

# Recherches

## cytologiques sur le genre "Amblystegium"

PAR

ÉM. MARCHAL

---

### I. — BUT ET MÉTHODES.

Au cours des recherches que, depuis 1906, Élie Marchal et moi poursuivons sur l'aposporie chez les Mousses (6, I, II, III), notre attention a été particulièrement fixée sur le genre *Amblystegium*.

*A. serpens* Schimp. peut, comme nous l'avons décrit, fournir, par régénération du sporophyte, une race bivalente fertile.

La comparaison des processus maturatifs chez *A. serpens* type et chez son dérivé aposporique a déjà été esquissée dans un de ces mémoires (6, III).

Le but du présent travail a été de préciser quelques points encore critiques de cette étude et d'en étendre le champ à d'autres espèces du genre.

Parmi ces dernières, *A. riparium* Schimp. s'est montré particulièrement favorable pour l'observation des diverses phases de la sporogénèse.

Au cours d'une étude comparative, en voie d'exécution, de ce phénomène encore si imparfaitement connu chez les Mousses, j'ai pu me convaincre que, des diverses espèces que j'ai envisagées, *A. riparium* est jusqu'ici celle chez laquelle les figures caryocinétiques présentent le plus de netteté.

C'est pourquoi, dans l'exposé qui va suivre, je m'étendrai spécialement sur les observations effectuées sur cette espèce.

Le prélèvement du matériel au moment favorable, c'est-à-dire durant l'accomplissement des cinèses de maturation, soulève de réelles difficultés.

Malgré l'expérience acquise par des essais préalables de fixation et de coloration rapides des noyaux (à l'aide du vert de méthyle acétique, par exemple), il est à peu près impossible de discerner morphologiquement les capsules arrivées au stade convenable.

Il faut en fixer un grand nombre et escompter les chances d'un choix heureux.

Je me suis servi comme fixateurs des mélanges suivants : réactif de Flemming (formule du laboratoire de Bonn), liquide de Bouin (picroformol acétique) et alcool acétique (3 parties alcool absolu, une partie acide acétique glacial).

Comme toujours, le réactif chromo-osmio-acétique s'est montré supérieur en respectant, mieux que les autres, les fines structures nucléaires.

Toutefois, les préparations provenant de matériel fixé au Bouin et même à l'alcool acétique sont souvent plus claires. Les éléments chromatiques tranchent davantage sur un fond bien incolore; en revanche, ils sont légèrement contractés, ce qui rend parfois, à l'examen, leur individualisation moins aisée.

La technique de l'inclusion a été, d'une façon générale, celle suivie au laboratoire du regretté professeur Ed. Strasburger et devenue classique, avec les variantes qu'impose chaque genre de matériel.

Celui-ci a été débité en coupes de 4 à 8  $\mu$ .

Les tissus des Mousses réduisant énergiquement l'acide osmique, il est nécessaire de pousser bien à fond la décoloration des coupes à l'aide de l'eau oxygénée, sinon il reste une coloration jaune sale du plasma qui nuit énormément à l'observation.

C'est la méthode à l'hématoxyline d'Haidenhain qui a été presque exclusivement employée pour la coloration des éléments nucléaires.

Les observations ont été effectuées à l'aide des objectifs 2 mm. de 1.30 et de 1.40 ouv. num. de Zeiss et des oculaires compensateurs 12 et 18. Un condensateur à immersion de Watson remplaçait avantageusement l'appareil d'éclairage d'Abbe.

La lumière employée était celle d'une lampe à gaz Graetzin, après passage à travers une solution cuivrique faible.

L'étude cytologique des Mousses exige que l'on se place dans les

conditions optimum d'observation, malgré lesquelles, d'ailleurs, certains aspects restent souvent encore d'une définition imparfaite.

## II.— OBSERVATIONS CYTOLOGIQUES.

### *Amblystegium riparium*

Cette espèce, abondante dans les baquets de culture de plantes aquatiques au Jardin botanique de notre Institut, fructifie pendant une grande partie de l'année,

Après quelques essais préliminaires, on a fixé, tant par le réactif de Flemming que par l'alcool acétique, plusieurs lots de capsules parmi lesquelles il s'en est trouvé quelques-unes présentant toutes les étapes de la sporogénèse, depuis le début du synapsis jusqu'à l'achèvement de la formation des spores.

Dans la description qui va suivre des phases de la maturation, je prendrai comme point de départ les cellules archésporiales, telles qu'elles se présentent lorsque, les divisions somatiques étant accomplies, le tissu sporogène définitif se montre constitué d'une lame de 6 à 8 rangées d'éléments, interposée entre la columelle et l'assise nourricière.

