus secondaire*. Mais aucun des deux n'est primaire ou secondaire par rapport à l'autre, puisque nous savons maintenant qu'ils ont une origine commune. Il y a simplement entre eux une différence de fonction, que les termes adoptés par Bütschli n'expliquent nullement. Ces termes sont donc impropres, et j'ai préféré celui que je propose, avec son sens à la fois plus restreint et plus exact.

rescence continue son œuvre de dégradation, et l'atrophie micronucléaire s'accroît graduellement.

Alors, sur les préparations, on commence par trouver des individus n'ayant plus qu'un seul micronucléus, à côté d'autres qui en sont absolument dépourvus; puis, plus tard enfin, ces derniers seuls existent encore. Je n'ai malheureusement pas déterminé le moment exact où cette atrophie micronucléaire est devenue complète et générale sur mes deux longues cultures. J'ai cependant la certitude expérimentale que, pour la première, le micronucléus n'a plus existé à partir du 28 février, et que par conséquent toutes les générations de *Stylonichies* apparues depuis cette date jusqu'au 20 avril, où j'ai laissé cette culture s'éteindre, étaient dépourvues de cet organe. Pour la seconde, je ne possède cette certitude expérimentale qu'à partir du 29 juin, c'est-à-dire depuis la 269^e bipartition. Je fis, en effet, à cette date une préparation tuée avec les réactifs, sur laquelle toutes les *Stylonichies*, sans aucune exception, se montrèrent dépourvues de micronucléus. Mais je suis persuadé que cet état était général dans cette culture bien auparavant et que c'est à lui que sont dues les atrophies complètes, sans enkystement et sans conjugaisons, des préparations du 14 et du 18 juin, consignées sur le journal. A cette première date du 14, cette culture en était à sa 230^e bipartition; il en résulterait que les *Stylonichies* ont dû s'y développer et s'y multiplier pendant près de cent générations, tout en étant dépourvues de micronucléus. Ce fait est d'une grande importance, pour comprendre la signification et le rôle de cet organe. Nous y reviendrons plus tard.

Au second degré de dégénérescence, les *Stylonichies* perdent tout pouvoir de s'accroître et se multiplier. Elles ne prennent plus aucune nourriture, et leur corps, amaigri, devient très transparent. La taille s'est encore beaucoup réduite et ne mesure plus que 70 à 90 μ . En même temps, elles ont subi de fortes atrophies dans leurs organes extérieurs; toutes les membranelles frontales, ainsi que le front, ont entièrement disparu (pl. IX, fig. 2, 3, 4), et, de l'arc vibratile

buccal, il ne reste plus que les dernières membranelles au voisinage de la bouche. La disparition de ces membranelles frontales entraîne nécessairement la suppression du tourbillon, qui apportait les aliments à la bouche. Celle-ci reste désormais absolument impuissante à saisir aucune proie ou corpuscule alibile d'une nature quelconque. Je n'ai pas réussi à observer le processus suivant lequel cette atrophie des membranelles frontales s'effectue ; mais je suis convaincu qu'elle se fait à la suite d'une bipartition des dégénérées du premier degré. Les fragments nucléaires sont devenus encore plus irréguliers de formes. Ces *Stylonichies* atrophiées continuent à se fissiparer (fig. 4, 5, 6) deux, et peut-être trois fois. Chaque nouvelle bipartition amène une réduction plus grande de la taille, et, finalement, on ne rencontre plus que de petits avortons (fig. 7), mesurant à peine de 40 à 45 μ . Chez ces avortons, les cirres ventraux et transversaux ont disparu ; mais ils conservent leurs cirres marginaux et leurs cirres latéraux, plus quelques-unes des membranelles buccales, qui indiquent encore l'emplacement de l'ancienne bouche. Les fragments nucléaires persistent jusqu'au dernier moment de l'existence de ces avortons, qui, après quelques jours, finissent par une atrophie complète et une dissolution de tout leur être ne laissant aucune trace.

Telle est la marche et la fin de cette dégénérescence sénile chez la *Stylonichia pustulata*. Dans ma seconde culture, où je l'ai observée dès le début de son apparition, je crois avoir saisi son évolution sous sa forme vraie et complète. Cette culture, en effet, commencée avec une *Stylonichie* sortant de conjugaison, doit représenter un cycle évolutif parfait de cette espèce. La dégénérescence y apparaît d'abord, pour ainsi dire, à l'état sporadique, n'attaquant que quelques individus, et cela dès la 100^e génération. Puis, plus tard, vers la 200^e génération, elle tend à se répandre et attaque un nombre d'individus de plus en plus grand. Elle se généralise, enfin, vers les 230^e à 240^e générations, à partir desquelles tous les individus en sont affectés. La mort et l'extinction de ce cycle de générations devient

alors inévitable, dans un délai plus ou moins long. A l'état libre, dans les conditions naturelles de la lutte pour l'existence, ce délai doit être court, et les Stylonichies, affectées du premier degré de dégénérescence, ne peuvent réussir à s'y conserver et se propager qu'avec grande difficulté. Elles sont, en effet, devenues plus faibles et plus délicates; et si, dans mes cultures, elles continuent à s'accroître et se multiplier encore assez longtemps, elles n'y parviennent que grâce aux soins avec lesquels la nourriture leur est toujours donnée en abondance, et surtout grâce à leur isolement, qui les met à l'abri des risques et périls de la concurrence vitale. Il ne faut donc guère espérer de rencontrer des dégénérées du premier et du second degré dans la nature, car elles doivent y succomber presque immédiatement après leur apparition.

Cette dégénérescence, en outre des atrophies qui viennent d'être décrites, se manifeste encore par des phénomènes d'un autre ordre. Dans les notes du journal de culture, nous voyons, en effet, que, tout d'abord, les Stylonichies des préparations abandonnées à elles-mêmes sans renouvellement de la nourriture, finissent toujours par s'enkyster, aussi bien chez les mélangées que chez les non mélangées. Plus tard, vers la 130^e génération, commencent à apparaître des accouplements chez les mélangées; les non mélangées continuent à s'enkyster. Ce nouvel état de choses dure jusque vers la 165^e génération, où les non mélangées se mettent également à s'accoupler entre elles. Ces accouplements entre non mélangées, et par conséquent entre très proches parentes, se continuent dorénavant avec une grande fréquence jusqu'à la fin de la culture. J'ai examiné les conjoints de douze de ces couples entre proches parentes de la 183^e génération, afin de vérifier leur état micronucléaire; seize de ces conjuguées avaient un seul micronucléus; les huit autres en étaient totalement dépourvues. Ces accouplements sur préparations non mélangées, entre Stylonichies descendantes immédiates d'un même progéniteur, s'effectuent donc lorsque ces Stylonichies en sont déjà arrivées au premier degré de la dégénérescence. Ils sont

d'ailleurs stériles et finissent, ainsi que je l'ai constaté maintes fois, par la mort des ex-conjuguées, qui ne parviennent pas à traverser le stade de réorganisation. Mais je n'insiste pas ici plus longuement sur ces faits, au sujet desquels j'ajouterai de nouveaux développements et d'autres observations dans le travail spécial sur la conjugaison, que je publierai après celui-ci.

En résumé, la dégénérescence sénile se manifeste chez la *Stylonichia pustulata*, d'un côté, par des atrophies portant d'abord sur l'appareil nucléaire, ensuite sur les organes et appendices externes et entraînant finalement la mort des dégénérées ; en second lieu, par une sorte d'hyperesthésie sexuelle, déterminant des accouplements stériles, qui aboutissent inévitablement à la mort des conjoints. La mort sert donc de dénouement fatal à cette dégénérescence, et cette mort est identique à la mort naturelle par vieillesse, fin nécessaire de tout ce qui a vie.

Stylonichia mytilus.

Cette espèce, sans être absolument rare, est cependant bien moins commune que la précédente, du moins ici en Algérie. Elle se prête également bien à l'élevage sur préparations tenues en chambre humide. J'en ai fait trois longues cultures, poursuivies jusqu'à leur épuisement et leur extinction par dégénérescence sénile. Elles ont duré, les deux premières, du 1^{er} mai 1886 au 26 janvier 1887 ; la troisième, du 1^{er} août 1886 au 21 mai 1887. Toutes trois ont été suivies et observées jour par jour ; mais je n'ai tenu de journal que de l'une des deux premières. Elles se sont, d'ailleurs, comportées toutes trois d'une façon absolument uniforme. Les trois progéniteurs avaient été pêchés à l'état libre dans mes petits aquariums. N'ayant encore jamais rencontré cette espèce à l'état de conjugaison, je n'ai pu prendre une ex-conjuguée comme progéniteur d'une culture. Le nombre des générations successives sur la culture, enregistrée du 1^{er} mai au 26 janvier, a été de 319. Comme pour la précédente

espèce, la nourriture a toujours été composée de *Cryptochilum nigricans*.

D'après les résultats combinés de ces cultures, la *Stylonichia mytilus* peut se fissiparer par vingt-quatre heures

1/2 fois.	1 fois.	2 fois.	3 fois.
avec 6° à 9°	— 9° à 14°	— 14° à 19°	— 19° à 25°.

Il lui faudrait donc, avec ces températures, dans le premier cas, deux jours pour donner naissance à deux individus, et, dans les trois autres cas, un jour pour en produire deux, quatre ou huit. Cette puissance de multiplication est, on le voit, notablement plus faible que celle de la *Stylonichia pustulata*.

La dégénérescence sénile prend, chez la *Stylonichia mytilus*, des formes assez différentes de celles que nous avons constatées chez la précédente. Elle se fait sentir également et avant tout sur l'appareil nucléaire; mais les dégradations qu'elle lui fait subir sont d'une autre nature et suivent une autre évolution. Quant aux appendices et organes extérieurs, ils se conservent à peu près intacts jusqu'à la dernière extrémité.

Le micronucléus se compose ici également de petits corpuscules en nombre variable, pouvant atteindre jusqu'à six et même, suivant Bütschli¹, quelquefois jusqu'à dix. Afin de bien suivre l'action de la dégénérescence sur cet organe, ainsi que sur le nucléus, j'ai fait une série de préparations tuées avec réactifs et échelonnées à des dates successives de la culture, enregistrée jour par jour. Voici les relevés de ces préparations :

1° (16 juillet, 148^e bipartition) J'ai examiné 80 individus sur cette préparation. Chez tous, sans exception, les micronucléus existent en nombres variables de deux, trois et quatre. Chez 3 individus, je n'en trouve qu'un. Les nucléus, bien constitués, composés de deux corps reliés par une commissure, ne présentent rien d'anormal. Longueur maximum des *Stylonichies*, 160 μ ;

¹ *Studien über die ersten*, etc., 1876, p. 73.

2° (15 août, 210° bipartition) 100 à 110 individus, tous avec deux micronucléus. Nucléus bien constitués ;

3° (14 septembre, 250° bipartition) 59 individus, dont 9 avec deux micronucléus ; les 50 autres avec un seul. Nucléus bien constitués, à part 2 ou 3 individus, chez lesquels il y a eu commencement de fragmentation, les corps nucléaires étant au nombre de trois ;

4° (29 septembre, 264° bipartition) 112 individus, dont 1 avec quatre micronucléus, 23 avec trois, 52 avec deux, 31 avec un et 5 avec zéro. Nucléus en général bien constitués. Longueur, 120 à 130 μ ;

5° (14 octobre, 277° bipartition) 121 individus, dont 8 avec quatre micronucléus, 27 avec trois, 71 avec deux, 13 avec un et 2 avec zéro. Chez beaucoup, le nucléus est réduit à l'état d'un corps unique de forme très allongée et plus ou moins irrégulière. Cet état indique un commencement de désorganisation déjà avancé ;

6° (2 novembre, 294° bipartition) 127 individus, dont 3 avec six micronucléus, 4 avec cinq, 20 avec quatre, 45 avec trois, 48 avec deux et 7 avec un. Nucléus à un état de dégradation avancée, la plupart des individus n'ayant plus qu'un seul corps nucléaire ;

7° (28 novembre, 301° bipartition) 34 individus, dont 1 avec six micronucléus, 1 avec cinq, 5 avec quatre, 11 avec trois, 12 avec deux et 4 avec un. Chez la grande majorité, le nucléus, fortement dégradé, n'est plus composé que d'un seul corps de forme irrégulière oblongue ;

8° (23 novembre, 305° bipartition) 60 individus, dont 3 avec cinq micronucléus, 6 avec quatre, 22 avec trois, 25 avec deux et 4 avec un. Le nucléus, fortement dégradé, était représenté par deux corps chez 15 individus, par un seul de forme oblongue irrégulière chez 44, et 1 individu, enfin, n'en avait plus du tout. Longueurs maximum des Stytonichies, 110 à 120 μ ;

9° (6 décembre, 310° bipartition) 26 individus, dont 1 avec huit micronucléus, 3 avec sept, 3 avec six, 5 avec cinq, 5 avec quatre, 6 avec trois et 3 avec deux. De ces 26 individus, 5 avaient encore deux

corps nucléaires; les 21 autres, un seulement, de forme oblongue irrégulière.

D'après ces observations, nous voyons la dégénérescence diminuer graduellement la taille de la *Stylonichia mytilus*. Ce bel Infusoire, qui, en effet, peut dépasser une longueur de 300 μ , voit ce chiffre descendre peu à peu à 160 μ , puis 130 μ ; puis, enfin, 100 à 120 μ , dernier terme de cette dégradation, après lequel arrive la mort et la dissolution.

Le micronucléus éprouve d'abord une réduction très forte dans le nombre de ses corpuscules. Nous le voyons en effet, sur les préparations 1, 2, 3 et 4, s'abaisser aux chiffres de quatre, trois, deux, un et même zéro chez quelques rares individus. Mais, sur les préparations suivantes, cet organe semble être pris d'une recrudescence de vitalité, qui le fait remonter la pente descendue, de sorte que, sur les dernières de ces préparations, vers l'expiration de la culture, les chiffres de trois, quatre et cinq corpuscules deviennent les plus fréquents, et qu'on rencontre même des individus avec six, sept et huit micronucléus. Ces derniers gros chiffres s'observent surtout chez les individus complètement atrophiés, réduits au minimum de la taille, ne se reproduisant plus et près de périr (pl. IX, fig. 8, 9 et 10). Tous ces micronucléus, même ceux des toutes dernières générations, sont fort bien constitués, et leur substance se colore fortement par les teintures de la chromatine. Cette prolifération *in extremis* du micronucléus s'effectue isolément et indépendamment des autres organes. J'ai, en effet, observé nombre de fois des micronucléus en voie de division (pl. IX, fig. 8, 11 et 12), chez des *Stylonichies* ne montrant aucun signe d'une prochaine bipartition. Je n'ai même jamais vu tous les micronucléus d'une *Stylonichie* se diviser simultanément; un seul entre en évolution, pendant que les autres demeurent à l'état de repos.

La dégénérescence du nucléus est tout d'abord fort peu apparente. On en trouve très rarement de fragmentés. Ils se conservent donc, même fort tard, sous leur forme normale binaire. Mais, en les étu-

diant avec soin et de forts grossissements, on reconnaît qu'ils ont perdu de leur volume et que leur substance est devenue comme moins dense. La coloration par les teintures est moins foncée. Il semble que la chromatine s'est un peu raréfiée, pour faire place à une substance se colorant peu ou pas du tout. Plus tard, comme nous l'avons constaté sur la préparation n° 5 et les suivantes, cette dégradation nucléaire s'accroît et devient nettement apparente. Le nucléus ne se compose plus que d'un corps unique, affectant des formes anormales oblongues (pl. IX, fig. 8, 9, 13 et 14). Sa chromatine se raréfie de plus en plus. La substance non colorable qui la remplace conserve encore la structure normale élémentaire dans certaines de ses parties; mais, dans d'autres, elle se condense en amas irréguliers, amorphes et granuleux (fig. 15 et 16). Ces masses amorphes, noyées dans les parties encore intactes, ressemblent à des centres de régression sur lesquels la substance nucléaire, désorganisée et transformée en une matière d'apparence huileuse, vient s'amasser. A l'intérieur de ces masses existent toujours un ou plusieurs espaces clairs, contenant de fines granulations. Ces nucléus, ainsi dégradés, persistent jusqu'au dernier moment chez les *Stylonichies* arrivées à leur degré extrême d'atrophie (pl. IX, fig. 16). Ils peuvent cependant s'atrophier et disparaître complètement plus tôt, ainsi que le prouve l'individu dessiné planche X, fig. 1. Cet individu appartenait à une préparation tuée à la 305^e bipartition. Il est encore fort bien constitué extérieurement, et sa taille mesurait 140 μ . Mais le nucléus avait complètement disparu, et deux beaux micronucléus bien organisés étaient les seuls restes de l'appareil nucléaire primitif. La *Stylonichie* ne paraissait d'ailleurs guère souffrir de cette absence de nucléus et continuait à se nourrir vigoureusement, car son corps était rempli de nombreuses proies capturées peu de temps auparavant et non encore digérées.

La dégénérescence sénile ne semble pas stimuler à la conjugaison cette espèce, comme la précédente. Pendant toute la durée de mes cultures, je l'ai mélangée avec des étrangères, et jamais je n'ai vu

se former un seul couple, tant chez les mélangées que chez les non mélangées. Je ne sais comment expliquer cette contradiction avec les observations faites sur la *Stylouichia pustulata*.

Les cultures de la *Stylonichia mytilus* ont mis, avant d'arriver à l'extinction définitive, beaucoup plus de temps que celles de la *Stylonichia pustulata*, bien que, dans les unes et les autres, le nombre des bipartitions soit le même. Chez la première espèce, l'extinction n'est survenue qu'après neuf à dix mois, tandis que, chez la seconde, elle s'était produite après quatre mois et demi. Cette différence s'explique en partie par la moins rapide multiplication de la *Stylonichia mytilus*; mais encore bien plus par le ralentissement énorme de ses divisions pendant les derniers mois. Ainsi, sur les cultures commencées au 1^{er} mai, il ne se faisait déjà plus qu'une bipartition par vingt-quatre heures dès les mois de septembre et d'octobre. En novembre et décembre, les divisions se succédèrent à deux, trois et quatre jours de distance, et, en janvier, il ne s'en produisit que trois en vingt-six jours.

Onychodromus grandis.

Cette espèce paraît être assez peu commune. Elle n'a encore été signalée que par Stein¹ et Engelmann². Stein, qui en est le premier découvreur, ne l'a, dans ses longues recherches, rencontrée qu'une seule fois. Moi-même, je ne l'ai trouvée ici en Algérie, à l'état libre, qu'à deux reprises et, à chaque fois, seulement un ou deux individus. Les eaux où elle était provenaient de lavages de cresson acheté au marché, et contenaient des débris de cette plante aquatique.

Malgré la rareté de cette espèce, j'ai cependant pu en faire une étude complète, grâce à ma méthode de cultures. J'ai, en effet, isolé deux progéniteurs rencontrés à l'état libre, l'un au mois de janvier 1887, le second au mois de mars, et les ai tenus, eux et leurs

¹ *Der Organismus*, etc., t. I, 1859, p. 143, pl. V.

² *Zeitschrift für wiss. Zoologie*, t. XI, 1861, pl. XXX, fig. 8, 9.

descendants, en cultures méthodiques, enregistrées jour par jour jusqu'à épuisement par dégénérescence sénile.

