

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Aposporie et sexualité chez
les Mousses,

par EL. et ÉM. MARCHAL.

III.

Le présent mémoire, qui fait suite aux notices publiées sur le même sujet en 1907 (9) et en 1909 (10), comportera les subdivisions suivantes :

I. — Observations complémentaires relatives aux cas d'aposporie antérieurement étudiés;

II. — Cas nouveaux d'aposporie;

III. — Recherches cytologiques;

IV. — Considérations générales.

I. — Observations complémentaires relatives aux cas
d'aposporie antérieurement étudiés.

Les formes aposporiques dont l'étude a fait l'objet des deux mémoires précédents, ont été maintenues, depuis, en culture et observées périodiquement.

L'examen des dérivés d'espèces dioïques n'a révélé aucun fait nouveau à signaler : la synécie s'est maintenue avec ses caractères originels et la stérilité est restée absolue.

Quant aux espèces monoïques, il semble que nous ayons atteint la limite de la répétition possible des phénomènes d'aposporie.

La race tétraploïdique de *Amblystegium serpens*, dont nous avons déjà signalé la faible vitalité, est restée, depuis plus de trois ans de culture en conditions variées, tout à fait stérile.

Les gazonnements, très faibles, n'ont pris aucun développe-

ment; ils se laissent, avec la plus grande aisance, envahir, dans les cultures à l'air libre, par des espèces banales qui les étouffent; en Petri, souvent elles ne résistent pas aux attaques d'un *Verticillium* blanc, parasite redoutable des mousses développées sous verre.

Cette race n'est décidément pas viable.

D'autre part, les sporophytes tétraploïdiques dont nous avons annoncé la production en abondance dans les cultures de *Barbula muralis bivalens*, ayant été mis à régénérer, nous ont donné une faible proportion de développements aposporiques.

Toutefois, les manifestations de l'aposporie au deuxième degré se sont arrêtées jusqu'ici à la production d'un protonéma très peu vigoureux, qui meurt sans engendrer de gonophytes.

Funaria hygrometrica, que nous avons classé parmi les espèces susceptibles de développement aposporique, nous a fourni une forme $2n$ qui, languissante au début, est devenue vigoureuse après quelques mois de culture et dont la sexualité est normale.

La sexualité de *Funaria hygrometrica* a fait l'objet de controverses. Grâce à la méthode expérimentale, nous avons pu la fixer comme suit :

La germination des spores produit un protonéma qui donne d'abord des gonophytes se terminant par une fleur mâle. Ceux-ci, par voie d'innovation, produisent ensuite un rameau femelle.

Par la mort de la partie supérieure de l'axe mâle qui les a engendrés, ces rameaux peuvent paraître individualisés au point d'être pris pour des individus distincts. Par la suite, des ramifications de l'un et de l'autre sexe peuvent être produites.

Funaria hygrometrica est donc nettement monoïque. Aussi avons-nous été peu surpris en voyant, dès la deuxième année de culture, se produire des sporophytes dans les gazonnements de la race aposporique. Ils étaient toutefois toujours très peu

nombreux. Leur mise en régénération a donné, dans un cas, un protonéma tétraploïdique.

Il apparaît ainsi nettement que, des espèces de mousses étudiées, c'est *Amblystegium serpens* chez lequel l'aptitude à la répétition de l'aposporie est la plus développée : seul, jusqu'ici, il a produit des gonophytes $4n$ susceptibles d'un certain développement.

Au cours de l'étude comparative des formes $1n$, $2n$, $4n$, nous avons vu se confirmer pleinement l'existence, antérieurement signalée, d'une proportionnalité directe entre le nombre de chromosomes, le volume du noyau et celui de la cellule.

Nous reviendrons, dans les considérations générales qui terminent ce mémoire, sur ces faits et sur leur portée.

II. — Cas nouveaux d'aposporie.

Depuis la publication (9, page 770) d'une première liste de mousses chez lesquelles la régénération du sporophyte est possible par la méthode expérimentale, nous avons encore obtenu des résultats positifs avec les espèces suivantes :

Phascum cuspidatum Schreb.

Pottia minutula B. S.

Encalypta vulgaris Hedw.

Amblystegium confervoides Sch.

Hypnum cupressiforme L.

Seuls, jusqu'ici, les protonémas aposporiques de *Phascum cuspidatum* et *Amblystegium confervoides* ont donné naissance à une race diploïdique viable. Chez les autres espèces ci-dessus, la production des gonophytes n'a pas été observée.

Chez *Amblystegium confervoides*, les manifestations de l'aposporie sont identiques à celles que nous avons décrites chez *A. serpens*.

Quant au *Phascum cuspidatum* $2n$, il mérite de nous arrêter plus longuement.

AOSPORIE CHEZ *Phascum cuspidatum*.

Plusieurs séries d'essais de régénération du sporophyte ont été effectuées avec succès.

Voici le protocole de l'une de ces expériences :

Régénération n° 1305.

Le 7 décembre 1909, des capsules jeunes sont mises en régénération en solution minérale.

Le 26 du même mois, une d'entre elles a produit, aux dépens des cellules du tissu chlorophyllien, un protonéma assez vigoureux qui, le 16 mars suivant, est transféré sur terre en cristalliseur de Petri.

Le protonéma s'étend lentement et se couvre progressivement de gonophytes.

L'étude approfondie de cette culture et de neuf autres, dérivées de régénérations réussies, a révélé des faits très curieux que nous allons analyser.

Dans les cas les plus typiques, les tiges aposporiques très courtes, grêles, portent des feuilles, dont les supérieures surtout, de formes irrégulières, arquées, parfois plus ou moins flexueuses, ont un limbe réduit, souvent asymétrique, à bords plus ou moins révolutés, à cellules marginales souvent fortement papilleuses.

Les nervures, toujours hypertrophiées, se prolongent en une masse celluleuse, cylindrique, de dimensions très variables, parfois coudée, vert pâle devenant dans la suite brun rougeâtre.

Parfois, le limbe foliaire est presque nul et se transforme intégralement en un corps cylindrique qui peut atteindre 7 millimètres de long sur 150μ de large; l'extrémité de ces productions, tantôt est indivise et légèrement renflée, tantôt donne

insertion à un à trois corps ellipsoïdes analogues à ceux dont il va être question ci-dessous.

A l'aisselle des feuilles supérieures et au sommet de la tige se développent des corps plus ou moins longuement pédicellés, parfois cependant subsessiles, claviformes, ovoïdes ou elliptiques, arrondis ou apiculés à l'extrémité, formés d'un tissu homogène dont les éléments peu chlorophylleux deviennent rapidement rougeâtres. Les dimensions, très variables, sont généralement comprises entre 260 à 840 μ de long sur 60 à 380 μ de large.