Les noyaux affectent, en ce moment, les caractères représentés dans les fig. 1 et 2.

On y remarque un réseau très délicat, mais assez régulier, formé de fins tractus anastomosés, peu colorables et une masse chromatophile généralement unique et de petit diamètre. Indépendamment de ce nucléole, on observe un ou deux petits corps chromatiques qui paraissent provenir de celui-ci par bourgeonnement. Toutefois, ces corpuscules ne semblent pas avoir la constance ni la régularité de formation que leur assigne Wilson dans les états correspondants de la sporogénèse, chez *Mnium hornum* (10).

Au stade suivant (fig. 3), le réseau devenu plus colorable se transforme progressivement en spirème.

Le long des filaments très fins, s'échelonnent de petites masses

chromatophiles ; le nucléole plus gros que précédemment, semble être le centre d'orientation de tout le système. Ce stade de la prophase correspond, dans la nomenclature des phases du synapsis pour laquelle j'adopte la terminologie proposée par Grégoire (3), au leptotène.

L'état zygotène est très fugace et passe souvent inaperçu. La figure 4 montre cependant la tendance très nette des spirèmes à se rapprocher parallèlement par deux ; l'opposition, par paires, des petites masses chromatiques rend particulièrement nette la conjugaison zygoténique.

Jusqu'ici aucune contraction ne s'était manifestée dans le noyau.

Ce phénomène apparaît brusquement par le pelotonnement des anses chromatiques conjuguées en spirème épais.

Les noyaux se présentent longtemps à cet état et c'est à ce stade que l'on trouve la grande majorité des capsules prélevées au moment de la maturation.

La fig. 5 montre le début de cette phase pachytène ; une partie du noyau laisse voir encore des tractus fins, restes d'un état leptozygoténique.

Dans la fig. 6, au contraire, la contraction est à son maximum ; le pachynema compacte cache ou englobe le nucléole ; il s'en détache des boucles de spirème épais dont la nature double n'est guère perceptible.

Mais bientôt le peloton synaptique se déroule, ses éléments se répandent progressivement dans toute la cavité nucléaire ; le spirème épais ne présente toutefois pas encore de bipartition longitudinale bien nette.

La fig. 7 montre le début de ce stade strepsitène qui est en son plein dans la fig. 8.

Les fig. 9, 10, 11 montrent les étapes principales de la formation des gemini.

Celle-ci débute par une modification importante dans la constitution du spirème.

Les filaments épais du pachytène se dédoublent en deux spirèmes très fins présentant, sur leur trajet, de nombreuses petites masses chromatiques.

Ces spirèmes, qui ne sont vraisemblablement autre chose que les spirèmes zygoténiques confondus durant les phases précédentes en

filaments épais, ne sont pas intimement rapprochés ou souvent tordus ensemble ; ils courent parallèlement à une certaine distance, opposant fréquemment, par paires, leurs petits amas chromatiques (fig. 9).

Le raccourcissement des spirèmes, en produisant la confluence longitudinale de ces derniers, aura pour conséquence la formation de masses chromatiques de volume de plus en plus considérable dont vont procéder les chromosomes (fig. 10 et 11).

Je ne suis pas parvenu à observer un cas vraiment typique de diakinèse avec fuseau multipolaire.

L'aspect qui en est le plus rapproché est représenté par la fig. 12, où l'on voit les chromosomes opposés par paires constituant des gemini en relation avec des filaments peu colorables.

Ces éléments sont tassés dans une partie de la cavité nucléaire dont la membrane a disparu de même que le nucléole.

Les chromosomes doubles présentent chez *Amblystegium riparium*, ainsi que chez les autres espèces du genre, comme nous le verrons dans la suite, une forme très constante et d'ailleurs fort rare chez les gemini. Les deux chromosomes composants, arrondis ou légèrement étirés, sont simplement rapprochés, donnant à l'ensemble un aspect de diplocoque.

A peine arrivés à l'équateur, les couples se disjoignent ; toutefois les deux chromosomes préalablement associés restent généralement plus rapprochés l'un de l'autre qu'ils ne le sont des éléments d'origine différente.

De nombreuses évaluations, la plupart très concordantes, permettent de fixer le nombre de gemini à 24.

Les fig. 13 et 14 donnent des aspects de métaphases hétérotypiques. Dans la seconde, le phénomène est un peu plus avancé, en ce sens que la dissociation des gemini est à peu près complète.

La fig. 15 représente, en vue latérale, le même état. La coupe, très tangentielle, ne montre qu'une partie des chromosomes. Grâce à cette raréfaction des éléments, l'attache au fuseau est bien apparente.

