

Les Algues des Lichens

Mme Letrouit-Galinou

To cite this article: Mme Letrouit-Galinou (1968) Les Algues des Lichens, Bulletin de la Société Botanique de France, 115:sup2, 35-77, DOI: [10.1080/00378941.1968.10838618](https://doi.org/10.1080/00378941.1968.10838618)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/00378941.1968.10838618>



Published online: 10 Jul 2014.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 675



View related articles [↗](#)



Citing articles: 2 View citing articles [↗](#)

Les Algues des Lichens

par Mme LETROUIT-GALINOU

Laboratoire de Botanique de la Faculté des Sciences
1, rue Victor-Cousin, Paris-V^e

Résumé. — 23 genres d'Algues sont connus avec certitude dans les thalles des Lichens : 7 sont des Cyanophycées, 15 des Chlorophycées, 1 une Xanthophycée. Trois autres genres doivent être ajoutés correspondant à trois espèces dont l'appartenance générique est encore incertaine : le *Myrnesia reticulata* Tsch.-W., le *Trochiscia granulata* Tsch. et le *Leptosira thrombii* Tsch.-W. La plupart de ces genres et de ces espèces sont également connus à l'état libre, mais quelques-uns cependant sont particuliers aux thalles des Lichens, par exemple les *Coccobothris* et les *Hyalococcus*, plusieurs espèces de *Trebouxia* et de *Coccomyxa*, diverses Chlorococcales et Chaetophorales.

Summary. — 23 genera of Algae are known from Lichen thalli : 7 are Cyanophyceae, 15 are Chlorophyceae, 1 is a Xanthophyceae. Three other genera ought to be added corresponding to the following three species, the generic belonging of which is yet uncertain : *Myrnesia reticulata* Tsch.-W., *Trochiscia granulata* Tsch. and *Leptosira thrombii* Tsch.-W. Most of these genera and species are also known in the free-living state but some ones however are peculiar to the Lichen thalli (g. *Coccobothris*, g. *Hyalococcus*, various species of *Trebouxia*, *Coccomyxa* and various Chlorococcales and Chaetophorales).

La découverte de cellules chlorophylliennes dans le thalle des Lichens est due à F. W. WALLROTH (1827-1828). Bien que cet auteur les ait identifiées à diverses Chlorophycées et Cyanophycées aériennes unicellulaires, il crut avoir affaire à un type particulier de spores engendrées par les hyphes du Lichen, auxquelles elles sont en effet généralement attachées, et qu'il nomma gonidies.

Quarante ans plus tard, A. de BARY (1866) pour les *Ephebe*, les *Collema* et les *Graphis* et S. SCHWENDENER (1867 à 1869) pour l'ensemble des Lichens devaient rétablir la vérité en affirmant que les « gonidies » sont de vraies Algues entre les cellules desquelles se développent les hyphes d'un Champignon parasite. « Die Flechtgonidien » écrit notamment S. SCHWENDENER « sind hiernach selbständige Organismen, einzellige und Fadenalgen, die aber im Flechten Thallus als diensbare Nährpflanzen eines parasitischen Pilzen vegetiren ».

Les premiers essais d'identification des gonidies des Lichens avec des Algues libres sont dus, comme nous venons de le dire, à F. W. WALLROTH. Ils furent poursuivis par divers auteurs anciens comme E. FRIES (1831). Plus tard, A. de BARY (1866), S. SCHWENDENER (1867 et 1869), E. BORNET (1873, 1874 et 1891) donnèrent de nombreuses déterminations pour la plupart toujours valables. A la même époque furent réalisées les premières cultures de gonidies du g. *Nostoc* (H. ITZIGSOHN, 1868), et du g. *Trebouxia* (syn. *Cystococcus*) (A. FAMINTZIN et J. BARANETZKY, 1867).

De nouveaux progrès dans la connaissance des Algues des Lichens furent réalisés par R. CHODAT (1913) et ses élèves (A. LETELLIER, 1917 ; O. JAAG, 1929, 1933, 1945 et H. RATHS, 1938) et par M. WARREN (1918-1919) qui mirent au point les méthodes d'isolement et de culture. Des travaux plus récents ont fourni des détails intéressants sur la biologie de différentes espèces et ont permis de découvrir de nouveaux genres d'Algues symbiotiques. Citons, entre autres, ceux de L. GETTLER (1932 à 1963), de E. TSCHERMAK-WOESS (= E. TSCHERMAK) (1941 à 1963) et de leurs élèves (I. ZEITLER, 1954 ; H. SHIMAN, 1957 ; A. PLESSL, 1948) ainsi que ceux de G. DEGELLUS (1945 et 1954), W. VISHER (1953 à 1960), R. WERNER (1954 à 1961), V. AHMADJIAN (1958 à 1967), A. HENSEN (1963), etc...

La détermination des Algues des Lichens présente des difficultés particulières, parce que :

1° dans le thalle, les Algues sont modifiées et ces modifications portent souvent sur des caractères utilisés en systématique. Les colonies, filaments et thalle massifs sont dissociés ; les cellules grossissent et s'arrondissent ; les enveloppes gélatineuses disparaissent ; la forme du plaste se complique (g. *Diplosphaera*) ; les réserves sont souvent défaut ; le cycle de reproduction est généralement incomplet ;

2° l'étude *in situ* ne permettant donc pas, le plus souvent, des déterminations précises, il est nécessaire d'isoler la gonidie et de la cultiver. Ces techniques, longues et délicates, ont été décrites par les différents auteurs qui les ont utilisées, notamment J. BARANETZKY (1868), R. CHODAT (1913), O. JAAG (1929), R. WERNER (1957 à 1961), V. AHMADJIAN (1958 à 1967). En culture, la croissance des Algues est généralement lente. Les cellules et les thalles reprennent leur forme caractéristique, mais les déterminations spécifiques peuvent rester difficiles, les caractères d'espèce étant masqués par des variations dues au milieu ou par des particularités raciales ou cloniques ;

3° enfin, certaines Algues des Lichens appartiennent à des groupes écologiques ou systématiques encore insuffisamment connus (Algues du sol, Chaetophorales à thalle sarcinoïde, etc...).

Une trentaine de genres d'Algues ont été cités comme participant à la symbiose lichénique mais seuls 26 y sont connus avec certitude. 7 sont des Cyanophycées, 18 sont des Chlorophycées, 1 est une Xanthophycée. V. AHMADJIAN (1958 et 1967 b) a publié deux clefs dichotomiques permettant leur détermination. Il y a ajouté une importante bibliographie à laquelle nous nous sommes souvent référée.

Les différents genres d'Algues sont très inégalement représentés puisque la grande majorité des Lichens (peut-être 90% selon V. AHMADJIAN, 1967) ont pour symbiote soit un *Trebouxia*, soit un *Trentepohlia*, soit un *Nostoc*.

Nous nous bornerons dans le présent travail à donner un aperçu systématique des Algues observées dans les Lichens ou citées comme participant à la symbiose lichénique. Nous n'aborderons aucun pro-

blème de physiologie culturale ni celui des relations symbiotiques. A leur sujet, on pourra consulter les mises au point récentes de V. AHMADJIAN (1962-1965, 1966 et 1967) et de D. C. SMITH (1962).

Outre les travaux spécialisés qui seront cités plus loin, nous avons largement utilisé les Traités généraux de L. GEITLER (1932, Cyanophycées), M. CHADEFAUD (1960, Cryptogamie générale) et P. BOURRELY (1966, Chlorophycées).

Nous exprimons notre reconnaissance à M. le Professeur R. HEIM, de l'Institut, Directeur du laboratoire de Cryptogamie du Muséum National d'Histoire Naturelle, qui nous a ouvert les portes de la Bibliothèque Thuret-Bornet et à M. P. BOURRELY, Sous-Directeur, pour l'aide bienveillante qu'il nous a apportée et pour les multiples renseignements qu'il nous a fournis avec amabilité et patience.

CYANOPHYCÉES

Ce sont des protocaryotes dont le contenu cellulaire est divisé en deux phases : caryoplasme et chromoplasme ; il n'y a ni noyau ni plaste. Le thalle est tantôt massif (archaethalle), tantôt filamenteux (protothalle) ou réduit à un sporocyste unique (métathalle) (M. CHADEFAUD, 1960). La reproduction se fait soit par des coccospores unicellulaires endogènes, soit par des hormospores, également endogènes, pluricellulaires et mobiles par reptation.

M. CHADEFAUD (1960) distingue les cinq ordres suivants :

- Chroococcales à archaethalle et coccospores.
- Pleurocapsales à protothalle et coccospores.
- Chamaesiphonales à métathalle et coccospores.

(ces deux derniers ordres correspondent aux Chamaesiphonales, de L. GEITLER, 1932).

- Stigonémales à protothalle et hormospore.
- Nostocales à métathalle et hormospores.

(ces deux ordres correspondent aux Nostocales de L. GEITLER, 1932 ; on y trouve des cellules particulières, sans pigment et à paroi cellulosique épaisse, les hétérocystes).

Seules les Chamaesiphonales *sensu* M. CHADEFAUD sont inconnues chez les Lichens.

CHROOCOCCALES

CHROOCOCCACÉES

Plusieurs genres de Chroococcacées existent chez les Lichens mais seul le genre *Gloeocapsa* a été déterminé avec précision.

g. *Gloeocapsa*.

Le genre *Gloeocapsa* fournit les Algues de presque tous les Lichens de la famille des Pyrénopsidacées caractérisées comme on sait par leurs

gonidies Chroococcacées. Il a été observé notamment chez les *Synalissa*, *Pyrenopsis*, *Psorotichia*, *Gonohymenia*, *Anema*, *Peccania* et *Phylliscum* (S. SCHWENDENER, 1869 ; E. BORNET, 1873 ; L. GEITLER, 1933 et 1936 ; E. TSCHERMAK, 1943 ; O. JAAG, 1945 ; H. SHIMAN, 1957 ; O. LANGE, 1958 et 1961). Seuls les *Pyrenosidium* et certains *Phylliscum* feraient exception.

La présence des *Gloeocapsa* dans des Lichens autres que les Pyrénopsidacées est incertaine. E. BORNET (1891) les a signalé dans les thalles de l'*Arthopyrenia litoralis*, mais ce fait est contesté par V. AHMADJIAN (1967).

Le genre *Gloeocapsa* fournit en outre les gonidies secondaires de divers *Stereocaulon* (E. BORNET, 1873 ; I. M. LAMB, 1951).

A l'état libre, les *Gloeocapsa* forment des colonies de 2 à 8 cellules sphériques, à membranes gélatineuses, souvent colorées, épaisses, stratifiées et emboîtées les unes dans les autres (fig. 1 c).

A l'état lichénisé, la structure est peu modifiée (fig. 1, d).

Six espèces toutes connues à l'état libre ont été déterminées dans les thalles. Ce sont :

G. alpina Näg. (1), à gaine bleue (*Synalissa violacea* : L. GEITLER, 1933),

G. sanguinea (Ag.) Kütz, à gaine rougeâtre (*Pyrenopsis sanguinea*, *P. fuliginoides* et *P. grumulifera*, *Synalissa phylliscina* et *S. acharrii* : O. JAAG, 1945. — *S. ramulosa* : L. GEITLER, 1936 ; O. JAAG, 1945 ; H. SHIMAN, 1957),

G. kutzingiana Näg., à gaine incolore ou jaunâtre (*Synalissa ramulosa*, *Pyrenopsis fuliginoides* et *P. leprosa* : O. JAAG, 1945),

G. muralis Kütz (*Thyrea pulvinata* : L. GEITLER, 1936),

G. rupestris Kütz (*Psorotychia shaereri*, *Anema moedlingense* : E. TSCHERMAK, 1943 ; *Peccania coralloides* : L. GEITLER, 1936 ; *Phylliscum endocarpoides* : O. JAAG, 1945),

G. pleurocapsoides Nov. (*Phylliscum endocarpoides* : O. JAAG, 1945),

G. crepidinum Thuret (*Arthopyrenia halodites* : E. BORNET, in WEDDEL, 1875 ; J. FELDMANN, 1937 ; présence contestée).

Un même Lichen peut contenir des espèces différentes : du *Synalissa ramulosa* et du *Pyrenopsis fuliginoides*, O. JAAG (1945) a isolé le *Gloeocapsa sanguinea* et le *G. Kutzingiana* et du *Phylliscum endocarpoides*, le *G. muralis*, le *G. rupestris* et le *G. pleurocapsoides*.

g. *Chroococcus*.

Selon A. ZAHLBRUCKNER (1926), ce genre fournirait les gonidies du *Cora pavonia* (Basidiolichen), des *Phylliscum* et des *Pyrenosidium* (Pyrénopsidacées). O. JAAG (1945) toutefois n'a pu décider, à cause de ses caractères particuliers, du genre exact de l'Algue de ces derniers.

(1) Selon O. JAAG (1945), *G. alpina* et *G. sanguinea* sont une seule et même espèce (voir aussi H. SHIMAN, 1957).

Le g. *Chroococcus* diffère du g. *Gloeocapsa* surtout par le caractère de sa gaine qui est stratifiée mais mince, non gonflée (fig. 1, a).

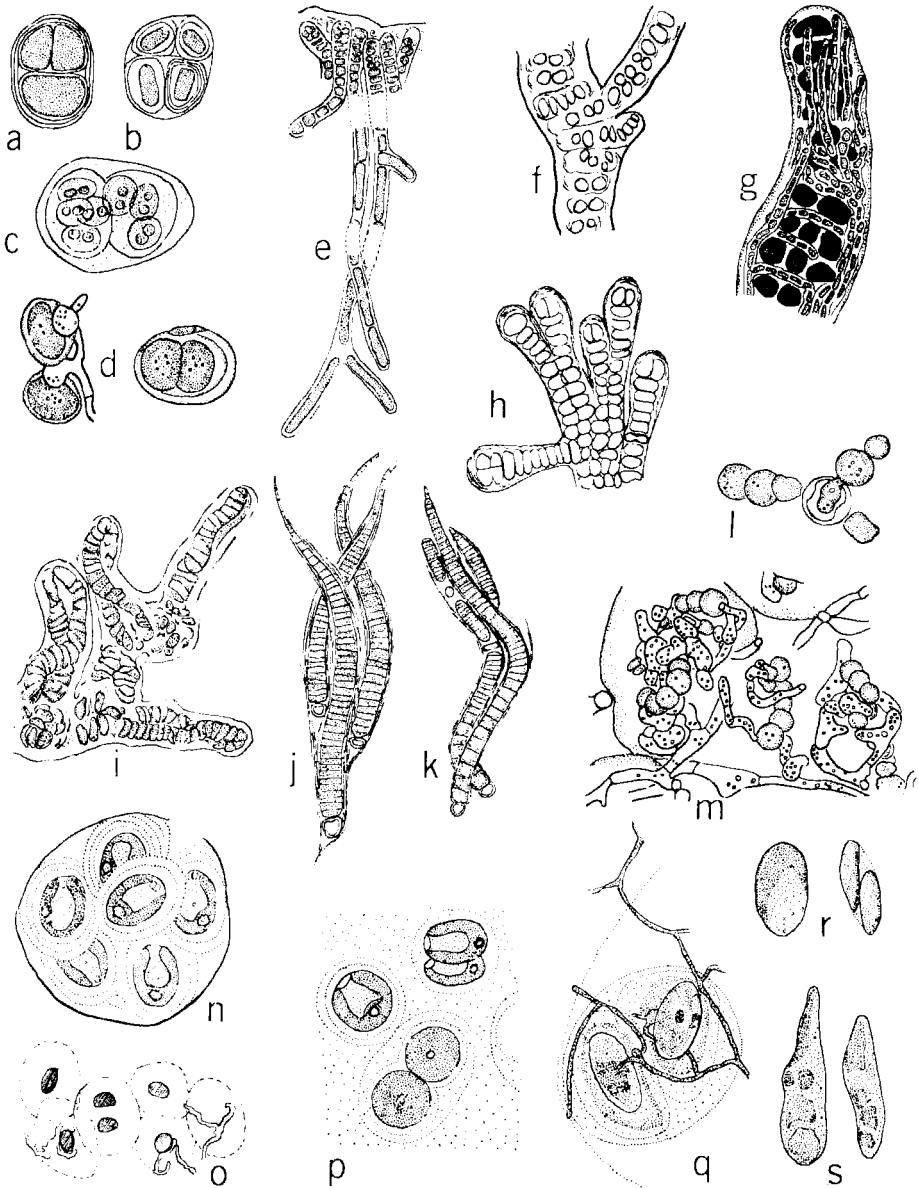


Fig. 1. — Les Algues des Lichens : genres *Chroococcus*, *Gloeotheca*, *Gloeocapsa*, *Hyella*, *Stigonema*, *Hyphomorpha*, *Scytonema*, *Dichothrix*, *Calothrix*, *Nostoc*, *Gloeocystis*, *Palmella* et *Coccomyxa*. — a, *Chroococcus turgidus* Näg., forme libre d'après L.
(suite de la légende page suivante)

g. *Gloeothece*

Il fournirait, selon A. SALISBURY (1953), les gonidies d'*Arthopyrenia subareniseda* et d'*A. areniseda* mais ce résultat est contesté par V. AHMADJIAN (1967). Les *Gloeothece*, qui ont des enveloppes épaisses comme les *Gloeo capsas*, en diffèrent parce que leurs cellules sont cylindriques (fig. 1, b).

Enfin, selon A. HENSSEN (1963), les Algues des *Lichinella* (Lichinacées) et des *Pterygiopsis* (Ephébacées) sont des Chroococcacées, mais de genre indéterminé.

PLEUROCAPSALES

g. *Hyella* (fig. 1, c).

Il fournit les gonidies de deux *Arthopyrenia* marins, *A. kelpii* et *A. sublitoralis* (1) (E. BORNET, 1891 ; J. FELDLMANN, 1937 ; A. AHMADJIAN, 1965, in J. D. SWINSCOW, et 1967).

A l'état libre, les *Hyella* sont des Algues incrustantes et perforantes. Le thalle est constitué par un système de filaments primaires superficiels formant sur le substratum, qui est souvent une coquille de mollusque, une croûte jaunâtre. Il s'en détache des filaments perforants à cellules allongées et à paroi épaisse. Les cellules de la croûte superficielle peuvent se transformer en sporocystes à coccospores : l'Algue prend alors un aspect coccoïde, fréquent à l'état lichénisé.