Le type, observé par moi, diffère assez notablement de celui décrit par Stein, et j'ai hésité assez longtemps, avant de me décider à les assimiler l'un à l'autre. Je n'ai même accepté cette assimilation qu'après avoir reconnu chez cette espèce une variabilité et un polymorphisme très étendus. Cette variabilité de formes est sous la dépendance de la nature des aliments, et on peut la provoquer à volonté en modifiant ces derniers. L'*Onychodromus* est un carnassier vorace qui, avec son puissant appareil buccal, peut capturer d'autres Ciliés de grande taille. Dans les moments de disette, il réussit même à saisir et avaler ses propres congénères. Lorsque je le nourrissais avec de gros Infusoires, il atteignait une grande taille, pouvant dépasser 300 μ (pl. X, fig. 2) et rappelant, par son contour général, les formes larges et trapues dessinées par Stein. La ciliation demeurait cependant toujours assez différente. Ces différences portaient sur les cirres latéraux et les cirres ventraux, toujours beaucoup moins nombreux chez le type algérien, où je ne les ai jamais vus dépasser le chiffre 12 dans le premier groupe et 5 dans le second. La réduction de ce second groupe surtout est la plus forte, et on n'y retrouve plus trace des rangées longitudinales de cirres figurées par Stein. En ne lui donnant pour nourriture que de petits Ciliés, tels que le *Cryptochilum nigricans*, il prenait bientôt une forme de moindre taille, mesurant au plus 150 μ , de proportions plus allongées (pl. X, fig. 3), rappelant tout à fait celles d'une *Stylonichia pustulata*. La ciliation elle-même subissait une réduction, la ramenant à la disposition et aux chiffres typiques des *Stylonichies*. Sous cette forme, il eût été à peu près impossible de le distinguer de ces dernières, n'était le nucléus toujours représenté par quatre corps distincts. C'est uniquement sous cette dernière forme que je l'ai vu s'accoupler et s'enkyster (pl. X, fig. 4). J'ai pu obtenir à volonté ces métamorphoses pendant toute la durée de mes cultures ; et, en changeant la nature des aliments, il suffisait de deux ou trois générations, pour

faire passer d'une forme à l'autre tous les individus d'une préparation.

Cette variabilité est, on le voit, assez étendue, puisqu'elle va jusqu'à faire revêtir à cette espèce deux formes assez distinctes, pour qu'il fût impossible de les classer dans un même genre, si on ne connaissait pas leur filiation. Cette influence de la nature des aliments, sur la morphologie, n'est d'ailleurs pas exclusivement spéciale à l'*Onychodromus*. Je l'ai constatée chez plusieurs autres Onytrichides, sans en faire une étude aussi exacte, n'ayant pas eu le temps nécessaire. Mais j'espère pouvoir reprendre un jour cette question, en lui accordant toute l'attention qu'exige son importance. Son intérêt est, en effet, d'une haute portée, puisque nous y trouvons la preuve expérimentale de variations spécifiques et même génériques, obtenues rapidement en dehors de toute influence de la sélection naturelle. Celle-ci n'est donc pas le facteur unique agissant sur les êtres vivants pour les modifier et leur faire prendre les formes si diverses sous lesquelles nous les connaissons. D'autres agents interviennent bien certainement dans ces phénomènes. L'observateur russe Schmankewitsch a démontré l'action de la constitution chimique du milieu en diminuant graduellement la salure de ses aquariums, et en obtenant par ce procédé le passage de l'*Artemia salina* au genre *Branchipus*. Dans le cas de l'*Onychodromus*, il s'agit de l'influence de la forme et du volume des aliments. L'action de ce nouveau facteur n'est pas moins curieuse à noter, et je ne doute pas qu'avec la méthode des cultures isolées et prolongées, les Infusoires ciliés ne puissent donner lieu, dans cet ordre de recherches, à de nombreuses et intéressantes expériences.

Chez tous les individus de cette espèce, il se forme dans le cytoplasme des dépôts de matière amylacée de structure et de composition chimique identiques au zooamylum des Grégarines¹. Ces granules amylacés, de formes oblongue, ovale ou fusiforme renflée,

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CII, 1886, p. 120.

sont toujours de très petite taille, ne dépassant guère 3 μ . dans leur plus grand diamètre (pl. X, fig. 9). Ce sont eux qui donnent à ces animalcules, observés à la lumière transmise, l'aspect noirâtre qui est si frappant chez les individus de grande taille. Leur corps est, en effet, opaque dans toute son étendue. Traités par la solution ioduro-iodée et l'acide sulfurique à 40 pour 100, ils se gonflent avec une coloration en violet lilas sale. L'acide sulfurique concentré les dissout entièrement.

J'ai fait de cette espèce plusieurs cultures, dont deux ont été poursuivies jusqu'à extinction par épuisement après 320 à 330 générations; une troisième, inaugurée avec un ex-conjugué, a été abandonnée après la 250^e génération, et deux à trois autres de courte durée (quinze à vingt jours) furent instituées en vue de préciser et contrôler des points particuliers. Toutes ont été enregistrées jour par jour.

En combinant les résultats de toutes ces cultures, j'ai reconnu que l'*Onychodromus grandis* peut se fissiparer

1/2 fois.	1 fois.	2 fois.	3 fois.	4 fois.	5 fois.
avec 5° à 7°	— 7° à 12°	— 12° à 18°	— 18° à 22°	— 22° à 27°	— 27° à 30°.

Par ces températures, il lui faudrait donc dans le premier cas deux jours pour produire 2 individus, et dans les autres cas un jour pour en enfanter 2, 4, 8, 16 ou 32. Sa puissance de multiplication est intermédiaire entre celle de la *Stylonichia pustulata* et celle de la *Stylonichia mytilus*.

La culture inaugurée avec un ex-conjugué et poursuivie jusqu'à sa 250^e génération a marché pendant toute sa durée avec une rapidité moindre qu'une des autres cultures, que j'entretenais simultanément. Ainsi, pendant les mois de juin et juillet, il ne s'est fait sur la première que 160 bipartitions, tandis que sur la seconde il y en a eu 200, c'est-à-dire un cinquième en plus. La nourriture et toutes les autres conditions étaient absolument les mêmes pour ces deux cultures. Des écarts numériques si accentués ne peuvent donc

s'expliquer que par des différences individuelles dans la faculté de reproduction. Ces différences doivent évidemment se transmettre héréditairement à tous les individus d'un même cycle de générations et faire sentir leur effet pendant toute sa durée. Nous citerons plus loin une observation analogue à propos de la *Leucophrys patula*.

La dégénérescence sénile prend chez l'*Onychodromus* une forme complètement analogue à celle que nous avons constatée chez la *Stylonichia pustulata*. La taille éprouve d'abord une forte diminution, et on rencontre de nombreux individus ne mesurant plus que 110 μ , tout en conservant encore l'apparence extérieure d'une bonne organisation (pl. X, fig. 5). Ils continuent à manger et se multiplier, comme à l'état normal ; mais, lorsqu'on les tue et étudie leur appareil nucléaire, on constate que le micronucléus a disparu en totalité. Le nucléus s'est maintenu assez bien conservé. Je n'ai malheureusement pas déterminé le moment exact de cette atrophie du micronucléus. Elle doit certainement apparaître bien longtemps avant l'épuisement complet et l'extinction des cultures ; car, sur une préparation tuée 35 à 40 générations avant cette extinction et contenant de nombreux individus, je n'ai déjà plus trouvé trace de micronucléus chez aucun de ces individus. L'*Onychodrome* peut donc continuer à vivre et se multiplier longtemps sans cet organe. Ces individus, ainsi dégénérés, vivent et se maintiennent dans mes cultures, grâce à leur isolement ; mais je suis persuadé qu'à l'état libre, dans les conditions naturelles de la concurrence vitale, ils succomberaient et disparaîtraient en peu de temps.

La dégénérescence s'accuse de plus en plus et attaque les organes externes. Les membranelles frontales disparaissent (pl. X, fig. 6), et la bouche n'est plus indiquée que par la survivance de quelques-unes des membranelles l'avoisinant. La taille est tombée à 70 μ . En cet état, les *Onychodromes* ne mangent plus et ne se reproduisent plus. Leur corps est transparent. Il ne tarde pas à se ratatiner de plus en plus (fig. 7 et 8), puis disparaît en se dissolvant sans laisser de trace. Le nucléus, tout en étant fort réduit de dimensions, se

maintient cependant jusqu'au dernier moment avec sa configuration normale. Sa substance absorbe toujours nettement les teintures nucléaires, et on n'y voit rien d'apparent indiquant un état de désorganisation.

Comme chez la *Stylonichia pustulata*, j'ai également constaté chez l'*Onychodromus*, pendant les dernières périodes des cultures, de nombreux accouplements entre individus issus d'un même progéniteur et par conséquent très proches parents. J'ai préparé quelques-uns de ces couples vers la 300^e génération, et les ai tous trouvés sans aucune trace de micronucléus. Ceux que j'ai conservés en vie ont tous abouti à la mort des ex-conjugués, qui n'ont pu se réorganiser.

Oxytricha.

J'ai laissé indéterminée l'Oxytriche, dont nous allons nous occuper ici. La distinction des espèces de ce genre est assez difficile, et, n'ayant ni le temps ni les matériaux nécessaires pour faire une revision critique de celles qui ont été publiées jusqu'à ce jour, j'ai préféré ne donner aucun nom à la mienne, afin de ne pas m'exposer à accroître la confusion, qui me paraît déjà exister dans ce genre.

La forme du corps, qui est le caractère spécifique le plus important employé par les auteurs, est des plus variables. Elle se modifie, en effet, considérablement, suivant que l'on observe des individus bien ou mal nourris. Ainsi, chez le type en question ici, les individus bourrés de nourriture prennent un contour général rappelant, à s'y méprendre, l'*Oxytricha fallax* de Stein; tandis que ceux mal nourris et amaigris ressemblent à l'*O. ferruginea* du même auteur, et ceux enfin à moitié bien alimentés simulent assez exactement l'*O. æruginosa* de Wrzesniowsky. Je me bornerai donc à en donner un dessin (pl. XI, fig. 1), accompagné de quelques-uns de ses caractères spécifiques les plus essentiels.

Le corps peut varier en longueur de 100 à 190 μ . Il est très flexible

et un peu contractile. Le cytoplasme est compact, peu ou point vacuolaire et revêtu d'une mince pellicule tégumentaire absolument amorphe. Les cirres marginaux du côté gauche remontent sur la face dorsale, à l'extrémité postérieure, et y simulent des soies caudales. J'ai vérifié avec le plus grand soin l'absence de soies dorsales. Le péristome, outre ses membranes et membranelles, porte des cils parabuccaux et prébuccaux. On obtient aisément des kystes de cette Oxytriche en la privant de nourriture. Semblable à tous les Ciliés de sa famille, elle se prépare à l'enkystement en expulsant au dehors tous les ingesta, corps étrangers et corpuscules biréfringents d'urate de soude, que son corps pouvait contenir. Devenue complètement transparente, elle s'enroule en boule et sécrète son kyste. Celui-ci est composé d'une membrane, portant des épaisissements disposés plus ou moins régulièrement (pl. XI, fig. 2).

J'ai rencontré une seule fois cette Oxytriche d'eau douce, le 1^{er} novembre 1886, et en ai isolé un individu que j'ai mis en culture, lui et ses descendants. Je les ai nourris en leur donnant des *Cryptochilum nigricans*. Cette culture s'est prolongée ainsi jusqu'au 22 juillet 1887, et a donc duré près de neuf mois, ou deux cent soixante-quatre jours. Elle s'est éteinte par épuisement sénile. Je l'ai examinée tous les jours, mais sans tenir un journal quotidien de ses générations successives. A quatre ou cinq reprises seulement, j'ai noté la température et le nombre de bipartitions dans les vingt-quatre heures, ce qui m'a permis de reconnaître à cette espèce une puissance de multiplication semblable à celle de la *Stylonichia mytilus*. Elle se divisait deux fois en un jour avec 19 à 22 degrés centigrades.

En calculant le nombre des générations, d'après la température des mois pendant lesquels cette culture a duré et proportionnellement à cette puissance de multiplication, j'arrive à un total approximatif de 320 à 340 ; chiffre qui concorde assez bien avec ceux obtenus dans mes cultures d'autres Oxytrichides.

Afin de suivre exactement la marche de la dégénérescence sénile, j'ai fait à des dates successives quelques préparations tuées avec

réactifs, qui m'ont permis de constater ici une évolution analogue à celle que nous avons étudiée chez la *Stylonichia mytilus*.

La taille subit une réduction graduelle. Sur une préparation du 7 février, la longueur des individus varie entre 140 et 180 μ ; sur une préparation du 11 avril, entre 140 et 160 μ ; sur une préparation du 4 mai, entre 120 et 150 μ , et enfin, sur une dernière préparation du 6 juillet, quinze jours avant l'extinction finale, elle varie entre 75 et 140 μ . Cette réduction de taille est la seule dégradation extérieure et apparente qu'éprouvent les dégénérés. Ils conservent jusqu'au dernier moment leur conformation normale et tous leurs appendices.

A l'intérieur, le micronucléus prolifère et se multiplie avec exagération. A l'état ordinaire, il est représenté chez cette Oxytriche par deux à trois corpuscules. Sur les dernières préparations, on en compte depuis deux jusqu'à huit (pl. XI, fig. 3, 4, 5, 6, 7 et 8). Les nombres cinq et six sont les plus fréquents. Il persiste ainsi jusqu'au dernier moment.

La dégénérescence se fait sentir sur le nucléus d'une façon très apparente. A l'état normal, cet organe se compose de deux corps reliés par une fine commissure (pl. XI, fig. 1). On voit d'abord apparaître des individus avec un nucléus unique, de forme rubanaire (fig. 9). Tantôt la substance de ces nucléus en ruban ne présente rien de particulier à noter; tantôt sa texture est modifiée et on y aperçoit de nombreux espaces clairs en forme de petites vacuoles contenant de fines granulations, qui ne se colorent pas par les teintures nucléaires¹. Plus tard, ces longs nucléus se déforment de plus en plus. Ils prennent des contours irréguliers (fig. 3, 6, 7 et 8). Leur substance fondamentale, tout en conservant encore sa texture nor-

¹ Dans toutes ces recherches, j'ai toujours préparé mes Infusoires comme suit : tuer avec bichlorure de mercure à 1 pour 100, laver, puis colorer avec vert de méthyle dilué dans acide acétique à 2 pour 100, enfin éclaircir par glycérine. Après des essais nombreux et variés, j'ai adopté ce mode de préparation comme le plus expéditif, le plus sûr et le plus exact pour toutes les recherches se rattachant à l'étude de l'appareil nucléaire des Ciliés, soit à l'état de repos, soit à l'état de division.

male, perd peu à peu la propriété de se colorer par les teintures. Cette disparition de l'affinité pour les matières colorantes progresse graduellement de la périphérie au centre, et on trouve des nucléus ayant encore conservé tout leur volume et leur texture, qui demeurent entièrement incolores (fig. 5). Il semble que la substance fondamentale du nucléus, à l'état normal, se compose de deux matières intimement unies et mélangées, dont l'une possède l'affinité pour les teintures, tandis que l'autre y est absolument indifférente. Dans la dégénérescence, la première s'altère et disparaît peu à peu, tandis que la seconde survit encore, en conservant sa texture normale. Les parties non colorables, des nucléus ainsi dégénérés, apparaissent moins compactes et moins denses que les régions colorées, ce qui tend bien à prouver que la matière s'y est raréfiée. La substance colorable représente la chromatine des auteurs. En dégénérant, elle ne se détruit qu'en apparence. Elle se transforme et c'est, j'en suis persuadé, elle qui apparaît dans la masse nucléaire, d'abord sous la forme d'amas granuleux incolores (fig. 10, *a*), ensuite de sphères creuses à parois épaisses homogènes, contenant à l'intérieur de fines granulations, le tout incolore (*b, b*) et finalement de sphères compactes (quelquefois avec une fine vacuole centrale) d'aspect huileux jaune brunâtre (*c*). Ces trois états portent bien les caractères d'une régression progressive, affectant une seule et même substance. D'ailleurs les autres parties élémentaires du nucléus demeurent intactes, tandis que la chromatine seule disparaît au fur et à mesure qu'on voit apparaître et se développer ces amas de dégénérescence.

Cette dégradation nucléaire se fait graduellement et lentement. On la voit apparaître à peine sensible déjà chez des individus à double nucléus ; mais elle n'acquiert toute son intensité que chez ceux ayant un seul corps nucléaire. Les individus qui en sont affectés semblent d'abord continuer à se nourrir et s'accroître comme à l'état normal. Ce n'est qu'à la longue que la vitalité de leurs descendants s'affaiblit peu à peu et finit par s'éteindre totalement. Des individus, à nucléus absolument incolores, prenaient encore de la

nourriture, ainsi que le prouvent les nombreuses proies non digérées dont leur corps était rempli.

Cette Oxytriche, à l'instar de la *Stylonichia mytilus*, ne s'est jamais accouplée pendant toute la durée de sa longue culture. De nombreux individus cependant se sont souvent trouvés dans des conditions identiques à celles où j'ai vu l'*Onychodromus grandis* et la *Stylonichia pustulata* former de nombreux couples. Il s'agissait bien entendu d'individus descendus d'un même progéniteur et par conséquent proches parents. Je n'ai pu me procurer des individus étrangers pour en faire des mélanges.

Oxytricha fallax, Stein.

J'ai isolé et cultivé cette espèce du 2 au 17 mars 1887, et enregistré ses générations jour par jour. Je lui donnai pour nourriture des *Cryptochilum nigricans*. Elle se fissipara par vingt-quatre heures

2 fois. 3 fois.
avec 14° à 16° — 16° à 18°.

Un individu de cette espèce peut donc, avec ces températures, donner naissance par jour à quatre individus dans le premier cas, et à huit dans le second. Cette puissance de multiplication ressemble à celle de la *Stylonichia pustulata*.

Gastrostyla Steinii, Engelmann.

J'ai isolé un individu de cette espèce et tenu en culture, enregistré jour par jour, ses descendants du 17 avril au 2 mai 1887. Je leur donnai des *Cryptochilum nigricans* en nourriture. Cet infusoire s'est fissiparé par vingt-quatre heures

2 fois. 3 fois. 4 fois.
avec 15° à 18° — 18° à 22° — 22° à 25°.

D'où il résulte, qu'un individu de cette espèce avec ces températures peut en un jour donner naissance à quatre individus dans le premier cas, à huit dans le second et à seize dans le troisième. Cette

puissance de multiplication est intermédiaire entre celle de la *Sty-lonichia pustulata* et celle de la *St. mytilus*.

Cette espèce, comme toutes les Oxytrichides, s'enkyste immédiatement, dès qu'on vient à la priver de nourriture. Le 12 juin 1885, je laissai dessécher une petite cuvette, dans laquelle j'avais de nombreuses Gastrostyles ainsi enkystées. Je fermai et enveloppai avec soin cette cuvette, et la déposai dans un endroit sec. Je la rouvris et la remplis d'eau de pluie le 15 avril 1887. Le surlendemain 17 avril, je pus recueillir des centaines de Gastrostyles, qui grouillaient de toutes parts dans mon petit aquarium. Ces Gastrostyles provenaient évidemment des kystes desséchés depuis vingt-deux mois. J'ai cité ici cette observation parce que, bien que le rôle et la signification de l'enkystement soient bien connus de tout le monde aujourd'hui, nous ne possédons pas encore d'expériences précises sur la durée de la vitalité des kystes.

Euplotes patella, var. *eurystomus*.

L'*Euplotes patella* est une espèce de formes assez variables. La forme que j'ai étudiée et mise en culture est celle décrite par Wrzesniowsky et assez bien figurée sous le nom de variété *Eurystomus*¹. Elle est très commune ici en Algérie, tandis que la forme anguleuse, décrite par Claparède et Stein, s'y rencontre si rarement que je ne l'ai encore vue qu'une fois. La variété *Eurystomus* paraît assez répandue, car c'est elle qui a été observée par Carter aux Indes et publiée² sous le nom de *Plæsconia truncata*, par Balbiani, aux environs de Paris sous le nom d'*Euplotes modunensis*³, et tout récemment par Stokes⁴ dans l'Amérique du Nord sous le nom d'*E. variabilis*.

¹ *Zeits. für wiss. Zoologie*, t. XX, 1870, p. 483, pl. XX, fig. 17, 18.

² *Annals and Magazine of natural history*, t. III, 1859, p. 243, pl. VI, fig. 1-4.

³ *Journal de la physiologie*, t. III, 1860, pl. IV, fig. 12.

⁴ *Annals and Magazine of natural history*, t. XX, 1887, p. 113, pl. III, fig. 15.