Comme on le voit, les unités sont placées au fuseau dans une position plus rapprochée de la juxtaposition que de la superposition. Il semble qu'au moment de la métaphase, il se produise une augmentation de volume de la cavité nucléaire, une distension latérale des filaments fusoriaux amenant la séparation, dans le plan équatorial, des chromosomes unitaires.

L'aspect des vues polaires indique, en effet, nettement que tous les

éléments se trouvent, à un moment donné, sensiblement dans la même coupe optique.

L'anaphase s'accomplit si rapidement qu'il n'est guère possible d'en bien saisir toutes les particularités.

Une division des chromosomes s'accomplit certainement durant leur trajet vers les pôles.

La fig. 16, bien qu'empruntée à un cas incomplet, montre, en effet, à l'un des pôles, plus de 24 éléments dont la petitesse confirme la nature de chromosomes-filles.

Le long des filaments du fuseau, on remarque aussi des couples de chromosomes-filles qui semblent représenter une division anaphasique en voie d'accomplissement.

La condensation télophasique rapproche ensuite tous ces éléments en deux masses polaires en forme de calottes, à concavité dirigée vers l'équateur (fig. 17).

Durant l'intercinèse subséquente, il se produit une reconstitution complète des noyaux.

Les chromosomes s'y montrent sous l'aspect de masses chromatiques de nombre et de volume variables, réunies entre elles par des trabécules peu colorables.

La fig. 18 montre l'aspect d'une diade ainsi constituée.

La division homéotypique suit rapidement la cinèse réductionnelle, au point que, dans une même capsule, on peut trouver représentés, au complet, ces deux processus.

A la métaphase, les chromosomes-filles réapparaissent, disposés en paires à l'équateur de la figure, sous l'aspect de deux petits corpuscules arrondis rapprochés (fig. 19).

Dans la fig. 20 on voit l'accomplissement de l'anaphase dans les deux cellules d'une diade, l'une en vue polaire, l'autre en vue latérale.

La couronne polaire permet de compter 24 chromosomes, représentant le chiffre haploïdique de l'espèce.

Dans les jeunes spores (fig. 21), la matière chromatique se présente sous l'aspect de masses irrégulières en nombre et en volume, qui perdurent, sans grandes modifications, jusqu'à complète maturité.

### *Amblystegium serpens.*

Dans un de nos mémoires prérappelés (6, III, p. 761) ont été décrites et figurées les phases des deux cinèses de maturation chez cette espèce.

Je n'y reviens ici que pour insister sur le chiffre chromosomique de cette mousse, qui est :  $n = 12$ , ainsi qu'on peut s'en convaincre par l'examen des deux métaphases hétérotypiques que représente la fig. 22.

Remarquons aussi que les gemini, par leur forme et leur mode de disposition à l'équateur de la figure, reproduisent absolument l'aspect des chromosomes bivalents de l'espèce précédemment étudiée, mais leur nombre est exactement de moitié.

Pour le surplus, les phases ultérieures de la maturation s'accomplissent comme chez *Amblystegium riparium*, mais les figures présentent ici beaucoup moins de netteté, ce qui en rend l'étude pénible et peu féconde en résultats.

### *Amblystegium serpens bivalens.*

Nous avons montré antérieurement (6, III, p. 762) que la forme bivalente de *Amblystegium serpens* présente, aux diverses phases de la sporogénèse, un nombre de chromosomes exactement double de celui du type dont elle est originaire.

De plus, disions-nous, à la métaphase hétérotypique, l'ordination des éléments chromatiques s'y présente avec des caractères tout à fait particuliers : il y a production de groupements tédradiques pour lesquels nous avons proposé la dénomination de bigemini.

L'importance de ce fait m'a engagé à le réétudier sur des matériaux nouveaux produits dans nos cultures aposporiques, en portant mon attention surtout sur le mode de formation des tétrades.

Toutefois, mes efforts pour obtenir la sériation complète des figures n'ont été que partiellement couronnés de succès, non pas que les diverses phases du processus maturatif ne fussent représentées dans les coupes, mais, parce que les aspects de certaines d'entre elles manquaient de la netteté nécessaire pour permettre une interprétation satisfaisante. Et cela malgré de nombreuses variantes dans la technique.

Quoi qu'il en soit, les documents recueillis semblent bien confirmer l'hypothèse émise d'une double conjugaison synaptique comme origine des tétrades.

Les fig. 23 et 24 représentent le stade de pachynema dans une capsule de *Amblystegium serpens bivalens*.

Les boucles qui se détachent du peloton condensé sont formées d'un spirème très épais qui, en certains points, semble résulter du rapprochement de quatre éléments.

