

étaient inconnus dans les feuilles. Nouvelle raison pour différencier, quant à leur structure, les feuilles carpellaires des feuilles ordinaires.

Si l'on reconnaît les fibres de la cloison pour des fibres ligneuses, on n'éprouve pour cela aucune difficulté théorique à comprendre qu'il en naisse un système laticifère, et cela ne contredit point les opinions qui ont cours actuellement dans la science. En effet, M. Hartig (*Bot. Zeit.* 1853, p. 571 ; 1859, n° 11 ; 1862, n° 10) a bien fait voir que le tissu cribreux existe dans le bois comme dans le liber, dans chacun desquels il produit des formations correspondantes, qu'il nomme dans le bois *Siebholzfasern*, *siebförmig getuepfelte Holzzellfasern*, et *Siebholzröhren* ; et les divers travaux de M. Trécul, ainsi que le mémoire de M. Hanstein, récemment couronné par l'Académie des sciences, nous fourniraient des exemples analogues.

M. Duchartre est d'avis que les fibres étudiées par M. Fournier ne sont pas des fibres libériennes, mais des fibres ligneuses, eu égard à la situation qu'elles occupent dans le centre de la cloison et à leurs rapports avec des vaisseaux tels que des trachées et des vaisseaux poreux.

M. Fournier répond qu'il a trouvé ces fibres complètement semblables aux fibres libériennes des mêmes plantes. Il ajoute que si ces fibres, placées dans la cloison, sont au centre de la tige, elles n'en représentent pas moins la partie corticale du fruit, si l'on regarde la cloison comme formée par l'adossement de deux carpelles.

M. Duchartre fait observer que l'interprétation morphologique du fruit des Crucifères, telle que vient de la rappeler M. Fournier, n'a pas été admise par tous les botanistes, à cause de la difficulté qui naît de la position occupée par les stigmates dans cette famille.

M. Roze fait à la Société la communication suivante :

RECHERCHES SUR LES ANTHÉROZOÏDES DES CRYPTOGRAMES,

par M. Ernest ROZE.

SECONDE PARTIE (1).

(*Isoétées, Hépatiques, Sphaignes, Fucacées.*)

Avant de continuer à entretenir la Société de mes recherches sur les anthérozoïdes de quelques autres classes de Cryptogames, je crois devoir lui rappeler qu'un savant observateur, dont la perte récente laisse de si justes

(1) Voyez plus haut, p. 225.

regrets, publiait peu de temps avant sa mort un dernier mémoire intitulé : *Les spermatozoïdes dans le règne végétal* (1). Un travail spécial de M. Schacht, sur le sujet même dont il est ici question, a une importance trop grande pour que je ne sois pas en quelque sorte contraint d'établir un rapprochement entre les faits nouveaux publiés dans ce mémoire et les résultats de mes propres observations. Je reviendrai donc momentanément sur les anthérozoïdes des Fougères et des Characées, dont j'ai parlé antérieurement, mais sur lesquels M. Schacht a publié quelques détails intéressants.

Parmi les Fougères, les *Gymnogramme pulchella*, *Pteris aquilina* et *Doodia dives* ont fourni les anthérozoïdes que notre regrettable auteur a soumis à l'étude. Or, je ferai d'abord remarquer, sur les figures qu'il donne de ces anthérozoïdes, que le nombre des tours ciliés du ruban spiral varie très-manifestement dans ces trois espèces, qui appartiennent à des genres assez éloignés, variation que j'avais signalée moi-même et que j'attribuais déjà à une différence générique. Quant à la vésicule traînée par l'anthérozoïde, bien que M. Schacht n'en ait pas vu le filament suspenseur (ce qui lui fait supposer à tort que cet appendice vésiculaire, faisant partie intégrante de l'anthérozoïde, en est la continuation immédiate), il déclare néanmoins, en s'appuyant sur les réactions iodées et sur le gonflement évident de cette vésicule, se rallier définitivement à l'opinion de M. Thuret qui se refusait à la considérer comme la cellule-mère de l'anthérozoïde. Seulement, et à propos de cette opinion de M. Schacht, à qui une illusion d'optique a fait supposer l'adhérence de cette vésicule à l'extrémité postérieure de la spire, je me permettrai de faire observer qu'il serait très-difficile, en s'en tenant à cette opinion, de donner une explication rationnelle de sa fig. 49, pl. IV, dessinée d'après nature : nous y voyons, en effet, un anthérozoïde « dont le mouvement se ralentit et sur lequel le gonflement vésiculaire est placé dans l'avant-dernier tour de la spire », et nous pouvons, en outre, remarquer que la pointe caudiforme de l'anthérozoïde est elle-même représentée comme tout à fait indépendante de la vésicule. Ce cas, assez peu rare du reste, dont je crois avoir donné la véritable explication, ne peut évidemment se comprendre qu'à la condition de faire intervenir l'effet rétractile du filament suspenseur.

Dans les Characées, M. Schacht a étudié le *Nitella syncarpa* et le *Chara gracilis*. Il ne me paraît pas avoir suivi la lente et complète transformation du contenu de la vésicule terminale, bien qu'il parle du gonflement de l'extrémité vésiculaire, car il ne signale dans son intérieur qu'un très-petit nombre de granules. Enfin, pour les anthérozoïdes des divers autres groupes de Cryptogames, que ce très-regrettable savant avait également étudiés, et au

(1) *Die Spermatozoiden im Pflanzenreich*, von Herm. Schacht (Brunswick, 1864). Ce mémoire, précédé d'une préface signée de l'auteur à Bonn, en mars 1864, n'a paru que dans le courant de juillet de cette année. (Voyez *Rev. bibliogr.* t. XI, p. 152.)

sujet desquels je demande maintenant la permission d'exposer les résultats de mes récentes observations, je me réserve de citer les faits qui y sont relatifs dans son mémoire, lorsqu'il en sera plus spécialement question. Quant aux opinions de M. Schacht sur la locomotion des anthérozoïdes et leur rôle spécial dans l'acte fécondateur, je m'abstiendrai d'en parler ici, attendu que notre point de départ n'étant pas le même, nous devons nécessairement l'un et l'autre arriver à des conclusions très-différentes.