Selon E. BORNET (1891), le *Hyella coespitosa* Born. et Fl., espèce connue à l'état libre, serait la gonidie de l'*Arthopyrenia litoralis* (syn. *A. Kelpii*), mais cette détermination n'a pas été confirmée.

STIGONEMALES

Le thalle est formé par des filaments ramifiés, les uns rampants, les autres dressés. Au sommet, ils sont toujours unisériés et ils s'allongent

(1) Selon T. D. SWINSCOW (1965) il s'agirait d'une seule et même espèce.

GETTLER, 1932 ; b, *Gloeothece rupestris* Born., forme libre d'après L. GETTLER, 1932 ; c, *Gloeo capsas sanguinea* forme libre, d'après L. GETTLER, 1932 ; d, *Gloeo capsas* sp. dans le thalle de *Synalissa ramulosa* Fr., d'après H. SHIMAN, 1957 ; e, *Hyella coespitosa* Born. et Fl. forme libre d'après L. GETTLER, 1932 ; f, vraie ramification d'un filament de *Stigonema* dans le thalle d'*Ephebe multispora* Henss., d'après A. HENSSEN, 1963 ; g, *Stigonema* sp. dans le thalle d'*Ephebe pubescens* Nyl., d'après O. GALLOE, 1936 ; h, *Hypomorpha perrieri* Fr., forme libre, d'après L. GETTLER, 1932 ; i, formation de fausses ramifications aux dépens de boucles latérales le long d'un trichome d'un *Scytonema* sp. dans le thalle de *Lichenodium ahlneri* Henss., d'après une photographie de A. HENSSEN, 1963 ; j, *Dichothrix orsiniana* Born. et Fl., forme libre, d'après L. GETTLER, 1932 ; k, *Calothrix pulvinata*, Klg., forme libre d'après L. GETTLER, 1932 ; l, hétérocyste de *Nostoc* sp. germant dans un thalle de *Collema polycarpon*, d'après H. SHIMAN, 1957 ; m, *Nostoc* sp. dans un thalle de *Collema cristatum* Hoffm., d'après H. SHIMAN, 1957 ; n, *Gloeo cystis bacillus* Pasch., forme libre d'après P. BOURRELY, 1966 ; noter les vacuoles pulsatiles ; o, *Gloeo cystis* sp. dans *Gloeolecta bryophaga* (Krb. ex Arn.) Vezda, d'après A. VEZDA, 1966 ; p, *Palmella miniata* var. *equalis* Næg., forme libre d'après P. BOURRELY, 1966 ; q, *Coccomyxa dispar* Schm. dans le thalle d'*Epigloea bactrospora* Z., d'après O. JAAG, 1933 b ; r, *Coccomyxa peltigeræ venosæ* Jaag, culture, d'après O. JAAG, 1933 a ; à droite, deux autospores ; s, *Coccomyxa peltigeræ* Waren, en culture, d'après O. JAAG, 1933 a.

par le jeu d'une cellule méristématique terminale. Plus bas, et dans certains genres (g. *Stigonema*), ils deviennent plurisériés parce que les cellules se divisent longitudinalement. Les ramifications sont de vraies ramifications dues à un bourgeonnement latéral (fig. 1, f). La reproduction se fait par des hormospores pluricellulaires et filamenteuses, produites par des hormosporocystes également filamenteux et homologues à des trichomes de Nostocales. Hétérocystes et akinètes sont fréquents.

Selon les caractères des filaments et des ramifications, l'ordre est divisé en 6 familles (L. GEITLER, 1932 ; M. CHADEFAUD, 1960). Seul le g. *Stigonema* (Stigonématacées) est connu avec certitude chez les Lichens.

STIGONÉMATACÉES (ramifications irrégulières ; rameaux tous semblables, sans poil terminal).

g. *Stigonema* (fig. 1, f et g).

Il fournit les algues des *Ephebe* et de certains *Spilonea* (Ephébacées) (A. de BARY, 1866 ; S. SCHWENDENER, 1869 ; A. ZAILBRUCKNER, 1926 ; A. HENSEN, 1903, etc...) et les symbiontes secondaires de divers *Stereocaulon* (E. BORNET, 1874 ; I. M. LAMB, 1951 ; R. DUVIGNEAUD, 1955).

A l'état libre, le thalle est formé de rameaux irrégulièrement ramifiés et tous semblables. A leur extrémité ils sont unisériés mais plus bas, les cellules se divisant longitudinalement, ils deviennent plurisériés. Dans les parties les plus âgées, les cellules tendent à se séparer et le thalle se fragmente.

A l'état lichénisé, la structure est peu modifiée notamment dans les parties jeunes (fig. 1, g) où les hyphes circulent dans la gaine ; plus bas, au contraire, elles s'insinuent entre les cellules et les séparent, mais nous avons vu que déjà, à l'état libre, le thalle des *Stigonema* tend à se dissocier en cellules isolées. Dans le Lichen, la présence des hyphes empêche la fragmentation du thalle de sorte que la taille des *Ephebe* dépasse celle des *Stigonema*.

Selon A. DE BARY (1866), l'Algue de l'*Ephebe lanata* serait le *Stigonema mammosum* Lyngh.

LORIELLACÉES (filaments libres, ramifications dichotomes).

g. *Hyphomorpha* (fig. 1, h).

Selon A. HENSEN (1963 : pl. 24, d) les Algues du *Spilonea dendroides* et du *Sp. schmidtii* (Coccocarpiacées) seraient des *Hyphomorpha*. Toutefois cette détermination est mise en doute par L. GEITLER (1965) selon qui il s'agirait, là encore, d'un *Stigonema*.

Le genre *Hyphomorpha* (1), à filaments rapidement plurisériés, se distingue du g. *Stigonema* par ses ramifications régulières et dichotomes.

NOSTOCHOPSIDACÉES (ramifications de deux types, les unes longues, les autres courtes et à hétérocyste terminal).

(1) Peut-être douteux, selon une communication orale de P. BOURRELY.

g. *Mastigocoleus*

Selon E. BORNET (1891) et J. FELDMANN (1937), le *Mastigocoleus testarum* fournirait, en même temps que le g. *Hyella*, les Algues de l'*Arthopyrenia litoralis*, mais ceci est mis en doute par V. AHMADJIAN (1967) selon qui le *Mastigocoleus testarum* serait une Algue associée au *Hyella*, seul véritable symbionte.

NOSTOCALES

Leur thalle (= thalle primaire) est réduit à un sporocyste unique, filamenteux, unisérié et jamais ramifié, constitué par un trichome et sa gaine, homologue à celui des Stigonémales et producteur d'hormogonies. Il y a des hétérocystes.

Dans certaines familles, le trichome peut se scinder en trichomes-fils dont les extrémités en s'allongeant percent la gaine et simulent des ramifications latérales (= fausses ramifications).

L'ordre est divisé en quatre familles : Scytonémacées, Rivulariacées, Nostocacées et Oscillatoriacées. Seules ces dernières sont inconnues chez les Lichens.

SCYTONÉMACÉES (trichomes sans poil terminal avec nombreuses fausses ramifications).

g. *Scytonema*.

Des *Scytonema*, restés indéterminés, fournissent les Algues de divers Ascolichens à thalle filamenteux ou foliacé (Ephébacées : g. *Thermutis* et *Zahlbrucknerella* et Lichinacées : g. *Lichinodium*. — A. HENSSEN, 1963 ; Coccocarpiacées : g. *Coccocarpia* - E. BORNET, 1873 et R. SANTESSON, 1952 ; Pannariacées : g. *Erioderma* - E. BORNET, 1873 ; g. *Pannaria* - A. ZAHLBRUCKNER, 1926 ; Heppiées : g. *Heppia* - S. SCHWENDENER, 1869 et V. AHMADJIAN, 1967 ; Collémacées (?) : *Polychidium contortum* et *P. dendriscum* - A. HENSSEN, 1963), celles des Basidiolichens du genre *Dyctyonema* (E. BORNET, 1873 et A. HENSSEN, 1963) ainsi que celles des céphalodies de divers *Stereocaulon* (Stéréocaulonacées), *Lasioloma* et *Lopadium* (Lécidéacées) (E. BORNET, 1873 ; M. LAMB, 1951 ; R. SANTESSON, 1952 ; R. DUVIGNEAUD, 1955).

A l'état libre, ce genre est caractérisé par ses filaments régulièrement cylindriques, à grosse cellule méristématique apicale et à fausses ramifications généralement par paires ou en bouquet. Une des extrémités peut être redressée.

Dans les Lichens filamenteux, les *Scytonema* sont peu altérés et A. HENSSEN (1963) a pu observer *in situ* le mode de formation des fausses ramifications (fig. 1, i). Dans les Lichens foliacés, au contraire, ils sont méconnaissables et ils peuvent être confondus soit avec certaines Stigonémales à filaments unisériés, soit avec des Rivulariacées, le poil terminal de celles-ci faisant défaut dans les thalles des Lichens. Par suite leur détermination ne peut se faire que sur des cultures.

RIVULARIACÉES (trichomes effilés à l'extrémité, avec un poil terminal et, le plus souvent, un hétérocyste basal ; fausses ramifications isolées ou en bouquet).

La présence de Rivulariacées chez les Lichens est connue depuis S. SCHWENDENER (1869) et E. BORNET (1873).

g. *Calothrix*.

Symbionte du *Lichina confinis* (V. AHMADJIAN, 1962) et peut-être des *Calothricopsis* et des *Porocyphus* (A. HENSSEN, 1963).

A l'état libre : thalle filamenteux, filaments non englobés dans une gelée générale, trichomes isolés, non réunis à leur base dans une gaine commune (un seul trichome sous chaque gaine) ; fausses ramifications solitaires ; hétérocystes présents. Dans la plupart des espèces, les hormospores s'allongent par leurs deux bouts et engendrent un poil à chacune de leurs extrémités ; plus tard seulement le trichome se scinde en deux.

Dans le thalle du Lichen, l'Algue est fortement altérée : le trichome, se contourne, ses cellules grossissent, il ne se forme pas de poil et sa polarité disparaît. Le *Calothrix* prend alors l'aspect d'un *Nostoc* (O. GALLOE, 1939, vol. VI).

D'échantillons différents du *Lichina confinis*, V. AHMADJIAN (1962) a isolé deux *Calothrix* distincts :

C. pulvinata Kg. (hétérocyste basal seulement ; poil terminal court, filaments en buisson ; fig. 1, k) ;

C. crustacea Th. (hétérocystes basal et intercalaires ; pas de fausses ramifications ; trichome avec souvent un poil à chaque extrémité).

g. *Dichothrix*.

L. GEITLER (1934) rapporte l'Algue du *Placynthium nigrum* à l'espèce *Dichothrix orsiniana* Born. et Fl. S. SCHWENDENER (1869) avait déjà déterminé l'Algue de ce Lichen comme étant une Rivulariacée ; E. BORNET (1873) au contraire l'avait confondue avec un *Scytonema*.

A l'état libre, le genre *Dichothrix* est caractérisé par ses fausses ramifications réunies en bouquet et parfois sub-dichotomes ; les trichomes sont le plus souvent réunis à leur base sous la même gaine. Chez le *D. orsiniana* (fig. 1, j) les trichomes s'atténuent progressivement vers le haut et sont pourvus d'un long poil terminal.

Dans le thalle du Lichen, l'Algue, étudiée par L. GEITLER (1934), dépourvue de poil terminal et à cellules sphériques, a l'aspect d'un *Nostoc*. Elle engendre de nombreuses hormospores qui, en se développant, donnent naissance à des trichomes à croissance apicale, sans poil terminal et à cellules discoïdes rappelant de très près des filaments de *Scytonema*. En culture, le poil apical n'apparaît que dans certaines conditions et les trichomes conservent, comparés à l'espèce libre, deux particularités : ils restent isolés comme ceux des *Calothrix* et presque cylindriques jusqu'à la base du poil.

g. *Rivularia*.

E. BORNET (1873) a émis l'hypothèse que l'Algue du *Lichina pigmaea* pourrait être non un *Calothrix*, mais un *Rivularia*. Cette hypothèse n'a été depuis ni infirmée ni confirmée. A l'état libre, les *Rivularia* se distinguent des *Dichothrix* parce que les trichomes, réunis en bouquet et à gaine commune, sont englobés dans une gelée générale.

Rappelons enfin que les Algues des *Calothricopsis* (Lichinacées) et des *Porocyphus* (Ephébacées) sont aussi des Rivulariacées (A. HENSSEN, 1963) mais de genres indéterminés (probablement des *Calothrix*.)

NOSTOCCACÉES (pas de fausses ramifications : les trichomes s'allongent sous la gaine se transformant en longues files cellulaires flexueuses, unisériées, qui ne percent jamais la paroi ; hétérocystes intercalaires ou terminaux).

g. *Nostoc*.

Ce genre est non seulement le genre d'Algues Cyanophycées le plus commun chez les Lichens mais c'est aussi, en tenant compte des Chlorophycées, un des trois genres les plus répandus d'algues symbiotes. Selon A. ZAHLBRUCKNER (1926) contiennent des *Nostoc* les Collémacées et les Pyrénédiacées ainsi que la plupart des Heppiées, des Peltigéracées, des Pannariacées et des Stictacées. Plus précisément, ils ont été observés dans les genres *Collema* (A. DE BARY, 1866 ; J. BARANETZKY, 1868 ; S. SCHWENDENER, 1869 ; E. TSCHERMAK, 1941 b ; G. DEGELIUS, 1954 ; H. SHIMAN, 1954), *Physma* (= *Lempholemna*) (E. BORNET, 1873 ; L. GEITLER, 1933 ; H. SHIMAN, 1957), *Peltigera* (J. BARANETZKY, 1868 ; A. LETELLIER, 1917 ; K. LINKOLA, 1920, etc...), *Polychidium* (L. GEITLER, 1936 ; H. HENSSEN, 1963). On les trouve aussi comme gonidies dans les céphalodies des *Stereocaulon*, des Peltigéracées et des Stictacées.

A l'état libre, le genre *Nostoc* est caractérisé par ses trichomes moniformes, à cellules sphériques. Les akinètes et les hétérocystes diffèrent peu par leur taille des cellules végétatives. Les gaines gélatineuses sont épaisses. Les trichomes s'associent par leur gaine et forment des thalles gélatineux bien délimités.

A l'état de symbiote, et chez les Collémacées (G. DEGELIUS, 1954 et H. SHIMAN, 1957), la structure des Nostocs est peu modifiée. La gaine gélatineuse est bien développée et c'est à l'intérieur de celle-ci que circulent les hyphes (1). Dans les parties profondes du thalle, les gaines sont incolores et confondues en une seule masse. Dans les parties superficielles, elles sont brunâtres et la limite des gaines de chaque trichome est assez nette (fig. 1, m).

Chez les Lichens non gélatineux (Peltigéracées, Pannariacées, Heppiées, Stictacées), les gaines gélatineuses sont peu développées et parfois apparemment absentes. Les trichomes sont réduits à de petits amas de

(1) Selon M. MOSER-ROTHHOFFER (1965) une partie seulement de la gelée des *Collema* proviendrait des *Nostoc*, le reste serait synthétisé par les hyphes.

quelques cellules (= cénobies, J. BARANETZKY, 1867) dans laquelle la disposition en file est peu visible. En général, les hyphes entourent chacun de ces amas ; elles y pénètrent plus rarement et les cellules paraissent alors isolées. Dans ces thalles, les cellules sont plus grandes, moins régulièrement sphériques que celles du même *Nostoc* libre (H. SHIMAN, 1957).

La production d'hormospores est fréquente, au moins chez les espèces gélatineuses et après une période de pluie prolongée. Chez le *Lempholenna cladodes* (Tuck.) Zahbr., G. DEGELIUS (1945) a observé la production d'hormocystes (= sortes d'akinètes pluricellulaires) dans des zones spécialisées du thalle qu'il nomme des hormocystanges. Les hyphes envahissent rapidement ces hormocystes de sorte que l'Ascomycète et l'Algue sont dispersés ensemble. H. SHIMAN (1957) a observé la germination d'hétérocystes dans le thalle du *Collema polycarpon*, du *C. tenax* et d'un *Lempholenna* sp.

Plusieurs espèces de *Nostoc*, connues à l'état libre, ont été déterminées chez les Lichens. Ce sont :

N. punctiforme (Küntz) Hariot : le trichome est si fortement replié sur lui-même qu'il prend un aspect plurisériel. Selon G. DEGELIUS (1954), il ne s'agirait pas d'une bonne espèce, cet aspect correspondant à un stade du développement des hormogonies. (Cité comme symbionte chez de nombreux *Pelligera* ; LINKOLA, 1920 ; H. SHIMAN, 1957 ; WATANABE et KIYOHARA, 1903 ; voir aussi V. AHMADJIAN, 1967 a).

N. commune, thalle ferme, de plusieurs centimètres, cellules grandes (4,5 à 6 μ de diamètre), (*Collema* sp. DEGELIUS, 1954).

N. sphaericum : thalle ferme mais à petites cellules 4-5 μ , limite des gaines indistincte (symbionte de *Collema* sp., G. DEGELIUS, 1954 ; *Pannaria* sp., H. SHIMAN, 1957 ; *Hydrothyria venosa*, R. A. KELE, 1964 in V. AHMADJIAN, 1967).

N. muscorum Ag. : thalle mou, cellules très petites 3-4 μ (*Collema* sp. ; G. DEGELIUS, 1954).

g. *Anabaena*.

Selon E. BORNET (1873) et R. DUVIGNEAUD (1955), des *Anabaena* pourraient être symbiontes secondaires dans les céphalodies de certains *Stereocaulon*.

Les *Anabaena* diffèrent des *Nostocs* par leurs cellules souvent cylindriques et par leurs akinètes bien distincts, par leur taille ou l'ornementation de leur paroi, des cellules végétatives. En outre les trichomes restent isolés, sans former de thalle.