A trois reprises différentes, j'ai isolé des individus et suivi jour par jour leurs descendants, pendant des périodes de quinze à vingt jours. Je leur donnai pour nourriture des *Cryptochilum nigricans*, que cette espèce saisit et dévore avidement. Ils se sont fissiparés par vingt-quatre heures

1 fois.	2 fois.
avec 15° à 20° — 20° à 24°.	

C'est-à-dire que, dans le premier cas, un individu peut en produire deux par jour et quatre dans le second. Cette faculté de reproduction est la plus faible que nous ayons encore étudiée.

Cette espèce paraît d'ailleurs perdre toute sa vitalité à une limite inférieure de température, avec laquelle les autres Ciliés continuent à vivre et s'accroître. Au mois de janvier 1887, je plaçai en dehors de mon cabinet de travail, sur le bord de ma fenêtre, une culture de cette Euplote. Du 1^{er} au 2, la température, très basse pour ce pays-ci, tomba entre 5 à 6 degrés au-dessus de zéro. L'Euplote, exposée à ce froid extérieur, ne prit aucune nourriture, et dès le 2 avait une apparence si malade, que je la rentrai dans mon cabinet de travail, où elle retrouva une température de 14 degrés. Le 3 et le 4, elle se remit peu à peu à prendre de la nourriture, et le 5, la voyant redevenue vigoureuse, je la replaçai de nouveau en dehors avec une température de 12 à 13 degrés. Elle continua à manger un peu et le 8 se bipartitionna une fois. Mais le 9 et le 10 la température extérieure étant redescendue à 10 degrés, je vis mes deux Euplotes s'affaiblir de nouveau et ne plus prendre de nourriture. Je les rentrai jusqu'au 13 où, les voyant redevenues vigoureuses, je les reportai dehors avec une température de 12 degrés. Le 15, elles se fissiparèrent encore une fois. Je les laissai ainsi au dehors toujours avec une température de 12 degrés jusqu'au 21. A cette dernière date, voyant qu'elles végétaient misérablement sans s'accroître ni se multiplier, je les rentrai pour la dernière fois et les vis dans mon cabinet reprendre vigueur et se multiplier. J'abandonnai là cette expérience.

Il résulte de cette observation que cette *Euplote*, avec une température de 9 à 10 degrés, végète misérablement sans se reproduire et ne tarde pas à périr avec 5 à 6 degrés. La limite la plus basse où elle puisse continuer à s'accroître et multiplier paraît être une température de 12 à 13 degrés. Avec ces températures, même les plus inférieures, la *Stylonichia pustulata* se développe et se multiplie encore au moins une fois par vingt-quatre heures.

Stentor cœruleus.

Cette espèce, ainsi que nous l'avons vu dans l'introduction historique de ce travail, a été tout récemment le sujet de cultures expérimentales entreprises par M. Gruber, professeur à l'Université de Fribourg. Nous avons également vu que ces expériences avaient été conduites avec des méthodes défectueuses, et nous avons critiqué et contesté les conclusions que leur auteur prétend en tirer. Nous n'y reviendrons donc plus ici.

Au commencement du mois de septembre 1886, j'ai isolé un *Stentor cœruleus* et suivi jour par jour les générations de ses descendants pendant toute la durée du mois. Je leur donnai en nourriture des *Cryptochilums*, des *Glaucomes* et des *Colpidiums*. Pendant toute cette durée, la température de mon cabinet, assez uniforme, oscilla entre 23 et 26 degrés. Les *Stentors* s'y bipartitionnèrent régulièrement une fois par vingt-quatre heures. Cette faculté de reproduction est encore beaucoup plus faible que celle de l'*Euplotes patella*.

Lorsqu'on prend un *Stentor* bien nourri et arrivé à son maximum d'accroissement, et qu'on l'isole en le privant complètement d'aliments, il n'en continue pas moins à se multiplier. Mais chaque bipartition n'étant plus suivie d'accroissement, la taille diminue rapidement, et après trois ou quatre divisions, on arrive à ne plus avoir que de petits avortons mesurant 235 μ . en longueur et 105 μ . en largeur (pl. XII, fig. 14). Si on continue à laisser ces avortons sans nourriture, ils s'étiolent de plus en plus et finissent par périr après

deux ou trois jours. Mais en leur donnant une abondante nourriture, je les ai vus en deux jours, par une température de 24 à 25 degrés, s'accroître rapidement et reprendre leur taille normale de 4176 μ en longueur et 270 μ en largeur (pl. XII, fig. 15).

Ce sont des multiplications d'individus ainsi émaciés que Gruber a observées et qui dans ses expériences s'arrêtèrent à la troisième bipartition, avec diminution graduelle de la taille des rejetons. Cette multiplication n'a rien de commun avec celle qui résulte de l'accroissement végétatif arrivé à son degré maximum. Ses raisons physiologiques sont évidemment tout autres et pour le moment assez obscures. Nous reviendrons d'ailleurs sur cette question à propos de la *Leucophrys patula*, chez laquelle nous retrouverons des phénomènes semblables encore mieux caractérisés. Quant à la réduction de taille, dont cette multiplication est accompagnée, il est clair qu'elle résulte à la fois et de l'inanition et des bipartitions successives.

Spirostomum teres.

J'ai isolé et cultivé cette espèce pendant quinze à vingt jours au mois de mars 1887. Comme elle est impuissante à capturer les petits Ciliés, et à l'état libre se nourrit à peu près uniquement de Schizomycètes, je l'ai alimentée avec la bouillie de farine cuite, dont j'ai parlé dans l'introduction de ce travail. Avec une température de 16 à 18 degrés, elle ne s'est bipartitionnée qu'une fois tous les deux jours. C'est la faculté de reproduction la plus faible que nous ayons encore constatée.

Paramecium caudatum.

Ehrenberg et Dujardin avaient distingué deux grandes Paramécies, le *P. caudatum* et le *P. aurelia*. Leur distinction se basait uniquement sur des caractères extérieurs, la première espèce devant être plus fuselée et allongée, la seconde plus large et trapue. Stein et Claparède, toujours d'après l'étude des caractères extérieurs, con-

testèrent le bien fondé de cette distinction et réunirent les deux espèces sous le vocable de *P. aurelia*, supprimant ainsi le *P. caudatum*. Cette réforme fut acceptée par tous les observateurs qui suivirent. C'est ainsi que Balbiani, Stein, Kœlliker, Engelmann, Bütschli et Gruber, qui ont étudié la conjugaison d'une grande Paramécie, l'ont tous baptisée du nom de *P. aurelia*. Il est d'ailleurs incontestable qu'ils ont tous eu affaire à une seule et même espèce. Jickeli, seul parmi les auteurs récents¹, paraît avoir fait de nouveau la distinction des deux formes ehrenbergiennes, mais il ne nous dit pas sur quel caractère il se basait. Elle est cependant très réelle, comme j'espère le démontrer.

Dans mon travail sur la morphologie et l'anatomie des Ciliés², j'ai, comme tout le monde, confondu les deux Styloichies. Je disais : tous les auteurs ont décrit *Paramecium aurelia* comme ne possédant jamais qu'un micronucléus d'assez grande taille, oblong, ovoïde, et mesurant de 8 à 10 μ (pl. XII, fig. 10, 11). C'est, en effet, la forme que l'on rencontre le plus fréquemment. Mais j'ai observé aussi de nombreux individus pourvus de deux micronucléus plus petits et de structure différente de la précédente. Ils étaient de forme sphérique et composés d'un corpuscule central opaque vivement coloré par les teintures, et ne mesurant que 3 μ ; enveloppé d'une couche corticale mesurant en diamètre 5 μ , claire et ne se colorant pas (pl. XII, fig. 12).

Ces deux formes de micronucléus constituent le caractère distinctif le plus important entre les deux espèces de Paramécies. La première forme appartient toujours et uniquement au *P. caudatum*, la seconde, également toujours et uniquement, au *P. aurelia*.

Le *P. caudatum* ainsi défini, correspond au type qui a servi, sous le nom de *P. aurelia*, à tous mes prédécesseurs pour l'étude de la conjugaison. C'est en effet un des Ciliés les plus favorables à ces recherches, à cause des dimensions relativement fortes de son micro-

¹ *Zoologischer anzeiger*, 1884, p. 473, 493 et suiv.

² *Archives de zoologie expérimentale*, t. I, 1883, p. 660.

nucléus et de ses produits. C'est également avec cette espèce que je suis arrivé moi-même, pour la première fois, à suivre une conjugaison de Cilié d'un bout à l'autre sans la moindre lacune, et que plus antérieurement¹, j'avais publié quelques expériences sur l'existence du glycogène chez les Ciliés.

Examinons maintenant les raisons sur lesquelles je m'appuie, pour proposer ce changement de nom spécifique.

Pour Ehrenberg et Dujardin, *P. caudatum* se distingue par un corps allongé, fusiforme, obtus en avant, aminci en arrière; *P. aurelia* par un corps plus large, presque ovale, obtus aux deux extrémités. Ces différences de contour général, tout en étant réelles, ne sont pas absolument rigoureuses; car, si on ne trouve jamais de Paramécie à un seul micronucléus affectant la forme trapue obtuse, il n'est pas très rare d'en rencontrer à deux micronucléus, ayant pris la forme allongée à queue. Dans ce dernier cas, il est impossible de savoir à quelle espèce on a affaire, sans une préparation permettant de voir les micronucléus. Ce caractère distinctif, basé sur le contour général, n'a donc qu'une valeur relative. Il est cependant bon d'en tenir compte; car lorsqu'on s'est exercé à bien distinguer les deux espèces, il suffit presque toujours et trompe rarement.

Le *P. caudatum* paraît avoir une taille un peu plus grande que celle du *P. aurelia*. Ainsi, j'ai mesuré des premiers depuis 120 jusqu'à 325 μ , tandis que les seconds ont varié seulement entre 70 et 290 μ . En outre, *P. caudatum* se conjugue avec une taille variant entre 125 à 220 μ , et *P. aurelia* entre 75 à 145 μ . Pendant la conjugaison, le déroulement rubanaire, préparant la fragmentation du nucléus, s'effectue chez le *P. aurelia*, dès le stade D, tandis que chez le *P. caudatum* il ne commence que vers le milieu du stade G. Chez cette dernière espèce, le nucléus mixte de copulation donne naissance finalement à huit corpuscules, chez *P. aurelia* il n'en

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CI, 1885, p. 1504.

produit que quatre ; il en résulte que chez celle-ci l'état normal se trouve rétabli dès la première bipartition qui suit la conjugaison, et chez *P. caudatum* seulement après la seconde.

Toutes ces différences anatomiques et physiologiques me paraissent plus que suffisantes pour justifier la distinction des deux espèces. Il est fort possible que Claparède et Lachmann aient eu raison, en considérant la forme *caudatum* comme plus typique que la forme *aurelia*. Si, en effet, on examine avec soin les dessins de O.-F. Müller, on penche à croire que le vieux micrographe a vu et figuré la première seulement. En se conformant strictement au principe de la loi de priorité, ce serait donc le nom *aurelia*, donné par Müller, qui devrait être conservé à la forme fuselée. Mais, d'un autre côté, Ehrenberg et Dujardin ont distingué ce type et l'ont dénommé *caudatum*. Si nous lui conservons la vieille dénomination *aurelia*, il devient impossible de transmettre le qualificatif *caudatum* à la forme qui, le plus souvent, est obtuse à ses deux extrémités. Il faudrait alors créer un nouveau nom. Je crois plus simple de conserver les dénominations d'Ehrenberg¹.

J'ai isolé un *P. caudatum* et cultivé ses descendants en suivant quotidiennement leurs générations pendant une quinzaine de jours. Je les ai nourris avec des Schizomycètes. Ils se sont fissiparés par vingt-quatre heures

1 fois.	2 fois.
avec 15° à 17° — 17° à 20°.	

Cette espèce peut donc, par jour, donner naissance à deux individus dans le premier cas, et à quatre dans le second. Cette puissance de multiplication est inférieure à celle des Oxytrichides, et à peine supérieure à celle de l'*Euplotes patella*.

¹ J'avais déjà communiqué par lettre ces observations à M. Bütschli, qui les a complètement acceptées. Dans ses *Protozoa*, il distingue comme moi les deux Paramécies.

Paramecium aurelia.

J'ai fait des cultures plus prolongées de cette espèce. Un individu et ses descendants ont été suivis pendant plus de deux mois. Deux autres cultures de courte durée ont été observées chacune pendant une dizaine de jours. Sur toutes ces cultures, j'ai nourri les Paramécies en leur donnant de la farine cuite délayée. *P. aurelia* peut se fissiparer par vingt-quatre heures

1 fois.	2 fois.
avec 14° à 18° — 18° à 20°.	

D'où il résulte qu'une seule Paramécie peut produire deux individus par jour dans le premier cas, et quatre dans le second. Cette faculté de reproduction ressemble beaucoup à celle de la précédente espèce.

Paramecium bursaria.

Le *Paramecium bursaria* se nourrit principalement de Schizomycètes, de petits Flagellés et de Zoospores végétales. J'en ai fait deux cultures, qui ont duré un mois chacune. La nourriture était composée uniquement de bouillie de farine cuite et des Schizomycètes qui avaient pu se développer dans cette bouillie. Aussi, les chiffres que je vais donner ici ne peuvent-ils prétendre à une exactitude rigoureuse, comme expression de la faculté de reproduction de cette espèce à l'état libre. Avec une température de 13 à 15 degrés, elle ne s'est bipartitionnée qu'une fois tous les deux ou trois jours. C'est la reproduction la moins rapide que j'aie observée.

Geza Entz¹ et Brandt² ont affirmé que cet Infusoire ne prenait pas d'aliments solides et que son tourbillon alimentaire n'introduisait que de l'eau dans le corps. Par suite de la symbiose établie entre lui et les Zoochlorelles, qui vivent et se multiplient dans son ectoplasma, il n'aurait plus besoin de chercher d'aliments au dehors ;

¹ *Biologisches Centralblatt*, t. II, 1882, p. 463.

² *Mitteilungen aus der zoologischen Station zu Neapel*, t. IV, 1883, p. 254.

les Zoochlorelles, par leur multiplication, finissant par tomber dans l'endoplasma, où elles sont digérées, subviendraient ainsi, et au delà, aux besoins d'alimentation du Paramécium.

Ces assertions sont absolument inexactes, et leur fausseté était démontrée depuis longtemps, puisque Ehrenberg avait fait avaler de l'indigo à cette Paramécie. J'ai renouvelé ses expériences avec du carmin en poudre et de l'amidon de riz. Le carmin a été avalé en assez faible quantité; mais les Paramécies se sont littéralement bourrées d'amidon, en quelques minutes.

Loin de rejeter les aliments solides, cet Infusoire les absorbe au contraire avec une grande avidité. Son puissant tourbillon alimentaire (pl. XII, fig. 16) lui permet d'attirer vers sa bouche tous les Flagellés et les Zoospores à une assez grande distance à la ronde. Ces petits organismes, une fois tombés dans ce courant, sont entraînés avec une force irrésistible. Ils traversent la bouche et l'œsophage sans s'y arrêter, et pénètrent immédiatement dans l'endoplasma. Il n'y a pas, en effet, chez le *P. bursaria*, formation de bols alimentaires dans l'œsophage, comme chez les autres Paramécies. C'est probablement là ce qui a trompé Entz. Ces proies, à peine arrivées dans la bouche et l'œsophage, s'enfoncent immédiatement dans les profondeurs de l'endoplasma, où elles se perdent, engluées, dans le cytoplasme.

J'ai puisé des *Paramecium bursaria* dans des aquariums contenant : l'un des *Euglena viridis*, l'autre des *Chilomonas paramecium*, et ai trouvé tous les exemplaires du Cilié absolument pleins de ces deux Flagellés. Chez un individu que j'ai écrasé avec précaution, j'ai compté les cadavres de cinquante et quelques Euglènes; les unes encore toutes fraîches, les autres à des degrés plus ou moins avancés de décomposition causée par la digestion.

Colpidium colpoda.

J'ai fait deux cultures de cette espèce, l'une pendant trois mois et demi et 165 générations enregistrées jour par jour; la seconde

pendant un mois, et également enregistrée. Le Colpidium, à l'état libre, se nourrit à peu près exclusivement de Schizomycètes. Je lui ai donné la bouillie de farine cuite qu'il paraissait absorber volontiers. Il s'est bipartitionné par vingt-quatre heures

2 fois. 3 fois.
avec 12° à 16° — 16° à 20°.

D'où il résulte qu'un individu peut donner naissance à quatre rejets par jour dans le premier cas, et à huit dans le second. Cette faculté de reproduction ressemble complètement à celle de la *Stylo-nichia pustulata*.

Coleps hirtus.

J'ai isolé un individu et l'ai cultivé, lui et sa descendance, pendant quinze à seize jours. Chasseur et carnassier, je lui ai donné des *Cryptochilum nigricans* en nourriture. La température ayant oscillé, pendant cette durée, entre 16 et 18 degrés, il s'est fissiparé très régulièrement une fois par vingt-quatre heures. Cette puissance de reproduction correspond à celle des *Paramecium caudatum* et *aurelia*.

Dans la petite monographie que j'ai consacrée à cette espèce, et à propos de sa multiplication dans les vases où je la puisais, je me suis laissé entraîner à employer des expressions fort exagérées. J'y parle, en effet, de *nombres incalculables* et de *séries énormes* de bipartitions successives¹. Mes cultures n'avaient duré que deux mois et demi, et par conséquent, avec la température moyenne du moment, le nombre des bipartitions ne pouvait guère dépasser le chiffre de 150. Il n'y avait donc là rien d'énorme et d'incalculable.

Glaucoma scintillans.

J'ai cultivé sans interruption ce Glaucome, pendant trois mois et 283 générations successives, enregistrées jour par jour. Je lui ai donné à manger la bouillie de farine cuite, nourriture qui paraissait

¹ *Archives de zoologie expérimentale*, t. III, 1885, p. 340.

lui convenir parfaitement. Il s'est fissiparé par vingt-quatre heures

3 fois.	4 fois.	5 fois.
avec 11° à 13°	— 13° à 15°	— 15° à 18°.

D'où il résulte qu'un individu peut produire, par jour, dans le premier cas, huit individus, dans le second, seize, et dans le troisième, trente-deux. C'est, de beaucoup, la puissance de multiplication la plus forte que nous ayons encore observée.

Leucophrys patula.

J'ai été longtemps avant de rencontrer cette espèce. Mais, depuis que j'ai pris l'habitude de conserver des eaux de lavage de cresson avec des débris de cette plante, je me la procure assez fréquemment. Elle semble habiter de préférence dans les eaux où vit cette plante ; car je l'ai également trouvée une fois en France, dans les mêmes conditions.

Je comprends la *Leucophrys patula* telle que Stein l'a définie. Malgré l'excellente description que cet auteur en a donnée à deux reprises différentes¹, Saville Kent, dans son *Manuel*, la confond encore avec le *Climacostomum virens*, Cilié du groupe des Hétérotriches, tandis que la Leucophre appartient aux Holotriches.

Le corps de cet Infusoire a la forme d'une poire, tantôt régulièrement arrondie à l'extrémité postérieure, tantôt avec une légère pointe obtuse (pl. XII, fig. 1 et 2). Un peu aplati dans le sens ventral, surtout dans la région antérieure buccale, il est dépourvu de toute espèce de contractilité. Sa longueur, dans les conditions ordinaires, varie entre 80 et 150 μ , la largeur étant à peu près d'un tiers plus petite. Il est revêtu d'une mince pellicule tégumentaire amorphe, portant des stries longitudinales peu marquées, et le long desquelles sont insérées les rangées de cils vibratiles. Ceux-ci ont une longueur de 6 μ .

¹ *Sitzungsberichte der König. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften*, 1860, janvier-juin, p. 44-47. — *Der Organismus*, etc., t. II, 1867, p. 209.

Le nucléus est logé dans une des parois du corps, à peu près au centre. De forme circulaire ou légèrement ovale, ses dimensions sont assez grandes, mais son épaisseur très faible. Sa substance paraît peu compacte, et il se colore toujours un peu faiblement par les teintures nucléaires. Il est accompagné d'un petit micronucléus accolé sur un de ses bords, de forme sphérique et se colorant également très peu.