Les organes sexuels font défaut. Exceptionnellement nous avons trouvé, au sommet de la tige, parmi les corps en massue décrits ci-dessus, une ou deux productions anthéridiformes.

Parfois l'altération des caractères spécifiques est moins profonde.

Les feuilles présentent alors un limbe plus large, à peu près symétrique; la nervure, toujours plus accentuée, se termine par un appendice court mais toujours cylindracé.

Chose curieuse, il existe, au point de vue du degré de modification, des différences individuelles entre les cultures issues de capsules différentes. D'autre part, par un fait de récapitulation ontogénique sans doute, les premières feuilles ne présentent généralement que des déformations presque nulles, et, n'étaient les dimensions plus considérables des cellules, elles se confondraient avec les organes correspondants du type.

Pour éclairer la question de la signification de ces productions cellulaires anormales, on en a immergé un certain nombre dans la solution nutritive : elles ont développé un protonéma qui a, dans la suite, reproduit des gonophytes présentant les mêmes particularités que la plante mère.

On semble autorisé à admettre que les productions cellulaires dont il vient d'être question fonctionnent comme propagules.

Elles font d'ailleurs songer aux propagules que l'on trouve

normalement chez *Tetraphis pellucida*, chez *Aulacomnium androgynum*, etc.

On comprend dès lors qu'à la faveur de l'antagonisme existant souvent entre la reproduction sexuelle et la reproduction asexuelle, le *Phascum cuspidatum* 2n propagulifère soit stérile.

Les caractères du *Phascum* aposporique sont tellement tranchés que celui qui n'en connaîtrait pas l'origine ne songerait certes pas à l'attribuer à son ascendant haploïdique.

C'est la première fois que nous avons à constater, comme conséquence de l'état diploïdique, l'apparition de caractères nouveaux.

Cette véritable mutation expérimentale étant d'un très grand intérêt théorique, il eût été désirable de pouvoir en faire l'étude cytologique. Mais l'absence de fleurs rend très précaire la chance de trouver les cinèses propres à déterminer le nombre de chromosomes.

Nous n'avons, du reste, aucune raison de douter de la nature réellement aposporique de la forme propagulifère du *Phascum*, la continuité du protonéma avec les cellules de la capsule ayant été rigoureusement constatée au moment de la régénération.

Indépendamment de ces cas d'aposporie expérimentale, nous croyons avoir en observation une forme diploïdique d'origine naturelle.

Au printemps 1910, nous remarquons sur le mur nord-est d'une serre de l'Institut agricole, à Gembloux, à côté de gazonnements de *Bryum atropurpureum* type abondamment pourvu de capsules, d'autres gazonnements tout à fait stériles d'un *Bryum*.

Ce *Bryum* présente dans son appareil végétatif les caractères de *Bryum atropurpureum*, mais au lieu d'être strictement dioïque comme ce dernier, il produit, à côté de fleurs mâles et de fleurs femelles séparées sur des individus différents, une forte proportion de fleurs synoïques. Cette particularité, jointe

à la stérilité, rappelant rigoureusement les caractéristiques reproductrices des races aposporiques issues de mousses dioïques, nous avons mis cette forme à l'étude.

D'une façon générale, les noyaux, les cellules et les organes reproducteurs, dans leur ensemble, sont plus grands que dans le type.

Il y a donc de très fortes présomptions pour que notre forme de *Bryum atropurpureum* synoïque soit un produit d'aposporie spontanée, d'autant plus que, comme nous l'avons démontré antérieurement, la régénération du sporophyte par traumatisme est possible dans la nature (10, p. 1282).

Toutefois, le contrôle cytologique nécessaire pour acquérir une certitude à cet égard n'a pu, malgré plusieurs tentatives, être effectué.

Nous espérons que de nouveaux matériaux nous permettront d'observer des figures de caryocinèse propres à nous fixer définitivement sur la nature diploïdique de cette intéressante production.

III. — Recherches cytologiques.

On ne possède, à l'heure actuelle, que très peu de données sur la cytologie des Mousses.

Tandis que les observations de nombreux auteurs nous ont fait connaître les phénomènes intimes de la sporogénèse et de la spermatogénèse de plusieurs Hépatiques, les Mousses n'ont été que très peu étudiées.

Arens (1) a décrit les principales étapes de la formation des spermatozoïdes dans les genres *Polytrichum* et *Mnium*.

Von Leeuwen-Reynvaan (16) ont, de leur côté, étudié les mêmes espèces et ont cru voir s'y produire des actions nucléaires tout à fait inattendues : réduction du nombre des chromosomes au cours de la dernière cinèse dans le tissu anthéridial et au moment de la formation de l'oosphère et phénomènes compensateurs : fusion des noyaux de l'oosphère et de la cellule de canal de ventre, fécondation par deux spermatozoïdes.

C'est à Wilson (18 et 19) que l'on doit les recherches les plus complètes sur la matière. Ce savant a étudié avec soin la sporogénèse et la spermatogénèse chez *Mnium hornum*.

La réelle pauvreté de la littérature cytologique relative aux Mousses est due certainement à ce fait que beaucoup de chercheurs ont été rebutés par l'ingratitude du sujet : notamment par la petitesse des chromosomes, dans bien des cas par l'obscurité des figures et leur rareté résultant de la rapidité d'accomplissement des cinèses.

Nous ne nous proposons nullement de rendre compte en détail, ici, des très nombreuses observations que nous avons été amenés à faire sur la cytologie des Mousses, les réservant pour un exposé spécial.

Nous ne ferons connaître que les données indispensables pour l'interprétation des phénomènes de l'aposporie.

Nous nous attacherons surtout à la détermination du nombre des chromosomes dans les produits directs et indirects de la régénération du sporophyte.

Les cinèses propres à fournir des renseignements précis à ce sujet ne sont guère à trouver dans l'appareil végétatif des Mousses.

Le protonéma et les rhizoïdes ne conviennent pas.

De Wildeman (17), dans ses recherches sur la formation de la membrane cellulaire, a pu y entrevoir, sur le vivant, l'accomplissement de la division du noyau ; mais la fixation et la coloration des éléments filamenteux sont si difficiles que l'étude des détails de la caryocinèse y est impossible.

Les points végétatifs présentent une masse méristématique trop faible pour que les chances d'y observer des cinèses soient suffisantes.