Dans la fig. 25, on voit plusieurs groupes tétradiques en voie de formation.

On observe manifestement, vers le centre du noyau, se détachant d'une tétrade, les quatre bouts divergents des spirèmes qui ont collaboré à sa formation.

Cet aspect n'est nullement exceptionnel dans les préparations.

Les vrais diakinèses sont, ici encore, très rares et surtout fort peu claires.

La fig. 26 montre un des cas les plus nets observés. On peut y découvrir, à côté de tétrades bien caractérisées, quelques masses chromatiques plus petites présentant les caractères des gemini et même des éléments plus petits encore, rappelant les chromosomes unitaires.

Je suis très enclin à admettre que la double conjugaison synaptique ne s'accomplit pas intégralement.

Cette opinion est basée non seulement sur les aspects de diakinèses, mais surtout sur l'étude des métaphases hétérotypiques, telles que celles qui sont représentées par les fig. 27, 28 et 29.

Jamais, on n'y trouve le matériel chromosomique disposé exclusivement en bigemini ; toujours, il existe en mélange des chromosomes bivalents et même des unitaires.

Chose curieuse, le nombre des bigemini varie généralement de 6 à 8, sans jamais dépasser ce chiffre.

Il y donc tout lieu de croire que la conjugaison par quatre ne s'accomplit pas intégralement, qu'au stade zygotène, certains spirèmes « ne retrouvent pas » leurs trois homologues, mais réussissent souvent à conjuguer avec l'un d'eux pour former un geminus.

Il arrive même vraisemblablement que certains chromosomes restent non accouplés, ce qui explique la présence, dans les vues polaires de métaphases, de quelques éléments unitaires.

Certes, si ces derniers étaient rapprochés par paires, on pourrait les considérer comme les produits d'une dissociation hâtive de chromosomes bivalents, mais leur éloignement réciproque et leur distribution irrégulière ne s'accorde guère avec cette interprétation.

C'est donc par un accomplissement irrégulier des conjugaisons prophasiques, qu'il paraît logique d'expliquer l'aspect hétérogène si particulier des métaphases hétérotypiques chez *Amblystegium serpens bivalens*, la présence au fuseau d'éléments de valeurs différentes : bigemini, gemini et chromosomes unitaires.

Toutefois, ces anomalies dans le groupement des chromosomes n'altèrent en aucune façon leur individualité. En effet, dans les préparations bien dégradées, où il est possible d'attribuer à chaque élément d'une plaque équatoriale sa valeur réelle : quadruple, double ou simple, on arrive toujours à un total de 48 chromosomes, représentant le nombre diploïdique de l'espèce.

Donc, chez *Amblystegium serpens bivalens*, tout comme chez *A. riparium*  $n = 24$ . Mais il existe entre ces deux isomères nucléaires une différence essentielle d'arrangement tactique des chromosomes.

Nous reviendrons plus loin sur l'interprétation que l'on peut proposer de cette particularité.

### *Amblystegium irriguum* Sch.

L'étude cytologique de cette espèce visait avant tout la détermination de son chiffre chromosomique.

Des fixations heureuses de capsules prélevées dans notre Jardin botanique ont fourni quelques bonnes préparations.

La figure 30a et b montre deux aspects de métaphases hétérotypiques chez cette espèce, absolument identiques à ceux de la phase correspondante de *Amblystegium serpens*. Chez *A. irriguum*, on peut donc conclure que  $n = 12$ .

### III. — CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES ET CONCLUSIONS.

Cette étude n'a nullement la prétention de résoudre complètement le problème cytologique de la sporogénèse dans le genre *Amblystegium*.

Toutefois, l'ensemble des faits observés suffit déjà pour permettre de conclure que le processus maturatif s'y accomplit suivant le schéma général hétérohoméotypique tel que l'ont établi les belles études critiques de Grégoire (3).

Wilson (10), dans son étude de *Mnium hornum*, la seule mousse qui ait été, jusqu'à ce jour, envisagée à ce point de vue, n'admet pas l'accomplissement d'une conjugaison zygoténique chez cette espèce.

L'existence de ce processus ne paraît pas cependant pouvoir être mise en doute dans le cas d'*Amblystegium riparium*.

Ces divergences d'opinion sur la question essentielle de la préréduction s'expliquent par les difficultés spéciales que présente la cytologie des Mousses, lesquelles, certes, ne constituent guère un matériel de choix pour la résolution des problèmes critiques que soulève l'étude du processus maturatif.

J'espère, néanmoins, être prochainement en mesure d'apporter une nouvelle contribution à l'étude de la sporogénèse chez quelques types de ce groupe.