La vacuole contractile est logée dans la région postérieure de la paroi dorsale, tantôt près du bord gauche, tantôt un peu plus en dedans. A l'état de diastole parfaite, elle mesure 14 à 15 μ . Elle se forme de nombreuses petites gouttelettes qui apparaissent un peu avant la systole, et se fusionnent entre elles par déchirure et résorption de leurs parois. Leur réunion constitue une lacune de forme variable et irrégulière, d'un diamètre plus grand que la vacuole finale. Cette lacune régularise ses contours, devient parfaitement sphérique, subit un léger rétrécissement et se contracte. Le rythme des pulsations est de 17 à 20 secondes, avec une température de 14 degrés centigrades, et de 10 secondes avec 21 degrés centigrades. L'anus est situé à l'extrémité postérieure.

La bouche (fig. 1) a la forme d'une large fossette oblongue qui, partant de l'extrémité antérieure, descend le long du bord droit de la face ventrale. Cette fossette est armée de deux puissantes membranes ou lèvres vibratiles, une à droite plus grande et assez saillante, l'autre à gauche, moins développée. Ces membranes ne sont pas insérées sur le rebord même de la fossette, mais un peu en dedans, le long de ses parois latérales. Au fond et en arrière de cette fossette se trouve l'orifice œsophagien, sur lequel vient aboutir le courant du tourbillon causé par les battements des membranes. Ce courant refoule en arrière le cytoplasme du corps cellulaire et y creuse une large vacuole. Le contenu de cette vacuole est toujours de l'eau pure, dans laquelle je n'ai jamais vu de bactéries et autres corpuscules ténus. La Leucophre ne se nourrit, en effet, que de proies d'assez grosse dimension. Lorsque ces proies sont rares et

que, par suite, il se passe un temps assez long avant qu'une d'elles, saisie par le courant, soit entraînée dans la vacuole postbuccale, celle-ci continue à se creuser et s'accroître pendant tout ce temps. Il en résulte que chez ces individus la vacuole envahit toute la région antérieure du corps, et refoule en arrière tout le cytoplasme. Celui-ci apparaît alors en coupe optique, sous la forme d'un croissant opaque et granuleux, tandis que le reste du corps est extrêmement hyalin et transparent. Cet aspect est tout à fait caractéristique de l'espèce. Cette organisation et ce mécanisme buccal sont, dans leurs éléments essentiels, absolument identiques à ceux du *Glaucoma pyriformis*. Il n'y a de différences que dans les proportions et la puissance.

Cette organisation de la bouche fait de la *Leucophrys patula* un Infusoire chasseur, courant constamment à la recherche de ses aliments. Le courant d'eau produit par l'agitation de ses membranes buccales ne s'étend pas au loin, comme celui que nous avons figuré chez le *Paramecium bursaria*. Les proies de la Leucophre ne sont donc pas attirées à distance, et elle ne réussit à se les procurer que par une activité et un mouvement sans repos. Aussi, la voit-on en course perpétuelle, allant de droite et de gauche, et changeant à tout instant de direction. Elle multiplie ainsi les chances de rencontre, et, chaque fois qu'une de ses malheureuses victimes tombe en contact de ses lèvres vibratiles, elle est saisie, entraînée irrésistiblement vers la bouche et engloutie en moins d'un dixième de minute. Ces rencontres se font tout à fait au hasard, car la Leucophre, comme tous les Ciliés sans une seule exception connue¹, ne possède

¹ M. Binet, dans l'intéressante étude qu'il vient de consacrer à la vie psychique des micro-organismes, s'appuyant sur les observations de Balbiani, a cru trouver chez le *Didinium nasutum* un Cilié percevant ses proies à distance et sans contact direct (*Revue philosophique*, t. XXIV, 1887, p. 484 et 583). — Le fait ainsi présenté est inexact. J'ai assisté plusieurs fois à la chasse et à la capture des proies du *Didinium*. Jamais je ne l'ai vu attaquer et foudroyer de ses trichocystes d'autres victimes que celles qui, amenées en contact par les hasards de la course vagabonde du chassé et du chasseur, étaient venues d'abord se heurter contre le rostre de ce dernier. Le carnassier, la plupart du temps, ne perd plus le contact de sa victime tuée et l'en-

aucune faculté sensorielle, lui permettant de percevoir à distance ses proies et de se diriger sur elles.

Ainsi armée de ses puissantes lèvres vibratiles, la Leucophre représente un carnassier d'une extrême voracité. Elle peut saisir et engloutir tous les Ciliés de petite et moyenne taille, tels que *Cryptochilum*, *Cyclidium*, *Glaucome* et *Colpidium*. J'ai vu quelquefois de petits *Cyclidium glaucoma* entraînés par le courant dans la vacuole post-buccale, y séjourner assez longtemps, puis en ressortir sans que la Leucophre ait semblé se douter de leur présence. Il n'en est jamais de même avec les proies plus fortes, telles que le *Glaucoma scintillans* et le *Colpidium truncatum* (Stokes). A peine ceux-ci ont-ils pénétré dans la vacuole alimentaire, qu'elle se referme sur eux, les enveloppant le plus souvent avec une assez grande quantité d'eau. Ce liquide est promptement résorbé et la proie se trouve directement engluée dans le cytoplasme. Elle est alors refoulée en arrière par le développement d'une nouvelle vacuole, qui, d'abord peu volumineuse et étroite, s'accroît rapidement sous la pression de l'afflux continu d'eau et réoccupe la place de la précédente. Les proies, refoulées avec le cytoplasme, apparaissent sous l'aspect de gros globules dans la région opaque postérieure, où elles sont digérées.

J'ai fait de cette espèce plusieurs cultures, prolongées pendant plusieurs mois, et l'une même jusqu'à épuisement sénile. Je lui don-

gloutit immédiatement. Mais il peut lui arriver aussi, dans la brusquerie de ses mouvements, de s'en écarter un peu. Alors deux alternatives sont possibles. Ou bien la victime reste liée au carnassier par un cordon de sarcode étiré hors de son corps déchiré par les trichocystes, ainsi que je l'ai décrit plus haut (p. 230, note), où nous avons vu que ce cordon avait été considéré à tort comme un prolongement proboscidal du *Didinium*. Ou bien le contact est entièrement détruit. Dans ce dernier cas, le carnassier exécute sur place quelques mouvements de recherche et le plus souvent réussit à retrouver sa proie et l'avale comme le font toutes les Enchélydes et les Trachélides. Dans toutes ces manœuvres, il n'y a jamais la moindre indication d'une perception à distance ; mais de simples mouvements très variés de direction, afin de multiplier les chances de rencontre et de contact. M. Binet attribue au *Didinium* un choix de sa nourriture et nous dit qu'il n'attaque jamais le *Paramecium bursaria*. Je ne sais sur quelle autorité il s'appuie, car Balbiani affirme tout le contraire. (*Archives de zoologie expérimentale*, t. II, 1873, p. 378.)

nais en nourriture de petits Ciliés, tels que *Cryptochilum*, *Glaucome* et *Colpidium*. Elle s'est bipartitionnée par vingt-quatre heures

1 fois.	2 fois.	3 fois.	4 fois.	5 fois.	6 fois.	7 fois.
avec 6 à 8°	— 8° à 11°	— 11° à 14°	— 14° à 17°	— 17° à 20°	— 20° à 23°	— 23° à 26°.

D'où il résulte qu'une *Leucophre* peut, par jour, donner naissance à 2 individus dans le premier cas, à 4 dans le second, à 8 dans le troisième, à 16 dans le quatrième, à 32 dans le cinquième, à 64 dans le sixième et à 128 dans le septième. Cette puissance de multiplication, bien que fort grande, est cependant un peu moindre que celle du *Glaucoma scintillans*.

Je crois que 25 degrés à 26 degrés centigrades représentent la température la plus favorable à la multiplication de la *Leucophre*, le point *optimum* après lequel cette faculté décroît, soit qu'on descende au-dessous ou qu'on s'élève au-dessus. Cet *optimum* ne paraît même pas pouvoir être dépassé de beaucoup sans que l'existence de l'espèce se trouve gravement compromise. En effet, la température de mes cultures s'étant élevée à 28 et 29 degrés, j'ai vu les *Leucophres* s'étioler peu à peu, perdre leur appétit, se reproduire de plus en plus lentement et, finalement, dépérir complètement, sans qu'il fût possible de trouver une autre cause que la chaleur à ce dépérissement. Cette observation s'accorderait d'ailleurs fort bien avec l'habitude de la *Leucophre* de séjourner dans les eaux vives où croît le cresson. Je ne la communique ici cependant qu'avec une certaine réserve, car je me propose, à la première occasion, de la contrôler par des expériences plus précises.

Nous avons déjà signalé chez l'*Onychodromus grandis* des différences individuelles dans la faculté de reproduction. J'ai constaté le même fait chez la *Leucophre*. Pendant plusieurs semaines, j'ai suivi deux cultures inaugurées avec deux progéniteurs absolument étrangers l'un à l'autre, et, sur l'une d'elles, il s'est produit régulièrement une différence en moins dans le nombre des générations. Quand sur l'une je comptais, par vingt-quatre heures, cinq ou six bipartitions; sur la seconde, je n'en trouvais que quatre ou cinq. La diffé-

rence était donc d'environ un cinquième. Les deux cultures étaient cependant placées dans des conditions de température et de nourriture parfaitement identiques.

J'ai pu suivre également chez la *Leucophre* l'effet de la dégénérescence sénile; elle s'est fait sentir dans une culture commencée le 1^{er} février 1886, et entretenue sans interruption jusqu'au 23 juillet, où elle s'est éteinte. Je n'ai pas enregistré jour par jour les générations; je me suis contenté d'en noter quelques séries quotidiennes à des espaces de dix à quinze jours. En tenant compte de la température des mois pendant lesquels cette culture a duré et de la puissance de multiplication des individus ainsi cultivés, j'ai calculé que le nombre total des générations devait atteindre le chiffre de 660 au minimum au moment de l'extinction. L'approche de celle-ci s'est fait sentir assez longtemps à l'avance, car près de deux mois avant sa date extrême, des individus d'apparence étiolée, ne mangeant plus et disparaissant sans se reproduire, ont commencé à apparaître sur les préparations. Le nombre de ces étiolés s'est accru peu à peu, pour finir par le dépérissement total de la culture, arrivé le 23 juillet, après une durée de cent soixante-treize jours. Je n'ai point fait de préparations avec réactifs pour étudier l'action de la dégénérescence sur l'appareil nucléaire.

En outre de la bipartition fissionnaire ordinaire, résultant de l'accroissement végétatif, la *Leucophre* jouit encore d'un mode de multiplication particulier, que j'ai déjà signalé¹ à l'attention des observateurs. Je reprends ici ces observations, afin de les accompagner de figures explicatives et de les compléter.

La *Leucophre*, nous l'avons vu, douée d'une grande puissance d'absorption et d'assimilation, s'accroît rapidement et se bipartitionne non moins rapidement. Jusqu'ici rien de particulier à remarquer, puisqu'en se comportant ainsi elle ne fait qu'obéir à la loi d'accroissement végétatif. La fissionnaire est, en effet, un phénomène

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CIII, 1886, p. 1270; t. CIV, 1887, p. 303.

nécessairement corrélatif de cet accroissement et on peut la considérer comme n'étant que le terme final et suprême de ce dernier. Mais, lorsque cet Infusoire a épuisé les aliments qui l'entourent, ou qu'on le place dans un milieu absolument dénué de nourriture, on le voit alors passer par une série de transformations, suivies de divisions fissipares toutes différentes des précédentes et contradictoires avec la loi générale de fissiparité que nous venons de formuler.

Je place des Leucophres en culture sur porte-objet, en leur donnant une riche pâture de petits Infusoires. Elles leur font une chasse acharnée et se multiplient rapidement. Après deux ou trois jours, cette nourriture s'épuise. Les Leucophres viennent alors les unes après les autres se fixer sur les bords de la goutte d'eau en se raccourcissant, comme si elles allaient s'enrouler en boule pour s'enkyster. Mais elles ne sécrètent aucun kyste. Tout l'appareil buccal, fossette, membranes vibratiles, vacuole alimentaire, s'efface et disparaît complètement. La bouche n'est plus indiquée que par une mince fente, assez difficile à distinguer.

En cet état, les Leucophres commencent à se fissiparer (pl. XII, fig. 3) transversalement. Les bipartitions, toujours transversales, se succèdent rapidement, sans que les rejetons qui en résultent se remettent en mouvement, ou recommencent à manger après chacune d'elles. Elles se répètent trois, quatre ou cinq fois, suivant la taille du progéniteur, d'où il résulte que chaque Leucophre normale peut donner naissance en très peu d'heures à 8, 16, ou 32 de ces petits rejetons¹. J'ai vu ces phénomènes se produire dans mes cultures autant de fois que je l'ai voulu. Ils se sont également manifestés dans les petits aquariums où je puisais mes Leucophres.

La taille des rejetons se réduit graduellement après chacune des

¹ Dans les Notes citées plus haut, j'avais affirmé que chaque Leucophre pouvait produire soixante-quatre petits rejetons à la suite de six bipartitions successives. J'avais été trompé par un calcul fait à l'aide de données insuffisantes. Les chiffres rectifiés ici sont le résultat d'observations directes.

bipartitions, et, après la dernière, au moment où ils vont redevenir mobiles (pl. XII, fig. 4), ils ne mesurent plus que 50 à 60 μ en longueur et 19 à 20 μ en largeur. Sous cette forme, ils diffèrent tellement des Leucophres normales, qu'il faut avoir constaté directement leur filiation pour ne pas en faire une espèce, ou même un genre distincts. Le corps, uniformément cilié sur toute sa surface, est assez transparent et ne contient ni ingesta ni corps étrangers d'aucune sorte. Sa forme est celle d'un court cylindre deux à deux fois et demie aussi long que large. L'emplacement de la bouche ne se reconnaît plus qu'à une petite fente à peine visible et située sur un des côtés du pôle antérieur. Cette bouche est complètement close, et, pendant que les petits rejetons conservent cette forme cylindrique, ils ne prennent aucune nourriture. Une vacuole contractile, située sur un des côtés de l'extrémité postérieure, continue ses pulsations. Le nucléus se distingue, même sur le vivant, sous l'aspect d'une tache claire, située dans la région moyenne du corps. Les réactifs font apparaître un petit micronucléus accolé au nucléus.

Sous cette forme cylindrique, ils jouissent d'une grande agilité et circulent rapidement et sans repos dans toutes les directions. Cet état de grande mobilité peut durer plusieurs jours. Ils s'immobilisent cependant quelquefois en modifiant un peu leur aspect, qui devient piriforme (pl. XII, fig. 5). Ces petits rejetons succombent aisément victimes des Leucophres non métamorphosées, qui leur font une chasse acharnée et s'en nourrissent avidement.

Lorsqu'on les isole, en les mettant ainsi à l'abri de leurs voraces congénères, ils finissent par s'immobiliser après cette longue période d'agilité et de jeûne. On peut alors les voir reprendre la forme typique de Leucophre, en reconstituant leur appareil buccal. Ils commencent par se raccourcir en s'élargissant dans la région antérieure (pl. XII, fig. 6). Ce raccourcissement se continue et ils prennent alors une forme quadrangulaire presque carrée (fig. 7). A ce moment, on distingue deux fines membranes longitudinales oscillant lentement sur un des angles. C'est le premier rudiment de l'appareil

buccal qui reparaît. Enfin, par une dernière métamorphose, tout le corps se distend, la fossette buccale s'élargit et, en arrière d'elle, une large vacuole alimentaire se creuse sous l'action du courant produit par les lèvres vibratiles (fig. 8). J'ai vu ces métamorphoses, par une température de 15 degrés centigrades, s'exécuter en trois heures. Je donnai immédiatement à ces petites *Leucophres* une abondante nourriture, et, en quatorze heures de temps, elles se développèrent et s'accrurent suffisamment pour effectuer leur première bipartition végétative.

L'interprétation de ces faits est plus complexe que je ne l'avais cru d'abord, lorsque je publiai les Notes préliminaires citées plus haut. Je les considérais alors comme une adaptation biologique destinée uniquement à sauvegarder l'espèce dans les moments de disette. Sous sa forme normale, la *Leucophrys* est lourde et peu agile; sous la forme naine de petits rejetons, elle circule rapidement et peut s'éloigner des points où la nourriture est épuisée. En outre, ces petits individus, devenus extrêmement nombreux en très peu de temps, servent à alimenter les gros retardataires, qui ne se sont pas métamorphosés, et, dans les cas d'extrême disette, l'espèce sera ainsi conservée par une sorte d'autophagie.

Je n'ai rien à changer à cette interprétation, et, ainsi formulée, elle me paraît toujours exacte. Mais elle est incomplète et de nouvelles observations me permettent d'en étendre le sens. J'ai, en effet, reconnu depuis lors un fait important qui m'avait d'abord échappé. La *Leucophrys patula* se conjugue toujours et uniquement sous cette forme naine. Lorsque des individus appartenant à des cycles de générations distinctes vivent ensemble et sont arrivés à une période de maturité sexuelle, il suffit de les faire métamorphoser en petits rejetons, par suppression de nourriture, pour les voir immédiatement après s'unir et former de nombreux couples. J'ai répété cette expérience nombre de fois et toujours avec un résultat infaillible.

La *Leucophre* n'est d'ailleurs pas le seul Cilié se préparant à la conjugaison par une série de bipartitions rapides, produisant des

génération de formes naines. J'ai, en effet, observé des phénomènes absolument identiques chez le *Didinium nasutum*, l'*Enchelys farci-men* et le *Prorodon teres*.

En résumé, ces bipartitions successives et rapides, sans accroissement végétatif, et les formes naines qui en résultent, me paraissent, suivant les circonstances, avoir une double destination. Dans un premier cas, elles servent à sauvegarder l'espèce; dans le second, à la conjugaison ou fécondation sexuelle.

Balbani¹, interprétant ces faits autrement que moi, a publié une critique de mes conclusions. Comme je crois avoir suffisamment réfuté ses critiques dans la seconde des Notes déjà citées plusieurs fois, il est inutile de revenir ici sur cette petite controverse.

Spathidium spathula.

Ce curieux Cilié ne me paraissant pas suffisamment étudié, même après la figure que Bütschli vient d'en donner dans ses *Protozoa*², je crois utile d'en faire une brève description.

Le corps, de forme oblongue, peut en longueur dépasser cinq à six fois la largeur. J'ai mesuré des longueurs variant entre 100 et 160 μ ; mais ces variations sont encore beaucoup plus grandes, puisque Ehrenberg cite des longueurs de 188 μ et Dujardin de 180 à 240 μ . On peut y distinguer deux régions : une antérieure comprenant le cou et la bouche avec ses dépendances, et une postérieure. Celle-ci est cylindrique, renflée, un peu atténuée à son extrémité postérieure. La région antérieure, au contraire, est assez comprimée. Rétrécie d'abord en un cou dont la longueur peut varier, elle s'élargit en avant assez brusquement dans la région de la bouche et se termine par une troncature oblique (pl. XII, fig. 9). On ne trouve pas de corpuscules biréfringents d'urate de soude dans cet Infusoire, lorsqu'il n'a pas dévoré de proie en contenant.

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, séance du 3 janvier 1887.

² *Protozoa*, 1887, pl. LVIII, fig. 10. — Cette figure est empruntée à d'anciens dessins inédits de Lieberkuhn.

La ciliation, disposée en rangées longitudinales, est uniforme sur tout le corps, à l'exception d'une ligne de cils un peu plus forts bordant le pourtour de la troncature terminale de l'avant.