CHLOROPHYCÉES

Les Chlorophycées sont des Algues eu-caryotes, c'est-à-dire pourvues de vrais noyaux et caractérisées par leurs plastes vert vif et amyli-fères : en effet, le complexe chlorophyllien n'y est pas masqué par d'autres pigments et, sauf exception, les réserves sont constituées par de l'ami-

don logé sur les plastes. De plus, les cellules nageuses, quand elles existent, sont du type isokonte c'est-à-dire à plusieurs fouets identiques (généralement 2).

La reproduction est tantôt sexuée, tantôt asexuée. Cette dernière, la plus fréquente, est assurée soit par la simple multiplication de cellules végétatives qui divisent leur noyau, leur cytoplasme et leur membrane, soit par la différenciation de spores à l'intérieur d'une cellule-mère transformée en sporocyste. Dans ce cas, la paroi du sporocyste ne participe pas à la formation des spores qu'il contient et qui sont libérées par sa rupture ou sa disparition.

Les spores asexuées peuvent être des zoospores flagellées, ou des aplanospores sans flagelle. Les aplanospores qui ne diffèrent des cellules végétatives que par leur taille sont souvent nommées des autospores.

La morphologie de l'appareil végétatif, la morphologie cellulaire, notamment celle des cellules végétatives (présence ou absence de flagelles, nombre de noyaux, forme, nombre, position des plastes), le mode de reproduction sont les principaux caractères utilisés en systématique. Toutefois, la classification des Chlorophycées est encore confuse, au moins sur certains points, et elle diffère selon les auteurs. Nous avons adopté ici celle de P. BOURRELY (1966) qui distingue 14 ordres, y compris celui des Charales.

Cinq seulement sont représentés chez les Lichens. Ce sont ceux des :

— Tétraspores (stade immobile dominant mais vacuoles pulsatiles, cellules uninucléées) ;

— Chloroccales (formes unicellulaires ou coloniales, stade immobile dominant, cellules uninucléées, pas de vacuoles pulsatiles) ;

— Ulothricales (thalle filamenteux non ramifié, cellules uninucléées) ;

— Chaetophorales (thalles filamenteux ramifiés, cellules uninucléées) ;

— Trentépothiales (thalles filamenteux ou en disque, cellules riches en hématochrome orangé mais pas d'amidon).

On peut y ajouter une Ulvace (g. *Prasiola*) à thalle foliacé et une Siphonocladale (g. *Cladophora*), si on considère que les associations qu'elles forment avec un Pyrénomycète d'une part et un Hyphomycète d'autre part sont à ranger parmi les Lichens, ce qui est contesté.

Toutes ces Chlorophycées des Lichens sont à stade immobile dominant (pas de Volvocales) et, à l'exception des *Cladophora*, à cellules uninucléées. Il s'agit de formes unicellulaires, coloniales et filamenteuses (seul le g. *Prasiola* a un thalle foliacé). Enfin, il n'y a aucune Oedogoniale à spores stéphanokontes (= à couronne de flagelles) parmi les Algues des Lichens.

TÉTRASPORALES

On réunissait autrefois dans cet ordre toutes les Chlorophycées unicellulaires, sans fouets et à thalle gélatineux palmelloïde. P. BOURRELY

(1966) n'y maintient que les espèces à vacuoles pulsatiles permanentes témoignant d'un état végétatif mobile ancestral.

GLOEOCYSTACÉES (formes coloniales, non dendroïdes ; pas de pseudo-flagelles).

g. *Gloeocystis*.

C'est le seul genre de Tétrasporelle *sensu* P. BOURRELY connu chez les Lichens où il fournit les Algues du *Lecidea uliginosa* (syn. *Stereonema chthonoblastes*) (K. R. KUPFFLER, 1924), du *Gloeoclecta bryophaga* (syn. *Gyalecta bryophaga*) (V. AHMADJIAN, 1958, et A. VEZDA, 1966) et de différents *Calillaria* sous-section *Gloeocapsidium* (syn. *Micarea*) (T. HEDLUND, 1949). Il a été signalé aussi dans les céphalodies de *Lepolichen cocophorus* (Pyrénolichen) (A. HUE, 1904-1905).

A l'état libre, les *Gloeocystis* forment des colonies gélatineuses, souvent à contours tétraédriques arrondis. Généralement, la gelée est nettement zonée (fig. 1, n) mais dans d'autres cas cette zonation n'existe pas : chaque cellule est alors entourée d'une enveloppe muqueuse épaisse, bien distincte de celle des cellules voisines (fig. 1, o). Les cellules, ellipsoïdales ou sphériques, sont groupées par 2 ou 4 ; elles ont un plaste urcéolé avec un pyrénoloïde basal. Chez deux espèces au moins ont été observées des vacuoles pulsatiles. La reproduction se fait généralement par multiplication des cellules végétatives mais la production de zoospores biciliées est connue.

Dans le thalle du Lichen, la structure paraît peu altérée (fig. 1, o).

CHLOROCOCCALES

P. BOURRELY (1966) réunit dans cet ordre toutes les Chlorophycées unicellulaires à stade immobile permanent et sans vacuole pulsatile persistante même si elles forment des thalles palmelloïdes analogues à ceux des Tétrasporelles. La multiplication se fait par zoosporulation, autosporulation et, plus rarement, par multiplication végétative.

Les Chlorococcales sont divisées en dix familles caractérisées par leur mode de reproduction et par leur capacité à former ou non des colonies définies. La production de zoospores n'est pas toujours facile à observer mais les différences entre les genres sont suffisamment marquées pour qu'en pratique l'observation des zoospores soit inutile. 3 seulement de ces familles sont connues ou ont été citées comme présentes dans les thalles des Lichens.

PALMELLACÉES (= Chlorococcales à thalle palmelloïde informe ; multiplication végétative et formation de zoospores).

g. *Palmella*.

Ce genre, monospécifique, bien que souvent cité par A. ZAHLBRUCKNER (1926) n'a fait l'objet d'aucune observation précise dans les thalles. Diverses Chlorophycées à enveloppe gélifiée (par exemple des *Gloeocystis* sp. ou des *Coccomyxa* sp.) ont pu être confondues sous ce nom.

A l'état libre, l'Algue forme des colonies globuleuses, vertes. Les cellules sphériques ou ellipsoïdales sont pourvues d'un plaste pariétale et urcéolé à pyrénioïde basal. La multiplication des cellules végétatives est la règle mais l'émission de zoospores est connue. Le genre *Palmella* diffère du g. *Gloeocystis* parce que les cellules sont dépourvues de vacuoles pulsatiles permanentes et parce qu'elles sont irrégulièrement dispersées dans une gelée amorphe (fig. 1, q).

COCCOMYXACÉES (espèces unicellulaires souvent groupées en colonies entourées d'une gelée ; multiplication végétative et autosporulation ; zoospores inconnues).

g. *Coccomyxa* Schm.

Il fournit les gonidies des *Peltigera* sect. *Peltidea*, *Nephroma* et *Solorina* à gonidies vertes, celles de *Baeomyces rufus*, *B. roseus*, *Icmadophila ericetorum*, des Basidiolichens *Coriscium viridis*, *Bothrydina vulgaris*, *Clavulinopsis septentrionalis*, ainsi que celles de l'*Epigloea bactrospora* (R. CHODAT, 1913 ; M. WARREN, 1918-1919 ; O. JAAG, 1933 et 1934 ; E. TSCHERMAK-WOESS, 1941 ; A. ZEHNDER, 1949 ; J. POELT, 1959 ; A. PLESSL, 1963).

Ce genre décrit par W. SCHMIDDLE (1901) a fait l'objet d'une importante monographie de O. JAAG (1933 a) qui le définit de la façon suivante :

« Cellules longuement ovales, ellipsoïdales ou presque sphériques, de 7 à 12 μ de long et de 4 à 10 μ de large, à plaste pariétal urcéolé presque toujours sans, exceptionnellement avec, un pyrénioïde ; paroi mince se gélifiant facilement ; un noyau petit. Le plan de division des cellules est oblique » (1).

Un certain nombre d'espèces, d'ailleurs toutes connues à l'état libre, forme des colonies gélatineuses. D'autres au contraire, uniquement connues à l'état de symbiontes chez les Lichens, ne forment pas de telles colonies.

Selon H. PRINTZ (1927) et P. BOURRELY (1966), la multiplication végétative des cellules est la règle. Au contraire H. SCHMIDDLE (1901), R. CHODAT (1913) et O. JAAG (1933) pensent qu'il y a autosporulation (fig. 1, r), mais que la paroi de la cellule-mère se gélifiant rapidement, l'aspect est finalement celui d'une division végétative.

15 espèces ont été décrites chez les Lichens. Une seule, le *C. dispar* Schmittle, algue de l'*Epigloea bactrospora*, est connue à l'état libre où elle forme des colonies gélatineuses (fig. 1, q). Les autres, uniquement connues chez les Lichens, ont été décrites à partir de cultures pures. Selon leurs caractères et leur origine, on peut en faire trois groupes :

a) *Coccomyxa* isolés des *Peltigera* (colonies généralement vert foncé).

C. peltigera Warren : cellules elliptiques, 7-10 μ \times 3-6 μ ; cultures

(1) Caractère générique permettant de distinguer le g. *Coccomyxa* du g. *Diogenes* à plan de division transversal.

plates, vert-foncé, pas de gelée (*Peltigera aphthosa* et *P. venosa* ; H. WARREN, 1919 et O. JAAG, 1933),

C. mucigena Jaag : gelée abondante (*P. aphthosa*),

C. peltigerae venosae Jaag : cellules longues irrégulières, petites colonies tachées de jaune,

C. peltigerae variolosae Jaag : comme ci-dessus mais cultures plus grandes (revu par H. ZEHNDER, 1949 dans *Peltigera aphthosa*).

b) *Coccomyxa* isolés des *Solorina* :

C. solorinae Chodat : cellules elliptiques allongées, brièvement atténuées aux deux bouts, $7-7,5 \mu \times 2,3 \mu$; culture bombée vert moyen, 2 variétés = *C. solorinae croceae* Chodat et *C. solorinae saccatae* Chodat,

C. tiriolensis Jaag : croissance plus rapide (*Solorina crocea*),

C. glaronensis Jaag : cellules largement ovales à sphériques (*S. saccata*),

C. ovalis Jaag : cellules $4,6-7,9 \times 1,4-1,8 \mu$, cellules pouvant être réunies dans une gelée (*S. saccata*),

C. simplex Jaag : voisin du précédent (*S. saccata*),

C. ellipsoidea Zehnder : voisin de *C. ovalis* (*S. saccata*),

C. solorinae-bisporae Jaag : cultures vert pomme (*S. bispora* et *S. octospora*).

c) *Coccomyxa* des Baeomycétacées :

C. icmadophilae Jaag : même *in situ* les cellules ont un aspect mince et étroit (mode $7,7 \times 1,4-2$) ; colonies petites, vert foncé (*Icmadophila ericetorum* et *Baeomyces roseus*, O. JAAG, 1933 et E. TSCHERMAK-WOESS, 1941 ; *Coriscium viride* - syn. *Omphalina ericetorum* (Th. Fr.) M. LANGE - A. PLESSL, 1963). Dans les parties âgées du thalle, les *Coccomyxa* peuvent être entourés de gelée (E. TSCHERMARK-WOESS, 1941).

Les Algues des *Nephroma* à gonidies vertes, du *Baeomyces rufus* et du *Clavulinopsis septentrionalis* n'ont pas été déterminées avec exactitude.

Selon O. JAAG (1933 b) les Algues du Basidiolichen *Bothrydina vulgaris* (syn. *Omphalina pseudoandrosacia* (Bull. ex Fries) ; J. POELT et F. OBERWINKLER, 1964) seraient deux *Coccomyxa* : le *C. subellipsoidea* et le *C. pringsheimii*.

CHLOROCOCCACÉES (algues unicellulaires, solitaires ou réunies en paquets ou en colonies informes ; reproduction par autospores et zoospores).

g. *Trebouxia* de Puymaly.

Ce nom a été donné par A. de PUYMALY (1924) aux *Cystococcus* tels qu'ils ont été définis par TREBOUX (1912), le *Cystococcus* Næg. étant en fait un *Chlorococcum*. La plupart des Algues décrites sous le nom de *Cystococcus*, par exemple par R. CHODAT, M. LETELLIER, O. JAAG, R. WERNER, et quelques-unes nommées *Protococcus* sont en fait des *Trebouxia*.

Ce genre, qui ne renferme qu'un petit nombre d'espèces libres dont la plus commune est le *Trebouxia arboricola* de Puymaly, est certainement l'Algue la plus répandue chez les Lichens (voir par exemple I. ZEITLER, 1954 et A. PLESSL, 1949). Il est notamment le seul genre d'Algue connu à ce jour dans les g. *Alectoria*, *Ramalina*, *Parmelia*, *Cetraria*, *Lecanora*, *Cladonia*, *Diploschistes*, *Stereocaulon*, *Pilophorus*, *Physcia*, *Buellia*, *Xanthoria*. Il fournit également les Algues de certains *Lecidea* (L. GRITLER, 1934 ; I. ZEITLER, 1954), et de certains *Chaenotheca*, *Calicium* et *Cypheium* (H. RATHS, 1938).

A. FAMINTZIN et J. BARANETZKI (1867) réussirent les premiers la culture d'un *Trebouxia* isolé d'un Lichen : ils en donnèrent la description et observèrent la formation des zoospores. Par la suite, les *Trebouxia* des Lichens ont fait l'objet de nombreuses recherches, de la part notamment de R. CHODAT (1913), M. LETELLIER (1917), H. WAREN (1918-1919), O. JAAG (1929), R. WERNER (1927, 1954 à 1961), T. HEDLUND (1949), R. C. STARR (1955), V. AHMADJIAN (1959, 1960, 1967) (1).

Description (fig. 2, a à h) :

Les cellules sont sphériques ou ellipsoïdales. Leur taille varie, selon les espèces, d'une dizaine de μ chez le *Trebouxia* (syn. *Cystococcus*) *cohaerens* (Chodat) à 34 μ chez le *Trebouxia glomerata* (Waren) Ahmadjian.

La paroi est lisse, épaisse de 5 à 9 μ , cellulósique, avec parfois, en culture, une enveloppe gélatinée (V. AHMADJIAN, 1959 et 1967 b).

Le plaste est central, massif, à surface irrégulière tantôt pourvu de protubérances marquées (fig. 2, a), tantôt au contraire presque lisse (fig. 2, f) ; le pyrénóide est central, bien visible dans les cellules fraîchement isolées, souvent indistinct dans les *Trebouxia* cultivés.

Le noyau, habituellement visible sur le vivant, est nettement excentrique, logé contre la paroi entre les lobes du plaste.

Les réserves sont généralement constituées par des gouttelettes lipidiques dans le cytoplasme. L'amidon fait habituellement défaut, en particulier à l'intérieur des thalles ; parfois, cependant, quelques grains d'amidon entourent le pyrénóide. Plus rarement, l'amidon peut remplir complètement le plaste.

Dans le thalle des Lichens, la reproduction se fait uniquement par formation d'aplanospores ; en culture, au contraire, la production de zoospores est fréquente. Toutefois, V. AHMADJIAN (1959) n'a pu observer leur production chez l'espèce libre *Tr. arboricola*, ni obtenir la libération de celles formées par un *Trebouxia* sp., isolé d'un *Physcia* sp. du Grand Nord (1960, b). La fusion de zoospores jouant le rôle d'isogamètes a été observée par M. WAREN (1918-1919), O. JAAG (1929), T. HEDLUND (1949), V. AHMADJIAN (1959).

La formation des spores a été particulièrement étudiée par O. JAAG (1929), T. HEDLUND (1949) et V. AHMADJIAN (1960).

(1) A. QUISPEL (1943-1945) a étudié la physiologie culturale d'un *Trebouxia* sp. isolé du *Xanthoria parietina*.

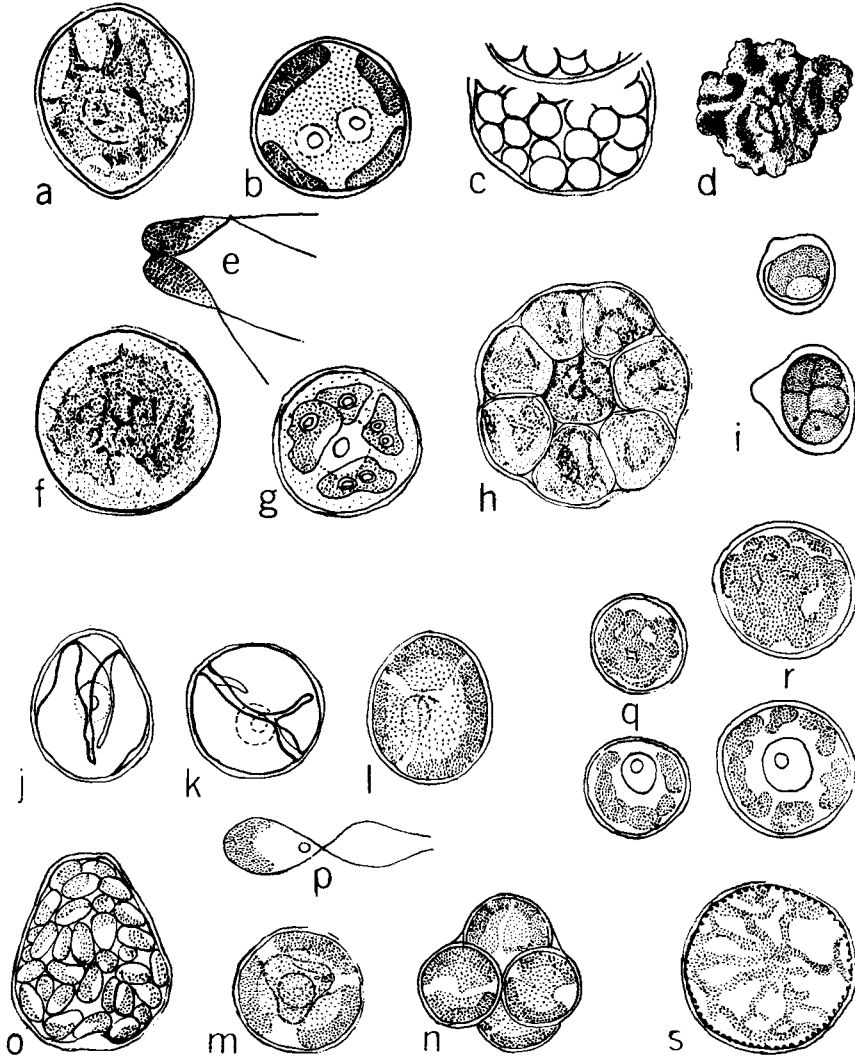


Fig. 2. — Les Algues des Lichens : genres *Trebouxia*, *Myrmecia*, *Lobococcus* et *Dictyo-chloris*. — a à h : genre *Trebouxia* ; a à c, *Trebouxia* du groupe I Ahm. ; a, cellule en culture à plaste très découpé ; b, position pariétale des plastés pendant la sporogénèse ; c, aplanospores formées par arrêt de la zoosporogénèse ; d, *Trebouxia* sp., culture sur agar âgée de 2 mois ; e, zoospores jouant le rôle de gamètes ; f à h, *Trebouxia* du groupe II Ahm. ; f, cellule végétative à plaste presque lisse, en culture ; g, position centrale des plastés pendant la zoosporogénèse ; h, aplanospores à contours polygonaux (= aplanosporogénèse à stades cœlastroïdes), (a, d, f, h d'après des photographies de V. AHMADJIAN, 1960 ; b, c, g, d'après V. AHMADJIAN, 1959 ; e d'après O. JAAG, 1929) ; i, *Myrmecia globosa* Pr., forme libre d'après H. PRINTZ, 1921 ; j à n : *Lobococcus biatorellae* (Tsch.-W.) Reis. d'après E. TSCHERMAK-WOESS et A. PLESSL, 1948 ; j, cellule végétative en culture ; k à n, aplanosporogénèse ; o, zoosporocyste ; p, zoospore ; q et r, *Myrmecia reticulata* Tsch.-W. d'après E. TSCHERMAK-WOESS, 1951 ; q, cellules jeunes en culture avec plaste vu de face (en haut) et en coupe optique (en bas) ; r, cellules âgées ; s, *Dictyochloris fragans*, St., forme libre, en coupe optique, d'après R. C. STARR, 1955.