Isoétées. — Les remarquables travaux auxquels a donné lieu dans ces dernières années ce petit groupe de plantes, ne me paraissent laisser aucun doute sur leur sexualité. On sait aujourd'hui, en effet, que les deux sortes de spores de ces végétaux n'en sont que les rudiments des organes mâle et femelle : par une évolution germinative la macrospore ou gynospore donnant naissance à un archégone, et la microspore ou androspore à des anthérozoïdes.

La découverte de ces corpuscules fécondateurs paraît avoir été faite par M. Mettenius, en 1850, sur l'*Isoëtes lacustris*. Peu de temps après, M. Hofmeister publiait son beau travail sur cette même plante (*Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen*, I. Leipzig, 1852) et y joignait des figures très-nettes d'anthérozoïdes. Ces figures, au reste, étant les seules que l'on ait de ces corpuscules (M. Schacht déclare [*loc. cit.*] n'avoir fait lui-même aucune recherche sur les Isoétées) et mes observations ayant eu également pour objet l'*Isoëtes lacustris*, je crois intéressant d'en mentionner ici les résultats, d'autant qu'ils sont quelque peu en désaccord avec les travaux de M. Hofmeister.

Vers la fin du mois de septembre dernier, je dus à l'obligeance de M. B. Verlot, qui cultive avec tant de soin, au Muséum, plusieurs espèces d'*Isoëtes*, d'être en possession d'une souche mâle d'*Isoëtes lacustris*, dont les organes, d'après l'écartement notable des gaines des frondes extérieures, paraissaient être en pleine maturité. Toutefois, l'étude immédiate à laquelle j'en soumis les androspores ne me fit reconnaître dans l'intérieur de ces petits corps grisâtres qu'un mucus grumeleux rempli d'un très-grand nombre de granules amylicés. La solution iodée (1) communiquait, en effet, à ces derniers une teinte d'un beau violet, alors qu'elle colorait le mucus en jaune foncé. Dans le but d'activer la maturité de quelques-unes de ces androspores, je détachai deux ou trois des frondes le plus extérieurement insérées sur la souche et les tins immergées à part, après avoir eu soin d'entr'ouvrir dans l'eau les sacs sporophores pour permettre au liquide d'y pénétrer plus rapidement. Peu de jours après, je fus assez heureux pour obtenir, par l'écrasement de quelques-

(1) Il s'agit ici d'une solution d'iode dans l'iodure de potassium, très-préconisée par M. Schacht. Ce réactif est effectivement, pour l'étude des infiniment-petits, d'un emploi plus avantageux, dans nombre de cas, que la teinture alcoolique d'iode.

unes de ces androspores, des anthérozoïdes aussi bien constitués que ceux décrits et dessinés par M. Hofmeister. Mais j'avoue qu'il m'a été impossible de constater une seule fois de quelle façon les anthérozoïdes sortent de leurs cellules-mères. J'ai seulement noté que les androspores présentaient alors l'aspect d'un double sac, et que, dans leur intérieur, tous les granules amylacés s'étaient résorbés pour faire place à un mucus protéique enveloppant les cellules-mères des anthérozoïdes.

A la première vue, ces corpuscules locomoteurs paraissent doués d'un mouvement *sui generis*. M. Mettenius, qui les observa le premier, ainsi que le rappelle M. Hofmeister, fit naturellement cette remarque, en les comparant aux anthérozoïdes des Fougères (avec lesquels ils ont, en effet, une très-grande affinité), que dans leur mode identique de progression ceux-ci mettaient une sorte de rapidité saccadée, tandis que ceux des *Isoètes* conservaient une allure vive, mais continue. Je ferai remarquer, à ce sujet, l'extrême différence de ce mouvement avec celui des anthérozoïdes biciliés : les cils étant dans tous les corpuscules les organes locomoteurs, ils agissent seuls chez ces derniers, et la spire conserve visiblement sa rigidité, tout en obéissant au mouvement ; dans les Fougères et les Isoétées, au contraire, la spire elle-même semble participer à l'agitation des cils, et l'on croit avoir devant les yeux une petite masse hélicoïdale, en quelque sorte diffluite, ondulant mollement dans le liquide ambiant.

Quant à la conformation même des anthérozoïdes de l'*Isoètes lacustris*, voyons d'abord celle que leur attribue M. Hofmeister. Il nous les représente sous la forme d'un filament cylindrique, diminuant graduellement d'épaisseur depuis l'extrémité antérieure, qui serait légèrement renflée, jusqu'à l'extrémité opposée atténuée en une sorte d'appendice ciliaire, au bout duquel serait fixée une petite vésicule ovoïde ; puis quelques cils vibratiles, non perceptibles dans la progression normale de l'anthérozoïde, se montreraient implantés sur le filament. Mais M. Hofmeister ne s'est-il pas laissé dominer par une idée préconçue sur le rôle de l'anthérozoïde dans l'acte fondamental de la fécondation, lorsque (p. 130, note 1, *loc. cit.*), s'élevant contre l'opinion de M. Thuret qui décrivait l'extrémité postérieure des anthérozoïdes de diverses Cryptogames cellulaires et vasculaires, comme étant en général dilatée ou mal définie, il s'appuie précisément sur le fil caudiforme dont il croit doués les anthérozoïdes des Isoétées pour généraliser l'opinion contraire ? Aussi, se voyant contraint d'expliquer la présence habituelle de la vésicule terminale, est-il conduit à la considérer comme la cellule-mère de l'anthérozoïde, et à émettre cette hypothèse que l'extrémité caudiforme de ce corpuscule est enduite d'une sorte de viscosité, à laquelle adhère parfois la cellule-mère, à la sortie de l'anthérozoïde. Or, nous allons voir que, loin d'en être ainsi, il y a presque identité absolue d'organisation entre les corpuscules fécondateurs des Fougères et ceux des Isoétées, et que la vésicule, loin d'en être la cellule-mère

atrophiée, doit en constituer la partie essentiellement vitale et fécondatrice.