On a figuré la bouche sous la forme d'une longue fente s'étendant sur toute la longueur de cette troncature antérieure. Ce n'est pas exact. Elle est bien située sur cette troncature, mais elle n'en occupe que l'angle postérieur. Comme la bouche des Loxophylles, elle est toujours fermée en temps ordinaire et par conséquent complètement invisible. On ne la voit s'ouvrir qu'au moment d'engloutir une proie, et elle peut alors se distendre très largement. La troncature prébuccale est garnie dans toute son étendue de nombreux petits trichocystes, avec lesquels le Spathidium foudroie et immobilise ses proies, pour les engloutir ensuite, en appliquant et ouvrant sur leur cadavre sa bouche si dilatable. J'ai assisté nombre de fois à ces captures, qui ressemblent trait pour trait à la façon de procéder des Loxophylles. Il capture ainsi et se nourrit de toutes les petites espèces de Ciliés, tels que Glaucome, Cyclidium et Cryptochilum. Dès que, par le hasard des rencontres, une de ces victimes est tombée en contact avec la région buccale du carnassier, on la voit s'arrêter, brusquement paralysée. Cette organisation de l'appareil buccal fait du Spathidium un Infusoire chasseur, en course perpétuelle à la recherche de son butin.

La vacuole contractile et l'anus sont situés à l'extrémité postérieure.

Le nucléus a la forme d'un long ruban plus ou moins sinueux, disposé longitudinalement suivant le grand axe du corps. Sa substance renferme souvent de nombreux nodules. Le micronucléus est représenté par de petits corpuscules sphériques. J'en ai compté de six à neuf.

On peut aisément obtenir des kystes du Spathidium, en le privant de nourriture. Il s'enroule en boule et sécrète un kyste d'abord parfaitement sphérique et lisse (pl. XII, fig. 40). Après quelques heures apparaît dans le corps une vacuole qui, d'abord petite et

claire, ne tarde pas à s'accroître en gonflant et distendant fortement le corps et le kyste (fig. 11). Quelques heures plus tard, le kyste subit une nouvelle transformation à la suite de laquelle on le trouve très réduit de volume (fig. 12, 13). Le grande vacuole a disparu et la coque, composée sans doute jusqu'à ce moment d'une substance très élastique, s'est fortement rétractée, rétraction accompagnée d'un épaissement notable de sa paroi. Elle porte extérieurement huit larges sillons creux alternant avec huit côtes très saillantes, et dirigées longitudinalement selon un axe commun.

Le *Spathidium* est un type fort intéressant. Avec l'*Acineria incurvata* de Dujardin, il représente une forme intermédiaire entre les Enchélydes et les Trachélides. Il a encore conservé le type général des premières, et cependant on voit déjà apparaître dans sa région buccale tous les éléments morphologiques caractéristiques des dernières. On y trouve en effet une trompe rudimentaire plane, bordée de cils plus longs en crinière et armée de trichocystes.

J'ai isolé un individu et l'ai cultivé avec ses descendants pendant une quinzaine, en lui donnant pour nourriture des *Cryptochilum nigricans*. Ils se sont bipartitionnés par vingt-quatre heures

1 fois.	2 fois.
avec 15° à 17° — 17° à 19°.	

D'où il résulte qu'un individu peut en un jour donner naissance à deux descendants dans le premier cas, et à quatre dans le second. Cette puissance de multiplication se rapproche assez exactement de celle des Paramécies.

Loxophyllum fasciola.

J'ai isolé cette espèce et l'ai cultivée pendant une quinzaine, en lui donnant des *Cryptochilum nigricans* pour nourriture. Elle s'est bipartitionnée trois fois par vingt-quatre heures avec une température de 22 à 25 degrés, et produisait par conséquent huit individus par jour. Cette puissance de multiplication se rapproche de celle de la *Stylonichia mytilus*.

Loxophyllum obtusum.

Je donne ce nom à une espèce connue et figurée depuis longtemps, mais qui a été confondue à tort avec la précédente. Elle a été vue et distinguée pour la première fois par Lachmann, qui en donne un dessin suffisamment exact¹ comme vue d'ensemble. L'observateur allemand n'osa pas en faire une espèce distincte, bien qu'il eût pressenti l'impossibilité de la confondre avec le *Loxophyllum fasciola*.

Elle se distingue de ce dernier :

1° Par la présence d'une seconde vacuole contractile située en avant à la base du cou. Lachmann n'a pas aperçu cette seconde vacuole qui est en effet fort difficile, sinon impossible à voir sur les individus gonflés de nourriture. Son existence est cependant constante, et il suffit de laisser jeûner le *Loxophylle* pour la distinguer sans peine. L'autre vacuole est placée vers l'extrémité postérieure du corps;

2° Par l'absence du limbe transparent à l'extrémité postérieure et, par suite, la situation terminale de l'anus. Ce second caractère distinctif est également très constant.

L'appareil nucléaire se compose de deux corps nucléaires et un micronucléus.

Ce *Loxophylle* est un carnassier très vorace. Je l'ai isolé et tenu en culture pendant un mois, en lui donnant en nourriture des *Cryptochilum nigricans*. Il s'est bipartitionné par vingt-quatre heures

2 fois. 3 fois.
avec 15° à 17° — 17° à 19°.

C'est-à-dire qu'un individu peut en un jour donner naissance à quatre individus dans le premier cas et à huit dans le second. Sa puissance de multiplication est donc notablement plus forte que

¹ *Müller's Archiv*, 1856, pl. XIV, fig. 12; id., *De Infusoriorum, imprimis verticellinorum structura*, 1855, p. 27, pl. II, fig. 12.

celle du *Loxophyllum fasciola*, et se rapproche presque complètement de celle des Paramécies.

Vorticella.

Les Vorticelles, fixées à leur pédoncule, se prêtent difficilement à des cultures isolées un peu prolongées. J'en ai cependant suivi une et ses descendantes pendant six à sept jours. Je leur donnai en nourriture la bouillie de farine cuite. La température étant de 14 à 15 degrés, elles se bipartitionnèrent une fois par vingt-quatre heures. Cette puissance de multiplication ressemble à celle des Paramécies.

TABLEAU RÉCAPITULATIF.

(Bipartitions par 24 heures)	1/3	1/2	1	2	3	4	5	6	7
<i>Stylonichia pustulata</i>	»	»	5-10	10-15	15-20	20-24	24-28	»	»
— <i>mytilus</i>	»	6-9	9-14	14-19	19-25	»	»	»	»
<i>Onychodromus grandis</i> ...	»	5-7	7-12	12-18	18-22	22-27	27-30	»	»
<i>Oxytricha</i> ?.....	»	»	»	19-22	»	»	»	»	»
<i>Oxytricha fallax</i>	»	»	»	14-16	16-18	»	»	»	»
<i>Gastrostyla Steinii</i>	»	»	»	15-18	18-22	22-25	»	»	»
<i>Euplotes patella</i>	»	»	15-20	20-24	»	»	»	»	»
<i>Stentor cœruleus</i>	»	»	23-26	»	»	»	»	»	»
<i>Spirostomum teres</i>	»	16-18	»	»	»	»	»	»	»
<i>Paramecium caudatum</i>	»	»	15-17	17-20	»	»	»	»	»
— <i>aurelia</i>	»	»	14-18	18-20	»	»	»	»	»
— <i>bursaria</i>	13-15	13-15	»	»	»	»	»	»	»
<i>Colpidium colpoda</i> ..	»	»	»	12-16	16-20	»	»	»	»
<i>Coleps hirtus</i>	»	»	16-18	»	»	»	»	»	»
<i>Glaucoma scintillans</i>	»	»	»	»	11-13	13-15	15-18	»	»
<i>Leucophrys patula</i>	»	»	6-8	8-11	11-14	14-17	17-20	20-23	23-25
<i>Spathidium spathula</i>	»	»	15-17	17-19	»	»	»	»	»
<i>Loxophyllum fasciola</i>	»	»	»	»	22-25	»	»	»	»
— <i>obtusum</i>	»	»	11-17	17-19	»	»	»	»	»
<i>Vorticella</i> ?.....	»	»	14-16	»	»	»	»	»	»

Températures.

RÉSULTATS ET CONCLUSIONS.

En parcourant le tableau précédent, on voit immédiatement qu'il existe, chez les Ciliés, de grandes différences dans la faculté de repro-

duction. Afin de mieux mettre en évidence ces différences, je reproduis de nouveau la liste de ces Infusoires, dans l'ordre décroissant de leur puissance de multiplication, et en les accompagnant de chiffres comparatifs, rapportant la faculté de multiplication de chacun d'eux à une unité commune. J'ai pris pour unité la puissance prolifique du *Glaucoma scintillans*, qui est la plus élevée :

<i>Glaucoma scintillans</i>	comme	1 à 1
<i>Leucophrys patula</i>	—	1 à 1,2
<i>Stylonichia pustulata</i>	—	1 à 1,7
<i>Oxytricha fallax</i>	—	1 à 1,7
<i>Colpidium colpoda</i>	—	1 à 1,7
<i>Stylonichia mytilus</i>	—	1 à 2,5
<i>Onychodromus grandis</i>	—	1 à 2,5
<i>Gastrostyla Steinii</i>	—	1 à 2,5
<i>Spathidium spathula</i>	—	1 à 2,5
<i>Loxophyllum obtusum</i>	—	1 à 2,5
<i>Vorticella</i> ?.....	—	1 à 4
<i>Oxytricha</i> ?.....	—	1 à 4,5
<i>Euplotes patella</i>	—	1 à 5
<i>Paramecium caudatum</i>	—	1 à 5
— <i>aurelia</i>	—	1 à 5
<i>Coleps hirtus</i>	—	1 à 5
<i>Loxophyllum fasciola</i>	—	1 à 5
<i>Stentor cœruleus</i>	—	1 à 8
<i>Paramecium bursaria</i>	—	1 à 8
<i>Spirostomum teres</i>	—	1 à 10

Ce second tableau nous montre quelles grandes différences peuvent exister, puisqu'elles s'élèvent jusqu'à la proportion de 1 à 10 entre le *Glaucoma scintillans* et le *Spirostomum teres* : c'est-à-dire que ce dernier a une faculté de reproduction dix fois moindre que le premier. Je n'ai point la prétention de donner ces chiffres comme possédant une exactitude absolument rigoureuse. Cette précision est fort difficile à obtenir en ces matières, et pour en approcher le plus près possible, il eût fallu cultiver tous ces Infusoires dans des étuves réglées à une température constante. Travaillant en dehors des laboratoires officiels et avec mes faibles ressources personnelles, je n'ai pu me procurer ces installations dispendieuses. Je crois cependant ces chiffres assez exacts, pour nous fournir une expression suffisam-

ment précise des rapports d'accroissement des diverses espèces entre elles.

Comment expliquer ces différences? Dans la note préliminaire que j'ai publiée ¹ sur ces matières, je disais : la puissance de multiplication des Ciliés est sous la dépendance de trois facteurs : 1° la qualité et l'abondance de la nourriture ; 2° la température ; 3° l'adaptation biologique de chaque espèce au point de vue alimentaire. Ecartons pour le moment les deux premiers facteurs, qui n'ont rien à voir dans la question que nous venons de nous poser. Le troisième facteur suffit-il à lui seul pour y répondre? Actuellement je ne le crois plus. Dans les pages antérieures (p. 185), j'ai suffisamment développé ce que j'entends par l'adaptation alimentaire des Ciliés, et le rôle important que ce facteur doit jouer dans leur accroissement ressort de lui-même de ces éclaircissements. Mais il doit encore exister un autre facteur plus obscur et plus difficile à saisir, car autrement comment expliquer les différences de faculté de reproduction, quelquefois fort grandes, qui se montrent entre des espèces également bien armées et organisées pour la capture et la préhension des aliments? Ces différences doivent tenir à quelque chose de plus intime que ce que nous avons appelé l'adaptation alimentaire, et ce quelque chose ne peut être recherché que dans la constitution spéciale, dans le tempérament particulier de chaque espèce. Ce tempérament lui-même résulte très certainement de différences intimes dans la structure moléculaire des organismes, différences qui échappent pour le moment à nos moyens d'investigation; mais qui n'en agissent pas moins activement sur les facultés d'absorption et d'assimilation de ces êtres, les déprimant chez les uns, les exaltant au contraire chez les autres. Ce quatrième facteur, le tempérament, uni à l'adaptation alimentaire, me paraît donc répondre parfaitement à la question posée en tête de ce paragraphe.

Si nous voulons nous résumer maintenant, en envisageant la fa-

¹ *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CIV, 1887, p. 1006.

culté de reproduction des Ciliés à un point de vue plus général et plus absolu, nous pouvons dire qu'elle est sous la dépendance des quatre facteurs suivants : 1° le tempérament particulier des espèces ; 2° leur adaptation biologique au point de vue alimentaire ; 3° la qualité et l'abondance de la nourriture ; 4° la température.

Je n'ai rien à ajouter au sujet des deux premiers facteurs. L'influence de la quantité des aliments n'a pas besoin d'explication non plus. Celle de leur qualité a été amplement démontrée par les expériences signalées plus haut (p. 205 et 218), dans lesquelles nous avons vu la *Stylonichia pustulata* et l'*Onychodromus grandis* éprouver de profondes modifications dans leur accroissement, leur multiplication et même leur organologie, suivant la nature des aliments. Quant à l'influence de la température, elle ressort assez nettement de toutes les expériences décrites dans les pages précédentes. Il eût été intéressant de compléter ces expériences, en déterminant les points minimum et maximum de température, après lesquels la vie devient impossible pour chaque espèce étudiée. Mais je ne possédais pas l'outillage scientifique nécessaire à ces déterminations. Rappelons-nous, toutefois, que nous avons constaté chez l'*Euplotes patella* un minimum de 5 à 6 degrés centigrades, avec lequel cette espèce ne semble plus pouvoir vivre (p. 228), et chez la *Leucophrys patula* un maximum de 28 à 29 degrés centigrades, également néfaste à cette dernière espèce (p. 241). Cette influence, si intense, de la température sur la vie des Ciliés avait déjà été constatée par Rossbach¹ et par moi² sur le fonctionnement des vacuoles contractiles et sur la rapidité de marche des phénomènes de l'évolution sexuelle³.

J'ai voulu m'assurer si la lumière n'intervenait pas aussi dans l'accroissement et la multiplication des Ciliés. J'ai donc choisi, parmi les espèces dont je suivais le développement, la *Stylonichia pustulata*, le *Paramecium bursaria*, le *Colpidium colpoda*, le *Glaucoma scintillans*,

¹ *Arbeiten aus dem zoologisch-zootomischen Institut in Würzburg*, 1872, p. 35.

² *Archives de zoologie expérimentale*, t. I, 1883, p. 647.

Comptes rendus de l'Académie des sciences, t. CIII, 1886, p. 483.

et pendant tout le mois de janvier 1886, j'ai fait des cultures à l'obscurité, de ces quatre espèces. J'isolai un premier individu, emprunté aux cultures que j'entretenais simultanément à la lumière. Afin d'obtenir une obscurité complète, je me servis, pour chambres humides, de boîtes de fer-blanc, fermant hermétiquement à l'aide de couvercles à rebord, et les enfermai dans une large boîte en bois, à parois épaisses, et fermant aussi hermétiquement à l'aide d'un couvercle à rebord. Pendant toute la durée du mois, ces doubles boîtes ne furent ouvertes que quelques minutes chaque jour, afin de vérifier la marche des cultures et leur donner les soins d'entretien nécessaires. Ces boîtes furent placées près des chambres humides éclairées et, par conséquent, soumises à la même température. La nourriture offerte fut constamment la même dans les cultures à l'obscurité et dans celles à la lumière. Je crois donc pouvoir affirmer que ces cultures simultanées furent entretenues dans des conditions d'identité les plus parfaites, sauf la présence ou l'absence de la lumière. Cette différence n'eut aucune influence sur les résultats. Pendant toute la durée du mois, les cultures à l'obscurité et celles à la lumière marchèrent parallèlement avec l'accord le plus complet. Voici le nombre des générations pour chacune des quatre espèces :

	Lumière.	Obscurité.
<i>Stylonichia pustulata</i>	49	50
<i>Paramecium bursaria</i>	9	9
<i>Colpidium colpoda</i>	46	48
<i>Glaucoma scintillans</i>	99	98

La lumière n'a donc aucune action sur l'accroissement et la multiplication des Ciliés.

On a affirmé que la faculté fissipare des Ciliés était modifiée par la conjugaison, et que cet acte sexuel avait, pour principal effet, de la renforcer et de l'accélérer. Les Ciliés, au sortir de la conjugaison, se multiplieraient beaucoup plus rapidement qu'ils ne le font plus tard. Cette opinion est devenue courante, et on la trouve reproduite dans les Mémoires et les Traités généraux, comme une vérité défini-

tivement acquise. Elle a été émise, pour la première fois, par Bütschli, en 1876¹, et reprise ensuite par Balbiani, en 1882², qui s'en est emparé, et a même cru en avoir fourni la démonstration expérimentale. J'ai discuté plus haut (p. 171) et réfuté les prétendues preuves de Balbiani ; nous n'avons donc pas à y revenir ici. Quant à Bütschli, il a fondé son opinion sur une observation qui me semble bien insuffisante. Il a observé, pendant quinze à vingt jours, des *Paramecium putrinum* isolés dans un verre de montre, à l'état de couples unis en conjugaison. Il a vu les ex-conjugués s'accroître et se multiplier rapidement ; mais sans déterminer le nombre des bipartitions quotidiennes et il n'a point fait de culture parallèle et comparative avec des Paramécies sorties de conjugaison depuis longtemps. Dans de semblables conditions, il n'y a, à mon avis, aucune conclusion à tirer de cette observation.

J'ai voulu vérifier moi-même cette opinion, à l'aide d'expériences précises, et l'ai trouvée complètement inexacte. La longue culture de *Stylonichia pustulata*, dont le journal est reproduit plus haut, démontre déjà suffisamment cette inexactitude. Elle a été inaugurée avec une ex-conjuguée, prise au sortir même de l'accouplement. Que l'on parcoure le journal d'un bout à l'autre, et on n'y remarquera, à aucun moment, de différences en plus ou en moins dans le mouvement des bipartitions. Elles se succèdent avec une marche uniforme, modifiée uniquement par les variations de la température. Je ne me suis pas contenté de cette unique expérience. J'ai isolé d'autres ex-conjugués de la *Stylonichia pustulata*, puis de l'*Onychodromus grandis*, de l'*Euplotes patella*, du *Paramecium aurelia* et de la *Leucophrys patula*. J'ai suivi, jour par jour, les générations successives de leurs descendants, pendant des durées de temps qui ont varié depuis quinze jours jusqu'à un ou deux mois. Chez aucune de ces espèces, je n'ai constaté la moindre différence dans la succes-

¹ *Studien über die ersten entwicklungsvorgänge... und die conjugation der Infusorien*, p. 58 et 209.

² *Journal de micrographie*, t. VI, p. 383.

sion des bipartitions. Anciennement ou nouvellement conjugués, tous les individus se sont comportés de la même façon. Leur puissance de reproduction n'a montré d'autres différences, que celles causées par les changements de température. Il est bien entendu, que je parle ici d'individus bien et normalement constitués, avant que la dégénérescence sénile ait commencé à faire sentir son effet.

Il ne peut donc exister, au point de vue de la faculté de reproduction, d'autres différences entre les représentants d'une même espèce, que des différences individuelles, semblables à celles que nous avons constatées plus haut chez l'*Onychodromus grandis* (p. 220) et chez la *Leucophrys patula* (p. 241). Ces différences se font sentir sur tous les individus appartenant à un même cycle de générations, et dérivent évidemment d'une constitution intime spéciale, d'un tempérament particulier du progéniteur, ancêtre primitif de ce cycle. Leur cause directe échappant, pour le moment, à nos moyens d'investigation, nous n'avons pas à nous en occuper plus longtemps.

Les phénomènes de dégénérescence sénile, que nous avons décrits plus haut, à propos de la *Stylnichia pustulata* (p. 206), de la *Stylnichia mytilus* (p. 213), de l'*Onychodromus grandis* (p. 221), de l'*Oxytricha* (p. 223) et de la *Leucophrys patula* (p. 242), réclament notre attention à un haut degré. Ces phénomènes peuvent se grouper en deux classes, les uns étant d'ordre morphologique, les autres d'ordre physiologique. Les seconds ne sont évidemment que le résultat et la conséquence des premiers.