Seuls, deux stades de l'ontogénie fournissent un bon matériel. Ce sont, dans la phase sexifère, la succession des mitoses qui conduisent à la formation des spermatozoïdes et, dans la phase diploïdique, les cinèses de maturation.

Nos recherches ont ainsi porté sur la sporogénèse de *Mnium*

hornum bivalens, de *Bryum capillare* type et de *B. capillare bivalens*, d'une part; sur la sporogénèse d'*Amblystegium serpens* type et d'*A. serpens bivalens*, d'autre part.

TECHNIQUE.

Grâce à un séjour effectué par l'un de nous à l'Institut botanique de Bonn-Poppelsdorf, notre initiation à la technique cytologique a pu être très heureusement complétée.

Nous tenons à exprimer ici notre vive gratitude à l'éminent Professeur Éd. Strasburger, qui, non seulement a bien voulu nous ouvrir les portes de son Institut, centre actuellement incontesté de l'étude de la cytologie végétale, mais, de plus, nous a prodigué ses inestimables conseils.

Voici, en résumé, la technique à laquelle nous nous sommes arrêtés.

Le matériel est fixé à l'aide de la liqueur de Flemming (formule de Bonn). Cet agent donne les fixations les plus fines, exemptes de déformations. Il noircit fortement les tissus des Mousses, à cause de la richesse en matières grasses de ceux-ci; cette coloration offre, d'ailleurs, l'avantage de rendre les petits objets plus visibles durant les manipulations.

Après un séjour de quarante-huit heures dans le fixateur, les objets, déshydratés par la série des alcools, sont, par l'intermédiaire du chloroforme, amenés dans la paraffine à 52° C. de point de fusion, dans laquelle ils séjournent un minimum de cinq jours.

Les coupes de 3 à 6 μ , suivant la nature du matériel, après enlèvement de la paraffine et hydratation, sont décolorées par un séjour de huit à douze heures dans l'eau oxygénée pharmaceutique.

La coloration presque exclusivement utilisée a été celle à l'hématoxyline ferrique d'après Heidenhain.

La triple coloration de Flemming nous a également donné, dans certains cas, de bons résultats.

Indépendamment du matériel fixé au Flemming, nous avons aussi utilisé des objets fixés à l'aide d'autres agents : formol picrique de Bouin, alcool acétique (trois parties d'alcool absolu, une partie d'acide acétique glacial).

Ce dernier mélange, laissé en contact vingt-quatre heures, nous a donné de bonnes fixations d'anthéridies et de capsules. Toutefois, les structures chromosomiques sont parfois légèrement contractées; en revanche, le fond est très clair.

OBSERVATIONS SUR *Mnium hornum bivalens*.

Les recherches de Wilson ont fixé le nombre de chromosomes de *Mnium hornum* type au chiffre de $2n = 12$.

Nous avons observé nous-mêmes, d'ailleurs, des stades de sporogénèse, notamment des diakinèses qui ne laissent aucun doute sur l'exactitude de cette évaluation.

Nous ne nous occuperons donc ici que de la forme aposporique.

Les diverses phases de la spermatogénèse s'y succèdent comme Wilson l'a décrit pour le type. Le nombre des divisions qui conduisent à la formation du massif de spermatides est généralement le même, mais comme les cellules anthéridiales et les spermatozoïdes sont plus volumineux, ainsi que nous l'avons précédemment établi (10, p. 1273), les dimensions de l'organe dépassent notablement celles des éléments correspondants du type.

Cette augmentation de volume des cellules est la conséquence de l'existence de noyaux à nombre de chromosomes double.

A toutes les phases de la caryocinèse ce nombre est, en effet, rigoureusement de 12 au lieu de 6.

La figure 1 montre un début de métaphasé dans une des dernières cinèses anthéridiales; les douze chromosomes ont la forme d'anses assez épaisses, souvent encore rapprochées bout à bout.

Dans la figure 2, on voit une métaphase plus avancée.

On n'y observe ni différences de longueur bien constantes, ni rapprochement par paires des chromosomes.

L'examen des figures de Wilson donne cette impression que, dans les cinèses somatiques sporophytaires du type qui mettent en œuvre un contingent chromosomique identique, ces particularités ne se manifestent guère non plus.

Nous verrons qu'il n'en est pas de même chez d'autres espèces.

Enfin, la figure 3 représente une anaphase en vue latérale montrant les deux groupes de chromosomes filles recourbés en anses. La coupe envisagée en comporte dix à l'un des pôles et onze au pôle opposé; le reliquat se retrouvait dans la section voisine.

Nous avons fixé notre attention sur les phénomènes de la dernière division anthéridiale: elle s'accomplit identiquement comme les précédentes; on n'y observe aucune conjugaison chromosomique, aucune réduction à rapprocher des aspects décrits et figurés par von Leeuwen-Reynvaan (16).

Il semble cependant que si une telle conjugaison était possible, elle aurait plus de raison d'être et, par conséquent, plus de chances de se manifester chez les formes diploïdiques où elle pourrait être amenée par l'affinité existant entre les chromosomes homologues.

Ajoutons que Wilson n'a d'ailleurs chez *Mnium hornum* type rien trouvé qui puisse confirmer les faits avancés par les observateurs hollandais.

OBSERVATIONS SUR *Bryum capillare* TYPE ET *Br. capillare bivalens*.

Nous avons tout d'abord eu à fixer l'équation chromosomique de *Bryum capillare* type.

Celle-ci est $2n = 20$, comme en témoignent les figures 4, 5, 6.

La figure 4 représente une plaque équatoriale de métaphase dans une cinèse anthéridiale: on y compte 10 chromosomes. Dans les cinèses somatiques du tissu archésporial (fig. 5), on voit 20 chromosomes. Enfin, à la métaphase hétérotypique, 10 gemini sont présents (fig. 6).

Soit dit en passant, nous avons trouvé le même nombre de chromosomes chez *Bryum caespiticium* et chez *Brachythecium velutinum*.

L'étude comparative des cinèses anthéridiales chez *Bryum capillare bivalens* montre à toutes les phases un nombre de chromosomes double.

A la figure 7 nous voyons une métaphase qui compte manifestement le double de chromosomes de celui de la figure 4.

On constate ici une tendance au rapprochement par paires des chromosomes, tendance qui se manifeste aussi dans les cinèses somatiques du sporophyte du type.

OBSERVATIONS SUR *Amblystegium serpens* TYPE ET SUR *A. serpens bivalens*.