Le filament contenant le corps proprement dit de l'anthérozoïde se présente sous la forme d'une spire cylindroïde, sur la face externe de laquelle sont implantés les cils vibratiles, au nombre d'une vingtaine environ. Cette spire a la même épaisseur dans toute sa longueur, si ce n'est que chaque extrémité en est légèrement acuminée. La vésicule est, en réalité, comme dans les Fougères, soudée extérieurement à un filament granuleux suspenseur, d'une très-grande ténuité, lequel a lui-même son point d'attache un peu au-dessous de l'extrémité antérieure de l'anthérozoïde (1). Pendant le premier mouvement, toujours assez rapide, on ne peut distinguer ni les cils, ni le filament suspenseur : aussi n'est-il pas surprenant qu'on croie alors cette vésicule fixée à l'extrémité allongée du corpuscule. Ce n'est que lorsque le mouvement se ralentit que l'on parvient à s'expliquer cette illusion d'optique : on observe bientôt, en effet, que la vésicule se gonfle légèrement, qu'elle se rapproche en même temps de la spire, qu'elle l'atteint, puis en dépasse l'extrémité caudiforme. Enfin, peu après la complète inertie de l'anthérozoïde et les dernières flexions ondulatoires des cils, dès ce moment perceptibles, on voit la spire s'enrouler autour de la vésicule sphérique qui a atteint presque le double de son volume primitif, la rétractilité du filament suspenseur ayant peu à peu rapproché, de l'extrémité antérieure de la spire, le point d'attache de la vésicule. Le liquide renfermé dans la vésicule tient d'abord en suspension un assez grand nombre de très-petits granules ; ceux-ci, pendant le gonflement vésiculaire, se transforment en une quantité de granulations extrêmement fines ; puis, lorsque la vésicule a atteint son diamètre définitif, on y observe quelques vacuoles peu distinctes, dernier phénomène que j'ai pu y constater. J'ajouterai seulement ce fait, qui a son importance, c'est que traitées par la solution iodée, sur des anthérozoïdes encore dans leur premier mouvement, la spire ciliée et la paroi vésiculaire d'abord jaunâtres, ont bruni très-visiblement par l'addition de l'acide sulfurique concentré. Cette

(1) De nouvelles recherches sur les anthérozoïdes des Fougères me permettent d'ajouter quelques détails sur ce *filament suspenseur* de la vésicule. Il m'a paru, en effet, que dans la cellule-mère de l'anthérozoïde, la vésicule préexiste, enveloppée par la spire ciliée, mais séparée de cette spire par une substance granuleuse, très-diaphane, adhérant à la fois à la spire et à la paroi vésiculaire. L'obstacle qu'oppose la vésicule à la progression de l'anthérozoïde produit l'allongement de cette même substance granuleuse, probablement extensible, et la détache peu à peu de l'intérieur de la spire. Néanmoins, j'ai parfois constaté que l'adhérence de cette substance à la spire résistait manifestement à tous les mouvements de l'anthérozoïde, alors même que la tension, à laquelle cette substance se trouvait soumise, l'étirait en arrière sous forme de filament. Mais j'ai lieu de croire que, normalement, cette adhérence n'a de fixité réelle que sur la paroi interne de l'extrémité antérieure de la spire, où se fait aussi moins sentir l'action de la force centrifuge qui imprime à la vésicule un rapide mouvement de rotation. C'est aussi ce que j'avais déjà pu remarquer sur les anthérozoïdes de l'*Isoetes lacustris*.

(Note ajoutée pendant l'impression.)

réaction, qui a servi à M. Schacht à démontrer la nature protéique des vésicules de quelques anthérozoïdes, et notamment de ceux des Equisétacées, suffit à faire rejeter l'hypothèse des auteurs qui ne voient dans ces vésicules que des cellules-mères, car celles-ci dans la même expérience se comportent parfaitement comme les membranes cellulosiques.

La conclusion de ce qui précède pourra se formuler en ces termes : Dans les Isoétées, comme dans les Fougères, *l'élément mâle ne peut être que le contenu de la vésicule transportée vers l'organe femelle par la spire locomotrice de l'anthérozoïde.*

Voici les dimensions micrométriques que j'ai notées sur les anthérozoïdes de l'*Isoëtes lacustris* : longueur totale de la spire, 0^{mm},030 environ ; épaisseur, 0^{mm},0015 ; diamètre de la vésicule, à la sortie de l'anthéridie, 0^{mm},008-0^{mm},009, pendant l'inertie de l'anthérozoïde, 0^{mm},015.

Hépatiques. — Les recherches que j'ai faites sur les anthérozoïdes des Hépatiques s'étant étendues à diverses espèces de ces Muscinées, je vais exposer les résultats que m'a offerts chacune d'elles en particulier.

Riccia Bischoffi Hueb. — M. l'abbé Chaboisseau ayant eu l'obligeance de m'adresser tout récemment quelques thalles vivants de cette rare et belle espèce, qu'il vient de découvrir sur la terre granitique, aux rochers d'Enfer (Vienne) et sur laquelle il avait constaté la présence d'anthéridies en parfaite maturité, je profitai de cette heureuse circonstance pour étudier les anthérozoïdes des *Riccia*, qui n'ont été, si je ne me trompe, décrits ou figurés nulle part.

Bischoff, dans sa belle monographie des Ricciées (*Bemerkungen ueber die Lebermoose*, etc.), a donné d'excellentes figures des anthéridies de l'espèce que lui a dédiée Huebener. Ces anthéridies sont implantées dans l'épaisseur du thalle, au centre d'un petit mamelon, d'une belle teinte pourpre violacé, sur lequel on distingue assez aisément à la loupe l'expansion tubulaire proéminente de ces anthéridies : car ces organes offrent dans ces Hépatiques cette particularité bien remarquable de se présenter sous la même forme que les archégonés (1). La préparation des anthérozoïdes est des plus aisées : on peut, à la maturité des anthéridies, les obtenir en humectant légèrement les mamelons pourprés sur le thalle même, ou plus sûrement encore en pratiquant une profonde incision autour de ces petits mamelons pour extraire les anthéridies du thalle et les immerger immédiatement dans quelques gouttes d'eau. Il suffit, peu de temps après, de puiser quelques gouttelettes de ce liquide pour y découvrir ce que l'on désire soumettre à l'observation.

(1) C'est un fait, dont il est, ce me semble, essentiel de tenir compte au point de vue de l'organogénie des anthéridies et des archégonés des autres Muscinées, d'autant que les Ricciées en sont relativement les plus simples en organisation.