Les phénomènes morphologiques de dégénérescence se manifestent par des dégradations de deux sortes, les unes affectant le corps et les appendices des Infusoires, les autres désorganisant leur appareil nucléaire.

Le premier indice extérieur de la dégénérescence se manifeste dans la réduction de la taille. Les individus qui en sont affectés deviennent de plus en plus petits, à mesure que le chiffre de leurs générations s'accroît et que, par suite, ils deviennent de plus en plus vieux. La *Stylnichia pustulata* qui, à l'état normal, mesure

160 μ , voit sa taille descendre graduellement à 135, 110, 90, 70, 45 et même 40 μ . La *Stylonichia mytilus*, qui peut atteindre jusqu'à 300 μ , se réduit graduellement à 160, 130, 120 et 110 μ . L'*Onychodromus grandis* descend de 300 μ à 150, 110 et même 70 μ ; l'*Oxytricha* indéterminée, de 190 μ à 160, 140, 120 et 75 μ . Cette réduction de taille, par dégénérescence sénile, doit bien être distinguée de celle que certaines espèces éprouvent au moment de la conjugaison, et à laquelle on a donné une importance exagérée et des interprétations inexactes. Je me contente de signaler ici cette distinction, puisque j'aurai à y revenir plus longuement dans le travail sur la sexualité des Ciliés, que je publierai après celui-ci.

La dégénérescence sénile peut, pendant un assez grand nombre de générations, ne se manifester par aucun autre caractère extérieur que par cette diminution de taille. Nous avons vu, en effet, que les *Stylonichies* et les *Onychodromes*, arrivées au premier degré de la dégénérescence, conservent encore tous leurs organes externes, et continuent à vivre et se multiplier comme à l'état normal. Leur faculté de croissance, seule, est diminuée et ne leur permet plus d'atteindre à leur ancienne taille. Mais lorsque, avec l'augmentation du nombre des générations, la sénescence accentue ses effets, ils éprouvent, dans leurs organes externes, des atrophies et des dégradations nouvelles et plus profondes. C'est alors que, chez la *Stylonichia pustulata* et l'*Onychodromus grandis*, l'appareil vibratile buccal s'atrophie et disparaît en partie, que, chez toutes les espèces, le corps se réduit et se ratatine de plus en plus, en prenant des formes et des contours assez éloignés du type spécifique, et qu'enfin cette série indiscontinue de dégradations se termine par la production de ces avortons informes, incapables de vivre et de se reproduire, dont la dissolution intégrale sert de couronnement à cette œuvre de désorganisation.

La dégradation de l'appareil nucléaire suit, ainsi que nous l'avons vu, une marche un peu différente, suivant les espèces. Chez la *Stylonichia pustulata* et l'*Onychodromus grandis*, elle se manifeste de bonne

heure par l'atrophie d'abord partielle, puis complète, du micronucléus. Ces deux espèces peuvent être, depuis longtemps, dépourvues de cet organe et cependant continuer à vivre et se multiplier comme à l'état normal, sauf la réduction de taille qui se manifeste toujours dès cette première période de la dégénérescence sénile. Jusqu'ici le nucléus de ces deux espèces a peu souffert ; mais, avec l'accroissement du nombre de générations, il subit, chez la *Stylonichia pustulata*, une fragmentation qui divise en deux chacun des deux corps nucléaires primitifs. En même temps, les produits de cette fragmentation prennent des formes et des contours irréguliers. Le nucléus de l'*Onychodrome* se modifie très peu, et il est rare de trouver un de ses quatre corps primitifs fragmenté en deux. Je n'ai pas observé, dans la substance même du nucléus de ces deux espèces, des désorganisations semblables à celles qui sont si intenses dans celui de la *Stylonichia mytilus* et de l'*Oxytricha* indéterminée.

Chez ces deux dernières espèces, en effet, le nucléus ressent de bonne heure l'effet de la dégénérescence sénile ; mais cet effet se manifeste sous une forme tout autre. Au lieu de tendre à se fragmenter, il perd jusqu'à la faculté de se diviser en deux corps, selon le type normal de ces deux espèces. Il prend une forme oblongue rubanaire, plus ou moins irrégulière et, dans sa masse, on voit d'abord apparaître de petites vacuoles, contenant de fines granulations. Ces vacuoles s'accroissent et dans leur cavité se déposent des substances à l'état de régression, d'apparence huileuse, homogènes et fortement réfringentes. En même temps la chromatine disparaît graduellement et on peut trouver des nucléus, dans lesquels il n'en reste plus trace. Enfin j'ai observé une *Stylonichia mytilus*, chez laquelle le nucléus tout entier s'était résorbé, l'appareil nucléaire n'étant plus représenté que par deux micronucléus. Ce dernier organe, chez ces deux espèces, traverse d'abord une période de régression ; comme chez les deux précédentes. Mais il est fort rare que cette régression aille jusqu'à son atrophie complète. Tout au contraire, les corps micronucléaires, après avoir été réduits à un ou deux, se remettent à proliférer avec

exagération et, dans la dernière période de la dégénérescence, on en compte jusqu'à six, sept et huit par chaque individu.

Les phénomènes de dégénérescence d'ordre physiologique consistent dans l'affaiblissement graduel de l'organisme, aboutissant fatalement à sa mort et sa destruction complète, et surtout dans la surexcitation sexuelle que nous avons constatée chez deux espèces. La *Stylonichia pustulata* et l'*Onychodromus grandis* nous ont, en effet, donné de nombreux accouplements entre très proches parents, presque jusqu'à l'expiration de leurs cultures. Ces deux espèces arrivées à leur 300^e bipartition, c'est-à-dire vingt à trente générations avant l'extinction finale, se sont conjuguées en grand nombre, sur des préparations ne contenant que les descendants d'un même progéniteur, sans mélange avec des étrangers. A cette période de la culture, tous les individus étaient depuis d'assez nombreuses générations dépourvus de micronucléus, disparus par atrophie sénile. Ces accouplements sont donc fatalement stériles et aboutissent à la mort des ex-conjugués. Cette hyperesthésie sexuelle morbide, chez ces deux espèces, est d'autant plus embarrassante à comprendre, que nous n'avons rien observé de semblable chez la *Stylonichia mytilus* et l'*Oxytricha*, qui, elles, conservent leurs micronucléus jusqu'au dernier moment. Faudrait-il donc admettre que cette surexcitation est causée par la disparition de cet organe ? Cela me semble aujourd'hui bien difficile, puisque toutes mes recherches sur la conjugaison des Ciliés aboutissent à démontrer que le micronucléus est l'organe essentiel de la sexualité chez ces microzoaires. Je n'insiste pas plus longuement ici sur cette difficulté, ayant l'intention d'y revenir dans mon travail sur la conjugaison.

L'atrophie complète du micronucléus chez deux espèces, sans que la croissance et la multiplication de ces Infusoires paraissent en souffrir, nous permet d'affirmer que cet organe ne joue aucun rôle actif dans ces phénomènes purement végétatifs. Cette conclusion est complètement d'accord avec les résultats de mes recherches sur la conjugaison. Une seule de mes observations pourrait encore laisser

place à un léger doute. Il s'agit de cette *Stylonichia mytilus* (p. 216), dont l'appareil nucléaire n'était plus représenté que par deux micronucléus, le nucléus ayant été complètement atrophié, et qui cependant continuait à se nourrir vigoureusement. Elle avait été prise à la 305^e génération de la culture. On peut se demander si cette *Stylonichie* ainsi énucléée n'eût pas continué à vivre, s'accroître et se multiplier? C'est à quoi je n'ai rien à répondre. Tout ce que je puis dire, c'est que par son aspect général et son état d'organisation, elle ne paraissait nullement à la veille d'une fin prochaine.

Il nous faut donc bien l'avouer, mes observations et mes expériences, si nombreuses et si prolongées qu'elles aient pu être, ne nous permettent pas encore de formuler des conclusions, à l'abri de tout doute, sur les rôles fonctionnels respectifs du nucléus et du micronucléus. Un seul fait semble bien établi; à savoir que le micronucléus n'a aucune action dans les phénomènes d'accroissement végétatif (nutrition et fissiparité). Mais, quelle est exactement la part d'influence du micronucléus dans ces phénomènes? C'est ce qu'il est plus difficile de dire. D'ailleurs je ne veux pas insister ici sur ces importantes questions, me réservant d'y revenir avec tous les développements nécessaires dans mon travail sur la conjugaison.

J'ai conduit six cultures jusqu'à leur extinction finale par épuisement sénile. La première (*Stylonichia pustulata*) s'est éteinte après 215 bipartitions, la deuxième (*Stylonichia pustulata*) après 316, la troisième (*Stylonichia mytilus*) après 319, la quatrième (*Onychodromus grandis*) après 320 à 330, la cinquième (*Oxytricha*) après 320 à 330, la sixième enfin (*Leucophrys patula*) après 660. De ces six cultures une seule, la deuxième, a été inaugurée avec un individu sortant immédiatement de conjugaison. Elle est donc également la seule, qui puisse être considérée comme représentant un cycle complet de générations agames. La concordance du chiffre de générations de cette culture avec ceux des troisième, quatrième et cinquième, me fait croire que, dans ces trois dernières cultures, le premier progéniteur isolé avait dû être également un individu sortant de con-

jugaison depuis peu de temps. Si cette supposition est, comme je le pense, exacte, il en résulterait que pour les quatre espèces isolées dans ces quatre cultures, le cycle de leurs générations agames serait renfermé dans un chiffre de 310 à 340 bipartitions fissipares. Le chiffre beaucoup plus élevé de 660 générations obtenues dans la culture de la *Leucophre*, nous démontre également que le nombre de bipartitions des cycles agamiques peut varier considérablement chez les différentes espèces. Il est donc impossible, à ce point de vue, de tirer aucune conclusion générale des chiffres constatés par nous. Il faudrait auparavant avoir déterminé le cycle de générations d'un beaucoup plus grand nombre d'espèces. Je laisse à d'autres le soin d'entreprendre ces longues et fatigantes expériences.

En revanche, ces six cultures poursuivies jusqu'à épuisement sénile complet suffisent amplement pour établir, sans conteste possible, un fait biologique d'une importance générale assez considérable. Elles démontrent, en effet, que chez les Infusoires ciliés, comme chez tant d'autres êtres vivants, sinon chez tous, l'organisme se détériore et s'use de lui-même, simplement par l'exercice prolongé de ses fonctions. Cette détérioration et cette usure physiologiques, procédant de causes internes, nous sont familières chez les animaux supérieurs, où elles s'y manifestent par les phénomènes de vieillesse et de décrépitude, aboutissant à leur terme inévitable, la mort naturelle ou mort par sénescence. Je ne reprendrai pas ici l'énumération de ces phénomènes si connus et dont la description se trouve dans tous les traités de physiologie, je me contenterai de faire remarquer combien les faits observés par nous, chez les Ciliés, leur ressemblent dans leurs traits généraux.

Nous avons vu, en effet, qu'une des premières et plus importantes dégradations de la sénescence, consiste dans l'atrophie d'abord partielle, puis complète, des organes de la sexualité. Les individus affectés de ce premier degré de dégénérescence peuvent encore continuer à vivre et se multiplier; mais cette vie a quelque chose d'anormal, puisqu'elle est devenue complètement inutile. Eux et

toute leur descendance sont, en effet, voués à une mort inévitable. Ils vivent encore d'une vie individuelle; mais ils sont morts à la vie de l'espèce. L'instinct sexuel n'est pas pour cela entièrement aboli; mais au lieu de contribuer à la régénération et à la conservation de l'espèce, il accélère au contraire la destruction et la disparition de ces générations d'atrophies. Simultanément et consécutivement à cette atrophie sexuelle, la dégradation sénile attaque les autres parties de l'organisme. Le nucléus, régulateur et dominateur des fonctions végétatives, se désorganise peu à peu. Les échanges nutritifs s'affaiblissant graduellement, les phénomènes d'assimilation perdent peu à peu de leur activité primitive. L'énergie générale de l'organisme diminue; la taille se réduit. Puis, lorsque cette dégradation est arrivée à son maximum d'effet, de nouveaux organes s'atrophient et disparaissent entièrement. La nutrition elle-même devient alors impossible et l'organisme déformé et ratatiné, perdant toute faculté de vivre et de s'entretenir, meurt par dissolution totale de son être. Telle est la marche de la sénescence, amenant la mort naturelle du Cilié.

Les Infusoires ne font donc pas exception à la règle de caducité physiologique, que l'expérience vulgaire considère comme nécessaire et universelle pour tout ce qui vit. Cette règle a cependant été mise en doute pour tous les êtres unicellulaires et plus particulièrement pour les Protozoaires. Weismann, professeur à l'Université de Fribourg, a en effet publié en 1882 un travail¹, dans lequel il nie la caducité physiologique des Infusoires, des Rhizopodes et en général de tous les êtres unicellulaires. Il affirme que par le fait même de leur état unicellulaire, ils échappent à l'action délétère de la sénescence et par suite ne peuvent périr que de mort accidentelle, jamais de mort naturelle. Cette théorie de l'immortalité potentielle des Protozoaires, à laquelle le même auteur rattache une nouvelle théorie de l'origine et de la cause de la mort des êtres pluricellulaires, a produit

¹ *Über die Dauer des Lebens*, Iéna, 1882; complété dans un second mémoire intitulé : *Über Leben und Tod*, 1884, publié en réplique à celui de Goette.

un mouvement de controverses scientifiques, auquel ont pris part quelques représentants éminents de la biologie, tels que Goette¹, Bütschli², S. Minot³, Delbœuf⁴, Mœbius⁵ et Cholodowsky⁶. Examinons rapidement cette théorie.

Commençons d'abord par faire remarquer que cette idée de l'immortalité potentielle des Protozoaires n'est pas aussi nouvelle qu'il semble le croire Weismann. Comme le dit fort bien Bütschli, elle devait se présenter d'elle-même à l'esprit de tout observateur tant soit peu réfléchi, ayant consacré son temps à l'étude de la biologie de ces petits êtres. Nous la trouvons déjà, en effet, formulée presque dans les mêmes termes qu'aujourd'hui chez Ehrenberg. « La propagation des Infusoires, dit ce savant, par divisions fissipares, supprimant toute probabilité de destruction possible de l'individu, leur confère une permanence potentielle et une dissémination dans les mers et l'espace, qui, envisagées poétiquement, ressemblent à l'immortalité douée d'une éternelle jeunesse. Ils se subdivisent à l'infini, en parties nouvelles vivant d'innombrables années d'une jeunesse sans fin⁷. » Dujardin, comme toujours plus exact et s'abandonnant moins à la fantaisie des idées *a priori*, se demande si ce mode de propagation est vraiment illimité, ou bien s'il a un terme reparaissant périodiquement⁸. La solution de cette question lui paraît d'une grande importance, mais fort difficile à obtenir, et la méthode expérimentale serait seule en état de nous la donner.

Voyons maintenant comment Weismann a repris ce problème. Suivant lui, tous les êtres unicellulaires, ou Monoplastides, ne subissent

¹ GOETTE, *Über der Ursprung des Todes*, 1883.

² *Gedanken über Leben und Tod* (*Zoologischer Anzeiger*, t. V, 1882, [p. 64]).

³ *La Mort et l'Individualité* (*Bulletin scientifique du département du Nord*, 1884-85, p. 57). Extrait et traduit du journal *Science*, t. IV, 1884, New-York.

⁴ *La Matière brute et la Matière vivante*, Paris, Alcan, in-12, 1887.

⁵ *Das Sterben der einzelligen und der vielzellige Thiere vergleichend betrachtet* (*Biologisches Centralblatt*, t. IV, 1884, p. 389).

⁶ *Tod und Unsterblichkeit in der Thierwelt* (*Zoologischer Anzeiger*, 1882, p. 264).

⁷ *Die Infusionsthierchen*, etc., 1838, p. XIII, § 11.

⁸ *Infusoires*, 1841, p. 87.

pas de dégradations et d'usures physiologiques analogues à celles qu'éprouvent les organismes supérieurs, ou Polyplastides. Ils sont, dit-il, *trop simples pour cela !* Si par une lésion quelconque un Infusoïre subit une petite déperdition de substance, elle se répare complètement d'elle-même ; si au contraire la lésion est trop forte, l'animal meurt. Pour ces Monoplastides, il n'y a pas de milieu entre une *intégrité parfaite* ou une *destruction complète*. Du reste, inutile d'insister sur ces questions, car il est évident *qu'une mort normale, c'est-à-dire résultant de causes internes, n'a pas de raison d'être chez ces organismes inférieurs*. Se multipliant uniquement par bipartitions fissipares, ils jouissent nécessairement d'une immortalité entée sur une jeunesse éternelle. Avec ce mode de propagation, les deux individus issus de chaque division sont absolument équivalents entre eux. Ni l'un ni l'autre ne saurait être considéré comme l'ancêtre, ou comme le descendant. L'identité la plus parfaite de puissance physiologique et d'égalité d'âge existe entre eux. Ils sont donc aussi aptes l'un que l'autre à conserver et propager l'espèce. L'usure physiologique leur étant inconnue, cette aptitude se maintiendra intégrale dans toutes les générations successives issues d'eux, tant qu'elles seront placées dans des conditions normales d'existence, ou qu'un accident n'y viendra pas mettre un terme.

La théorie est, on le voit, fort simple ; trop simple même, dirais-je. Elle se développe avec l'allure des conceptions géométriques et métaphysiques, dont les axiomes et les propositions se succèdent et s'enchaînent, pour ainsi dire, fatalement. Mais il en va bien rarement ainsi des études biologiques et, en leur appliquant ces méthodes géométriques, on s'expose à faire fausse route. C'est ce qui est arrivé à Weismann. Il eût bien mieux fait de recourir à la méthode expérimentale, ou, s'il n'en avait ni le temps ni la volonté, de laisser indécises des questions, dont la solution certaine et définitive ne pouvait pas être acquise par une autre voie.

Le savant professeur de Fribourg échafaude son système sur deux notions, qu'il nous présente sous forme d'axiomes : 1° les Monoplas-

tides ignorent l'usure physiologique ; 2° leur propagation par division fissipare a, pour conséquence, l'équivalence absolue de toutes les générations issues d'un premier progéniteur. De ces deux axiomes, le premier est complètement faux, le second en partie inexact, en partie vrai. Examinons-les de près.

Et, tout d'abord, sur quelle notion acquise, sur quelle observation, quelle expérience Weismann appuie-t-il son premier axiome ? Comment sait-il que les Monoplastides échappent aux processus régressifs de la dégénérescence sénile ? Ils sont trop simples pour cela, nous dit-il, et peuvent réparer les dommages et lésions éprouvés, tant que ces lésions ne sont pas mortelles. Mais cette faculté de réparation est commune à tous les êtres vivants ; dans une mesure fort variable, il est vrai, suivant leur état d'organisation, mais à un degré toujours très éminent. Sans elle, d'ailleurs, je crois que la vie, en général, serait impossible et qu'elle ne résisterait pas aux mille attaques et aux dommages, sans cesse répétés, que lui font subir les agents naturels. Qu'il s'agisse donc de Monoplastides ou de Polyplastides, cette propriété de la matière vivante, de réparer elle-même les pertes subies et les dommages éprouvés au contact du monde extérieur, joue un rôle absolument identique, et travaille sans cesse à la conservation et au maintien du bon état fonctionnel de ces êtres. Mais, lorsqu'il s'agit des processus régressifs de la sénescence, elle devient impuissante, aussi bien chez les uns que chez les autres. C'est en ce dernier point que Weismann me semble avoir fait une confusion capitale. Il n'a pas assez nettement distingué les lésions superficielles, que tous les êtres vivants peuvent éprouver au contact du monde extérieur, des dégradations beaucoup plus intimes et plus profondes causées par la sénescence. Voyant un Protozoaire réparer sans peine et rapidement d'assez fortes pertes de substance, il a affirmé, *à priori*, que cette faculté de réparation devait se maintenir indéfiniment chez ces êtres unicellulaires. Mais rien ne l'autorisait à formuler cette conclusion. Leur simplicité d'organisation n'a absolument rien à faire en cette question. On ne voit pas, en effet, pour-

quoi un être unicellulaire échapperait aux dégradations de l'usure physiologique plutôt que les Polyplastides. Le travail et le jeu des fonctions doivent faire subir à son organisme des déchets et des déficits, analogues à ceux qui constituent la dégénérescence sénile chez ces derniers. Ces déchets et ces déficits se transmettent nécessairement en s'accumulant de génération fessipare en génération fessipare. S'il n'en était pas ainsi, ce n'est pas par le raisonnement qu'il fallait le démontrer, mais bien par l'observation et l'expérience. C'est ce que Weismann n'a pas fait. Sa théorie de l'immortalité des Monoplastides n'est donc qu'une hypothèse *à priori*, sans base solide ni scientifique. En ce qui regarde les Infusoires, mes cultures ont démontré expérimentalement que ces Protozoaires n'échappaient pas à la loi générale de sénescence. Ils s'usent et vieillissent par le jeu et l'exercice même de leurs fonctions, autrement dit par une nécessité inhérente à leur structure et à leur constitution intimes. Nous est-il permis d'affirmer que cette loi de sénescence est absolue et universelle dans le monde vivant ? C'est un point fort obscur de la biologie générale, sur lequel nous essayerons, plus loin, de jeter un peu de lumière.