Nous avons antérieurement (10, p. 1264) déjà annoncé le résultat, essentiel au point de vue de l'interprétation des faits d'aposporie, qui se dégage de notre étude cytologique comparative de la sporogénèse chez *Amblystegium serpens* type et chez son dérivé bivalent, à savoir, qu'à toutes les phases on trouve, chez ce dernier, un nombre de chromosomes double de celui du premier.

Toutefois, un certain nombre de points importants demandaient à être encore élucidés, notamment en ce qui concerne le nombre de chromosomes et les particularités du mécanisme des cinèses de maturation.

Nous donnons ici les résultats plus complets de notre nouvelle étude.

Envisageons tout d'abord le cours des phénomènes chez le type 1n.

Les cinèses somatiques du tissu archéporial que nous décrivons ailleurs ne fournissent pas de bons éléments pour le comptage des chromosomes. Leur nombre relativement élevé, leur forme en bâtonnets longs et sinueux, rendent les figures très peu lisibles.

Le stade de diakinèse avec ses éléments tassés est généralement peu clair.

Toutefois, dans les cas les plus favorables, tels que celui que représente la figure 8, on peut, à la fin de la prophase hétérotypique, compter 12 gemini.

Certes, nous avons observé des figures où ce nombre semblait être de 11 ou même de 10; mais, de l'ensemble des comptages effectués aux diverses phases de la sporogénèse, il se dégage cette impression que c'est au chiffre 12 qu'il faut s'arrêter.

A l'approche de la métaphase, les gemini, jusqu'alors assez irréguliers de forme, prennent un aspect caractéristique : les deux chromosomes les composant se mettent bout à bout, souvent même se séparent déjà visiblement.

Il en résulte que les figures de métaphases (fig. 9, 10, 11) montrent, à côté d'éléments manifestement bivalents, des chromosomes unitaires individualisés, mais encore étroitement rapprochés par couples.

A l'anaphase, 12 chromosomes unitaires se portent vers chaque pôle; ils subissent, au cours de ce trajet, une division longitudinale dont les effets ne sont apparents que dans les cas les plus favorables d'observation.

On trouve à la métaphase homéotypique 24 chromosomes filles (fig. 12).

Les vues polaires de télophases (fig. 13) montrent 12 chromosomes qui constitueront le contingent nucléaire de la jeune spore.

Chez *Amblystegium serpens bivalens*, les cinèses arché-

sporales montrent nettement la présence d'un nombre de chromosomes beaucoup plus considérable que chez le type; toutefois, une évaluation quelque peu rapprochée est, *a fortiori*, impossible.

Mais les métaphases hétérotypiques sont très caractéristiques.

Leurs vues polaires équatoriales montrent, dans un plan sensiblement unique, trois sortes de corps chromatiques : des éléments gros et courts, souvent nettement tétradiques, des chromosomes allongés, étranglés vers le milieu, ressemblant tout à fait aux gemini du type, et enfin, des éléments petits, souvent rapprochés par deux ou par quatre.

L'étude de très nombreuses figures de ce genre nous conduit à admettre que, chez *Amblystegium serpens bivalens*, il se dégage du spirème synaptique des groupements de quatre chromosomes unitaires.

Les diakinèses, malheureusement peu claires en général, révèlent en effet l'existence, à ce stade, d'une douzaine d'éléments chromosomiques manifestement plus gros que les gemini du type.

La figure 14 montre une telle fin de prophase.

Au moment de leur arrivée à l'équateur, ces corps chromatiques se résolvent progressivement, soit transitoirement en deux gemini ou en un geminus accompagné de deux chromosomes unitaires, soit en quatre chromosomes unitaires dont le rapprochement traduit souvent encore l'origine commune.

Les figures 15, 16, 17 montrent quelques exemples des combinaisons qui peuvent ainsi prendre naissance.

Notons qu'il est souvent malaisé, à cause de l'aspect variable que prennent ces éléments suivant leur position, de les classer exactement dans la catégorie à laquelle ils appartiennent : c'est ce qui rend difficile une évaluation rigoureuse, à ce stade, du nombre des chromosomes unitaires; on constatera cependant que ce nombre est toujours rapproché de 48.

Signalons, d'autre part, ce fait curieux, sur lequel nous reviendrons ailleurs, que chez *Amblystegium riparium*, où

$2n = 48$ et qui, par conséquent, possède un contingent de chromosomes quantitativement identique à celui de *A. serpens bivalens*, on compte à la métaphase hétérotypique 24 gemini plus ou moins complètement dissociés et de forme identique à ceux d'*A. serpens* $1n$. Jamais on n'y trouve de groupements tétradiques.

La production de ces derniers dans notre Mousse aposporique est vraisemblablement la conséquence de la mise en présence, au synapsis, de quatre séries de chromosomes homologues qui, au lieu de conjuguer par deux pour constituer des gemini, se rapprochent par quatre.

Nous proposons pour ces groupements tétradiques la dénomination de *bi-gemini*, qui traduit leur nature probable.

Ce terme permet d'éviter l'emploi de celui de « tétrades », qui correspond, suivant les auteurs, à des choses fort différentes.

Les bi-gemini de nos sporophytes tétraploïdiques constitueraient d'ailleurs le premier exemple de tétrades véritables observées dans la sporogénèse végétale.

Comme l'a montré Grégoire dans ses remarquables études critiques sur les cinèses de maturation (5 et 6), tout ce qui y a été décrit, jusqu'ici, comme tétrades, ne correspond, en effet, nullement au groupement de quatre chromosomes somatiques unitaires.

La figure 18 représente une métaphase homéotypique; on y compte 43 chromosomes bien visibles; le surplus a été enlevé par le rasoir.

Les vues polaires de télophase homéotypique accusent la présence, dans la future spore, de 24 chromosomes (fig. 19).

En résumé, nos constatations cytologiques peuvent s'énoncer comme suit :

1° Les gonophytes issus de la régénération du sporophyte, auxquels les considérations théoriques assignaient une nature diploïdique, présentent bien, en réalité, un nombre de chromosomes exactement double de celui du type, soit 12 chez *Mnium hornum bivalens* et 20 chez *Bryum capillare bivalens*;

2° Les sporophytes que produisent les formes aposporiques dérivées d'espèces monoïques sont bien cytologiquement tétraploïdiques. La formule chromosomique étant chez *Amblystegium serpens* type, $2n = 24$, chez *Amblystegium serpens bivalens*, au cours du synapsis, les chromosomes homologues des quatre séries se réunissent pour constituer des groupes tétradiques, des bi-gemini.