Si la déhiscence des anthéridies a lieu avant la complète maturité de l'organe, on trouve alors dans l'eau de la préparation une quantité de globules sphériques d'environ $0^{\text{mm}},007$ de diamètre, sur la paroi interne et parfaitement hyaline desquels on peut apercevoir une spire tracée légèrement d'un pôle à l'autre : je n'ai pu, toutefois, y distinguer les cils. Mais des anthéridies un peu plus développées m'ont, par contre, offert de ces cellules-mères, au dehors desquelles les deux cils librement dégagés donnaient un mouvement de rotation assez rapide à toute la sphère, alors que la spire elle-même, comme adhérente intérieurement à la paroi cellulaire, y demeurerait complètement inerte. Cette observation mérite d'autant mieux d'être prise en considération, que, l'ayant déjà relatée dans une Mousse (*Atrichum undulatum*), je l'ai constatée tout récemment encore sur quelques espèces de *Sphagnum* ; or, elle me semble suffisamment prouver que les cils vibratiles des anthérozoïdes sont leurs seuls organes de locomotion.

Si les anthéridies étudiées sont en parfaite maturité, la paroi sphérique des cellules-mères se résorbe presque immédiatement après son immersion dans l'eau, et l'on obtient alors des anthérozoïdes bien constitués. J'ai remarqué, dans ce cas, que le premier mouvement ciliaire commence à s'effectuer, bien que les deux tours du filament spiral soient encore très-rapprochés l'un de l'autre ; quelques minutes après, le filament paraît s'allonger par l'écartement des deux tours de la spire, et le mouvement des cils arrive en même temps à son intensité normale. A ce moment, une petite vésicule, située à l'extrémité postérieure de l'anthérozoïde, devient un peu plus apparente, par suite de son gonflement dans le liquide ambiant ; puis, insensiblement, cette vésicule atteint une forme presque sphéroïdale, d'un diamètre d'environ $0^{\text{mm}},0025$. C'est le volume le plus considérable que m'ait présenté, sur des anthérozoïdes actifs, cette vésicule, dans l'intérieur de laquelle s'agitent alors quelques petits granules en trépidation. Si l'on prolonge cette observation au delà des derniers mouvements de l'anthérozoïde, on voit bientôt la paroi de cette vésicule se gonfler progressivement jusqu'à acquérir un diamètre de $0^{\text{mm}},006$, et devenir d'une ténuité telle qu'elle est alors difficilement perceptible, même avec les plus puissantes lentilles : le filament spiral se trouve l'entourer extérieurement, et les granules déjà signalés dans la vésicule rudimentaire font place à une quantité de fines particules en trépidation dans le liquide intérieur. Je terminerai en donnant ici la dimension du filament spiral des anthérozoïdes de ce *Riccia*, mesurés après dessiccation sur une lame de verre, et dont la longueur m'a paru varier au plus entre $0^{\text{mm}},025$ et $0^{\text{mm}},030$.

Pellia epiphylla Nees. — Les anthérozoïdes de cette Hépatique ont été l'objet des travaux de plusieurs habiles observateurs, notamment de MM. Thuret, Hofmeister et Schacht. Mais je laisserai de côté les résultats publiés à ce sujet par M. Hofmeister (*Vergleichendé Untersuchungen*, etc.), les figures

qu'il donne en particulier de ces anthérozoïdes me paraissant, je l'avoue, plus imaginaires que réelles. Quant à M. Thuret, dans ses belles recherches sur les anthéridies des Cryptogames (*Ann. sc. nat.* 3^e série, t. XVI), auxquelles je renvoie pour tous les détails relatifs aux anthéridies de ce *Pellia*, il commence par établir que les cellules-mères des anthérozoïdes sont discoïdes et offrent un côté plat, l'autre un peu convexe. « Le corps de l'anthérozoïde, » ajoute-t-il, forme une spire de 2-3 tours : l'extrémité postérieure m'a paru » quelquefois se terminer en une petite *masse sphérique*, dans laquelle j'ai » vu quelques granules agités d'un mouvement moléculaire très-vif. » Il est à regretter cependant qu'aucune des figures qu'il donne des anthérozoïdes de cette Hépatique ne rappelle cette « petite masse sphérique », dont la présence avait été d'abord si bien signalée. Enfin, M. Schacht, dans son dernier mémoire, n'ayant pas fait de nouvelles observations sur cette plante depuis novembre 1851, se contente de nous en représenter les anthérozoïdes, soit libres, soit adhérents à leur cellule-mère, sans leur attribuer aucun renflement vésiculaire.

Or, voici ce que je constatai sur des anthérozoïdes de ce *Pellia*, obtenus par les mêmes moyens de préparation que ceux indiqués à propos du *Riccia Bischoffii*. Les cellules-mères, qui sont de forme lenticulaire, et dont le plus grand diamètre est approximativement de 0^{mm}, 012, renferment un anthérozoïde enroulé sur lui-même, mais dont une des extrémités est fixée à une petite vésicule sphéroïdale, dans l'intérieur de laquelle s'agitent 8-10 petits granules avec une vive trépidation. Cette vésicule est bien évidemment la « petite masse sphérique » signalée par M. Thuret. Quant aux anthérozoïdes que l'on trouve en natation dans l'eau ambiante, ils sont constitués par un filament bicilié, décrivant 2-3 tours de spire et terminé par la vésicule à intérieur granuleux dont il vient d'être question.

A défaut d'autres détails sur ce sujet, je ne crois point devoir omettre de parler ici d'un fait problématique, dont je fus témoin durant l'observation d'une cellule-mère contenant encore son anthérozoïde. Sur un des points de la circonférence de cette cellule lenticulaire, l'appendice vésiculaire, puis l'extrémité postérieure de la spire de l'anthérozoïde furent subitement projetés au dehors, comme par l'effet d'un ressort à échappement. Par malheur, là se borna le phénomène. Se passe-t-il chez le *Pellia* ce que j'ai eu l'occasion de vérifier moi-même dans les Characées? Ou bien l'observation précédente n'eut-elle à constater qu'un cas anormal? C'est ce que de nouvelles recherches pourront seules me mettre à même de décider.

Anthoceros lævis L. — Je ne cite ici cette Hépatique que pour mentionner l'impossibilité réelle de l'étude de ses anthérozoïdes, dans l'état présent de nos instruments d'optique. Les anthéridies de cette plante, sur lesquelles j'ai pu noter une déhiscence très-brusque, occasionnée par la séparation simultanée des cellules du sommet, m'ont, en effet, fourni des anthérozoïdes à

peine perceptibles et dont les cellules-mères n'avaient pas plus de $0^{\text{mm}},003-0^{\text{mm}},004$ de diamètre.