En dehors des questions de cytologie pure, les résultats des observations relatées plus haut peuvent être considérés avec intérêt au point de vue philogénique.

Pour autant que l'étude de trois espèces d'un genre relativement homogène comme le genre *Amblystegium* puisse permettre de conclure, le chiffre chromosomique fondamental semble y être  $n = 12$ . Tel est le cas des *A. serpens* et *A. irriguum*.

*A. riparium* représente donc un de ces cas de polyploïdie, de polymérisation nucléaire, dont les exemples deviennent chaque jour plus nombreux dans les limites d'un genre.

Cette espèce se trouve donc avoir, au point de vue quantitatif, le même matériel chromosomique que *A. serpens bivalens*. Mais, comme nous l'avons montré, la disposition des chromosomes, au moment de la réduction, est essentiellement différente.

Chez *A. riparium* les choses se passent comme à l'ordinaire. Dans le type aposporique, il se forme, partiellement tout au moins, des tétrades.

On entrevoit aisément la raison d'être de cette différence.

Chez *A. serpens bivalens* les quatre séries chromosomiques sont théoriquement identiques.

Remontons, en effet, à leur origine.

La régénération purement végétative d'un sporophyte (à  $2n$ ) a donné une plante sexifère diploïdique.

La fécondation, réalisée entre cellules sexuelles à  $2n$ , a eu pour résultat la production d'un sporophyte à  $4n$ .

Comme on le voit, il n'y a, dans la filiation des  $4n$  chromosomes d'un sporophyte aposporique, aucune place pour une différenciation qualitative des chromosomes. Il existe toujours en présence quatre chromosomes homologues et l'on comprend, dès lors, qu'au moment de la conjugaison zygoténique, il y ait rapprochement par quatre, sous l'influence des mêmes forces attractives qui, dans la maturation normale, amènent la conjugaison simple.

S'il y a des irrégularités dans le processus de formation des tétrades, irrégularités qui se traduisent par la présence au fuseau, à côté des bigemini, de chromosomes bivalents et même d'unitaires, cela tient vraisemblablement de la part de la plante à un « manque d'habitude » à résoudre intégralement le problème du groupement par quatre, phénomène pour lequel il n'existe aucun entraînement héréditaire.

La double conjugaison synaptique apparaît donc comme le critérium de l'équivalence qualitative des chromosomes.

Remarquons que nos mousses aposporiques telles que *A. serpens bivalens*, de création expérimentale récente sont, à l'heure actuelle, les seuls exemples bien étudiés d'apparition, au moment de la maturation, de vraies tétrades, de groupements réellement constitués de la réunion de quatre chromosomes somatiques, unitaires (\*).

Dans les autres cas de polymérisation nucléaire, tels que ceux qui ont été observés dans les genres *Musa*, par Tischler (9), *Oenothera*, par

(\*) A noter cependant que, chez l'hybride *Primula Kewensis* (forme fertile), si bien étudiée par Digby (*Annals of Botany*, t. XXIV, avril 1912), il apparaît, à la métaphase hétérotypique, à côté de 17 chromosomes bivalents, un groupement tétradique.

Lutz (5) et Gates (2), *Drosera*, par Rosenberg (7), *Solanum*, par Winkler (11), *Dahlia*, par Ishikawa (4), *Crepis*, par Tahara (8), l'état polyploïdique n'amène pas la formation de groupements autres que les gemini.

Il en est de même chez les formes apogames (divers *Alchemilla*, *Antennaria*, *Hieracium*, etc.).

Cela s'explique, à mon sens, par ce motif que, depuis l'origine lointaine de ces formes, il y a eu assurément acquisition de caractères nouveaux qui, s'inscrivant dans la matière chromatique, ont amené des variations qualitatives dans la nature de chromosomes primitivement homologues. Tel est le cas aussi de *Amblystegium riparium*.

Si, comme cela est admissible, cette espèce a une origine aposporique, elle a, depuis sa naissance, subi une évolution telle qu'il n'est pas possible de la rattacher, aujourd'hui, à une forme haploïdique existante.

*A. riparium* occupe, dans tous les cas, dans le genre, une position relativement éloignée des espèces chez lesquelles le chiffre chromosomique est 12, telles que *A. serpens* et *A. irriguum*.

Y aurait-il, en réalité, dans ce cas, une relation entre les affinités systématiques et le nombre de chromosomes ?

L'étude cytologique présente du genre *Amblystegium*, tout en paraissant favorable à cette thèse, n'est pas suffisante pour lui apporter un appui décisif.