Zoosporogénèse. — Le plaste se divise longitudinalement. Cette division est parfois accompagnée de celle du pyrénéoïde qui s'étire (T. HEDLUND, 1949 et V. AHMADJIAN, 1959) mais celui-ci peut aussi disparaître (O. JAAG, 1929 et T. HEDLUND, 1949). Pendant que le plaste se fragmente à nouveau, le noyau émigre en position centrale où il se divise ; chacun des noyaux-fils se glisse à nouveau entre deux fragments du plaste et les divisions se poursuivent de la même façon. Selon les espèces, les fragments du plaste restent centraux, ou prennent une position pariétale (V. AHMADJIAN, 1959, 1960 et 1967). Finalement, lorsque toutes les divisions sont terminées, une membrane cytoplasmique se forme délimitant les spores qui peuvent être très nombreuses (jusqu'à 250). Les zoospores sont nues, sans stigma, habituellement fusiformes, effilées à une extrémité, élargies à l'autre, avec un plaste pariétal et deux fouets, sans mastigonèmes (fig. 2, e).

Aplanosporogénèse. — L'aplanosporogénèse se fait de deux façons.

a) Aplanosporogénèse par arrêt de la zoosporogénèse : la division se fait comme ci-dessus, mais les spores ne se pourvoient pas de fouets ; elles s'arrondissent et s'entourent d'une paroi cellulosique (fig. 2, c).

b) Aplanosporogénèse à stade célastroïde (R. WERNER, 1927 ; = Teilungstadien, M. WAREN, 1918-1919 ; = permanent aplanoric stage, F. FRITSCH, 1935 et 1945) : l'aplanosporogénèse débute comme précédemment, mais ici la division du noyau et du plaste est immédiatement suivie par celle du cytoplasme qui se partage en fragments polygonaux par formation d'une membrane cytoplasmique. La paroi cellulosique n'apparaît que plus tard. Elle est nettement distincte de celle de la cellule-mère (V. AHMADJIAN, 1960 et 1967) (fig. 2, h) de sorte qu'il s'agit bien d'une véritable sporogénèse et non d'une simple division végétative comme le pensait T. HEDLUND, 1949.

Systématique :

Dans les thalles, on constate peu de différences entre les *Trebouxia* des diverses espèces de Lichens de sorte que certains auteurs, par exemple TREBOUX (1912) et A. DE PUYMALY (1924), considèrent qu'il s'agit d'une seule et même espèce, le *Trebouxia arboricola* fréquent, d'autre part, à l'état libre.

Ils sont, sur ce point, en contradiction avec tous les auteurs qui ont isolé et cultivé les *Trebouxia* de Lichens et qui s'accordent pour reconnaître l'existence de plusieurs espèces. Celles-ci sont caractérisées par la morphologie des cellules (forme et taille) dont les particularités apparaissent plus nettement en culture que dans le thalle, ainsi que par des caractères cultureux, souvent très nets (forme, teinte et vitesse de croissance des colonies sur différents milieux). Toutefois, la validité de certaines espèces, basées uniquement sur de minimes caractères cultureux, a été mise en doute. On peut se demander aussi si on a toujours affaire à des différences spécifiques, et non pas seulement à des variations individuelles ou raciales.

Comme l'ont montré T. HEDLUND (1899), M. WAREN (1918-1919) et

V. AHMADJIAN (1959 et 1960), ces espèces de *Trebouxia* se partagent en deux groupes :

a) Groupe I de V. AHMADJIAN (= *Cladonia* Alge, HEDLUND, 1899 = *Eleuterocystococcus pro parte*, WAREN, 1918-1919) : cellules généralement allongées à plaste profondément incisé, aplanosporogénèse par arrêt de la zoosporogénèse, sans stade célastroïde et au cours de laquelle les fragments de plaste prennent une position pariétale (fig. 2, b).

Pour V. AHMADJIAN, le critère fondamental est la position latérale des plastes pendant la sporogénèse. En effet, l'aplanosporogénèse par arrêt de la zoosporogénèse, principal caractère retenu par M. WAREN, n'est pas particulière au groupe I : elle se retrouve dans le groupe II, en même temps l'aplanosporogénèse à stade célastroïde.

Les espèces de ce groupe ont été isolées pour la plupart de thalles de *Cladonia* et de *Stereocaulon* mais aussi de quelques Caliciales. En outre, certaines ont été trouvées à l'état libre. O. JAAG (1929) avait rapporté au s-g *Eleuterococcus* WAREN les espèces qu'il avait isolées de divers *Parmelia* mais selon V. AHMADJIAN il s'agit plutôt d'espèces du groupe II. Il en est sans doute de même de *T. parmelia tinctinae* Werner et de *T. meridionalis* Werner chez lesquelles les stades célastroïdes ont été observés.

Six espèces appartiennent à ce groupe. Ce sont :

T. glomerata (Waren) Ahm. (*Cladonia coccifera*, *C. cornuta*, *C. deformis*, *C. gracilis* v. *chordalis*, *C. macelenta* et *C. rangiferina*, M. WAREN, 1918-1919 ; *Stereocaulon evolutoides*, *S. pileatum*, V. AHMADJIAN, 1960). Cette espèce paraît la plus commune ; elle est caractérisée par ses cellules ellipsoïdales à ovoïdes $17,5-16,6 \times 22-21 \mu$ (32μ) et par ses colonies qui, sur agar, et à l'obscurité sont creusées de nombreuses cavités.

Tr. (Cystococcus) cladoniae (Chod.) (*Cl. fuscata*, *Cl. pyxidata*-R. CHODAT, 1913 ; *Chaenotheca chrysocephala* - H. RATHS, 1938).

Tr. (= Cystococcus) irregularis (Chod.) (*C. fimbriata* - R. CHODAT, 1913 ; H. RATHS, 1938).

Tr. (= Cystococcus) endivaeifoliae (Chod. in Raths) (*Cl. endivaeifolia* - CHODAT ; *Chaenotheca chrysocephala* - RATHS, 1938).

Tr. erici Ahm. (*Cladonia cristatella* - V. AHMADJIAN, 1960 ; également libre dans le sol).

Tr. (= Cystococcus) cohaerens (Chod.) appartient à ce groupe mais n'est connu qu'à l'état d'épiphyte sur un *Verrucaria*.

b) Groupe II, V. AHMADJIAN, 1959 et 1960 (= *Xanthoria* Alge, T. HEDLUND, 1899 = s-g *Eu-cystococcus* ; M. WAREN, 1918-1919 + s-g *Eleuterococcus* War. *pro parte*) : cellules souvent sphériques, plaste peu incisé et restant en position centrale pendant la division ; stades célastroïdes fréquents.

Un grand nombre d'espèces de ce groupe ont été décrites mais il est exceptionnel qu'elles aient été observées par plus d'un chercheur. Il est possible que plusieurs d'entre elles soient synonymes. Ce sont :

Tr. (= *Cystococcus*) *xanthoriae* (Waren) - (*Xanthoria parietina*, *Physcia ciliaris*, *Ph. pulverulenta*, *Ramalina fraxinea*, *Lecanora subfuscata*, *Parmelia furfuracea*, *Umbilicaria polyphylla* - M. WARREN, 1918-1919 ; WERNER, 1927). Selon R. WERNER (1954) cette espèce doit être considérée comme synonyme de *Tr. xanthoriae parietinae* (Let.) emend. Werner.

Tr. (= *Cystococcus*) *xanthoriae parietinae* (Let.) (*Xanthoria parietina*, M. LETELLIER, 1917 ; A. ZEHNDER, 1949).

Tr. (= *Cystococcus*) *minima* (War.) ; selon R. WERNER (1954) serait une variété de *Tr. xanthoriae parietinae* (Let.) emend. Werner (*Xanthoria parietina* WARREN, 1918-1919 ; R. WERNER, 1954).

Tr. (= *Cystococcus*) *atrovirens* (War.) (*Cetraria pinastri* ; M. WARREN, 1918-1919).

Tr. (= *Cystococcus*) *plana* (War.) (*Alectoria implexa*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *intermedia* (War.) (*Alectoria jubata*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *elegans* (War.) (*Physcia ciliaris*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *flavescens* (War.) (*Physcia obscura*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *parmeliae* (Jaag) (*Parmelia caperata*, O. JAAG, 1929).

Tr. (= *Cystococcus*) *chodati* (Jaag) (*idem*).

Tr. (= *Cystococcus*) *scaphysensis* (Jaag) (*idem*).

Tr. (= *Cystococcus*) *juratensis* (Jaag) (*Parmelia subfuscata*, O. JAAG, 1929).

Tr. (= *Cystococcus*) *valdensis* (Jaag) (*Parmelia saxatilis*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *genevensis* (Jaag) (*idem*).

Tr. (= *Cystococcus*) *beringensis* (Jaag) (*Parmelia scorteae*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *limanensis* (Jaag) (*Parmelia acetabulum*, *ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *placodii saxicolae* (Zehnder) (A. ZEHNDER, 1949).

Tr. (= *Cystococcus*) *placodii circinate* (Zehnder) (*ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *caloplaca aurantiacae* (Zehnder) (*ibid.*).

Tr. (= *Cystococcus*) *parmelia tinetinae* (Wern.) (*Parmelia tinetina*, R. WERNER, 1958 ; *Diplochistes scruposus*, R. WERNER, 1961).

Tr. (= *Cystococcus*) *meridionalis* (Wern.) (*Ramalina tisnea*, R. WERNER, 1965).

Tr. decolorans Ahm. (*Buellia punctata*, *Xanthoria parietina* - V. AHMADJIAN, 1960).

Tr. impressa Ahm. (*Physcia stellaris*, V. AHMADJIAN, 1960).

Une étude systématique approfondie de ce genre serait fort utile.

g. *Myrmecia* (H. PRINTZ, 1921).

E. TSCHMARK-WOESS et A. PLESSL (1948) et E. TSCHERMAK-WOESS (1951) ont rapporté au g. *Myrmecia* deux Chlorococcacées nouvelles à plaste pariétal en cloche et sans pyrénolide. L'une, isolée du thalle de *Biatorella simplex*, le *Myrmecia biatorellae* J. B. PETERSEN, 1956 (= *M. piri-*

formis Tsch.-Woess et Pl. 1948 non J.B. PETERSEN, 1928) est caractérisée par son plaste divisé en deux lobes et par les mécanismes très particuliers de l'aplanosporogénèse (voir plus bas g. *Lobococcus*). L'autre, isolée du thalle de *Catillaria chalybeia*, le *Myrmecia reticulata* Tsch.-W., doit son nom à son plaste réticulé.

Récemment, H. REISIGL (1964) a proposé de réserver le nom de *Myrmecia* aux seules espèces dont les cellules sont pourvues à l'un de leurs pôles d'un épaississement externe de leur membrane et dont le plaste, pariétal, en cloche et sans pyrénocône, est en outre simple, ni divisé en deux lobes, ni réticulé (fig. 2, i). Par suite, H. REISIGL exclut les deux espèces de E. TSCHERMAK-WOESS du g. *Myrmecia* qui se trouve réduit à deux espèces subaériennes libres, le *M. globosa* Printz et le *M. piriformis* Pet.

H. REISIGL fait du *Myrmecia biatorellae* une des espèces types d'un genre nouveau, le g. *Lobococcus* et il transfère le *Myrmecia reticulata* au g. *Dictyochloris*. Ce dernier point toutefois prête à discussion.

g. *Lobococcus* Reis. (fig. 2, j à n).

Le g. *Lobococcus* a été créé par H. REISIGL (1964) d'une part pour le *Myrmecia biatorellae* Pet. (= *M. piriformis* TSCHERMAK-WOESS et A. PLESSL 1948 non J. B. PETERSEN, 1928), algue isolée du thalle du Lichen *Biatorella simplex*, et d'autre part pour deux autres espèces qu'il venait d'isoler du sol. Il y joint le *Dictyococcus irregularis*, J. B. PETERSEN 1928.

Le g. *Lobococcus* diffère du genre *Myrmecia* par ses cellules végétatives à paroi mince, sans épaississement polaire et par son plaste qui pariétal, en cloche et sans pyrénocône comme celui des *Myrmecia* est non pas simple mais divisé en deux lobes. Reproduction asexuée par aplanospores et zoospores. Lors de l'aplanosporogénèse, le plaste se divise d'une façon très particulière (voir ci-dessous) et les divisions du noyau et du cytoplasme ne suivent pas immédiatement celles du plaste.

Chez le *Lobococcus biatorellae* Reisingl (= *Myrmecia biatorellae* Pet. = *M. piriformis* Tsch.-W. et Pl. non Pet.), les cellules végétatives (fig. 2, j) sont ovoïdes à piriformes ; la paroi est mince et cellulosique ; le plaste en cloche, tapissant presque entièrement la paroi est dépourvu de pyrénocône et, dès les plus jeunes stades, il est divisé en deux lobes par deux fentes longitudinales allant de l'ouverture du plaste presque jusqu'à sa base.

Aplanosporogénèse et zoosporogénèse diffèrent nettement dès le début. Lors de l'aplanosporogénèse, les cellules ne changent pas de forme. Un des lobes du plaste se divise en deux (fig. 2, k) par une fente longitudinale. L'autre lobe s'allonge entre ces deux quarts (fig. 2, l) et se divise transversalement. A ce moment, la cellule encore uninucléée contient quatre fragments de plaste disposés en tétraèdre (fig. 2, m). Le noyau et le cytoplasme se divisent ensuite et il se forme quatre spores (= auto-spores) à plaste bilobé (fig. 2, n). Elles ne se séparent pas et forment de petites colonies pyramidales.

Lors de la zoosporogénèse, la cellule grossit, devient piriforme (fig. 2,

o) et s'entoure d'une paroi pectique faisant saillie vers l'intérieur. Les lobes du plaste se séparent et, immédiatement après, le noyau et le cytoplasme se divisent longitudinalement. Divisions du plaste, du noyau et du cytoplasme se poursuivent et il se forme 64 à 128 zoospores piriformes, biflagellées, à flagelles égaux, sans stigma, avec une vacuole pulsatile (fig. 2, p). Rapidement elles entrent en repos ; elles ne forment jamais de colonies et restent isolées.

Le *L. biatorellae* a été revu chez le *Maronella laricina* (M. STEINER, 1949), le *Dermatocarpon velebiticum* et le *D. rufescens* (I. ZEITLER, 1954), le *D. tuckermanni* et le *D. hepaticum* (mais non le *D. miniatum*) (L. GEITLER, 1960), le *Verrucaria submersa* (I. ZEITLER, 1954), le *Biatora berengeriana* (L. GEITLER, 1962), le *Psora globifera* (L. GEITLER, 1963). Chez le *Verrucaria submersa* et le *Biatora berengeriana*, les lobes du plaste sont festonnés.

Outre le *Lobococcus biatorellae*, le g. *Lobococcus* compte deux espèces libres isolées du sol (H. REISIGL, 1964). De plus, on peut noter que chez les Oocystacées du g. *Lobosphaera* H. REISIGL (1964) la structure du plaste et les mécanismes de l'aplanosporogénèse rappellent de très près ce qu'on observe dans le g. *Lobococcus*, mais dans le g. *Lobosphaera* la zoosporogénèse est inconnue.

g. *Dictyochloris* Vischer ex Starr 1955, et appartenance générique du *Myrmecia reticulata* E. TSCHERMAK-WOESS 1951.

Nous avons vu que H. REISIGL (1964) exclut du g. *Myrmecia* (cellule à épaissement polaire de la paroi, plaste simple, pariétal, urcéolé et sans pyrénioïde) le *Myrmecia reticulata* Tsch. W. Cette espèce, isolée d'abord du thalle du *Polyblastia amota* (E. TSCHERMAK-WOESS, 1951), puis retrouvée chez le *Bacidia nanipara* (I. ZEITLER, 1954) a en effet des cellules à paroi mince et un plaste réticulé.

Le *Myrmecia reticulata* ne peut pas être inclus non plus dans le genre *Lobococcus* : son plaste n'est pas fendu en deux lobes, et les mécanismes de l'aplanosporogénèse diffèrent nettement de ceux, si particuliers nous l'avons vu, du g. *Lobococcus*.