Fossombronina pusilla Nees. — Je n'ajouterai que peu de mots aux détails publiés par M. Thuret (*loc. cit.*) sur les anthérozoïdes de cette Hépatique. Ainsi, j'ai constaté, comme chez le *Pellia*, l'existence d'une vésicule à intérieur granuleux sur l'anthérozoïde encore enfermé dans sa cellule-mère, qui m'a paru être elle-même plutôt ellipsoïdale que discoïde. Les anthérozoïdes actifs sont constitués par un filament bicilié, décrivant deux tours de spire, et terminé par une petite vésicule dont le liquide tient en suspension un certain nombre de granulations douées d'un vif mouvement moléculaire. Cette vésicule ne m'a offert qu'un diamètre de $0^{\text{mm}},005$; celui des cellules-mères atteint $0^{\text{mm}},008$, et même $0^{\text{mm}},009$.

Or, autant par ce qui précède que par les conclusions antérieures, ne serai-je pas naturellement conduit à considérer *les granules de l'appendice vésiculaire comme les représentants de l'élément mâle dans les Hépatiques?*

Sphaignes. — On se rappelle que c'est dans cette petite tribu des Muscinées qu'ont été découverts par M. Unger, en 1834, les anthérozoïdes des Cryptogames. Cet éminent observateur, donnant suite, en 1837, à ses premiers travaux, distingue dès lors (1) dans ces anthérozoïdes deux parties : l'une « épaisse et renflée, ressemblant à un cylindre arrondi des deux côtés avec une légère courbure falciforme », qu'il considère comme le corps de l'*animalcule*; l'autre sous la forme « d'un appendice grêle, filiforme, contourné en spirale », dans lequel il croit trouver l'organe locomoteur, car les deux cils, véritables organes du mouvement, n'étaient pas encore connus. Quelle que soit d'ailleurs l'opinion de ce savant à ce sujet, il n'en est pas moins notable que les figures jointes à son mémoire sont certainement (abstraction faite des cils vibratiles) les moins incomplètes qui aient encore été publiées sur ces anthérozoïdes. Aussi laisserai-je de côté les travaux, peu importants sous ce point de vue, exécutés postérieurement à ceux de M. Unger, pour citer à cette occasion le remarquable ouvrage de M. Schimper sur les Sphaignes, dans lequel on trouvera les plus grands détails relatifs à l'histoire de ces végétaux, et en particulier ce qui a trait à l'insertion, à l'évolution et à la déhiscence de leurs anthéridies. Il est à regretter seulement qu'à propos de la description de leurs anthérozoïdes, M. Schimper ne se soit pas attaché à étudier tout spécialement « cette partie cylindrique à légère courbure falciforme », signalée et très-bien dessinée par M. Unger. On verra par la suite, en effet, de quelle importance est cette partie même, et que le *renflement claviforme* qui, selon M. Schimper, « termine la spiricule et s'en détache

(1) Le très-intéressant mémoire de M. Unger sur les anthères des Mousses a été reproduit dans les *Ann. des sc. nat.* 2^e série, t. XI, p. 257.

après sa mort », n'en laisse qu'une idée bien imparfaite. Enfin, je crois important de noter, d'après ces deux savants, l'effet produit sur les anthérozoïdes par les réactifs iodés. M. Unger dit expressément que par leur action « une couleur d'un brun pâle se répand sur le corps ainsi que sur l'appendice spiral » ; M. Schimper, de même, « que leur couleur, qui est d'un vert pâle bleuâtre, passe au jaune brunâtre par l'effet de l'iode ». Or, l'intérêt qui s'attache à l'effet réel des solutions iodées sur ces anthérozoïdes ressortira de lui-même dans les résultats inattendus que j'ai été à même d'y constater.

Avant de commencer l'exposé de mes observations, quelques mots suffiront pour rappeler que les chatons anthéridiophores des *Sphagnum* se trouvent situés au sommet de la tige, où ils se reconnaissent aisément à leur teinte qui tranche d'ordinaire sur celle de tous les autres rameaux de la plante : ainsi ces chatons sont d'un jaune pâle chez le *Sphagnum subsecundum*, d'un jaune orangé chez le *S. cymbifolium*, et d'un pourpre intense chez le *S. acutifolium*. Les anthéridies, qui ont la forme d'un globule plus ou moins aplati, ont leur long pédicule inséré dans l'aisselle même des folioles de ces petits chatons, à partir du milieu jusqu'à l'extrémité du rameau. On conçoit, en raison même du cycle végétatif de ces plantes, que les anthéridies les plus développées doivent être nécessairement celles qui sont les plus rapprochées de la base du chaton, sur les chatons les plus éloignés de l'axe primaire. On trouve, du reste, pendant tout l'hiver, sur toutes les espèces, des anthéridies qui, par écrasement, peuvent fournir des anthérozoïdes assez bien constitués. Le froid a, en effet, si peu d'action sur ces organes, que des *Sphagnum*, complètement gelés depuis plusieurs jours, m'ont fourni des anthérozoïdes très actifs cinq minutes après leur dégel immédiat. Enfin, des trois espèces de Sphaignes que j'ai soumises à l'étude, le *S. cymbifolium* m'a paru de beaucoup la plus favorable à ce genre particulier de recherches, par sa dimension plus grande et l'abondance de ses rameaux mâles. Quant à la forme de la cellule-mère, dans laquelle se développe l'anthérozoïde, et que M. Thuret dit être discoïde et M. Schimper lenticulaire, elle ne m'a paru présenter un contour ellipsoïdal que dans les *S. subsecundum* et *acutifolium* ; par contre, de nombreuses recherches sur le *S. cymbifolium* me permettent d'affirmer que toutes les cellules-mères obtenues d'anthéridies de cette espèce, à divers degrés d'évolution, étaient constamment sphériques : ce que j'attribuerais volontiers à la forme même des anthéridies, presque globuleuses dans le *S. cymbifolium*, plus aplaties dans les deux précédents.

Quoi qu'il en soit, les phénomènes qui suivent l'écrasement d'une anthéridie sous l'eau sont identiques dans ces trois espèces. Le mucilage qui enveloppe les cellules-mères se dissout peu à peu dans le liquide, d'autant plus rapidement que l'anthéridie est plus proche de sa maturité ; la membrane, très-mince et parfaitement hyaline, qui constitue la paroi de la cellule-mère, se résorbe à son tour, de la même façon, en plus ou moins de temps, suivant le

développement de l'anthéridie, et l'anthérozoïde se trouve de la sorte mis en liberté. On peut voir les deux cils produire aussitôt de lentes flexions ondulatoires, jusqu'à ce que, leur mouvement atteignant son maximum d'intensité, ils cessent d'être perceptibles; c'est seulement alors que la spire commence à effectuer sa rotation hélicoïdale.