Quoi qu'il en soit, à la suite des derniers travaux du regretté maître Éd. Strasburger, il se manifeste, en biologie, une tendance de plus en plus marquée à accorder au nombre de chromosomes une importance réelle comme élément caractéristique des formes vivantes.

Je n'en veux signaler, comme exemple, que l'intéressant travail de Bally (1) sur les conditions nucléaires des ancêtres présumés de nos froments cultivés.

C'est ainsi que l'étude objective des problèmes de la philogénie puisera, dans un avenir très prochain, des données précieuses dans l'observation cytologique.

## CONCLUSIONS

---

1. Le processus maturatif paraît s'accomplir dans le genre *Amblystegium* suivant le schéma hétérohoméotypique.
2. Dans le genre *Amblystegium* le chiffre chromosomique fondamental semble être  $n = 12$ . Les *Amblystegium serpens* et *A. irriguum* présentent un tel nombre de chromosomes.
3. *A. riparium* constitue un polymère nucléaire chez lequel  $n = 24$ .
4. *A. serpens bivalens* (d'origine aposporique) est un polymère nucléaire chez lequel aussi  $n = 24$ .
5. Toutefois, il existe entre ces deux types diploïdiques une différence fondamentale. Tandis qu'au cours de la sporogénèse chez *A. riparium*, la réduction s'accomplit à la façon ordinaire, chez *A. serpens bivalens*, grâce à la parfaite homologie des quatre séries chromosomiques, il se produit une double conjugaison zygoténique, tout au moins partielle, amenant la formation de groupes tétradiques, de bigemini.
6. Dans le genre *Amblystegium*, il semble exister une certaine relation entre les affinités systématiques et le chiffre chromosomique; *A. serpens* et *A. irriguum* isomères nucléaires, étant plus rapprochés que le polymère *A. riparium*.

Gembloux, Octobre 1912.

---

## INDEX BIBLIOGRAPHIQUE

---

1. W. BALLY. — Chromosomenzahlen bei Triticum- und Aegilopsarten. Ein cytologischer Beitrag zum Weizenproblem. (*Ber. d. deutsch. botan. Gesellschaft*, Bd. XXX, Ht 4, 1912.)
  2. R. R. GATES. — The stature and chromosomes of *Oenothera gigas* De Vries. (*Archiv für Zellforschung*. Bd. III, Ht 4, 1909.)
  3. V. GRÉGOIRE. — Les cinèses de maturation dans les deux règnes. II. (*La Cellule*, t. XXVI, p. 223, 1910.)
  5. M. ISHIKAWA. — Cytologische Studien von Dahlien. (*Botan. Magaz., Tokyo*. T. XXV, n° 288, 1911.)
  5. A. LUTZ. — A preliminary note on the chromosomes of *Oenothera Lamarckiana* and one of its mutants, *Oenothera gigas*. (*Science*, N. S. 26, p. 151.)
  6. ÉL. et ÉM. MARCHAL. — Aposporie et sexualité chez les Mousses, I., II., III. (*Bull. Acad. Royale de Belgique*. Classe des sciences, 1907, n° 7; 1909, n° 12; 1911, nos 9-10.)
  7. O. ROSENBERG. — Ueber die Tetradenbildung eines *Drosera*-Bastards. (*Ber. d. deutsch. botan. Gesellschaft*, 1904.)
  8. M. TAHARA. — Ueber die Zahl der Chromosomen von *Crepis Japonica*. (*Botan. Magaz. Tokyo*. T. XXIV, p. 23, 1910.)
  9. G. TISCHLER. — Untersuchungen über die Entwicklung des Bananens-Pollens. (*Archiv für Zellforschung*. Bd. V, p. 622, 1910.)
  10. M. WILSON. — Spore formation and nuclear division in *Mnium hornum*. (*Ann. of Botany*, XXIII, jan. 1909.)
  11. H. WINKLER. — Ueber die Nachkommenschaft der *Solanum*-Propfbastarde und die Chromosomenzahlen ihrer Keimzellen. (*Zeitschr. f. Botanik*. Bd. II, Ht 1.)
-

## EXPLICATION DE LA PLANCHE

---

Toutes les figures ont été dessinées avec l'aide de la chambre claire d'Abbe, à la hauteur de la platine du microscope, la combinaison optique utilisée étant l'objectif apochromatique 2 min. 1.40 ouv. num. de Zeiss et l'oculaire compensateur 18 (grossissement de 2.250 diam.)

Dans le dessin l'attention a été fixée spécialement sur les éléments nucléaires, les structures protoplasmiques étant l'objet d'une représentation graphique parfois schématisée.