Finalement, et à cause de son plaste réticulé, H. REISIGL inclut le *Myrmecia reticulata* Tsch.-W. dans le g. *Dictyochloris* VISCHER ex STARR. Toutefois, si on se reporte à la diagnose du R. C. STARR (1955) on constate qu'il y a entre le g. *Dictyochloris* tel que le définit cet auteur et le *Myrmecia reticulata* des différences importantes.

Dans le genre *Dictyochloris*, en effet, les cellules, sphériques et à paroi lisse, peuvent atteindre 75 μ de diamètre et sont *multinucléées au stade adulte*. Dans les cellules jeunes, le plaste, pariétal et sans pyrénioïde, a la forme d'une sphère creuse irrégulièrement déchirée. Dans les cellules adultes (fig. 2, s) il est réticulé, constitué de *cordons* irrégulièrement anastomosés, les uns pariétaux, les autres *internes*. Reproduction asexuée par aplanospores et par zoospores. Les zoospores, à stigma postérieur, sont nues, avec deux flagelles légèrement inégaux.

Chez le *Myrmecia reticulata* Tsch.-W. (fig. 2, q et r) au contraire les cellules qui ne dépassent jamais plus d'une dizaine de μ sont uninucléées, même à l'état adulte. Dans les cellules âgées (fig. 2, s), le plaste est entièrement pariétal, sans prolongements internes ; en outre, dans les cellules jeunes (fig. 2, q), il a la forme d'une coupe, non d'une sphère creuse. Enfin, les zoospores, sans stigma, ont des flagelles égaux.

En introduisant le *Myrmecia reticulata* Tsch.-W. dans le g. *Dictyochloris*, H. REISIGL (1964) laisse entendre que les différences ainsi constatées (cellules adultes unicléées chez *M. reticulata*, plaste uniquement pariétal et zoospores à flagelles égaux) sont secondaires. Il est sur ce point en contradiction avec R. C. STARR (1956) qui considère au contraire comme fondamentaux les caractères ainsi mis en question.

En définitive, l'appartenance générique du *Myrmecia reticulata* Tsch.-W. paraît encore incertaine ; de nouvelles recherches seront nécessaires pour la préciser.

OOCYSTACÉES

Les Oocystacées réunissent les Chlorococcales dont la reproduction se fait uniquement par formation d'aplanospores, les zoospores étant inconnues.

Deux genres seulement, le g. *Chlorella* et le g. *Pseudochlorella* sont connus chez les Lichens. Un troisième genre, le g. *Trochiscia*, a bien été cité par E. TSCHERMAK (1941, a et b) comme fournissant les Algues du *Polyblastia amota* (Verrucariacées), mais nous verrons qu'il s'agit plutôt d'une Algue filamenteuse de l'ordre des Chaetophorales, non d'une Chlorococcale Oocystacée.

g. *Chlorella*.

Le genre *Chlorella* (fig. 3, a et b) réunit les Oocystacées à cellules toujours de petite taille (maximum 20 μ), et solitaires, généralement sphériques ou ellipsoïdales et à plaste pariétal pourvu ou non d'un pyrénôïde. La reproduction se fait par formation de 2 à 16 autospores libérées par rupture de la paroi de la cellule-mère (1).

Les *Chlorella*, algues subaériennes extrêmement communes, sont rares chez les Lichens où elles n'ont été isolées que trois fois. Le *Chlorella lichina* Chodat (1913), espèce connue à l'état libre, fournirait les gonidies du *Calicium chlorinum* var. *exsertum* (A. RATHS, 1938) : en culture les cellules, de 8 à 12 μ de diamètre, sont sphériques ou largement ovales, à plaste urcéolé, ne tapissant pas toute la cellule et pourvu d'un pyrénôïde distinct.

(1) Récemment H. REISIGL (1961) a introduit de nouvelles coupures dans le g. *Chlorella*, notamment dans le sous-genre *Eu-Chlorella* à plaste pourvu de pyrénôïde. Il distingue de la sorte les *Chlorella* (cellules sphériques à plaste pariétal) ; les *Jaagichlorella* (cellules sphériques à plaste central), les *Pseudochlorella* Lund. emend. Reisingl 1964 (non LUND, 1955) (cellules ellipsoïdales à plaste pariétal) et les *Jaagia* Vischer (= *Pseudochlorella* Lund.) (cellules ellipsoïdales à plaste central). Toutefois, nous n'avons pas tenu compte ici de ces distinctions (voir aussi P. BOURRELY, 1966).

Le *Chlorella ellipsoidea* Gern., espèce libre commune, fournirait les gonidies d'un *Lecidea* sp. de la section *Biatora* (E. TSCHERMAK-WOESS, 1948). Notons que selon W. VISCHER (1950 et 1955), plusieurs *Chlorella* distincts seraient habituellement confondus sous ce nom.

Enfin un *Chlorella* indéterminé, à cellules ellipsoïdales ou sphériques (dans ce cas $d = 5 \mu$) et à plaste sans pyrénioïde, a été isolé d'un thalle de *Lecidea parasema* par A. ZEHNDER (1949).

g. *Pseudochlorella* LUND (1955) non LUND emend. REISIGL 1964 (= *Chlorellopsis* I. ZEITLER 1954, non KÖL et CHODAT, non REISS ; = *Jaagia* W. VISCHER, 1955) (fig. 5, c à i).

Ce genre a été créé, d'abord sous le nom de *Chlorellopsis*, par I. ZEITLER (1954) pour une Algue unicellulaire isolée de deux *Lecidea* terricoles, le *L. granulosa* Ach. et le *L. assimilata* Nyl. Toutefois, le nom générique *Chlorellopsis* étant invalide parce que déjà utilisé, LUND (1955) a proposé celui de *Pseudochlorella* peu avant que W. VISCHER (1955) n'utilise celui de *Jaagia*. *Pseudochlorella* Lund est le seul nom valide ; il n'est pas exactement synonyme de *Pseudochlorella* Lund emend. REISIGL (1964).

Le g. *Pseudochlorella* se distingue du g. *Chlorella* par son chloroplaste subcentral en plaque mince, irrégulièrement chiffonné, épais au centre où est logé un pyrénioïde.

Ps. pyrenoidosa (= *Chlorellopsis pyrenoidosa* Zeitler) (fig. 3, c à i), a des cellules sphériques à ellipsoïdales ($7-6 \mu \times 14-10 \mu$), à paroi pectocellulosique pouvant s'entourer d'une enveloppe gélatineuse. Les auto-spores, à plaste pariétal en cloche, se forment par 4 mais elles peuvent se multiplier à l'intérieur de la cellule-mère. Dans ce cas, leurs divisions ne sont pas simultanées et les autospores sont de taille inégale (fig. 3, i). Les cellules tantôt sont isolées, tantôt restent réunies en petites colonies gélatineuses (fig. 3, d).

W. VISCHER (1955) a décrit sous le nom générique de *Jaagia* une seconde espèce aquatique.

g. *Trochiscia* Kutzing.

Comme nous l'avons dit plus haut, E. TSCHERMAK (1941 a et b) rapporte au g. *Trochiscia* et plus spécialement à l'espèce *T. granulata* Ag. (paroi épaisse, aiguillons courts et obtus) les Algues isolées du *Polyblastia amota*, mais cette détermination prête à discussion.

En effet, le g. *Trochiscia* réunit les Chlorococcales Oocystacées à cellules solitaires et sphériques, à paroi ornementée et à plaste compact, d'aspect granuleux. Chez le *Tr. hystrix* (fig. 3, p), une des rares espèces bien connues (P. BOURRELY, 1953), le plaste est étoilé avec un pyrénioïde central, la reproduction se fait par formation de 4 autospores qui, à l'intérieur même de la cellule-mère, ont un plaste étoilé et une membrane échinulée. De plus, les ornements de la paroi sont celluloses.

L'espèce de E. TSCHERMAK au contraire (fig. 3, j à o) se présente, dans le thalle du *Polyblastia*, sous forme de petites cellules (fig. 5, j) iso-

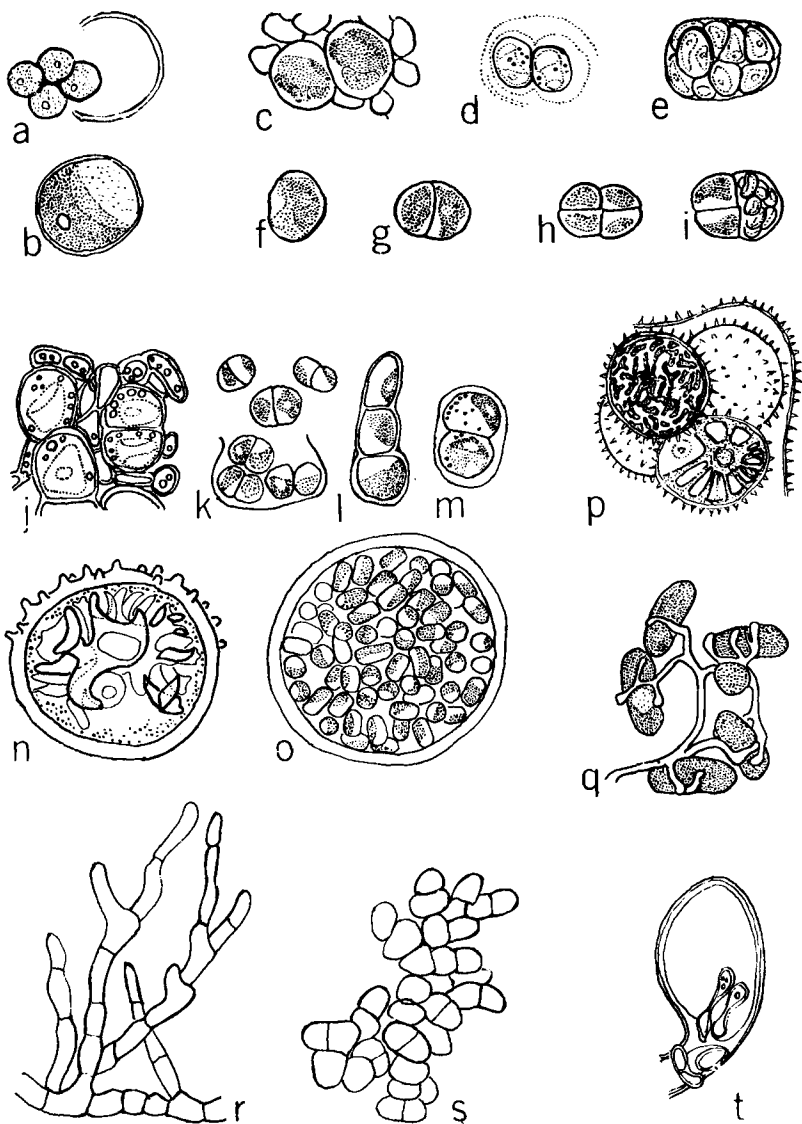


Fig. 3. — Algues des Lichens : genre *Chlorella*, *Pseudochlorella*, *Trochiscia* (?), *Stichococcus*, *Pseudopleurococcus* et *Congrosira*. — a et b, *Chlorella vulgaris*, Beijr., forme libre d'après P. BOURRELY 1966 ; a, autospore ; b, cellule. — c à i, *Pseudochlorella pyrenoidosa* Lund. d'après I. ZEITLER, 1954 ; c, cellules dans le thalle de *Lecidea assimilata* ; d, colonies gélatineuses, en culture ; e, autospores dans la paroi de la cellule-mère ; f, cellule isolée ; g à i, formation des autospores. — j à o, *Trochiscia* (?) *granulata* d'après E. TSCHERMAK, 1941 ; j, cellules dans le thalle de *Polyblastia amota* ; k, autospore avec autospores accolées ; l, jeune filament, en culture ; m, autospores ; n, aplanosporocyste échinulé à plaste étoilé ; o, aplanospores (les aiguillons de l'aplanosporocyste n'ont pas été dessinés). — p, *Trochiscia histrix* Ag., espèce libre, d'après P. BOURRELY, 1966 ; q, *Stichococcus* sp. dans le thalle de *Chaetonolthea stemonea* Zahlbr., d'après H. RATHS, 1938 ; r et s, *Pseudochlorococcus incrustans* Vischer d'après W. VISCHER, 1956 ; r, jeunes thalles formés de filaments ramifiés, culture de 1 mois et demi ; s, thalle âgé, en amas, culture de 6 mois ; t, *Gongrosira*, sp. dans le thalle de *Catillaria arnoldi*. Th. Fr., d'après A. PLESSL, 1963.

lées ou associées par paire et à plaste pariétal, urcéolé, épais et pourvu d'un pyrénioïde. Elles se reproduisent en engendrant des petites autospores accouplées, à paroi lisse et à plaste urcéolé (fig. 3, k et m). En culture, ces autospores peuvent s'isoler ou donner naissance à de courts filaments (fig. 3, l) qui font place à des paquets cubiques de cellules aplaties.

Les plus superficielles de ces cellules grossissent ; leur membrane s'épaissit et se couvre de courts aiguillons pectiques ; le plaste devient subcentral et étoilé. Elles prennent ainsi l'allure de cellules de *Trochiscia* (fig. 3, n). Ce sont en réalité des aplanosporocystes qui engendrent un grand nombre de petites aplanospores (fig. 3, o) cylindriques, à plaste pariétal et à paroi lisse. Ces aplanospores s'arrondissent et redonnent des cellules identiques à celles du début.

L'espèce de E. TSCHERMAK diffère donc des *Trochiscia* par ses cellules végétatives petites, à paroi lisse et à plaste pariétal, et par la formation au cours du développement de courts filaments. Elle est en outre remarquable par ses deux sortes d'aplanosporocystes, les uns petits à paroi lisse engendrant des autospores accouplées, les autres grands à paroi échinulée et donnant naissance à des aplanospores cylindriques.

La formation au cours du développement de filaments et de paquets cubiques montre qu'on a affaire non à une Chlorococcale du genre *Trochiscia*, mais plutôt à une Algue filamenteuse de l'ordre des Chaetophorales. Les aplanosporocystes à allure de *Trochiscia* sont analogues à ceux que W. VISCHER (1960) a décrit chez le *Desmococcus vulgaris*. La modification de la forme du plaste dans les sporocystes est connue chez d'autres espèces et notamment chez celle décrite par E. TSCHERMAK-WOESS (1953) sous le nom de *Leptosira thrombii* Tsch.-W.

La position systématique de l'espèce de E. TSCHERMAK, qui offre la particularité de produire deux types d'aplanosporocystes, est difficile à préciser dans l'état actuel des connaissances. Elle rappelle à la fois le g. *Desmococcus* par ses aplanosporocystes échinulés à nombreuses aplanospores cylindriques et le g. *Diplosphaera* par la réduction des filaments à quelques cellules seulement et par la formation d'autosporocystes à paroi lisse engendrant un petit nombre d'autospores.

ULOTHRICALES

Sont réunies dans cet ordre les Chlorophycées filamenteuses à filaments non ramifiés et à plastes amylières.

g. *Stichococcus* Näg.

Le genre *Stichococcus* fournit les gonidies de nombreuses Caliciacées des g. *Coniocybe*, *Calicium* et *Chaenotheca* (E. NEUBNER, 1883 ; A. LETELLIER, 1917 ; H. RATHS, 1938) mais ce n'est pas la seule Algue présente dans cette famille puisqu'on y trouve aussi des *Trebouxia*, des *Chlorella*, et des *Trentepohlia* (H. RATHS, 1938). De plus, le g. *Stichococcus* fournirait les gonidies hyméniales du *Polyblastia amota* (E. STAHL, 1877), du

Staurothele succedens (L. GEITLER, 1938) et du *St. catalepta* (V. AHMADJIAN, 1967) (1).

Les *Stichococcus* sont des Algues subaériennes à cellules petites, cylindriques, droites ou arquées, sans gaine gélatineuse, à plaste pariétal petit et sans pyrénolide. A l'état libre, il peut se former des filaments courts, unisériés qui se dissocient facilement. La multiplication se fait par division végétative et dissociation des cellules : zoospores, aplanospores et sexualité sont inconnues. Dans le thalie (fig. 3, q), les cellules sont le plus souvent dissociées.

Quatre espèces ont été identifiées, la première commune à l'état libre, les trois autres propres aux Lichens. Ce sont :

St. bacillaris Näg. et ses variétés : v. *mucigena*, v. *subaurifera*, v. *crassa* et v. *tenuis* (5-10 μ \times 2-3,5 μ , rapport L/l = 2,3 à 2,5) (*Coniocybe furfuracea*, *C. gracilentata*, *Calicium* sp., *Chaenotheca stemonea*, *Ch. bruneola*, *Ch. melanophea* et *C. trichialis* ; H. RATHS, 1928).

St. coniocybe Let. Cellules (6-9 μ \times 3 μ) plus longues et moins larges (?) que chez *St. bacillaris* (*Coniocybe furfuracea* ; M. LETELLIER, 1917).

St. chloranthus Raths. Cellules grandes et étroites : 13 μ \times 3,4 μ , L/l = 3,6 (*Chaenotheca melanophea* ; H. RATHS, 1938).

St. pallescens Chodat. Cellules 6,2-9,6 μ \times 1,7-4,7 μ ; cultures ferment attachées au substratum (*Coniocybe furfuracea* var. *fulva* ; H. RATHS, 1938).

Ces espèces sont proches du *St. bacillaris* dont elles ne sont peut-être que des variétés ou des races (voir V. AHMADJIAN, 1967).

Les *Stichococcus* des Pyrénolichens à gonidies hyméniales n'ont pas fait l'objet de détermination spécifique.

ULVALES

g. *Prasiola* Ag.

Un *Prasiola*, le *Pr. tessalata* P. Hariot 1887, est l'Algue du Pyrénolichen *Mastodia tessalata* Hook et Hoover.

Le g. *Prasiola* est caractérisé par un thalle foliacé, formé d'abord d'une couche, puis de deux couches de cellules rangées régulièrement par groupe de 4 et à plaste étoilé.