J'ai pu, sur les *Sphagnum*, m'assurer de nouveau que les deux cils étaient bien les organes locomoteurs des anthérozoïdes, par l'observation d'un fait que j'ai déjà signalé à propos de l'*Atrichum undulatum* et du *Riccia Bischoffii*. Il m'a suffi pour cela d'obtenir, par l'écrasement d'une anthéridie en maturité incomplète, des cellules-mères dont la paroi n'était pas encore douée de la propriété de se dissoudre dans l'eau, mais de l'intérieur desquelles l'anthérozoïde avait pu néanmoins dégager au dehors son extrémité biciliée. J'ai effectivement vu, dans ce cas, les cils se mettre en mouvement, malgré la complète inertie de la spire, et la cellule-mère, obéissant à l'impulsion, tourner sur elle-même au milieu du liquide ambiant. Or, on doit aisément admettre qu'ayant la force nécessaire pour mouvoir la cellule, les cils peuvent d'autant mieux et plus rapidement produire la rotation d'un filament spiral, dont la disposition en hélice offre infiniment moins de résistance à la progression. Par suite, je n'hésite point à regarder le mouvement ciliaire comme tout à fait indépendant de l'anthérozoïde, et à le croire provoqué par la seule influence de l'eau. Quant à la façon dont se communique l'impulsion au filament spiral, elle est fort simple: les cils, ployés en demi-cercle de chaque côté de la spire, tels que deux grands bras de levier obliquement implantés sur un axe central, tournent invariablement dans cette position; or, cet axe, d'une certaine rigidité, ne peut céder à l'action des leviers qu'en effectuant une révolution sur lui-même dans le même temps que ces leviers en accomplissent une autour de lui. Il en résulte que le filament spiral se trouve doué d'un mouvement de rotation autour d'un axe qui passerait par le centre de la spire: c'est, en effet, dans cette rotation hélicoïdale que réside la faculté progressive et en quelque sorte directrice, attribuée à l'anthérozoïde.

Mais comment se termine la spire de l'anthérozoïde des *Sphagnum*, à cette extrémité où M. Unger a cru trouver le *corps* de ce dernier, où M. Schimper signale un *renflement claviforme*? Je n'ai pas été peu surpris d'y noter l'existence d'une vésicule, dont la paroi extrêmement ténue ne se distingue que très-difficilement pendant les premiers mouvements de l'anthérozoïde. Cette vésicule est alors allongée et terminée par un prolongement acuminé; son intérieur est, pour ainsi dire, rempli par un seul granule, relativement volumineux, cylindroïde, et présentant une légère courbure falciforme sur une de ses faces. Quand la rotation de l'anthérozoïde devient moins rapide, la vésicule se renfle insensiblement, de telle sorte que, lorsque les cils ne produisent plus que de lentes ondulations, elle forme une sphère parfaite sur laquelle s'enroule le filament spiral inerte. Quant au granule cylindroïde, on le voit alors

osciller lentement dans l'intérieur de la vésicule, jusqu'à ce que la résorption de la paroi vésiculaire l'abandonne au sein du liquide environnant.

Ce granule m'a paru émaner d'un plasma, composé de très-fines granulations, duquel naissait également la spire de l'anthérozoïde ; son volume augmente peu à peu jusqu'à l'ultime évolution du corpuscule locomoteur. Mesuré sur des anthérozoïdes bien développés, il m'a offert, chez le *Sphagnum cymbifolium*, 0^{mm},004 de longueur, sur 0^{mm},001 d'épaisseur, et, chez le *S. acutifolium*, une longueur de 0^{mm},005 environ. Parfois, au lieu d'un seul granule dans l'appendice vésiculaire, on en observe deux ; mais il est facile de reconnaître que ce ne sont que les deux moitiés d'un granule primitif, d'autant que ce dédoublement se remarque aussi sur les granules abandonnés par les anthérozoïdes, après la résorption des vésicules protectrices, ce qui résulte peut-être de l'incomplète maturité des organes observés (1). Ce fait même nous apprend, du reste, que ce granule ne constitue point un agrégat comme je l'ai signalé dans les Mousses, mais une petite masse solide, compacte et homogène.

Enfin, l'action des solutions iodées sur ce granule est si nettement accusée que le doute ne me semble plus permis, quoiqu'elle ait échappé à d'aussi éminents observateurs que MM. Unger et Schimper. Cette petite masse qui, dans l'état de nature, est assez translucide et qui doit sans doute à son peu de réfringence de paraître d'un vert clair légèrement bleuâtre, en présence de l'iode prend subitement une teinte d'un bleu violet, qui parfois même est assez foncée. Si l'on opère sur un anthérozoïde dont la vésicule est devenue sphérique, on voit la spire et les cils se colorer en jaune et le granule bleuir dans cette vésicule ; dans le cas où la paroi de cette dernière n'accuserait pas de coloration sensible, il ne faudrait l'attribuer qu'à son excessive ténuité, car elle jaunit visiblement sur les vésicules rudimentaires.

Tels sont les résultats que j'ai recueillis dans les présentes recherches (2) :

(1) De nouvelles observations, faites depuis lors sur des anthéridies qui, peu après leur immersion dans l'eau, effectuaient rapidement leur singulière déhiscence si bien décrite par M. Schimper, ne m'ont plus en effet permis de constater ces deux phénomènes de dédoublement. Ainsi, des préparations microscopiques contenant de ces granules immergés dans l'eau entre deux lames de verre et maintenues à l'abri de l'évaporation, par une température à peu près constante de + 5°, m'offraient encore, huit jours après, ces granules pour ainsi dire intacts.

(Note ajoutée au moment de l'impression.)