Pendant la métaphase, les 12 bi-gemini de la diakinèse se résolvent progressivement en 48 chromosomes unitaires, qui se séparent en deux groupes de 24 à chaque pôle.

Par la division homéotypique subséquente, 24 chromosomes filles sont répartis dans les spores, qui se trouvent être ainsi, comme leurs dimensions le faisaient prévoir, diploïdiques.

IV. — Considérations générales.

L'ensemble des faits physiologiques et des constatations cytologiques exposés dans ce travail et dans les deux précédents, concernant l'aposporie chez les Mousses, nous paraît maintenant suffisamment complet pour que l'on puisse en dégager une synthèse et en discuter la portée au point de vue biologique.

Ce sera l'objet des pages suivantes.

A. — RAPPORTS ENTRE L'AOSPORIE ET LA SEXUALITÉ.

On peut résumer comme suit les particularités de la sexualité des produits du développement aposporique chez les Mousses.

1° Chez les espèces dioïques :

La régénération du sporophyte donne naissance à des gonophytes cytologiquement diploïdiques et physiologiquement bisexués, stériles, mais susceptibles d'une large extension par voie végétative.

2° Chez les espèces monoïques :

La régénération du sporophyte donne naissance à des gonophytes diploïdiques, à sexualité normale et fertiles.

Les sporophytes dérivés de ces gonophytes asporiques sont cytologiquement tétraploïdiques; ils produisent des spores diploïdiques, qui fixent la race bivalente.

Le développement aposporique des sporophytes tétraploïdiques donne naissance à des gonophytes tétraploïdiques à vitalité très affaiblie et stériles.

Par exception, une Mouffe cependant monoïque, *Phascum cuspidatum*, engendre une forme aposporique tout à fait aberrante, ne produisant pas d'organes reproducteurs et par conséquent stérile.

Nous avons déjà insisté antérieurement sur la différence existant, au point de vue de la sexualité et de la fertilité, entre les productions aposporiques des Mouffes dioïques et monoïques.

Nous devons y revenir encore.

Ed. Strasburger, dans une œuvre toute récente intitulée : *Ueber geschlechtsbestimmende Ursachen* (12), ouvrage extrêmement documenté et du plus haut intérêt, examine longuement la question des rapports existant entre la sexualisation des organes reproducteurs et la réduction chromatique.

Strasburger admet que, chez les Phanérogames dioïques, la sexualité de l'embryon dépend du résultat du conflit entre les potentialités des gamètes unis lors de la fécondation.

La production d'un embryon femelle résulterait du fait que la tendance femelle de l'oosphère l'emporterait sur la tendance mâle du spermatozoïde. La production d'un embryon mâle serait la conséquence de la *prépotence*, de l'*action opprimante*, suivant la terminologie proposée par Strasburger, de la potentialité mâle sur la tendance femelle de l'oosphère.

Dans cette hypothèse, la réduction chromatique n'intervient que pour *ségréger* des différences d'intensité de ces potentialités et n'influencerait qu'indirectement le sexe du sporophyte.

Même dans le cas des Mouffes dioïques, chez lesquelles la

sexualisation des spores semble être la conséquence directe de la réduction chromatique, les deux potentialités se trouveraient néanmoins représentées dans chaque spore. Les cinèses de maturation distribueraient les déterminants du sexe non pas de telle façon que, des quatre éléments de la tétrade, deux reçoivent exclusivement le caractère mâle et les deux autres le caractère femelle, mais de telle sorte que deux spores aient la polarité mâle à un état de prépotence tel qu'elle s'impose aux gonophytes qui en proviendront, tandis que, dans les deux autres, le caractère femelle serait opprimant.

Strasburger apporte à l'appui de sa manière de voir quelques exemples de Bryophytes dioïques chez lesquels on aurait observé l'apparition accidentelle, sur les individus d'un sexe, des manifestations de la polarité opposée.

Nous ne pensons pas qu'il faille cependant accorder une valeur argumentaire réelle aux quelques cas d'aberrations sexuelles décrits chez les Muscinées dioïques.

C'est que la notion de diécie est restée jusqu'ici, chez les bryologues, une notion purement morphologique qui a conduit à de nombreuses erreurs d'interprétation.

Il existe certaines Mouffes monoïques chez lesquelles les organes mâles et les organes femelles naissent sur des gonophytes différents, mais issus du même protonéma, et que les systématiciens ont parfois décrites comme dioïques.

Tel est le cas de *Funaria hygrometrica*.

Ne s'agirait-il pas de ces faux dioïques dans les exemples de transmutation du sexe signalés ?

Il faut ajouter que des cas d'aposporie naturelle étant possibles, ce phénomène peut, de son côté, rendre compte de troubles sexuels chez des formes réellement dioïques.

Le cas de notre *Bryum atropurpureum* synoïque est frappant sous ce rapport.

D'autre part, diverses autres considérations militent en faveur de l'idée d'une disjonction absolue des caractères sexuels au cours de la sporogénèse chez les Mouffes dioïques.

Tout d'abord, la constance de la sexualité chez les espèces dioïques, au nombre de huit, que depuis sept ans nous cultivons à l'état pur, dans des conditions variées, sans la moindre modification dans la sexualité. Ensuite, et surtout, les caractères sexuels des produits aposporiques.

Si l'on songe à ce fait qu'une Mousse rigoureusement dioïque étant donnée, il suffit, par l'artifice expérimental de la régénération du sporophyte, de réunir les deux séries chromosomiques dans les gonophytes pour faire apparaître la bisexualité, on ne peut se défendre de cette impression que le déterminisme sexuel y est la conséquence de la présence ou de l'absence de l'un ou l'autre élément représentatif, plutôt que le résultat de la réaction de deux potentialités coexistantes.

Enfin, la stérilité des formes aposporiques issues de Mousses dioïques opposée à la fertilité des dérivés des espèces monoïques peut être invoquée.

Chez les formes aposporiques de Mousses dioïques, ce n'est évidemment pas la nature diploïdique des cellules sexuelles qui exclut la possibilité de la fécondation, car, s'il en était ainsi, les produits aposporiques des espèces monoïques devraient, eux aussi, être stériles.

C'est l'impossibilité de polariser les cellules sexuelles qui rend compte du phénomène.

Tandis que les Mousses monoïques entraînées à produire, au cours de leur ontogénie normale, aux dépens de tissus bisexués, ici des cellules mâles, là des cellules femelles, continuent à le faire à l'état diploïdique, les Mousses dioïques, chez lesquelles le développement aposporique réunit anormalement les deux déterminants sexuels, se trouvent devant un problème insoluble : il se forme des cellules morphologiquement sexuelles, mais physiologiquement neutres, ne présentant entre elles aucune des affinités qui conduisent à l'amphimixie.