Le *Mastodia tessalata* (c'est-à-dire l'association *Prasiola tessalata*-*Physalosiphora prasiolae* ; P. HARIOT, 1887) a d'abord été décrit comme une Algue d'un genre nouveau (HOOKER et HARVEY, 1847), et ensuite seulement transférée dans les Lichens (W. NYLANDER, 1884 ; E. WAINIO, 1903). Selon certains auteurs toutefois cette association ne mériterait pas le nom de Lichen.

(1) I. ZEITLER (1954) a isolé du thalle de ce dernier Lichen un *Diplosphaera*.

CHAETOPHORALES

Dans cet ordre sont réunies les Chlorophycées à thalle tantôt filamenteux et ramifié, tantôt en paquets cubiques. Elles se distinguent des Trentéophyliales qui suivent parce que leurs cellules sont dépourvues d'hématochrome et qu'il n'y a pas entre elles de plasmodesmes. La reproduction est sexuée ou asexuée, cette dernière étant assurée soit par des zoospores, soit par des aplanospores, soit par simple division végétative.

Contrairement à ce qui se passe pour les Chlorococcales, le mode de reproduction n'est pas utilisé pour délimiter les familles (1) ; la classification est basée sur la morphologie du thalle. P. BOURRELY (1966) distingue 6 familles. Deux seulement sont représentées chez les Lichens. Ce sont celles des Chaetophoracées d'une part et des Chlorosarcinées d'autre part.

Les Chaetophorales sont des gonidies rares, le g. *Diplosphaera* (syn. *Pleurococcus*) paraissant toutefois un peu plus commun.

CHAETOPHORACÉES

Cette famille réunit les Chaetophorales dépourvues de poils unicellulaires ou ramifiées. Leur thalle est tantôt filamenteux, tantôt en paquets cubiques comme chez les Chlorosarcinées. Au cours du développement et en culture, il se forme toujours des filaments mais ceux-ci peuvent rester courts et être transitoires.

P. BOURRELY (1966) divise les Chaetophoracées en 3 sous-familles : Chaetophoroïdées, à poils pluricellulaires, Ulvelloïdées à thalle orbiculaire, et Leptosiroïdées. Les Chaetophoracées des Lichens appartiennent toutes à cette dernière sous-famille.

Le g. *Pseudopleurococcus* et le g. *Gongrosira* ont un thalle purement filamenteux, jamais en paquets cubiques.

Le *Leptosira thrombii* se reproduit le plus souvent à l'état de cellules isolées mais les zoospores peuvent donner naissance à des thalles ramifiés.

Les *Cocobothrys*, *Diplosphaera*, *Hyalococcus* ont un thalle en paquets dont les cellules tendent à se dissocier. C'est sans doute à ce groupe que doit être rattaché le *Trochiscia granulata* de E. TSCHERMAK (1941) (cf. p. 58).

g. *Pseudopleurococcus* Snow.

W. VISCHER (A. BINZ et W. VISCHER, 1956) a isolé du thalle du *Verrucaria reithrophila*, Lichen des rochers lacustres inondés, un *Pseudopleurococcus*, le *Ps. incrustans* Vischer.

Dans le g. *Pseudopleurococcus*, le thalle est formé d'abord de filaments unisériés et ramifiés à cellules allongées (fig. 3, r). Plus tard, les cellules se raccourcissent et deviennent isodiamétriques et le thalle prend un aspect

(1) M. CHADEFAUD (1960) réunit dans l'ordre des Pleurococcales, les Chlorophycées à thalle en paquet cubique chez laquelle la zoosporengénèse est inconnue.

pseudoparenchymateux (fig. 3, s). Les cellules ont un plaste pariétal pourvu d'un pyrénioïde. La reproduction se fait aux dépens des cellules végétatives qui se séparent les unes des autres engendrant de nouveaux thalles : zoospores et aplanospores sont inconnues.

Ps. incrustans, qui a été trouvé simultanément à l'état libre, est caractérisé par ses filaments étroits (4 à 5 μ).

Une autre espèce, le *Ps. arthopyreniae* Visch. a été isolé du thalle de l'*Arthopyrenia kelpii* (W. VISCHER, 1953 ; O. KLEMENT et H. DOPPELBAUR, 1952) mais des recherches complémentaires ont montré qu'il s'agissait d'une Algue épiphyte et non de la vraie gonidie qui est une Cyanophycée du g. *Hyella* (O. KLEMENT, 1962 ; V. AHMADJIAN, 1967).

g. *Gongrosira*.

Selon A. PLESSL (1963) un *Gongrosira* indéterminé pourrait fournir les Algues du *Catillaria arnoldii* Th. Fr.

À l'état libre, les *Gongrosira* ont un thalle crustacé formé par des filaments rampants sur lesquels naissent de courts filaments dressés, terminés par des sporocystes renflés.

Les Algues du *Catillaria arnoldii* sont formées de la même façon par de courts filaments terminés par une cellule globuleuse (fig. 3, t). Malheureusement, les essais de culture ayant échoué, la détermination reste incertaine.

g. *Leptosira*.

E. TSCHERMAK-WOESS (1953) a décrit sous le nom de *Leptosira thrombii* Tsch.-W. une Algue nouvelle isolée par elle du thalle de *Thrombium epigaeum* et qu'elle a étudiée avec soin. Toutefois l'appartenance générique de cette espèce très intéressante est incertaine.

Le genre *Leptosira* contient 2, peut-être 3, espèces rares. Dans l'espèce type, décrite par A. BORZI (1883) et à filaments ramifiés, les cellules sont en forme de tonnelet avec un plaste pariétal sans pyrénioïde. Chaque cellule peut se transformer en zoosporocystes engendrant 20 à 60 zoospores biflagellées. Les zoospores viennent au repos, se fixent, grossissent et se transforment en aplanosporocystes qui engendrent 4 aplanospores. Celles-ci sont libérées et donnent naissance aussitôt à un thalle ramifié.

L'espèce de E. TSCHERMAK-WOESS, quant à elle, se présente dans le thalle du Lichen sous forme de cellules isolées (fig. 4, b), petites, sphériques, avec un plaste en cloche irrégulier et pourvu d'un pyrénioïde. Ces cellules sont parfois réunies en petites colonies gélatineuses (fig. 4, a). Elles se reproduisent par formation de 3 à 8 autospores (fig. 4, a et c).

En culture, on retrouve les mêmes types de cellules et le même mode de reproduction, mais, en outre, certaines des cellules isolées se transforment en zoosporocystes à plaste rubané (cette modification du plaste dans le sporocyste rappelle celle observée par E. TSCHERMAK (1941) chez l'Algue du *Polyblastia amota* ; voir g. *Trochiscia*, p. 60). Ces zoosporo-

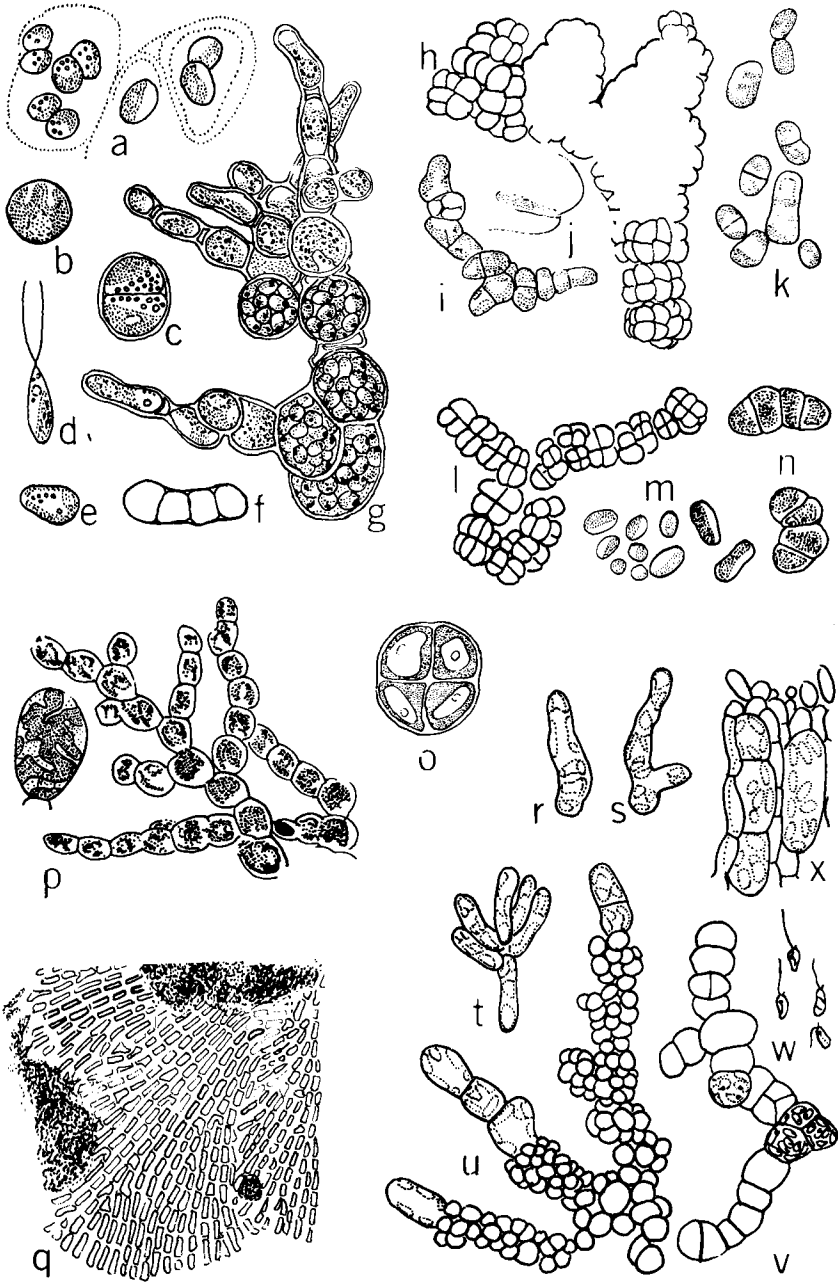


Fig. 4. — Les Algues des Lichens : genres *Leptosira* (?), *Coccolobothrys*, *Hyalococcus*, *Diplosphaera*, *Chlorosarcinopsis*, *Trentepohlia*, *Phycopeltis*, *Heterococcus*. — a à g, *Leptosira* (?) *thrombii* Tsch. - W. isolé de *Thrombium epigaicum* d'après E. (suite de la légende page suivante)

cystes engendrent chacun 64 zoospores biflagellées et pourvues d'un stigma et d'une vacuole pulsatile (fig. 4, d).

Le plus souvent, les zoospores s'arrondissent et redonnent les formes décrites plus haut, savoir : cellules isolées et colonies palmelloïdes.

Mais, en plus, dans certaines conditions favorables, elles peuvent donner naissance à des formes filamenteuses et ramifiées. Pour cela, les zoospores venues au repos se transforment en autosporecystes dans lesquels sont formées quatre autospores disposées en file et simulant un court filament (fig. 4, f). Puis à son tour, et toujours enfermée dans la paroi de la cellule-mère, chacune d'elles engendre 4 nouvelles autospores elles aussi disposées en file. Au bout de quelques divisions, on obtient ainsi de petits thalles filamenteux et ramifiés, dont certaines cellules se transforment en zoosporecystes générateurs de zoospores (fig. 4, g). Il est remarquable que la forme filamenteuse ne s'obtienne que par l'intermédiaire d'une zoospore.

L'espèce de *E. TSCHERMAK-WOESS* diffère de l'espèce-type de *BORZI* d'une part par son mode de développement, beaucoup plus complexe, et d'autre part par la présence d'un pyrénocyste. Selon P. BOURRELY (communication orale) ce dernier caractère suffirait à exclure l'espèce de *E. TSCHERMAK-WOESS* du genre *Leptosira* ; ses affinités seraient alors à chercher du côté des *Pleurothamnion*, chez lesquels des stades *Palmella* sont connus, ou peut-être des *Pleurastrum*.

g. *Coccobothrys* Chodat.

Le g. *Coccobothrys* est un genre monospécifique créé par R. CHODAT (1913) pour une Algue isolée d'un *Verrucaria* calcicole, et qu'il croyait être une Xanthophycée. W. VISCHER (1960) reprenant les cultures de R. CHODAT en a précisé la diagnose et montré qu'il s'agissait d'une Chlorophycée.

Chez le *C. verrucariae* Chodat, les cellules ont un plaste pariétal sans pyrénocyste. L'amidon ne se forme que dans les cellules âgées.

En culture, il se forme d'abord des filaments ramifiés (fig. 4, i), analogues à ceux des *Desmococcus*. Ensuite, les cellules deviennent iso-

TSCHERMAK-WOESS, 1953 ; a, cellules avec gaine gélatineuse, dans le thalle ; b, cellule isolée, en culture ; c, formation d'autospores ; d, zoospore ; e, zoospore venant au repos ; f, court filament constitué par quatre autospores alignées à l'intérieur de l'autosporecyste ; g, thalle filamenteux avec zoosporecystes. — h à j, *Coccobothrys verrucariae* R. Chod. d'après W. VISCHER, 1960 ; h, aspect caractéristique du thalle, culture de 3 semaines ; i, jeune thalle ramifié issu de zoospore, culture de 15 jours ; j, zoospore ; k, *Hyalococcus dermatocarponis* War., en culture, d'après H. WARREN, 1918-1919 ; l à n, *Diplosphaera* (syn. *Protococcus* pp.) *dermatocarponis miniatii* Zeitler en culture, d'après I. ZEITLER, 1954 ; l, aspect caractéristique du thalle ; m, cellules dissociées ; n, formation de courts filaments ; o, *Chlorosarcinopsis minor* (Gern.) Hernd. dans le thalle de *Lecidea lapicida* d'après H. PLESSI, 1963 ; p, *Trentepohlia umbrina* (Kütz.) Born., en culture, isolé de *Chaenolheca phaeocephala* var. *hispidula* d'après H. RATHS, 1938. ; q, *Phycopeltis* sp., *in situ* dans le thalle d'*Opegrapha filicina*, d'après une préparation de E. BARNET ; les taches noires en haut et à gauche représentent le bord de deux lilles. — r à x, *Heterococcus coespitasus* Vischer isolé de *Verrucaria elaeomelana* d'après I. ZEITLER, 1954 ; r à t, formation de thalles ramifiés ; u, thalle âgé ayant engendré de nombreuses autospores ; v, thalle avec zoosporecystes ; w, zoospores ; x, algue *in situ* dans le thalle du *Verrucaria*.

diamétriques et forment des paquets cubiques se dissociant facilement (fig. 4, h).

La reproduction se fait par zoospores et aplanospores. Les sporocystes sont peu différenciés, à paroi lisse ; les zoospores sont biflagellées, à flagelles égaux (fig. 4, j).

Le g. *Coccobothrys* est inconnu à l'état libre et n'a pas été retrouvé dans d'autres Lichens.

g. *Diplosphaera* Bial.

Le genre *Diplosphaera* a été créé par W. BIALOSUKNA (1909), élève de R. CHODAT, pour une Algue isolée à partir d'un thalle d'*Ochrolechia tartarea* sur lequel elle était sans doute épiphyte. Par la suite, R. CHODAT a réuni le g. *Diplosphaera* d'abord au g. *Stichococcus* (R. CHODAT, 1913), ensuite au g. *Protococcus* Näg. Récemment, W. VISCHER (1953) ayant repris l'étude des cultures de W. BIALOSUKNA a rétabli le g. *Diplosphaera* qu'il distingue nettement du g. *Desmococcus* Br. (= *Protococcus* Näg. p. parte) et il y inclut (W. VISCHER, 1960) les espèces décrites par I. ZEITLER (1954) sous le nom de *Protococcus*.

Dans le g. *Diplosphaera* (fig. 4, l à n), les cellules sphériques à ellipsoïdales sont petites, de 5 à 12 μ de diamètre, à plaste pariétal urcéolé, pourvu d'un pyrénioïde généralement peu visible. L'amidon est présent dans les cellules âgées.

Au cours du développement, les cellules ou bien engendrent d'abord de courts filaments de 4 à 6 cellules et ensuite des paquets cubiques, ou bien donnent directement naissance à des paquets cubiques. Ceux-ci se dissocient toujours en cellules isolées mais plus ou moins tôt selon les espèces.

La reproduction est habituellement assurée par cette multiplication végétative mais, de plus, dans des cultures âgées de *D. Chodati*, W. VISCHER (1960) a observé la formation d'aplanosporocystes à paroi lisse produisant un petit nombre d'autospores sphériques.

Ainsi défini le g. *Diplosphaera* diffère du g. *Desmococcus* (syn. *Protococcus* p. p.) parce qu'au cours de son développement il ne se forme jamais de filaments bien développés et ramifiés, et parce que les aplanosporocystes sont petits, à paroi lisse, et non pas grands et à paroi échinulée.

4 espèces sont actuellement décrites :

D. chodati Bial. : cellules petites de 2 à 6 μ , isolées ou généralement réunies par deux, plus rarement rassemblées en courtes chaînettes (4 ou 5 cellules) ou en paquets sarcinoïdes ; aplanosporocystes à paroi lisse (épiphyte sur *Ochrolechia tartarea*, W. BIALOSUKNA, 1909 ; épiphyte ou gonidies de divers Lichens ainsi qu'à l'état libre, W. VISCHER, 1953 et 1960).

D. (= *Protococcus*) *dermatocarponis miniati* (Zeitler) Vischer (fig. 4, l à n) ; cellules de 5 à 10 μ , engendrant de courts filaments puis des paquets cubiques (*Endocarpon pallidum*, I. ZEITLER, 1954 ; et peut-être aussi, selon le même auteur, *E. pusillum*, E. STAHL, 1877 et L. GEITLER, 1936).

D. (= *Protococcus*) *verrucariae acrotelloides* (Zeitler) Vischer : cellules isolées de 5 à 12 μ , à plaste en cloche enveloppant presque toute la cellule et donnant directement de gros paquets cubiques se dissociant brutalement (*Verrucaria acrotelloides*, *Thelidium immersum*, *Th. absconditum*, *Th. aurantii*, *Th. parvulum*, *Lecidea coarctata* ; I. ZEITLER, 1954).