(2) Il ne sera peut-être pas ici sans intérêt de comparer les divers résultats que m'a fournis l'étude des anthérozoïdes des Muscinées. J'ai pu noter, en effet, que ces anthérozoïdes, à spire biciliée, présentent : dans les Hépatiques, un appendice vésiculaire contenant plusieurs granules ; dans les Sphaignes, le même appendice vésiculaire, mais un granule unique ; dans les Mousses, plusieurs granules adhérents soit au milieu, soit à l'extrémité de la spire, sans appendice vésiculaire. Cette comparaison nous montre suffisamment que, pour se rapprocher des Hépatiques, les Sphaignes, sous ce même point de vue, s'éloignent sensiblement des Mousses proprement dites. Or, ce nouveau caractère différentiel ne vient-il pas singulièrement à l'appui de la thèse de M. Schimper, qui propose avec raison de fonder pour les Sphaignes une classe spéciale dans les Muscinées ?

je ne crois pouvoir mieux caractériser les faits ci-dessus énoncés qu'en les résumant succinctement. *L'anthérozoïde des Sphaignes est constitué par un filament bicilié, à deux tours de spire, adhérent à une vésicule dans l'intérieur de laquelle existe constamment un granule amylacé; ce granule amylacé peut être considéré comme le véritable élément mâle de ces plantes, les cils, la spire et la vésicule n'étant que des organes de mouvement ou de protection.*

Fucacées (*Fucus serratus* L.). — On ne doit point s'attendre à ce que j'entre ici dans des détails que les travaux de MM. Decaisne et Thuret ont si bien fait connaître. Seulement, ayant eu à ma disposition, au commencement de ce mois (novembre), quelques frondes mâles de *Fucus serratus*, j'ai cherché à me rendre compte de ce qui, chez les Fucacées, pourrait en constituer l'élément mâle. On sait qu'en sortant de l'anthéridie, les anthérozoïdes de ce *Fucus* se présentent sous la forme d'un corpuscule transparent, long d'environ 0^{mm},007, sur 0^{mm},002-0^{mm},003 de large, muni d'un cil à chacune de ses extrémités, dont l'une est arrondie, l'autre acuminée, et que, dans l'intérieur de ce corpuscule, se trouve un granule orangé très-apparent. J'ai répété, sur ces anthérozoïdes, l'essai des réactifs iodés : je suis arrivé aux mêmes résultats que M. Thuret, c'est-à-dire que j'ai vu les cils et le corpuscule lui-même se colorer subitement en jaune clair, et le granule orangé prendre une teinte d'un vert sale, mélange évident du bleu et de l'orangé, auquel l'addition de l'acide sulfurique donne, du reste, la coloration bleue caractéristique des principes amylacés. Enfin, ayant suivi les phénomènes que pouvaient offrir les anthérozoïdes après la cessation des mouvements ciliaires, j'ai constaté une sorte d'épatement de la substance propre du corpuscule, laquelle se gonfle ensuite peu à peu, jusqu'à ce qu'elle forme une sorte de sphère irrégulière, où se distinguent encore les rudiments des deux cils ; l'intérieur du corpuscule ainsi gonflé se remplit bientôt de petites vacuoles, et parfois le granule orangé s'y subdivise en 3-4 granules moins distincts.

Je crois donc pouvoir conclure de ce qui précède, en comparant l'anthérozoïde du *Fucus serratus* à ceux des autres classes de Cryptogames, que les deux cils constituent ses organes locomoteurs, et que le corpuscule lui-même n'est au fond que l'enveloppe protectrice de l'élément mâle; cet élément mâle serait ici représenté par le granule orangé, de composition essentiellement amylacée.

RÉSUMÉ.

De l'ensemble des faits que je viens d'exposer, il me semble résulter :

1° Que les anthérozoïdes sont, dans les Cryptogames, les agents de transport de l'élément mâle vers l'élément femelle.

2° Que, chez tous les anthérozoïdes, les cils en sont en quelque sorte la seule

partie animalisée, l'intervention de l'eau suffisant à provoquer la spontanéité de leur mouvement ; que, loin donc de pouvoir comparer les anthérozoïdes à des *animalcules*, et leur attribuer une existence propre, on ne doit les considérer que comme des organes spéciaux n'ayant d'autre vitalité que celle inhérente aux fonctions qu'ils ont à remplir.

3° Que, bien qu'il y ait une notable variation dans la forme et dans les moyens de locomotion des anthérozoïdes des diverses classes de Cryptogames, on peut dire néanmoins que les cils produisent le mouvement, que les spires hélicoïdales servent à la progression, que les vésicules adhérentes aux spires sont les enveloppes protectrices de l'élément mâle ; en d'autres termes, que les anthérozoïdes sont constitués par trois organes : organe de locomotion, organe de progression, organe de protection de l'élément mâle (l'absence de l'un de ces organes ne nuisant en rien à la généralité du fait).

4° Que, bien qu'il y ait une variation non moins notable dans l'état moléculaire de l'élément mâle dont les anthérozoïdes sont porteurs, cet élément mâle (sous la forme d'un ou de plusieurs granules, ou même de très-fines granulations) peut toutefois être considéré comme constitué par un principe hydrocarboné essentiellement amylicé, tandis que les organes de l'anthérozoïde sont tous de composition quaternaire essentiellement azotée.

Maintenant, si en dehors de ces conclusions, j'essayais de comparer l'élément mâle des Cryptogames à celui des Phanérogames, je trouverais de prime abord ce point différentiel que, chez les Cryptogames, l'élément mâle sort de l'anthéridie pour ainsi dire tout préparé pour la fécondation, tandis que, chez les Phanérogames, il doit préalablement subir pendant l'allongement du boyau pollinique une nouvelle et lente élaboration ; par suite, la vésicule protectrice de l'élément mâle, chez les anthérozoïdes, et l'extrémité du boyau pollinique, présentent l'une et l'autre la même valeur physiologique. Mais si, en outre, j'établissais un rapprochement (lequel me semble ici d'autant moins hors de propos qu'il vient à l'appui même des résultats énoncés dans ce travail) entre les corpuscules fécondateurs des végétaux et ceux des animaux, ne devient-il pas intéressant de retrouver, chez les spermatozoïdes de ces derniers, à côté de leur cil vibratile, organe de propulsion, cette même vésicule protectrice, siège de l'élément mâle, dont nous constatons de la sorte la présence (ou tout au moins l'équivalent) chez tous les êtres organisés ? Or, s'il est permis, d'après la similitude des organes, de généraliser en même temps leur fonction fécondatrice, il y a lieu, ce me semble, d'espérer que, de la coordination des faits dans les deux règnes, sortira un nouvel ensemble d'observations, dont le résultat sera de formuler une explication rationnelle, sinon du mystérieux travail de la nature, du moins des préliminaires réels de l'acte de la fécondation.