Si, chez les Mousses dioïques, les deux déterminants coexistaient normalement, l'une des polarités à l'état potentiel,

l'autre à l'état manifesté, il semble que la sexualisation des gamètes dans le cas des produits aposporiques ne se heurterait pas aux mêmes difficultés théoriques.

Il résulte de ces diverses considérations qu'il y a tout lieu de penser que l'unisexualité des Mousses dioïques dans la phase haploïdique est absolue et due à la présence, à l'exclusion de l'autre, d'un seul déterminant sexuel. Le processus maturatif serait la cause directe de la ségrégation à l'état de pureté des caractères sexuels dans les spores.

B. — CONSÉQUENCES DU DOUBLEMENT DU NOMBRE DES CHROMOSOMES DANS LES PRODUITS AOSPORIQUES.

L'aposporie des Mousses fournit des éléments nouveaux et précieux d'interprétation et de discussion des questions relatives au rôle biologique des éléments nucléaires.

Le doublement des chromosomes dans les gonophytes, leur quadruplement dans les sporophytes aposporiques se produisant avec une rigueur mathématique, ne constituent-ils pas des arguments décisifs en faveur de la théorie de l'individualité et de la continuité de ces éléments ?

D'autre part, l'association par quatre des chromosomes au synapsis dans les sporophytes tétraploïdiques, témoigne de la persistance de quatre séries chromosomiques bien distinctes, en même temps qu'elle appuie fortement l'hypothèse d'un rapprochement, à cette phase de la maturation, des éléments paternels et maternels homologues.

Mais le rôle des éléments nucléaires se traduit surtout par la répercussion que produit, sur la cellule et sur l'individu tout entier, l'augmentation du nombre des chromosomes.

Nous avons montré dans notre précédent mémoire (10, p. 1270) que l'augmentation de la masse chromosomique résultant de l'évolution aposporique a pour conséquence une

augmentation proportionnelle du volume du noyau et de la cellule

En même temps, Gates (3), dans une remarquable étude des conditions nucléaires chez *Oenothera gigas*, l'un des produits obtenus par de Vries de la mutation de *O. Lamarckiana*, a établi qu'à toutes les phases du développement ontogénique, la première de ces espèces possède un nombre de chromosomes double de celui du type. De plus, des mensurations nombreuses montrent que dans la plupart de ses organes, *O. gigas* présente des cellules plus volumineuses que celles de *O. Lamarckiana*. Dans les cellules mères polliniques envisagées au moment du synapsis, il y a proportionnalité entre le nombre de chromosomes, le volume du noyau et celui de la cellule.

Tischler (15), dans une très intéressante étude cytologique de la microsporogénèse chez les variétés de Bananier, dont il en est d'haplo-, de diplo- et de triploïdiques, arrive au même résultat.

Il semble résulter de tout cela qu'il y a lieu, dans le domaine botanique, de reviser en partie l'énoncé de la loi de Boveri relative à la « Kernplasmarelation ».

Boveri admet, en effet, une proportionnalité directe entre le nombre de chromosomes d'une part, la surface du noyau et le volume de la cellule d'autre part.

Il résulte de la plupart des faits observés jusqu'ici dans le règne végétal que, chez les plantes, il y a plutôt proportionnalité directe entre le nombre des chromosomes et les volumes du noyau et de la cellule.

Cette différence peut tenir à ce fait signalé par Tischler que chez les Échinides, qui ont servi à Boveri pour l'établissement de ses lois, la matière chromatique se trouve répartie d'une façon prépondérante vers la périphérie du noyau, ce qui n'est pas le cas des cellules végétales.

Il convient de rappeler au surplus que la loi de proportionnalité qui vient d'être énoncée, n'est applicable, pour ce qui concerne le volume du noyau dans ses rapports avec celui de la

cellule, qu'aux méristèmes, qu'aux tissus dans lesquels il ne se manifeste pas de dégénérescence nucléaire véritable.

La proportionnalité entre le nombre de chromosomes et les dimensions de la cellule semble être plus générale, mais, ici encore, l'action des facteurs internes peut être plus ou moins neutralisée par celle d'autres agents antagonistes.

Quelle est la répercussion de l'augmentation du nombre des chromosomes sur les dimensions des organes ?

Rappelons tout d'abord le cas des organes sexuels de nos Mousses aposporiques.

Ces organes ont une constitution anatomique relativement simple; ils résultent de la division, répétée un nombre de fois à peu près constant et d'ailleurs très limité, d'une cellule primordiale. C'est ainsi que, dans l'archégone, non seulement l'oosphère et la cellule de canal du ventre sont toujours uniques, mais le nombre des cellules de canal du col et celui des cellules constitutives du col sont à peu près constants.

Il n'y a vraiment que les cellules constitutives de la partie ventrale et de la base de l'archégone dont le nombre varie, et encore dans des limites peu étendues.

De même pour l'anthéridie; Wilson (19, p. 424) a montré que chez *Mnium hornum*, le nombre des divisions qui conduisent à la formation des spermatides est presque toujours constant, ce qui amène la production d'un nombre relativement très peu variable de spermatozoïdes.

Cette fixité dans la constitution des organes sexuels s'explique, spécialement pour l'archégone, par le fait que leur fonctionnement normal est lié à une architecture bien déterminée que l'hérédité tend à maintenir dans toute son intégrité.

Il en résulte que, lors de la formation des organes sexuels dans la plante diploïdique, les éléments cellulaires, les briques constitutives de leur édifice anatomique, étant plus volumineux, il se produit des archégones, des anthéridies dont les dimensions sont manifestement plus grandes.

Il en est tout autrement des organes pour la formation desquels l'accomplissement d'un nombre plus considérable de cinèses successives est nécessaire et dont le fonctionnement physiologique est plus ou moins indépendant du nombre de cellules constitutives.

Ici, un conflit s'établit entre la tendance à l'accroissement du volume des cellules provoquée par l'augmentation de la masse chromatique et les influences conservatrices qui tendent à maintenir l'organe dans ses dimensions héréditaires par une diminution du nombre des divisions cellulaires.

La résultante en est variable. Dans la plupart des cas cependant, chez les Mousses aposporiques, les dimensions des organes purement végétatifs sont peu altérées.