D. (= *Protococcus*) *staurothelis* (Zeitler) Vischer : cellules isolées, à plaste pariétal lobé (notamment dans le thalle) donnant directement naissance à de petits paquets sarcinoïdes (*Staurothele fissa* et *St. catalepta* ; I. ZEITLER, 1954).

En ce qui concerne le *D. chodati*, W. VISCHER a observé, dans une de ses souches, des mutations portant sur l'aspect du thalle. Trois clones ont été isolés : l'un avec cellules isolées ou par deux, rappelant donc le *D. chodati* typique, l'autre à paquets cubiques réguliers, le dernier à paquets cubiques irréguliers.

C'est au voisinage du g. *Diplosphaera* que pourrait être placée l'espèce décrite par E. TSCHERMAK sous le nom de *Trochiscia granulata*.

g. *Hyalococcus*.

Le g. *Hyalococcus* a été créé par M. WARREN (1918-1919) pour une Algue isolée du thalle de *Dermatocarpon miniatum*. Il paraît proche du g. *Diplosphaera* et I. ZEITLER (1954) fait du *Hyalococcus dermatocarponis* Warren un synonyme de son *Protococcus* (syn. *Diplosphaera dermatocarponis miniati*). V. AHMADJIAN (1958 et 1967) et R. WERNER (1960) au contraire le maintiennent comme genre indépendant.

En culture, les cellules irrégulièrement arrondies, petites (5 μ) ont un plaste pariétal pâle, sans pyrénôïde ; elles se divisent en donnant des paquets sarcinoïdes de 4 cellules qui sont maintenues ensemble par une fine enveloppe gélatineuse. Parfois il ne se forme que deux cellules (fig. 4, k). Sur agar, les colonies vert vif sont semi-fluides, caractère noté par les trois auteurs.

L'originalité du g. *Hyalococcus* par rapport au g. *Diplosphaera* tient surtout à l'absence totale de pyrénôïde (il est peu net chez les *Diplosphaera*) et à la présence d'une enveloppe gélatineuse.

CHLOROSARCINÉES (thalles en paquets cubiques, jamais de stade filamenteux).

g. *Chlorosarcinopsis*.

A. PLESSL (1963) rapporte au *Chlorosarcinopsis minor* (syn. *Chlorosarcina minor*) les algues de *Lecidea plana* et de *L. lupicida*, deux espèces terricoles.

En culture, les cellules ont un plaste pariétal en cloche, pourvu d'un pyrénôïde (différence avec le genre *Chlorosarcina*) ; la reproduction se fait par multiplication végétative des cellules : il se forme des paquets de 4 cellules maintenues ensemble par une enveloppe gélatineuse (fig. 4, o).

Dans le thalle, les cellules sont souvent isolées, l'enveloppe gélatineuse est réduite, le plaste gonflé et replié.

TRENTÉPOHLIALES

Les Trentépohliales forment un ordre très homogène d'algues sub-aériennes caractérisées par : a) l'absence d'amidon et l'abondance d'hématochrome caroténoïde, b) la présence de plasmodesmes perçant les cloisons transversales des filaments, c) leurs zoosporocystes pédonculés, nettement différents des cellules végétatives. Les cellules contiennent un ou plusieurs plastes pariétaux, rubannés ou en chapelet, et sans pyrénioïde.

Selon les auteurs, les Trentépohliacées sont divisées en 4 ou 5 genres. Elles ont fait l'objet d'une monographie de H. PRINZ (1939).

g. *Trentepohlia*.

Le g. *Trentepohlia*, identifié pour la première fois par A. de BARY (1866) dans le thalle du *Graphis scripta*, fournit les Algues de très nombreux Lichens des régions tempérées et tropicales, notamment de la plupart des Pyrénulacées, Parathéliacées, Trypéthéliacées, Astrothéliacées, de la plupart des Discolichens Graphidinées (Graphidacées, Opégraphacées, Arthoniacées, Roccellacées, Dirinacées) et de quelques petites familles de Cyclocarpinées sans doute primitives et dont il serait intéressant de savoir si elles sont apparentées entre elles (Gyalectacées, Thélotrémacées, Lécanactidacées) (voir A. ZAHLBRÜCKNER, 1926) ainsi que de quelques Caliciacées (H. RATHS, 1938) et Coenogoniacées.

A l'état libre ou en culture, les *Trentepohlia* forment des filaments unisériés et ramifiés souvent rampants mais avec des parties dressées (fig. 4, p). Les cellules, cylindriques ou en tonnelet, sont remplies de gouttelettes orangées d'hématochrome (= carotène β) qui peuvent masquer la structure du plaste. A l'état jeune, il y a généralement un plaste unique pariétal et rubanné sans pyrénioïde. Dans les cellules âgées, il prend un aspect en chapelet et peut se morceler. La reproduction se fait soit par des zoospores végétatives à quatre flagelles produites par des zoosporocystes pédicellés très particuliers, soit par des gamètes biflagellés engendrés par des gamétocystes sessiles, intercalaires ou terminaux, peu différents des cellules végétatives.

Dans le thalle, la quantité d'hématochrome diminue et le chloroplaste prend une teinte plus vive, mais la présence de gouttelettes orangées est cependant toujours reconnaissable.

Chez la plupart des Lichens, par exemple chez les *Opegrapha*, *Graphis* et *Arthopyrenia* étudiés par E. TSCHMARK (1941), les filaments sont toujours fragmentés et les cellules parfois isolées. Toutefois, cela n'est pas toujours le cas (cf. *Gyalecta cupularis* d'après E. TSCHERMARK, 1941).

7 espèces différentes, toutes connues à l'état libre et appartenant toutes au s.g. *Chroolepus* (filaments sans poil, irrégulièrement ramifiés, ne formant pas de rosette orbiculaire) ont été identifiées dans les thalles. Ce sont :

Tr. abietina : filament cylindrique, mince, 5 à 10 μ de large (*Coenogonium interplexum*, F. R. UYENCO, 1965).

Tr. annulata : filaments cylindriques, 10-20 μ de large, cellules 3 fois plus longues que larges (*Graphis scripta*, K. VERSEGHY, 1961).

Tr. arborum : filaments de plus de 20 μ de large, zoosporocystes réunis par 2 à 8 sur l'extrémité renflée d'un rameau (*Coenogonium interplexum*, *C. interpositum*, *C. linkii*, F. R. UYENCO, 1965).

Tr. aurea : filaments de moins de 28 μ de large, zoosporocyste porté par une cellule sous-sporangiale unique, (*Gyalecta cupularis*, *Jonaspis suaveolens*, E. TSCHERMARK, 1941 ; *Racodium rupestre*, W. KOCH, 1962 ; *Coenogonium interplexum* et *C. linkii*, F. R. UYENCO, 1965).

Tr. elongata : filaments de 10 à 20 μ de large, cellules 3 à 4 fois plus longues que larges (*Coenogonium interplexum* et *C. linkii*, F. R. UYENCO, 1965).

Tr. odorata : cellules en tonnelet, à paroi lamelleuse, formant des filaments assez longs (*Opegrapha herpetica*, E. TSCHERMARK, 1941 ; *Coenogonium lepreurii*, F. R. UYENCO, 1965).

Tr. umbrina : cellules en tonnelet souvent solitaires ou en courts chapelets (*Chaenotheca phaeocephala* v. *hispidula*, A. RATHS, 1938 ; *Arthonia astroidea*, *Graphis scripta*, *Opegrapha atra*, M. HERISSET, 1946 ; *Coenogonium lepreurii*, F. R. UYENCO, 1965).

Selon E. TSCHERMARK (1941), les *Trentepohlia* d'*Opegrapha mongeotii* et de *Pyrenula nitida* d'une part, ceux de *Graphis scripta* et d'*Acrocordia gemmata*, d'autre part, appartiendraient à deux espèces différentes qui n'ont pu être exactement déterminées (voir aussi V. AHMADJIAN, 1967).

g. *Phycopeltis*.

Selon R. SANTESSON (1952), le g. *Phycopeltis* est une Algue fréquente des Lichens foliicoles tropicaux, notamment de différentes Arthoniacées, Opégraphacées, Thélotrémacées.

Dans ce genre épiphyllé, les filaments prostrés forment un thalle orbiculaire, unistrate et épicuticulaire. Ce thalle engendre des filaments dressés qui peuvent engendrer à leur sommet des zoosporocystes pédicellés.

Dans le thalle du Lichen, la structure n'est souvent que peu altérée (fig. 4, q). La production de zoospores est connue (R. SANTESSON, 1952).

Ph. expansa serait l'espèce la plus commune à l'état de gonidie.

g. *Cephaleuros*.

Ce genre, également épiphyte et tropical, est beaucoup moins fréquent à l'état lichénisé : il fournit les gonidies des g. *Raciborskiella* et *Strigula* (Strigulacées) y compris les *Strigula elegans* et le *St. nitida* connus de rares localités françaises.

Le g. *Cephaleuros* diffère du g. *Phycopeltis* parce que son thalle, également orbiculaire, est pluristrate, nettement sous-cuticulaire et parasite.

SIPHONOCLADALES

g. *Cladophora*.

Le genre *Cladophora* avait été cité comme fournissant l'algue du *Racodium rupestre* mais, selon W. KOCH (1962), il s'agirait en fait d'un *Trentepohlia*.

D'autre part, un *Cladophora*, le *Cl. fuliginosa* Kütz forme avec un Hyphomycète, le *Blodgetiomyces borneti* Feldm., une association connue sous le nom de *Blodgettia confervoides* Harv. et parfois considéré comme un Lichen (J. FELDMANN, 1939).

XANTHOPHYCÉES

Les plastes apparaissent vert-jaunâtre parce que la chlorophylle y est masquée par un excès de xanthophylle. L'amidon et le paramylon font défaut dans les plastes. Les zoospores sont hétérochontes, c'est-à-dire à flagelles inégaux.

g. *Heterococcus*.

Le g. *Heterococcus*, et plus spécialement l'*H. coespitosus* Vischer, fournit les algues de deux *Verrucaria* saxicoles, le *V. elaeomelana* (E. TSCHERMAK 1941 et I. ZEITLER, 1954) et le *V. laevata* (I. ZEITLER, 1954).

Dans le thalle, les cellules sont allongées, avec une paroi mince, et contiennent 2 à 7 plastes pariétaux vert-jaunâtre, sans amidon (fig. 4, x). Les cellules sont rarement isolées ; le plus souvent, elles forment de courtes files verticales de 2 à 4 cellules.

En culture, les cellules s'allongent, se divisent et engendrent de petits thalles étoilés (fig. 4, r à u). Parfois, les cellules s'allongent beaucoup sans se diviser et contiennent alors plusieurs noyaux.

Très souvent, les thalles se fragmentent.

Dans d'autres cas, ils engendrent des autospores : certaines de leurs cellules, généralement les plus centrales, s'arrondissent et engendrent 2 à 4 autospores qui à leur tour engendrent de nouvelles autospores. Les petites cellules restent agglomérées et peuvent germer sur place (fig. 4, u).

Enfin, d'autres filaments, particulièrement courts, donnent naissance à des zoosporocystes tantôt sphériques, tantôt allongés (fig. 4, v). Ils engendrent 32 zoospores allongées ou en forme de goutte, biflagellées avec un grand flagelle et un autre très court ; il y a un grand stigma (fig. 4, w).

En milieu sec, les zoospores ne sont pas émises ; elles s'arrondissent et s'entourent d'une paroi.

CONCLUSIONS

Malgré l'addition récente de quelques nouveaux genres, la liste des Algues présentes dans les Lichens est fort courte, puisque seulement 26 genres y sont finalement connus avec certitude.

Ce nombre apparaît en effet bien petit si on le compare d'une part à celui des genres connus de Lichens (250 environ) et, d'autre part, à celui des Algues (450 pour les seules Chlorophycées d'eau douce).

Cela signifie que la faculté de participer à la symbiose lichénique ne s'est développée que chez un très petit nombre d'Algues. Cela devient encore plus frappant si on se rappelle que d'une part trois genres seulement — *g. Trebouxia*, *g. Trentepohlia*, *g. Nostoc* — fournissent les Algues de peut-être 90% des Lichens et que, d'autre part, ce sont les mêmes Algues qui se retrouvent chez les Ascolichens et les Basidiolichens.

Nous remarquerons aussi que les Algues des Lichens peuvent être partagées en deux groupes.

Dans le premier, on rangera les genres et les espèces qui, isolés des thalles, sont aussi connus à l'état libre, et y sont même communs : c'est le cas notamment de l'ensemble des Cyanophycées (en particulier *g. Gloeocapsa* et *g. Nostoc*), des Trentépothiacées (*g. Trentepohlia*) et de quelques Chlorophycées (*g. Stichococcus* et *g. Chlorella* par exemple).

Dans le deuxième groupe, on rangera les genres qui ou bien sont encore totalement inconnus à l'état libre, ou bien n'y sont pas représentés par les mêmes espèces : il s'agit exclusivement de certaines Chlorococcales (*g. Trebouxia*, *g. Cocomyxa*, *g. Lobococcus*) et de certaines Chaetophorales (*g. Diplosphaera*, *g. Coccobothrys*, *g. Hyalococcus*).

Plusieurs explications peuvent être mises en avant ; nous n'en retiendrons que deux ici.

Tout d'abord, on peut penser que certaines espèces sont plus facilement repérables dans un thalle de Lichen qui est macroscopique que dans la nature où elles n'existent qu'à l'état sporadique et sous forme de cellules isolées : cela semble avoir été effectivement le cas pour le *g. Lobococcus* d'abord isolé d'un Lichen puis retrouvé en culture du sol.

D'un autre côté, et en rapport avec ce que nous avons dit plus haut, on peut se demander si des espèces aptes à la symbiose lichénique n'ont pas trouvé, dans cette association, un milieu original où elles ont pu se développer à l'abri de la concurrence et qui a favorisé l'individualisation de nouvelles espèces (*g. Trebouxia* et *g. Cocomyxa*).

En ce qui concerne la spécificité relative de l'Algue et du Champignon dans les Lichens, nous remarquerons tout d'abord que l'hypothèse avancée par R. CHODAT qu'à chaque espèce de Lichen pourrait correspondre une espèce particulière d'Algue n'a jamais été confirmée. O. JAAG (1933) par exemple a pu isoler du *Solorina saccata* trois espèces de *Cocomyxa*, du *Phylliscum endocarpoides* trois *Gloeocapsa*, etc... L'algue du *Lichina confinis* est tantôt le *Calothrix pulvinata*, tantôt le *C. crustacea* (V. AHMADJIAN) et quatre *Trentepohlia* différents ont été isolés par R. F. UYENCO (1965) de *Coenogonium interplexum*. Dans certains cas toutefois, il y a peut-être lieu de parler de groupes d'espèces : ainsi les *Trebouxia* des *Cladonia* paraissent apparentés entre eux et au contraire assez nettement distincts de ceux des *Parmelia* (O. JAAG, 1929) et de ceux des *Xanthoria*.

De même les *Coccomyxa* des *Peltigera* diffèrent de ceux des *Solorina* d'une part et de ceux de *Baeomyces* d'autre part (O. JAAG, 1933).

Par ailleurs, et en dehors du cas bien connu des céphalodies, l'idée avait été avancée que certains Lichens pouvaient s'associer indifféremment, et parfois dans un même thalle, à des Algues de genres différents : l'exemple le plus connu est celui de l'*Arthrogyrenia kelpii* chez lequel avait été isolé un *Hyella* sp., un *Gloeocapsa* sp., un *Mastigocoleus* sp. et enfin un *Pseudo-pleurococcus* sp. (E. BORNET, 1894 ; J. FELDMANN, 1937 ; O. KLEMENT, et H. DOPPELBAUR, 1952). Une étude récente (O. KLEMENT, 1962) a montré que seul le *Hyella* devait être considéré comme une Algue symbionte, les autres étant seulement des épiphytes. H. DOPPELBAUR (1959) a montré comment les Algues étrangères pouvaient être éliminées des thalles.

Certains genres et familles de Lichens sont très homogènes du point de vue de l'Algue, par exemple tous les *Parmelia* et tous les *Cladonia* contiennent des *Trebouxia*, toutes les Collémacées des *Nostoc* et toutes les Roccellacées des *Trentepohlia*. Il serait intéressant de savoir si cette homogénéité du point de vue de l'Algue s'accompagne d'une égale homogénéité du point de vue du Champignon. Malheureusement, nous ne possédons généralement pas actuellement de connaissances suffisantes sur les Champignons des Lichens pour pouvoir répondre à cette question.

A l'inverse, certains genres ou familles sont très hétérogènes du point de vue de l'Algue. C'est le cas notamment des *Lecidea*, des *Verrucaria* et des Caliciacées. Là encore, il serait intéressant de savoir si cette hétérogénéité va de pair avec une hétérogénéité du Champignon. Si les genres *Lecidea* et les genres *Verrucaria* sont parfois considérés effectivement comme hétérogènes, la famille des Caliciacées paraît au contraire parfaitement homogène : dans ce cas, l'hétérogénéité du phycobionte traduirait une aptitude physiologique du mycobionte. On peut se demander aussi, avec W. VISCHER (A. BINZ et W. VISCHER, 1956), s'il existe un lien entre l'écologie du Lichen et la nature de l'Algue.

Remarquons, enfin, que certaines familles de Lichens, définies par A. ZAHLBRUCKNER par la nature présumée de leurs Algues, par exemple les Ephébacées à Algues *Scytonema* ou *Stigonema* et les Lichinacées à Algues Rivulariacées, se sont révélées en réalité hétérogènes (A. HENNSEN, 1963).

RÉCAPITULATION

Sont présents chez les Lichens, les genres d'Algues suivants :

CYANOPHYCÉES.

CHROOCOCCALES : g. *Gloeocapsa* (probable : g. *Chroococcus* ; douteux : g. *Gloeotheca*).

PLEUROCAPSALES : g. *Hyella*.

STIGONÉMALES : g. *Stigonema* (douteux : g. *Hyphomorpha* ; erroné : g. *Mastigocoleus*).

NOSTOCALLES : SCYTONÉMACÉES : g. *Scytonema* ; RIVULARIACÉES : g. *Calothrix*, g. *Dichothrix* (douteux : g. *Rivularia*) ; NOSTOCACÉES : g. *Nostoc* (gonidies secondaires : g. *Anabaena*).