### **Amblystegium riparium.**

- Fig. 1 et 2. — Cellule de l'assise sporogène montrant les noyaux finement réticulés.  
Fig. 3. — Phase leptotène du noyau : le réseau fait place au spirème délié.  
Fig. 4. — Phase zygotène : rapprochement des spirèmes,  
Fig. 5. — Début de synapsis pachytène.  
Fig. 6. — Pachynéma au maximum de contraction.  
Fig. 7 et 8. — Le spirème épais se déroule dans la cavité nucléaire.  
Fig. 9, 10 et 11. — Formation des chromosomes bivalents.  
Fig. 12. — Stade très voisin de la diakinèse.  
Fig. 13 et 14. — Métaphases hétérotypique avec 24 gemini.  
Fig. 15. — Vue latérale d'une métaphase hétérotypique ne montrant qu'une partie des chromosomes.  
Fig. 16. — Anaphase hétérotypique en vue un peu oblique et incomplète.  
Fig. 17. — Condensation télophasique des chromosomes-filles.  
Fig. 18. — Intercinèse.  
Fig. 19. — Métaphases homéotypiques dans les deux cellules d'une diade.  
Fig. 20. — Anaphases homéotypiques dans les deux cellules d'une diade.  
Fig. 21. — Jeune tétrade de spores.

### **Amblystegium serpens.**

- Fig. 22. — Deux métaphases hétérotypiques.

### **Amblystegium serpens bivalens.**

- Fig. 23 et 24. — Synapsis pachytène.  
Fig. 25. — Formation des chromosomes hétérotypiques.  
Fig. 26. — Stade de diakinèse.  
Fig. 27, 28 et 29. — Métaphases hétérotypiques montrant à l'équateur des bigemini, des gemini et des chromosomes unitaires.

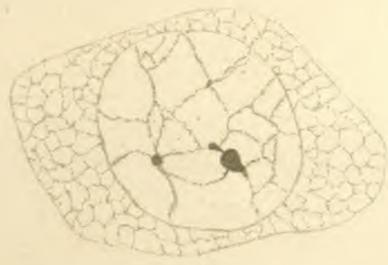
### **Amblystegium irriguum.**

- Fig. 30 a et b. — Métaphases hétérotypiques avec 12 gemini.