Mais, auparavant, il nous faut procéder à l'examen de la seconde proposition de Weismann, à savoir qu'il y a équivalence physiologique parfaite entre tous les rejetons fessipares issus d'un même progéniteur. Que cette équivalence existe entre les deux moitiés résultant d'une unique bipartition, la preuve de ce fait ressort évidemment de toutes mes cultures, et elle avait d'ailleurs déjà été fournie aussi nettement par les observations de Gruber sur la division des Rhizopodes monothalamiens¹. Mais que cette équivalence se perpétue et se maintienne, sans modification, de générations en générations, que, par exemple, un rejeton après 50 ou 100 bipartitions soit encore physiologiquement égal au progéniteur primitif ; c'est là une conclusion contre laquelle je m'inscris en faux. S'il existe

¹ *Zeitschrift für wiss. Zoologie*, t. XXXVI, 1881, p. 104.

réellement des Monoplastides chez lesquels cette équivalence se conserve ainsi indéfiniment, nous n'en savons rien. Avant de l'affirmer, Weismann eût dû en fournir la preuve expérimentale. Il ne l'a pas fait. Son affirmation repose donc sur une simple hypothèse *à priori*, qui n'a pas plus de valeur scientifique que la précédente. Elle est d'ailleurs expérimentalement contredite par mes cultures d'Infusoires, pendant lesquelles nous avons vu le pouvoir fonctionnel et la valeur physiologique de ces Protozoaires se modifier en se dégradant de générations en générations. Cette seconde base de la prétendue immortalité des Infusoires n'est donc pas plus solide que la précédente.

Minot a reproché, avec beaucoup de raison, à Weismann d'avoir confondu les différents genres de mort, les divers ordres d'individualités et les différentes formes de reproduction. Un individu Protozoaire, un individu Polype et un individu Insecte, ne sont pas homologues, et leurs corps ne peuvent se comparer. Il en résulte que la mort d'un être unicellulaire est absolument différente de celle d'un individu pluricellulaire. La vie se présente chez les organismes supérieurs comme un ensemble de cycles de cellules : *chaque cycle est constitué par toutes les cellules dérivant d'un œuf fécondé*. Tous les cycles sont homologues ; mais toutes les individualités ne sont pas toujours homologues, car une individualité peut être un cycle complet ou une fraction de cycle. Tout cela est excellemment dit et me paraît inattaquable. Si ces distinctions sur l'individualité, déjà émises et développées par Huxley¹ dès 1852, avaient été présentes à l'esprit de Weismann, il eût compris de suite toute l'inanité de sa théorie de l'immortalité des Protozoaires, ou du moins il en eût immanquablement saisi toutes les difficultés et eût hésité à la mettre au jour².

¹ *Edinb. new phil. Journ.*, LIII, 172-177; *Ann. Mag. nat. hist.*, 1852.

² Dans un dernier travail publié en 1885 (*Biologisches Centralblatt*, t. IV, p. 650 et 677), en vue de répondre aux objections de Möbius, Weismann reprend de nouveau la question à fond, mais sans apporter aucun argument nouveau essentiel. Ce sont toujours les mêmes pétitions de principes et, quoi qu'il en dise, les mêmes confusions relevées par Minot. Cela m'entraînerait trop loin, s'il me fallait discuter

Elle ne pouvait, en effet, être affirmée logiquement, qu'en l'appuyant sur la démonstration expérimentale qu'il existe des Monoplastides, dont la vie n'est pas renfermée dans des cycles, ou, s'il y a cycles, que ceux-ci ne sont pas limités et fermés naturellement. Autrement dit, il eût fallu démontrer que certains êtres unicellulaires peuvent vivre et se reproduire indéfiniment par voie agame. Bien qu'à l'heure actuelle, il existe beaucoup d'êtres vivants chez lesquels nous ne connaissions encore aucun phénomène se rattachant de plus ou moins loin à un acte de fécondation sexuelle, il serait, à mon avis, bien audacieux d'affirmer qu'on ne trouvera jamais chez ces êtres un équivalent quelconque d'un œuf fécondé. Nos connaissances sur la sexualité sont encore bien rudimentaires, et c'est à peine si nous commençons à entrevoir quels en sont les phénomènes essentiels. Rien encore ne nous prouve que la forme, sous laquelle les dernières recherches nous l'ont fait connaître, soit unique et qu'elle ne puisse pas en revêtir d'autres plus simples qui, jusqu'ici, ont échappé aux observateurs.

D'un autre côté, je considère comme tout aussi risqué d'affirmer, à l'instar de Minot, que tous les organismes se développent en cycles et seulement en cycles, et par conséquent commencent leur existence par un œuf fécondé, ou par son équivalent. Le raisonnement seul ne suffit pas pour donner une base scientifique à des conclusions d'une si haute portée. Toutes les considérations sur la concordance et l'identité des phénomènes sexuels dans les deux règnes organiques y sont complètement impuissantes. L'expérience et l'observation seules pourraient donner la solution de ce problème. Actuellement elles ne nous disent rien, ou plutôt elles semblent nous fournir des arguments en faveur de l'opinion contraire.

une à une toutes les assertions hasardées, les comparaisons inexactes et les digressions dont se compose en grande partie la trame de la dialectique subtile du savant et ingénieux professeur. Il n'est d'ailleurs pas toujours suffisamment bien orienté (p. 664) dans la connaissance des phénomènes biologiques des Ciliés. Weismann devra donc avouer que la question n'était pas aussi simple, ni surtout aussi mûre pour la spéculation scientifique, qu'il le croyait.

Il est, en effet, un très grand nombre d'êtres vivants chez lesquels, comme je le disais plus haut, on n'a encore trouvé aucune trace de phénomènes sexuels, et qui n'en continuent pas moins à vivre et se multiplier énergiquement. Il pourrait donc bien se faire que la sexualité ne fût pas un attribut nécessaire de la vie. En outre, il semblerait même que certains êtres, tout en possédant la sexualité, aient conservé la faculté de se reproduire indéfiniment par voie agame. Ainsi la Vigne, le Houblon, le Peuplier d'Italie, le Saule pleureur, le *Musa sapientium*, la Canne à sucre, le *Colocasia antiquorum*, l'*Opuntia ficus indica* sont cultivés et multipliés de temps immémorial par voie agame, sans que ces végétaux paraissent en souffrir. Ces exemples sont empruntés uniquement au règne végétal; mais qui oserait dire actuellement que des phénomènes analogues n'existent pas dans les groupes inférieurs du règne animal, où la multiplication par bourgeonnement joue un rôle presque aussi important que chez les végétaux? Mes cultures ont démontré expérimentalement la nécessité du retour cyclique d'un acte sexuel chez les Ciliés; mais je me garderais bien d'étendre cette conclusion à tous les autres Protozoaires. Nos connaissances actuelles sont donc bien insuffisantes pour résoudre ces grands problèmes, et le plus sage à mon avis est, pour le moment, de les laisser indécis et de dire avec Sachs¹, le maître de la physiologie végétale, que nous n'avons aucune raison d'affirmer que tous les organismes se comportent de la même façon au sujet de la nécessité d'une fécondation sexuelle.

La démonstration expérimentale de l'existence d'une mortalité naturelle par sénescence chez les Protozoaires, telle qu'elle résulte de mes cultures d'Infusoires², me semble renverser irrémédiable-

¹ *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie*, 1882, p. 979.

² Dans tout ce qui précède, je n'ai tenu aucun compte de l'opinion des auteurs qui, comme Goette et Mœbius, voient un acte équivalent à la mort naturelle, dans les phénomènes d'enkystement et de division fissipare. Ces thèses erronées ont été trop bien réfutées par Weismann et Delbœuf, pour que j'aie cru devoir y revenir. Je suis complètement de l'avis du premier de ces savants : la mort implique nécessai-

ment la théorie générale de la mort formulée par Weismann. Suivant son opinion, la mort n'est pas inhérente à la matière vivante, elle ne procède pas de nécessités absolues, fondées sur l'existence même de la vie. Cette première proposition s'appuie uniquement sur la prétendue immortalité des êtres unicellulaires. Puisqu'il existe des êtres, dit Weismann, qui ne peuvent mourir autrement que par accident, puisque par l'essence même de leur organisation ces êtres sont doués d'une éternelle jeunesse, capable de se renouveler et s'entretenir indéfiniment, puisque chez eux la dégradation et l'usure physiologique n'ont aucune action, nous avons le droit d'affirmer que la vie et la mort ne sont pas deux termes nécessairement corrélatifs l'un de l'autre. Malheureusement tout ce que nous avons dit dans les pages précédentes de cette immortalité potentielle des Monoplastides ôte toute base à cette argumentation, et par conséquent fait écrouler la proposition fondamentale de la théorie du savant professeur.

Cet argument principal écarté, je pourrais m'en tenir là. Mais il est encore une seconde assertion de la théorie, dont l'examen et l'analyse critique rentrent dans le cadre de ce travail et appellent notre attention. La mort, suivant Weismann, n'étant pas inhérente à la vie, doit être considérée comme un acte biologique d'origine secondaire. Elle est apparue dans le monde avec les Métazoaires à cellules différenciées. Son apparition est due non pas à des causes primordiales et internes, dérivant de l'essence même de ces organismes ; elle résulte simplement de causes occasionnelles, basées sur des raisons de convenance et d'utilité. Ces êtres meurent, non parce que leur organisme renferme dans sa structure le germe nécessaire et fatal de la mort, mais parce que, à la suite de leur adaptation aux conditions extérieures générales de l'existence, il est

rement un cadavre. Dans l'enkystement et la division fissipare, il n'y a pas de cadavre, donc il n'y a pas de mort. La cessation d'individualité, qui accompagne la division, est un phénomène qui n'a rien de commun avec l'arrêt physiologique causé par la mort naturelle.

devenu de l'intérêt de l'espèce, qu'ils ne vivent pas éternellement, et que les vieux cèdent la place aux jeunes. Autrement dit, la mort est le résultat d'une sélection et non pas d'une nécessité organique.

Que la grande et même l'immense majorité des êtres vivants ne meurent pas de mort naturelle, après avoir épuisé jusqu'au bout la faculté de vivre inhérente à chacun d'eux, c'est là une de ces vérités banales d'évidence immédiate. Il suffit de rappeler les myriades de germes et d'embryons qui périssent tous les jours, sans avoir pu franchir même la première étape de leur évolution. Parmi ceux plus fortunés, qui entrent dans la voie de leur développement, combien encore succombent en route, restant plus ou moins loin en deçà du terme normal, suivant les hasards et les chances de leur existence. Les accidents, les maladies, la concurrence vitale, la lutte contre les agents physiques, certaines adaptations biologiques, comme la reproduction entraînant chez les insectes la mort fatale et immédiate du reproducteur ; toutes ces causes si diverses de destruction constituent bien certainement les facteurs les plus souvent actifs dans l'extinction des êtres vivants. Mais il n'est pas moins constant, qu'à côté de ces morts accidentelles, violentes, morbides et d'adaptation biologique, il peut et doit en exister une autre, dont les causes sont internes à l'organisme lui-même. L'organisme, dans sa nature essentielle, n'est qu'un mécanisme. Or, tous les mécanismes se détériorent et s'usent par le jeu même de leurs fonctions.

Les mécanismes organiques n'échappent pas à cette loi d'usure et de dégradation, du moins l'expérience actuelle ne nous en a pas encore fait connaître un seul. Les êtres vivants s'usent donc et vieillissent, et ils périssent parce qu'ils vieillissent. La convenue et la sélection n'ont rien à voir dans cette loi organique fondamentale. Elle a son origine dans d'autres lois d'une généralité bien supérieure et très probablement dans l'instabilité universelle de la matière. Mais nous n'essayerons pas de la suivre plus loin

sur ce terrain confinant à la métaphysique. Il nous suffit, pour nos études biologiques, d'avoir bien établi sa réalité.

En résumé, la sénescence paraît être un phénomène assez général, tout au moins dans le règne animal. Entraînant à sa suite tout un cortège d'usures et de dégradations organiques, elle mine incessamment par un travail sourd et sans repos l'existence des animaux et les conduit au terme inévitable de ses processus, la mort naturelle. Elle est inhérente à l'organisme et relève de causes internes, qui agissent indépendamment des conditions extérieures de milieu. Chez les Infusoires ciliés, où nous la connaissons maintenant avec précision, elle affaiblit peu à peu la vitalité des rejetons d'origine agame et finit par les rendre inaptes à s'entretenir et à se reproduire. Son action délétère est compensée et annulée par le rajeunissement sexuel ou conjugaison, dont nous ferons connaître les phénomènes et les processus complets dans notre prochain travail.

Existe-t-il, dans les extrêmes bas-fonds du monde vivant et même jusqu'à un degré assez élevé de la série végétale, des êtres qui échappent à son œuvre de destruction? Si nous nous laissions aller à l'entraînement des systèmes *à priori*, nous répondrions non. Mais la biologie est une science encore trop peu avancée pour user avec sûreté de ces méthodes de raisonnement. On ne doit y employer les déductions métaphysiques qu'avec une extrême réserve. Dans le cas actuel, en face des analogies logiques qui auraient pu nous entraîner à formuler une réponse négative, nous trouvons de nombreux faits douteux, sur lesquels la prudence nous engage à réserver notre jugement. Laissons donc à l'avenir le soin de recourir aux méthodes expérimentales et d'observation, pour donner une solution complète et définitive à ces problèmes.

Mes cultures expérimentales démontrent que la sénescence, chez les Ciliés, se manifeste par une dégradation générale de l'organisme, qui s'affaiblit et s'use peu à peu dans toutes ses parties. Parmi celles-ci, il en est, comme les organes de la sexualité, qui s'atro-

phient beaucoup plus vite que les autres. Nous avons vu, en effet, le micronucléus se détériorer et disparaître de très bonne heure chez la *Stylonichia pustulata* et l'*Onychodromus grandis*. Les autres éléments principaux, le nucléus et le cytoplasme, survivent et se maintiennent encore longtemps après, continuant d'exercer leurs fonctions. Mais l'énergie de ces fonctions diminue de jour en jour ou, plus exactement, de génération en génération. Il semble que les mécanismes organiques se détériorent dans leurs éléments constitutifs, se rouillent pour ainsi dire et ne rendent plus qu'avec peine une partie fort réduite du travail physiologique auquel ils président. Il en résulte la diminution de taille et d'activité générale, que nous avons constatée dans toutes nos expériences. Ces êtres dégénérés et affaiblis deviennent beaucoup plus délicats et, comme je l'ai déjà dit, ne survivent et se maintiennent que grâce à leur isolement et aux conditions exceptionnelles de bonne alimentation dans lesquelles ils se trouvent ainsi placés. La faculté de multiplication ne suit pas une marche descendante parallèle et aussi rapide. Elle se conserve à peu près intacte, lorsque depuis longtemps déjà les autres fonctions et l'organisme entier se montrent fortement atteintes par les dégradations séniles. Nous avons vu, en effet, à des époques déjà fort avancées de nos cultures, les Infusoires, bien qu'affaiblis et très réduits de taille, continuer à se bipartitionner presque avec la même rapidité qu'au début. Nous avons même vu la *Stylonichia pustulata*, arrivée au dernier degré de la dégénérescence, mutilée et privée d'organes essentiels à son existence, réduite à l'impossibilité de prendre aucune nourriture et par conséquent de s'accroître, n'en pas moins continuer à se diviser et couronner ainsi la série des dégradations séniles, par la production d'avortons informes et monstrueux.

Ces observations, s'il est permis de les généraliser, me font croire que Minot s'est trompé, en affirmant que la sénescence avait pour effet immédiat et principal d'affaiblir le pouvoir de multiplication des éléments histologiques. D'après lui, cette faculté décroît graduel-

lement et constamment depuis la naissance jusqu'à la mort. Dans l'ensemble de cellules qui constituent un cycle ou, autrement dit, un organisme multicellulaire, le pouvoir maximum de multiplication des éléments est placé uniquement tout au début. A partir de ce moment, il diminue sans cesse, et l'intervalle entre deux divisions successives croît de plus en plus. Ce ralentissement constitue la sénescence. Celle-ci commence donc avec la vie, et, lorsque son effet ralentissant dépasse un certain degré, elle détermine la mort, laquelle n'est, par suite, que le résultat de la perte ou de l'affaiblissement du pouvoir de multiplication des cellules. Cette manière de concevoir le mécanisme intime de la sénescence et de la mort ne me semble pas exacte.

Aucun fait d'expérience et d'observation ne nous permet d'affirmer que, chez les adultes et les vieillards, les éléments constitutifs des tissus ne se renouvellent pas et ne se multiplient pas aussi rapidement que chez les enfants. Je crois même qu'on pourrait citer des faits positifs contraires; par exemple, que la desquamation des épithéliums ne se ralentit pas avec l'âge et que, par conséquent, le renouvellement cellulaire des couches superficielles par les couches profondes y conserve la même activité pendant toute la durée de la vie. Si nos connaissances sur le renouvellement cellulaire dans les tissus étaient plus avancées, il ne serait bien certainement pas difficile de citer d'autres faits à l'appui de cette manière de voir.

Je crois donc que l'action délétère de la sénescence sur les cellules consiste bien plutôt dans l'affaiblissement général de leurs propriétés et fonctions spéciales. Leurs structures doivent s'altérer avec l'âge, et les mécanismes jouer avec une perfection de moins en moins précise. Le travail physiologique, rendu par ces éléments en voie de dégradation, diminue graduellement de qualité et de quantité. Ces déperditions fonctionnelles constituent l'essence même de la sénescence, et, lorsqu'elles dépassent une certaine limite, elles entraînent la mort de l'organisme, miné sourdement et affaibli dans toutes ses parties intimes. Nous n'avons aucune raison de penser que ce déclin

commence avec l'aurore même de la vie, et que les processus séniles comprennent toutes les périodes des cycles cellulaires. Je crois bien plutôt que, pendant les premières périodes d'un cycle, la sénescence n'a encore aucune action pernicieuse sur les éléments cellulaires. Les mécanismes possèdent encore toute leur perfection, et le jeu des fonctions s'exécute sans déperdition. Le pouvoir d'assimilation prévaut sur les phénomènes de désassimilation. L'organisme se nourrit et s'entretient sans peine dans un bon équilibre fonctionnel. Ce n'est que plus tard, lorsque l'usure a commencé à se faire sentir aux mécanismes organiques, que cet équilibre s'altère peu à peu. C'est alors seulement que débute la vraie sénescence, et qu'elle ne tarde pas à se manifester avec tout son cortège de dégradations et d'altérations.

EXPLICATION DES PLANCHES.

PLANCHE IX.