Il semble donc qu'à l'inverse des organes sexuels, chez lesquels, le nombre de cellules constitutives étant constant, la taille augmente, chez les organes végétatifs, la diminution du nombre des cellules combat la tendance au gigantisme des organes, ce qui rend la taille de ces derniers plus ou moins constante.

On peut se demander enfin quelle est l'influence de l'augmentation du nombre des chromosomes sur le développement de la plante dans son ensemble et sur sa vitalité.

Nous avons antérieurement exprimé cette opinion que les Mousses aposporiques ne le cèdent en rien, au point de vue de la luxuriance de végétation, aux types haploïdiques dont elles dérivent.

Les observations faites depuis tendent à modifier en partie cette opinion.

Certes, *Bryum caespitium*, *B. capillare*, *B. argenteum*, *Mnium hornum* aposporiques se montrent vigoureux, produisent avec une profusion remarquable leurs fleurs bisexuées.

Ces formes, dérivées d'espèces dioïques, étant stériles, leur développement végétatif bénéficie sans doute, par voie de balancement organique, de la non-production de sporophytes.

Mais si l'on examine les *Amblystegium serpens*, *Barbula muralis*, *Funaria hygrometrica* diploïdiques, comparativement à leurs ascendants aploïdiques, on constate que la taille et la vigueur de ces derniers surpassent notablement celles des premiers.

Le cas de *Phascum cuspidatum* est, sous ce rapport, tout à fait remarquable : la forme diploïdique naine est extrêmement délicate.

Mais la diminution de vitalité s'accroît brusquement quand on passe des types diploïdiques aux tétraploïdiques.

Notre *Amblystegium serpens* 4n est, comme nous l'avons décrit, extrêmement chétif et sa stérilité est peut-être aussi bien due à cette particularité physiologique qu'à sa constitution cytologique intime.

Il semble donc que chez les Mousses, l'état tétraploïdique constitue le terme supérieur de l'accumulation possible des chromosomes dans la cellule.

Cette limite n'a évidemment rien d'absolu.

L'adaptation à la polyploïdie, conséquence de l'aposporie, existe chez les Mousses à des degrés très variables.

Beaucoup d'espèces ne semblent pas aptes à régénérer de la capsule.

Si l'on envisage, par exemple, le genre *Amblystegium*, on constate que, tandis que *A. serpens*, *A. subtile*, *A. confervoides* fournissent assez facilement des produits aposporiques, *A. riparium* est resté jusqu'ici réfractaire à toute tentative de doublement du nombre de chromosomes.

Il est vrai que cette espèce, ainsi que nous l'avons signalé, est déjà naturellement diploïdique, comparativement aux autres espèces du genre, telles que *A. serpens*.

Ailleurs, la régénération du sporophyte donne un protonéma qui est incapable de produire des gonophytes et qui disparaît rapidement.

Dans le cas où il y a production de gonophytes points de

départ d'un sporophyte tétraploïdique, la répétition de l'aposporie est loin d'être toujours possible; nous ne l'avons observée que chez *Amblystegium serpens*, tandis que chez *Barbula muralis* on n'obtient qu'un protonéma non viable.

Quoi qu'il en soit, il apparaît nettement qu'au delà d'une certaine limite, variable suivant les espèces, l'accumulation du nombre de chromosomes constitue un facteur de dégénérescence.

Gerassinoff (4) a déjà observé il y a longtemps que l'augmentation de volume des cellules fait fléchir leur aptitude à la division.

Les cellules à noyaux syndiploïdes, si soigneusement étudiées par Nemeč (11) dans les méristèmes de racines soumises à l'action des anesthésiques, paraissent, surtout d'après les observations récentes de Kemp (8) et de Strasburger (14), frappées d'une dégénérescence rapide.

Au surplus, il semble que certains groupes de plantes supportent beaucoup mieux que d'autres la polyploïdie, et tout fait même supposer qu'au cours de l'évolution du règne végétal, l'adaptation à cet état cytologique s'est affirmée.

Tandis que chez les Siphonées, le doublement du nombre de chromosomes s'accomplit, comme Yamanouchi (20) l'a montré, de telle façon qu'il est impossible de reconnaître morphologiquement le gamétophyte du sporophyte, chez les Bryophytes, ce dernier s'individualise, sans cependant être encore capable d'existence indépendante réelle.

La prédominance de la phase sexifère chez les Mousses se traduit très nettement par ce fait que les produits du développement aposporique du sporogone, au lieu de présenter des caractères sporophytiques, empruntent, malgré leur nature diploïdique, l'organisation complète du gamétophyte.

Chez les Fougères, l'adaptation à l'état diploïdique s'affirme : la phase sporifère est prédominante.

Enfin, chez beaucoup de Phanérogames, une étape nouvelle peut être franchie.

Strasburger, dans son ouvrage intitulé *Chromosomenzahl* (13), analyse toute une série d'exemples récemment étudiés d'espèces présentant un nombre de chromosomes double de celui des types les plus étroitement apparentés.

Depuis, Tischler (15) a fait connaître le cas si curieux des variétés de *Musa* chez lesquelles le nombre de chromosomes varie du simple au triple.

Enfin, une étude toute récente d'Ishikawa (7) montre que dans le genre *Dahlia*, le nombre de chromosomes peut subir des variations du simple au double.

Il est à noter que c'est chez cette famille des Compositacées, qui occupe le sommet de l'échelle végétale, que les cas de polyploïdie sont les plus nombreux et que cet état cytologique particulier semble y coïncider avec une tendance marquée vers l'apogamie et avec l'existence, dans les limites de l'espèce, d'une grande richesse de formes.

Dans tous ces cas où la multiplication du nombre des chromosomes a été acquise au cours de la phylogénie, elle correspond à l'apparition de caractères nouveaux.

Ici, à une variation, en apparence quantitative, du nombre de chromosomes, correspond une variation qualitative de l'espèce.

Parmi les divers cas de développement aposporique étudiés par nous chez les Mousses, il n'y a que celui de *Phascum cuspidatum* chez lequel une altération profonde des caractères spécifiques, une véritable mutation, est le corollaire du doublement du nombre de chromosomes.

Ailleurs la polyploïdie expérimentale n'amène que des modifications dans les dimensions des cellules et des organes, ou bien la réunion, en une fleur synoïque, d'organes normalement séparés sur des individus différents, mais ne coïncide jamais avec la production de caractères qualitativement nouveaux.

Comme on le voit, l'augmentation du contingent chromosomique retentit de façon variable, suivant les cas, sur les caractères spécifiques.

Toutefois ces divergences peuvent être plus apparentes que réelles.