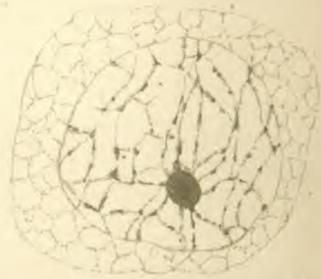




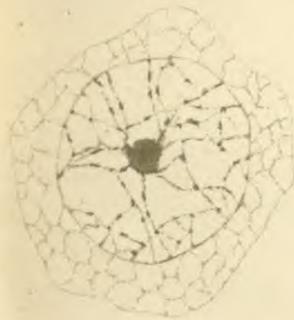
1



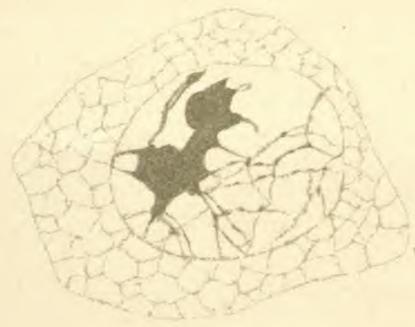
2



3



4



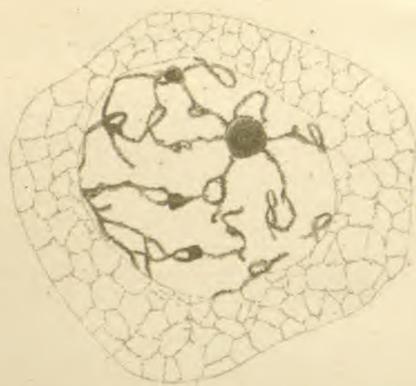
5



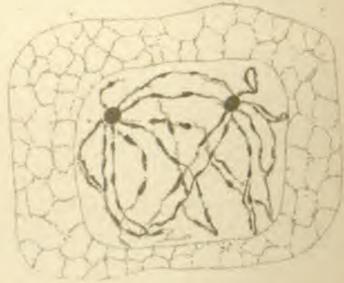
6



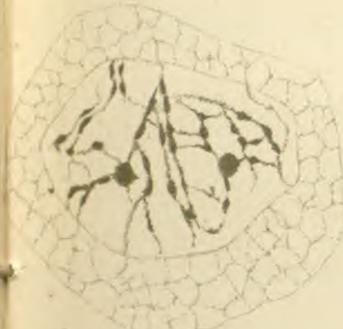
7



8



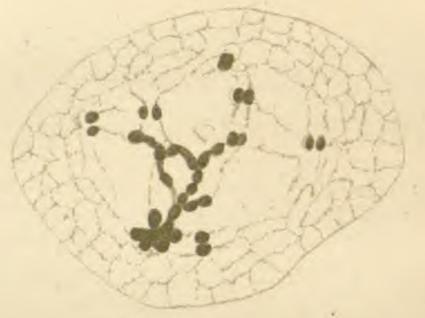
9



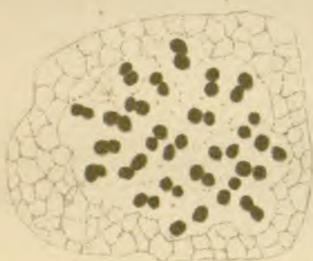
10



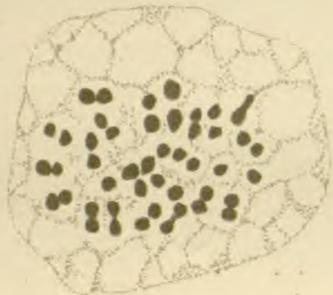
11



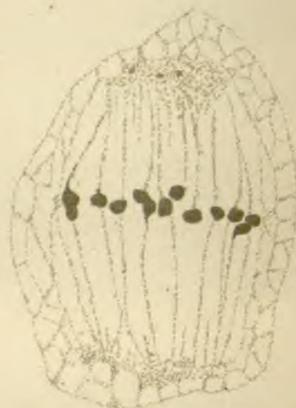
12



13



14



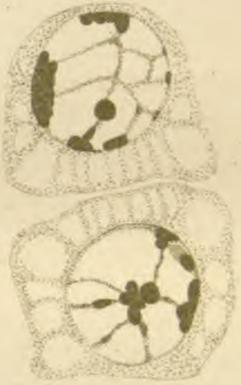
15



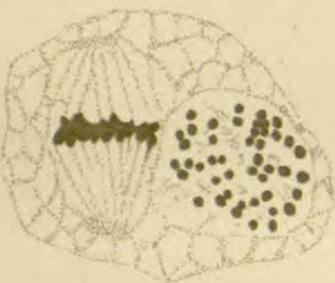
16



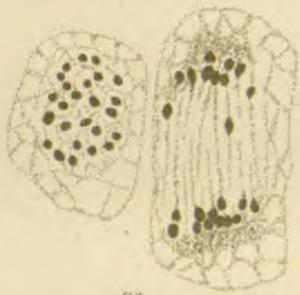
17



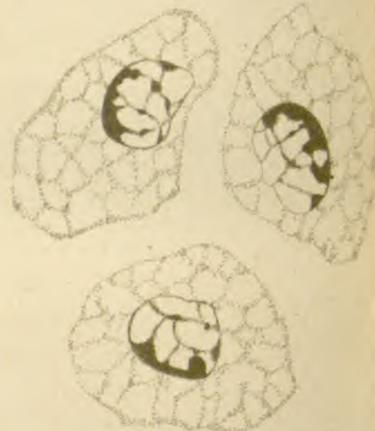
18



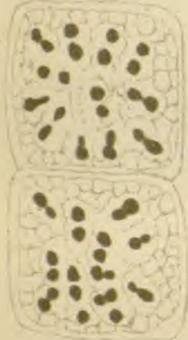
19



20



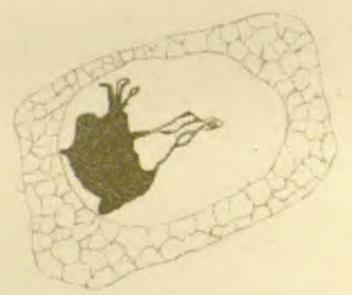
21



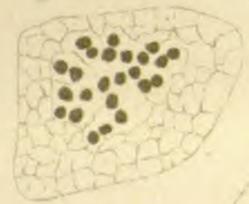
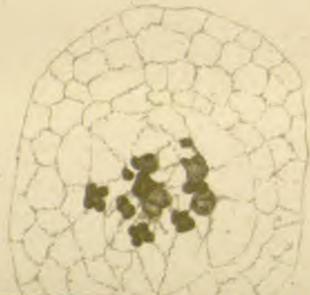
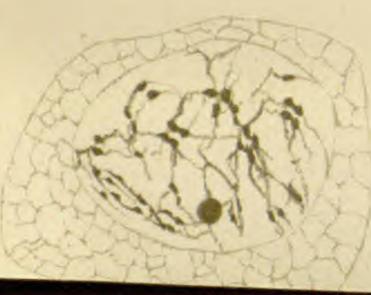
22



23



24



a



30