EXPLICATION DES FIGURES DE LA PLANCHE VI.

(N. B. — Ces figures ont été dessinées avec un grossissement d'environ 1200 à 1600 diamètres, pour en faire ressortir les détails avec plus de netteté.)

CHARACÉES : *Chara foetida* Al. Br.; gr. $\frac{1200}{4}$.

- Fig. 1. Anthérozoïde (B. l'extrémité postérieure plus grossie).
 Fig. 2. Le même, inerte. L'extrémité postérieure s'est gonflée peu à peu en une vésicule sphérique, hyaline, sur la paroi interne de laquelle on distingue plusieurs granules immobiles.
 Fig. 3. Le même, quelque temps après. Les granules se sont tous subdivisés en un très-grand nombre de granulations, dans la vésicule sphérique.

FOUGÈRES; gr. $\frac{1500}{4}$ (Les fig. 4-9 ont été dessinées d'après des observations sur les prothalliums d'une Polypodiacée exotique).

- Fig. 4. Anthérozoïde dans sa cellule-mère.
 Fig. 5. Anthérozoïde en mouvement.
 Fig. 6. Le même; le mouvement se ralentit.
 Fig. 7. Le même, inerte. La spire recouvre la vésicule.
 Fig. 8. Le même, quelque temps après. Des vacuoles dans l'intérieur de la vésicule.
 Fig. 9. Un anthérozoïde, même état; la vésicule a franchi le dernier tour de la spire.

ISOÉTÈES : *Isoëtes lacustris* L.; gr. $\frac{1400}{4}$.

- Fig. 10. Anthérozoïde en mouvement.
 Fig. 11. Le même, inerte. Les cils produisent encore quelques flexions ondulatoires.
 Fig. 12. Un autre anthérozoïde inerte. Tous les cils tournés d'un même côté.
 Fig. 13. Le même, quelque temps après. La spire se rapproche de la vésicule.
 Fig. 14. Le même, un peu plus tard. Des vacuoles dans le contenu de la vésicule.

HÉPATIQUES : *Riccia Bischoffi* Hueb.; gr. $\frac{1500}{4}$.

- Fig. 15. Anthérozoïde délivré de sa cellule-mère.
 Fig. 16. Le même, en mouvement.
 Fig. 17. Le même, inerte (B. la vésicule plus grossie).
 Fig. 18. Le même, quelque temps après. Le filament spiral en partie enroulé autour de la vésicule.
 Fig. 19. Le même, un peu plus tard. Le filament spiral enroulé sur la vésicule.

Pellia epiphylla Nees; gr. $\frac{1200}{4}$.

- Fig. 20. Cellule-mère lenticulaire (A. vue de face, B. de profil).
 Fig. 21. Un anthérozoïde incomplètement sorti de sa cellule-mère.
 Fig. 22. Un anthérozoïde dont le mouvement se ralentit.

Fossombronia pusilla Nees; gr. $\frac{1200}{4}$.

- Fig. 23. Anthérozoïde en mouvement.
 Fig. 24. Le même. Le mouvement commence à se ralentir.

SPHAIGNES : *Sphagnum cymbifolium* Ehrh.; gr. $\frac{1400}{4}$.

- Fig. 25. Une cellule-mère dont l'anthérozoïde n'a dégagé au dehors que son extrémité biciliée.
 Fig. 26. Un anthérozoïde en mouvement hélicoïdal; 1^{re} période.

- Fig. 27. Le même, 2^e période : le mouvement se ralentit, la vésicule se gonfle.
 Fig. 28. Le même, inerte. 3^e période : la vésicule se gonfle plus rapidement.
 Fig. 29. Le même, 4^e période : la vésicule complètement sphérique ; le granule amy-
 lacé oscillant dans le liquide intérieur.
 Fig. 30. Réaction par la solution iodée.

FUCACÉES : *Fucus serratus* L.; gr. $\frac{1400}{7}$.

- Fig. 31. Un anthérozoïde en mouvement.
 Fig. 32. Le même, inerte ; déformation et gonflement de la masse qui le compose.
 Fig. 33. Le même, quelques heures après ; il s'est transformé en une sorte de vési-
 cule, dans laquelle on distingue çà et là de petites vacuoles et les fragments
 du granule primitif.

SÉANCE DU 9 DÉCEMBRE 1864.

PRÉSIDENTIE DE M. A. RAMOND.

M. Eug. Fournier, secrétaire, donne lecture du procès-verbal de la séance du 25 novembre, dont la rédaction est adoptée.

A l'occasion du procès-verbal (voy. plus haut, p. 286), M. Ad. Brongniart fait remarquer :

Que l'hypothèse proposée par M. Cauvet, pour rendre compte de l'ascension des liquides dans les vaisseaux lui paraît, comme à M. Duchartre, difficile à soutenir. Il dit qu'il est, à la vérité, disposé à admettre qu'il existe une cavité dans la spiricule des vaisseaux spiro-annulaires, mais qu'il a vu cette cavité remplie d'une matière gélatiniforme, peut-être sucrée. — Il ajoute que, la spire se transformant souvent en anneaux et s'interrompant de diverses manières dans les vaisseaux spiro-annulaires, il est impossible d'admettre qu'elle puisse servir à la circulation d'un liquide.

Par suite de la présentation faite dans la dernière séance, M. le Président proclame l'admission de :

M. l'abbé BÉZIAU, professeur d'histoire naturelle au petit séminaire d'Angers (Maine-et-Loire), présenté par MM. l'abbé Ravain et de Schœnefeld.

M. le Président annonce en outre trois nouvelles présentations.



Roze, Ernest. 1864. "Recherches Sur Les Anthérozoïdes Des Cryptogames."
Bulletin de la Société botanique de France 11, 293–308.
<https://doi.org/10.1080/00378941.1864.10827368>.

View This Item Online: <https://www.biodiversitylibrary.org/item/8635>

DOI: <https://doi.org/10.1080/00378941.1864.10827368>

Permalink: <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/159776>

Holding Institution

Missouri Botanical Garden, Peter H. Raven Library

Sponsored by

Missouri Botanical Garden

Copyright & Reuse

Copyright Status: Public domain. The BHL considers that this work is no longer under copyright protection.

This document was created from content at the **Biodiversity Heritage Library**, the world's largest open access digital library for biodiversity literature and archives. Visit BHL at <https://www.biodiversitylibrary.org>.