FIG. 1-7. Dégénérescence sénile de la *Stylonichia pustulata*. Gross., 420.

1. Premier degré de la dégénérescence. L'organisation générale a encore peu souffert; la taille seule s'est un peu réduite et est descendue à 140 μ . Le micronucléus est complètement atrophié. Le corps est bourré de proies capturées et en voie de digestion.
 - 2, 3. Individus arrivés au second degré de dégénérescence. Les membranelles frontales ont disparu. La taille s'est encore réduite. Ces animaux ne mangeant plus, le corps est transparent et vide d'aliments. Le nucléus se déforme et se fragmente.
 - 4, 5, 6. Individus au second degré de dégénérescence, continuant à se fissiparer (5), ou sortant de division fissipare (4, 6).
 7. Un avorton au dernier degré de dégénérescence et peu de temps avant la dissolution finale.
- 8-16. Dégénérescence sénile de la *Stylonichia mytilus*. Gross., 420, à l'exception de 12, gross., 1800, et 15, 16, gross., 900.
- 8, 9, 10. Derniers stades de la dégénérescence. Le corps est déformé et ratatiné. Ces individus ne prennent plus de nourriture. Le nucléus est devenu simple et à contours irréguliers. Le micronucléus s'est multiplié avec exagération.
 - 11, 13, 14. Dégénérescences moins avancées. Ces individus prennent encore de la nourriture et peuvent se diviser.
 12. Micronucléus en voie de division par karyomitose.
 - 15, 16. Nucléus en voie de désorganisation avec leurs micronucléus bien conservés.

PLANCHE X.

FIG. 1. *Stylonichia mytilus* (gross., 420) en voie de dégénérescence sénile, dont le nucléus a complètement disparu par atrophie. Il reste encore deux beaux micronucléus. Le corps est plein de proies capturées en voie de digestion.

2-9. *Onychodromus grandis*. Gross., 440, excepté 9 gross., 1800.

2. Un individu de grande taille nourri avec des proies volumineuses.

3. Un individu de taille réduite nourri avec de petites proies.

4. Kyste du précédent.

5. Premier degré de la dégénérescence sénile. L'organisation extérieure est encore intacte; la taille s'est réduite. Le micronucléus a disparu par atrophie. Le corps plein de proies indique qu'à cet état ces individus continuent à se nourrir et se multiplier.

6, 7, 8. Second degré de la dégénérescence. Les membranelles buccales ont disparu. Ces individus sont transparents et ne prennent plus de nourriture. Ils finissent bientôt par se dissoudre.

9. Granules de zooamylum toujours en très grand nombre dans le corps de cet Infusoire.

10-11. Nucléus et micronucléus du *Paramecium caudatum*. Gross., 440.

12. Nucléus et micronucléus du *Paramecium aurelia*. Gross., 440.

PLANCHE XI.

FIG. 1-10. *Onytricha* indéterminée. Gross., 440, sauf 10 gross., 900. Ces figures ayant surtout pour but de montrer la dégénérescence de l'appareil nucléaire, on a omis les détails et le remplissage du corps.

1. Forme normale.

2. Kyste.

3-9. Dégénérescence sénile, marquée surtout par la désorganisation du nucléus et la prolifération du micronucléus.

10. Un nucléus à un état très avancé de désorganisation; ses deux micronucléus sont bien constitués.

PLANCHE XII.

FIG. 1-8. *Leucophrys patula*. Gross., 420.

1. Face ventrale avec la bouche armée de ses deux grandes lèvres vibratiles.

2. Face dorsale; *vc*, gouttelettes primitives de la vacuole contractile en voie de formation; *a*, fèces sortant de l'anus; *p*, un *Colpidium truncatum* Stokes, qui vient d'être capturé et s'agite encore dans la vacuole digestive.

3. Formation par division transversale de rejetons nains métamorphosés.

4. Un de ces petits rejetons à l'état mobile.

5. Un autre à l'état immobile.

6, 7, 8. Phases de retour à la forme normale de ces petits rejetons.

FIG. 9-13. *Spathidium spathula*. Gross., 420.

9. Forme normale et typique.

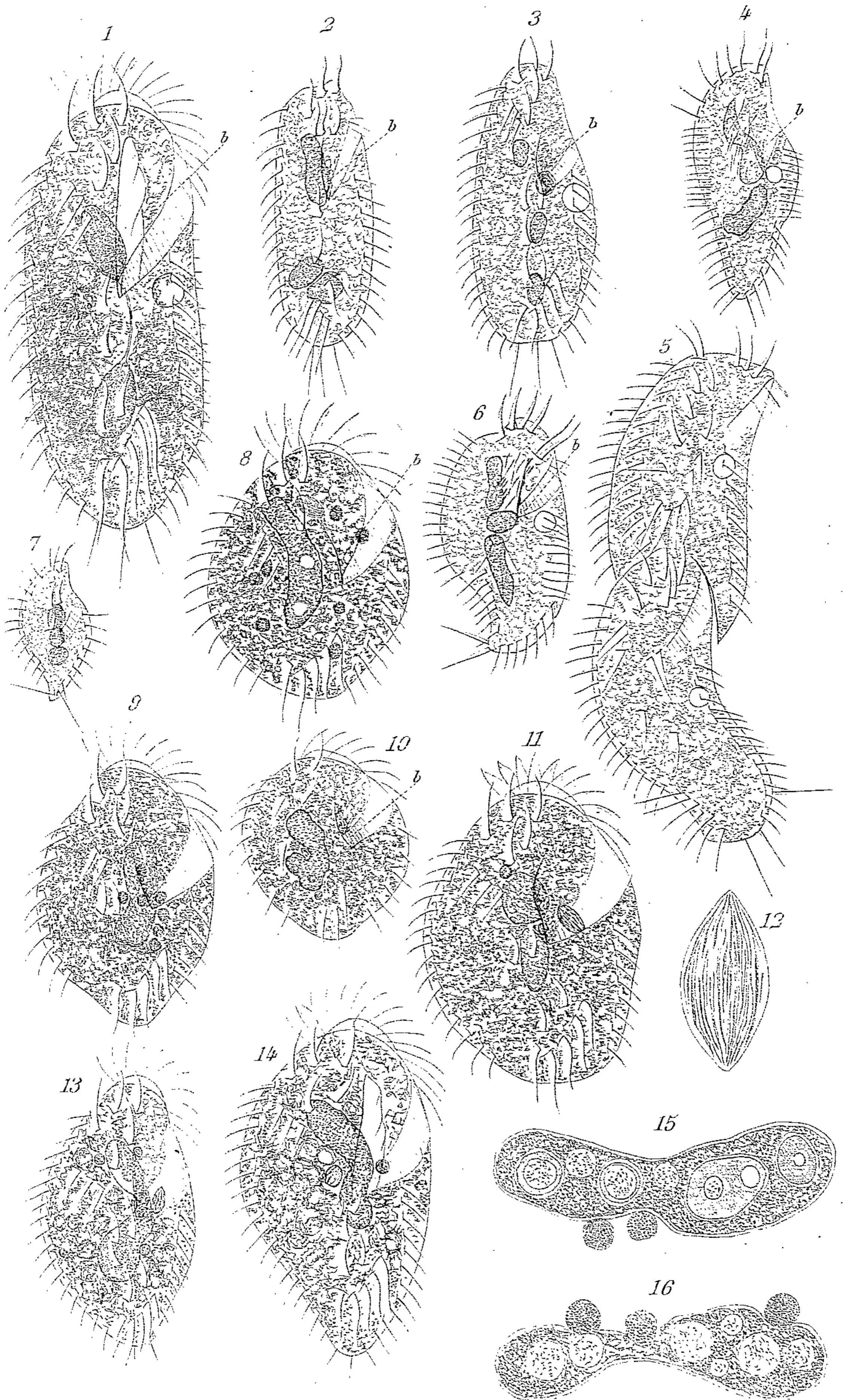
10-13. Phases de l'enkystement.

14-15. *Stentor coeruleus*. Gross., 85.

14. Un individu atrophié par inanition.

15. Le même, bien nourri, et deux jours plus tard.

16. *Paramecium bursaria* (Gross., 220) pour faire voir l'ampleur et l'étendue d'action de son tourbillon alimentaire. Toutes les particules alibiles (zoospores, flagellés, schizomycètes) qui viennent tomber dans la zone pointillée, sont entraînées dans le sens des flèches vers la bouche. Celles qui n'y pénètrent pas sont rejetées en arrière et reprises de nouveau par le courant, qui forme un cercle indiscontinu. Le mouvement d'entraînement du courant est d'autant plus énergique et rapide qu'il se rapproche plus de la bouche en avant.

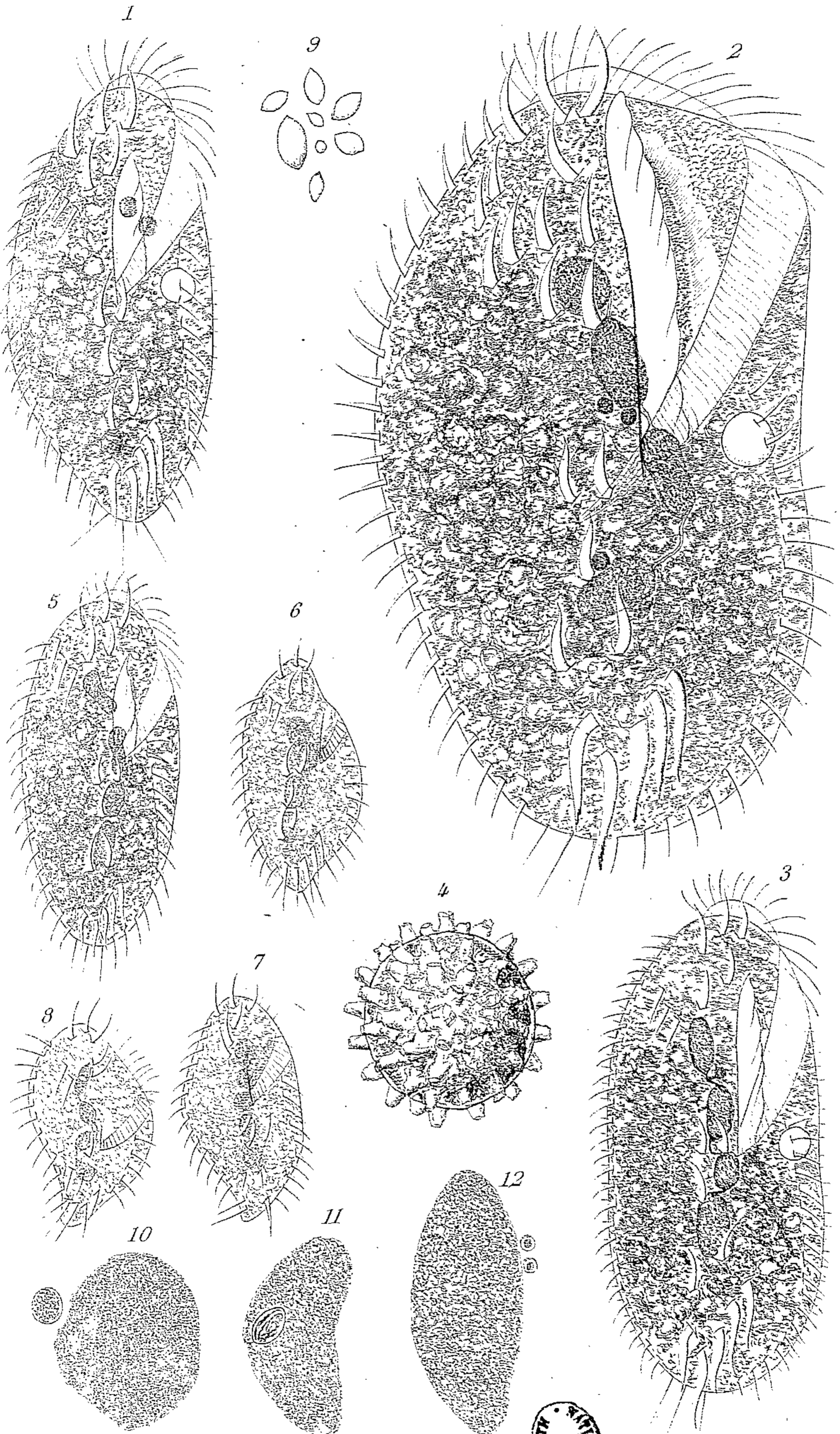


Maupas del.

Velard sc.



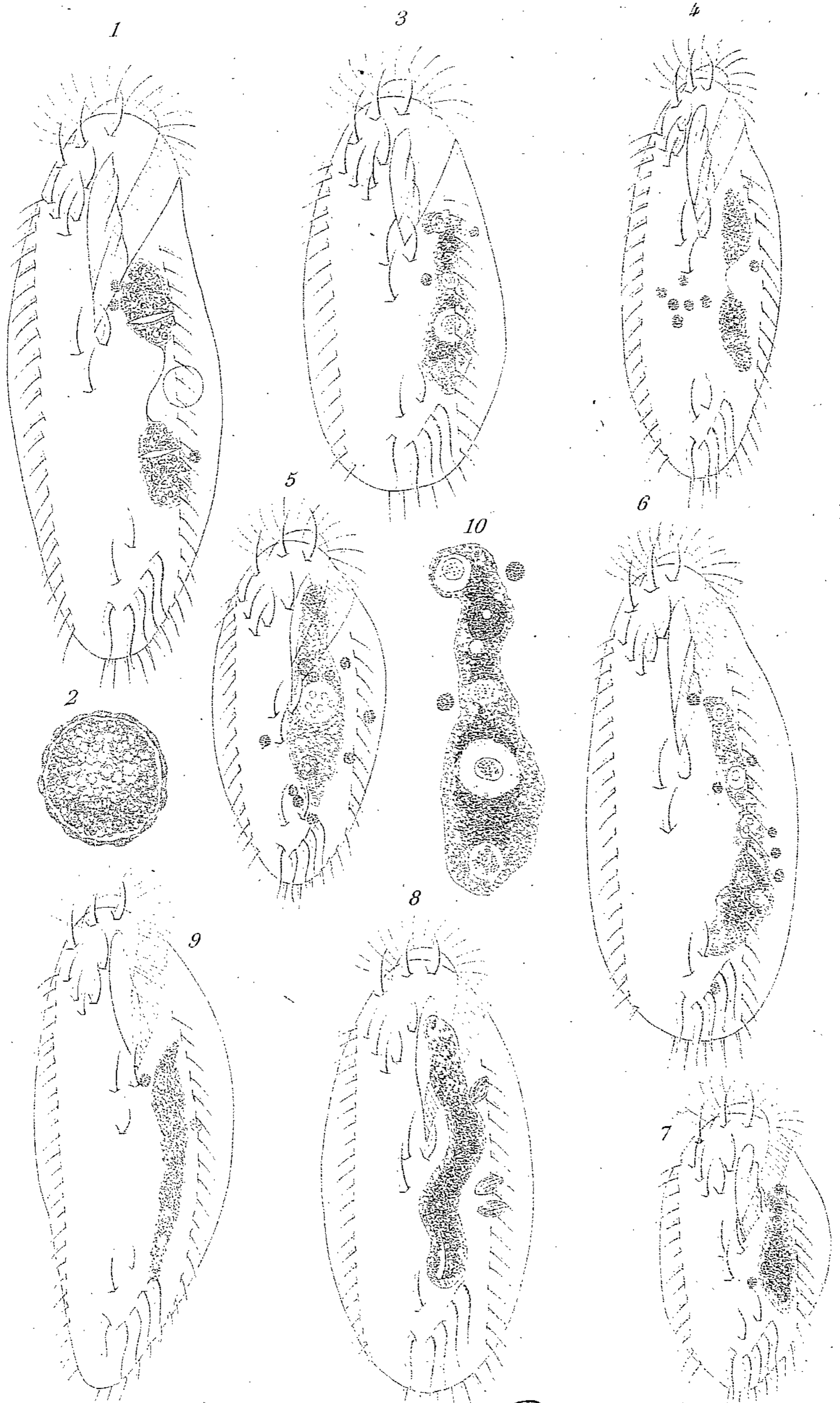
STYLONICHIES (générescence senile).



Maupas del.

Velard sc.

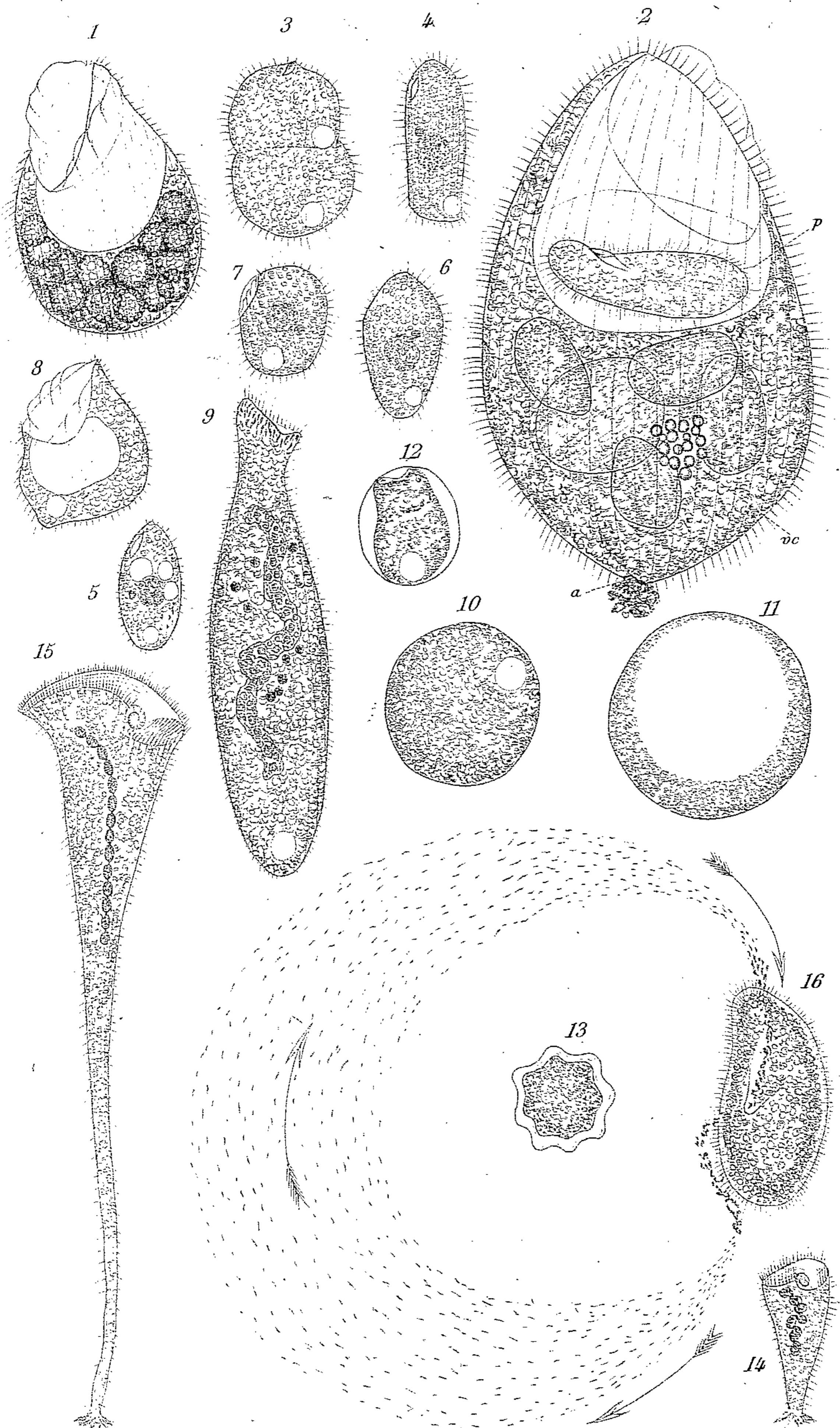
ONYCHODROMUS GRANDIS. (dégénérescence sémle).



Maupas del.



Felard sc.



Maupas del.

Velard sc.

LEUCOPHRYS. PATULA, etc.