Comme les travaux de Gates (2) sur la cytologie et le mendélisme des *Oenothera* le font pressentir, des différences qualitatives peuvent être le résultat de la transmission, en quantité variable, de certains principes déterminants.

Dès lors, la multiplication du nombre des éléments représentatifs peut, indépendamment de ses répercussions connues sur les dimensions des cellules et des organes, amener l'apparition de caractères virtuellement nouveaux.

Au surplus, l'étude de la polypléidie, que celle-ci soit d'origine phylogénique ou d'origine expérimentale comme dans nos Mousses aposporiques, est de nature à jeter une vive lumière sur le rôle du noyau dans les manifestations de l'hérédité.

Il y a là, pour les recherches cytologico-physiologiques, un domaine nouveau des plus intéressants à explorer.

Gembloux, septembre 1911.

INDEX BIBLIOGRAPHIQUE.

1. — P. ARENS, Zur Spermatogenese der Laubmoose. (Inaug. Diss. Bonn, 1907.)
2. — R. GATES, The material Basis of Mendelian phenomena. (*American Naturalist*, 1910.)
3. — R. GATES, The Stature and Chromosomes of *Oenothera gigas* De Vries. (*Archiv für Zellforschung*, 3. Band, 4. Heft.)
4. — J. GERASSIMOFF, Divers travaux; conf. *Flora*, Bd 94, 1903, p. 79.
5. — V. GRÉGOIRE, Les résultats acquis sur les cinèses de maturation dans les deux règnes. (*La Cellule*, t. XXII, 2^e fascicule, 1903.)
6. — V. GRÉGOIRE, Les cinèses de maturation dans les deux règnes. (*La Cellule*, t. XXVI, 2^e fascicule, 1910.)
7. — M. ISHIKAWA, Cytologische Studien von Dahlia. (*Botanical Magazine*, Tokyo, Bd XXV, n^o 268.)
8. — H. P. KEMP, Heterotypical reduction in somatic cells. (*Annals of Botany*, vol. XXIV, n^o XCVI, octobre 1910.)
9. — ÉL. et ÉM. MARCHAL, Aposporie et sexualité chez les Mousses. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], n^o 7, 1907.)
10. — ÉL. et ÉM. MARCHAL, Aposporie et sexualité chez les Mousses, II. (*Bull. de l'Acad. roy. de Belgique* [Classe des sciences], n^o 12, p. 1249, 1909.)
11. — B. NEMEC, Ueber die Einwirkung des Chloralhydrats auf die Kern- und Zellteilung. (*Jahrb. für wiss. Bot.*, 1904, Bd XXXIX, p. 643.)
12. — ED. STRASBURGER, Ueber geschlechtsbestimmende Ursachen. (*Jahrbücher für wissenschaftliche Botanik*, Bd XLVIII, 1910.)
13. — ED. STRASBURGER, Chromosomenzahl. Iéna, 1911.
14. — ED. STRASBURGER, Kernteilungsbilder bei der Erbse. (*Flora*, Bd 102, Hef 1.)
15. — G. TISCHLER, Untersuchungen über die Entwicklung der Bananen-Pollens, I. (*Archiv für Zellforschung*, 5. Band, 4. Heft.)
16. — J. et W. VON LEEUWEN-REYNVAAN, Recueil des travaux botaniques néerlandais, vol. IV, 1907.
17. — E. DE WILDEMAN, Études sur l'attache des cloisons cellulaires. (*Mémoires couronnés et Mémoires des savants étrangers de l'Acad. roy. de Belgique*, tome LIII, 1893.)
18. — M. WILSON, Spore formation and nuclear division in *Mnium hornum*. (*Annals of Botany*, vol. XXIII, n^o LXXXIX, January, 1909.)
19. — M. WILSON, Spermatogenesis in Bryophyta. (*Annals of Botany*, vol. XXV, n^o XCVIII, April, 1911.)
20. — G. YAMANOUCI, The life history of *Polysiphonia violacea*. (*Bot. Gazette*, 42, pp. 401-449.)

EXPLICATION DE LA PLANCHE.

Les dessins ont été faits à la chambre claire d'Abbe, à l'aide de l'objectif apochromatique de Zeiss de 2 mm. (1.40 ouv. num.) et de l'oculaire compensateur 18. Le grossissement ainsi obtenu est de 2250.

Mnium hornum bivalens.

FIG. 1. — Début de métaphase dans le tissu anthéridial montrant 12 chromosomes encore en partie rapprochés bout à bout.

FIG. 2. — Métaphase plus avancée en vue polaire.

FIG. 3. — Anaphase en vue latérale. On compte 10 anses chromosomiques à l'un des pôles et 11 au pôle opposé ; le complément se retrouvait dans la coupe voisine.

Bryum capillare.

FIG. 4. — Vue polaire d'une métaphase dans le tissu anthéridial avec 10 chromosomes.

FIG. 5. — Vue polaire de métaphase d'une division somatique dans le tissu archésporial.

FIG. 6. — Plaque équatoriale d'une métaphase hétérotypique, avec 40 gemini.

Bryum capillare bivalens.

FIG. 7. — Métaphase, en vue polaire, d'une cinèse anthéridiale : 20 chromosomes (comparer avec la figure 4, montrant une phase correspondante du type).

Amblystegium serpens.

FIG. 8. — Fin de prophase hétérotypique avec 12 gemini.

FIG. 9, 10, 11. — Vues polaires de métaphases hétérotypiques ; on y voit la dissociation progressive des 12 gemini.

FIG. 12. — Métaphase homéotypique, en vue polaire, montrant 24 chromosomes filles.

FIG. 13. — Couronne polaire télophasique dans une division homéotypique ; on y compte 12 chromosomes.

Amblystegium serpens bivalens.

FIG. 14. — Fin de prophase hétérotypique avec 12 bi-gemini.

FIG. 15, 16, 17. — Vues polaires de métaphases hétérotypiques. On y voit, en même temps, à l'équateur des bi-gemini tétradiques, des gemini identiques à ceux du type (comparer avec les figures 9, 10, 11) et des chromosomes unitaires souvent encore unis par deux ou quatre.

FIG. 18. — Vue polaire d'une métaphase homéotypique, avec 43 chromosomes : le surplus a été enlevé par le rasoir.

FIG. 19. — Téléphase de la division homéotypique montrant 24 chromosomes.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

BULLETINS

DE LA

CLASSE DES SCIENCES

1911



BRUXELLES

HAYEZ, IMPRIMEUR DES ACADEMIES ROYALES DE BELGIQUE

Rue de Louvain, 412