CHLOROPHYCÉES.

TÉTTRASPORALES : g. *Gloeocystis*.

CHLOROCOCCALES. (douteux : PALMELLACÉES, g. *Palmella*) ; COCCOMYXACÉES : g. *Coccomyxa* ; CHLOROCOCCACÉES : g. *Trebouxia*, g. *Lobococcus* (à discuter, la place du *Myrmecia reticulata*) ; OOCYSTACÉES : g. *Chlorella* ; g. *Pseudochlorella* (à transférer : le *Trochiscia granulata*).

ULOTHRIGALES : g. *Stichococcus*.

ULVALES : g. *Prasiola* (si on considère le *Mastodia tessellata* comme un Lichen).

CHAETOPHORALES : CHAETOPHORACÉES : g. *Pseudopleurococcus*, g. *Diplosphaera*, g. *Hyalococcus* (possible : g. *Gongrosira* ; à préciser, l'appartenance générique du *Leptosira thrombii* Tsch.-W. ; probablement à classer ici : le *Trochiscia granulata* Tsch.).

TRENTÉPOHLIALES : g. *Trentepohlia*, g. *Phycopeltis*, g. *Cephaleuros*.

SIPHONOCLADALES : g. *Cladophora* (si on considère le *Blodgettia confervoides* comme un Lichen).

XANTHOPHYCÉES.

g. *Heterococcus*.

BIBLIOGRAPHIE

- AHMADJIAN (V.). — 1958, A guide for the identification of Algae occurring as Lichens Symbionts. *Bot. Not.*, 111, 632-644.
- 1959 a, Experimental observations on the Algae genus *Trebouxia* de Puy-maly. *Swensk Bot. Tidskrift*, 53, 71-80.
- 1959 b, The taxonomy and physiology of Lichen algae and problems of lichen synthesis. *Ph. D. dissert.*, Harvard University, Cambridge, USA.
- 1960 a, Some new and interesting species of *Trebouxia*, a genus of lichenised algae. *Amer. Journ. Bot.*, 47, 677-683.
- 1960 b, The Lichen association. *Bryolog.*, 63, 250-254.
- 1962, Lichens in PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF ALGAE. *Acad. Press ed.*, New-York.
- 1965, Lichens. *Ann. Rev. Microbiol.*, 19, 1-20.
- 1966, Lichens in SYMBIOSIS vol. I (S. H. HENRY ed.) *Acad. Press* New-York.
- 1967 a, A guide to the Algae occurring as Lichen symbionts : isolation, culture, cultural physiology and identification. *Phycologia*, 6, 128-160.
- 1967 b, The Lichen Symbiosis. *Blaisdell Publ. Co* ; Waltham (Mass.) USA.
- BARANETZKY (J.). — 1868, Beitrag zur Kenntnis des selbständigen Lebens der Flechtengonidien. *Mél. biol. Bull. Acad. Imp. Sc. St-Petersbourg*, 6.
- 1869, Beitrag zur Kenntnis des selbständigen Lebens der Flechtengonidien. *Jahrb. wissenschaft. Bot.*, 7.
- BARY (A. de). — 1866, Morphologie und Physiologie der Pilze, Flechten und Myxomyceten. Leipzig.
- BIALOSUKNA (W.). — 1909, Sur un nouveau genre de Pleurococcacées : *Diplosphaera Chodati* Bial. *Bull. Soc. bot. Genève*, 2^e série, 1, 101.
- BINZ (A.) und VISCHER (W.). — 1956, Zur Flora des Rheinlaufs bei Basel. *Verh. naturforsch. Ges. Basel*, 67, 195-217.
- BORNET (E.). — 1873, Recherches sur les gonidies des Lichens. *Ann. Sc. nat.*, 5^e série, Paris, 17, 1-66.
- 1874, Deuxième note sur les gonidies des Lichens. *Ibid.*, 19, 314-320.
- 1891, Note sur l'*Ostracoblabe impexa* Born. et Fl. *Journ. Bot.*, Paris, 5, 397-400.
- BORZI (A.). — 1883, *Studi Algolog*, I.

- BOURRELY (P.). — 1953, L'algothèque. Catalogue des Collect. vivantes, herbiers et documents du Mus. Nat. d'Hist. Nat., Lab. Cryptogamie, 5^e supplément. Paris.
- 1966, Les Algues d'eau douce. I, Algues vertes. *Boubée éd.*, Paris.
- CHADEFAUD (M.). — 1960, *Traité de botanique systématique, tome I : les Végétaux non vasculaires (Cryptogamie)*. Masson éd., Paris.
- CHODAT (R.). — 1913, Monographie d'algues en culture pure. *Matériaux pour la flore cryptogame de la Suisse*, 4, fasc. 2, Berne.
- 1930, Nouvelles recherches sur les gonidies des Lichens. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 101, 475-478.
- DEGELIUS (G.). — 1945, Lichenisierte Hormocysten, ein neue Diasporen-typus der Flechten. *Svensk bot. Tidskr.*, 39, 419-431
- 1954, The Lichen genus *Collema* in Europ. Morphology, taxonomy, ecology. *Symb. bot. Upsal*, 13, n° 2, 1-499.
- DOPPELBAUR (H.). — 1959, Studien zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte einiger endolitischen pyrenocarpen Flechten. *Planta*, 53, 246-292.
- DUVIGNEAUD (P.). — 1955, Les *Stereocaulon* des Hautes Montagnes du Kivu. *Lejeunia*, Mém. 14, 1-144.
- FAMINTZIN (A.) et BARANETZKY (J.). — 1867, Sur le changement des gonidies des Lichens en zoospores. *Ann. Sc. nat.*, sér. 5, Paris, 8, 137-144 et *Mém. Ac. Imp. Sc. St-Pétersbourg*, sér. 8, 11, n° 9.
- FELDMANN (J.). — 1937, Sur les gonidies de quelques *Arthopyrenia* marins. *Rev. bryol. lichén.*, 10, 64-73.
- 1939, Le *Blorgetia confervoides* Harv. est-il un Lichen ? *Ibid.*, 11, 156-163.
- FRIES (E.). — 1831, *Lichenographia europea reformata*. Lund.
- FRIJSCH (F.). — 1935 et 1945, *The structure and reproduction of the Algae*, 2 vol. *Univ. Press. Cambridge*.
- GALLOE (O.). — 1927 à 1954, *Natural History of Danish Lichens* (9 volumes). Vol. 1 à 4 : *Aschenhoug éd.* ; vol. 5 à 9 : *Munkgaard éd.* Copenhague.
- GEITLER (L.). — 1932, Rabenhort's Kryptogamenflora, 14 : Cyanophyceae.
- 1933, Beiträge zur Kenntnis der Flechten Symbiose. I-III. *Archiv Protistenk.*, 80, 378-409.
- 1934, *Idem*. IV-V. *Ibid.*, 82, 51-87.
- 1936, *Idem*. VI. *Ibid.*, 88, 161-179.
- 1938, *Idem*. VII., *Ibid.*, 90, 489-501.
- 1942, Schizophyta : Klasse Schizophyceae in-ENGLER Pflanzen-familien. Leipzig.
- 1955, Gehäufte Haustorien bei einer Collemataceae. *Oesterr. bot. Zeitschr.*, 102, 317-321.
- 1960, Ueber Flechtengonidien. *Rev. suisse Hydrol.*, 22, 131-135.
- 1962, Ueber die Flechtenalge *Myrmecia biatorellae*. *Oesterr. bot. Zeitschr.*, 109, 41-44.
- 1963, Ueber Haustorien bei Flechten und über *Myrmecia biatorellae* in *Psora globifera*. *Ibid.*, 110, 270-280.
- HARIOT (P.). — 1887, Note sur le genre *Mastodia*. *Journ. Bot.*, 1, 231-234.
- HEDLUND (T.). — 1899, Om polymorphismen hos aerobioliska klorophyceet. *Ofv. Kongl. Vet. Akad. Stockholm*, 1899, n° 5.
- 1949, A contribution to the knowledge of the development of the aerophile Chlorophyceae. *Bot. Not.*, 43, 173-200.
- HENSSEN (A.). — 1963, Eine Revision der Flechtenfamilien Lichinaceae und Ephelbaceae. *Sym. bot. Upsal.*, 18, 1-123.
- 1965, A review of the genera of the Collemataceae with simple spores (excluding *Physma*). *Lichenol.*, 3, 29-41.
- 1966, Der Doppelthallus von *Leptogium diaphanum*. *Ber. d.d. bot. Gesellsch.*, 79 (10), 440-444.
- HÉRISSET (M.). — 1946, Démonstration expérimentale du rôle du *Trentepohlia umbrina* (Kg.) Born. dans la synthèse des Graphidées corticoles. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 222, 100-102.

- HOOKEE f. and HARVEY. — 1847, in *The Botany of the Antarctic Voyage of Erebus and Terror*, vol. 2.
- HUE (A.). — 1904-1905, Description de deux espèces de Lichens et de céphalodies nouvelles. *Bot. Centralbl.*, 99, 34 et *Ann. Ass. Nat. Levallois-Perret*, 1904, 31-41.
- 1909, Le *Mastodia tessellata* Hook. et Harv. *Bull. Soc. bot. Fr.*, 56, 315-322.
- ITZIGSOHN (H.). — 1868, Cultur der Glauconogonidien von *Peltigera canina*. *Bot. Zeit.*, 26.
- JAAG (O.). — 1929, Recherches expérimentales sur les gonidies des Lichens appartenant aux genres *Parmelia* et *Cladonia*. *Bull. Soc. bot. Genève*, 21, 1-119.
- 1933 a., *Coccomyxa* Schmiedle. Monographie einer Algengattung. *Beitr. Krypt. Schweiz*, 8, 1-132.
- 1933 b., *Botrydina vulgaris* Bréb., eine Lebensgemeinschaft von Mossprotenemen mit Grünalgen. *Ber. schweiz. bot. Gesell.*, 42, 169-185.
- 1934, Voir JAAG (O.) et THOMAS (E.).
- 1945, Untersuchungen über die Vegetation und Biologie der Algen des nackten Gesteins in den Alpen, im Jura und im schweizerischen Wittelland. *Beitr. Kryptogamenfl. Schweiz.*, 9, H. 3, Brüchler éd., B rne.
- JAAG (O.) et THOMAS (E.). — 1934, Neue Untersuchungen über die Flechte *Epigloea bactrospora* Zukul. *Ber. schweiz. bot. Gesell.*, 43, 77-89.
- KELE (R. A.). — 1964, Isolation of the mycobiont and phycobiont of an underwater lichen, *Hydrothyria venosa*. *Honors Thesis*, Biology Dept., Clark University, Worcester (Mass.) USA. Unpublished, in AHMADJIAN (V.), 1967.
- KLEMENT (O.) and DOPPELBAUR (H.). — 1952, Ueber die Artberechtigung einiger mariner Arthopyrenien. *Ber. d.d. bot. Gesell.*, 55, 166-174.
- KLEMENT (O.). — 1962, Eine Flechte auf lebenden Socken. *Naturhist. Gesell.*, 106, 57-60.
- KOCH (W.). — 1962, Die Gonidie von *Racodium rupestre* Pers. *Vort. Gesamtgeb. Bot. - Deutsch. bot. Ges. - N.F.* 1, 61-64.
- KUPFFER (K. R.). — 1924, *Stereonema chthonoblastes*, eine lebende Urflechte. *Korrespondenzbl. Naturf. Ver. Riga*, 58, 111-122.
- LAMB (I. M.). — 1951, On the morphology, phylogeny and taxonomy of the genus *Stereocaulon*. *Canadian Journ. Bot.*, 29, 522-584.
- LANGE (O.L.). — 1958, Eine neue *Gonohymenia*-art (Lichenes) aus Mauritien und ihre Stellung innerhalb der Gattung. *Ber. d.d. bot. Gesell.*, 71, 293.
- 1961, Die Flechte *Gonohymenia hungarica* Szat. und ihre systematische Stellung. *Nova Hedwigia*, 3, 361-366.
- LETÉLIER (A.). — 1917, Etude de quelques gonidies de Lichens. *Bull. Soc. bot. Genève*, 2^e sér., 9, 373-412.
- LINKOLA (K.). — 1920, Kulturen mit *Nostoc*-Gonidien der *Peltigera*-Arten. *Ann. Soc. Zool. Bot. Fenn. Vanamo*, 1.
- LUND. — 1955, *Pseudochlorella* nov. nom. *Oest. bot. Zeitsch.* 102, 104.
- MOSER-ROHRHOFFER (M.). — 1965, Der Anteil des Pilzes und der Algae am Aufbau der Gallerte von *Collema*. *Ceska mykologie*, 19, 205-211.
- NEUBNER (E.). — 1883, Beiträge zur Kenntnis der Calicinen. *Flora*, 66.
- NYLANDER (W.). — 1884, Lichenes novi e freti Behringii. *Flora*, 67, 211.
- PETERSEN (J. B.). — 1928, The aerial Algae of Iceland. *Bot. Iceland*, 2, 328-447.
- 1956, Betreffs *Myrnesia pyriformis*. *Oest. bot. Zeits.*, 103, 634.
- PLESSL (A.). — 1963, Ueber die Beziehungen von Haustoriciotypus und Organisationshöhe bei Flechten. *Oest. bot. Zeits.*, 96, 145-160.
- POELT (J.). — 1959, Eine Basidiolichene in den Hochalpen. *Planta*, 52, 600-605.
- POELT (J.) and OBERWINKLER (F.). — 1964, Zur Kenntnis der flechtenbildenden Blatterpilze der Gattung *Omphalina*. *Oest. bot. Zeits.*, 111, 393-401.
- PRINTZ (H.). — 1921, Subaerial Algae from South Africa. *Kgl. Norsk. Vidensk. selkas Schrift.*, 1.
- 1927, Chlorophyceen in Engler's Natürlichen Pflanzenfamilien, 3, 2^e éd.
- 1939, Vorarbeiten zu einer Monographie der Trentepohliaceen. *Nyfl. Magas. Nat.*, 80, 137-210.

- PUYMALY (A. de). — 1924, Le *Chlorococcum humicola* (Näg.) Rabcech. *Rev. Alg.*, 1, 107-114.
- QUISPEL (A.). — 1943-1945, The mutual relations between algae and fungi in Lichens. *Rec. Trav. bot. néert.*, 40, 413-541.
- RATHS (H.). — 1938, Experimentelle Untersuchungen mit Flechtengonidien der Familie der Caliciaceen. *Ber. schweiz. bot. Gesell.*, 48, 329-416.
- REISIGL (H.). — 1964, Zur Systematik und Oekologie alpiner Boden-Algen. *Oest. bot. Zeits.*, 111, 402-499.
- SALISBURY (G.). — 1953, A new species of *Arthopyrenia* with blue green Algal cells. *Naturalist*, Londres, 17-18.
- SANTESSON (R.). — 1952, Follicolous Lichens I (A revision of the taxonomy of the obligately foliicolous lichenised fungi). *Symb. Bot. Ups.*, 12, 1-590.
- SCHMIDDLÉ (W.). — 1901, Ueber drei Algengenera. *Ber. d.d. bot. Gesell.*, 19, 10-24.
- SCHWENDENER (S.). — 1860 à 1868, Untersuchungen über den Flechtenthallus. *Beitr. wiss. Bot.*, Leipzig, 1860, 2, 109-186 ; 1863, 3, 127-198 ; 1868, 4, 161-202.
- 1867, Ueber die Natur der Flechten. *Verh. schweiz. Naturf. Rheinfelden*, 88-90.
- 1868, Ueber die Beziehungen zwischen Algen und Flechtengonidien. *Bot. Zeit.*, 26, 289-292.
- 1869, Die Algentypen der Flechtengonidien. Bâle.
- SHIMAN (H.). — 1957, Beiträge zur Lebensgeschichte homoomerer und heteromerer Cyanophyceen Flechten. *Oest. bot. Zeits.*, 104, 409-453.
- SMITH (D.C.). — 1962, The biology of the Lichen thalli. *Biol. Rev.*, 37, 537-570.
- STAHL (E.). — 1877, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Flechten. II : Ueber die Bedeutung der Hymenialgonidien. Leipzig.
- STARR (R. C.). — 1955, A comparative study of *Chlorococcum meneghini* and others spherical, zoospores producing genera of the Chlorococcales. *Ind. Univ. Publ., Sc. ser.*, n° 20, 1-111.
- STEINER (M.). — 1949, *Maronella laricina* n.g., n. sp. (Acarosporaceae) eine neue Flechte aus Tirol. *Oest. bot. Zeits.*, 106, 440.
- SWINSCOW (T.D.). — 1965, The marine species of *Arthopyrenia* in the British Isles. *Lichenol.*, 3, 55-64.
- TREBOUX. — 1912, Die frei lebende Alge und die Gonidie *Cystococcus humicola* in Bezug auf die Flechtensymbiose. *Ber. d.d. bot., Gesell.*, 30, 69.
- TSCHERMAK (E.). — 1941 a, Beitrag zur Entwicklungsgeschichte und Morphologie der Protococcale *Trochiscia granulata*. *Oest. bot. Zeits.*, 90, 67-73.
- 1941 b, Untersuchungen über die Beziehungen von Pilz und Alga im Flechtenthallus. *Ibid.*, 233-307.
- 1943, Weitere Untersuchungen über die Beziehungen von Pilz und Alga im Flechtenthallus. *Ibid.*, 92, 15-24.
- TSCHERMAK-WOESS (E.) (= TSCHERMAK E.). — 1948, Ueber wenig bekannte und neue Flechtengonidien, I : *Chlorella ellipsoidea* Gernek, als neue Flechtenalge. *Oest. bot. Zeits.*, 96, 341-343.
- 1951, *Idem*, II : Eine neue Protococcale, *Myrmecia reticulata*, als Algen Komponente von *Catillaria chalybeia*. *Ibid.*, 98, 412-419.
- 1953, *Idem*, III : Die Entwicklungsgeschichte von *Leptosira thrombii* nov. sp. der Gonidie von *Thrombium epigaeum*. *Ibid.*, 100, 203-216.
- 1964, Die systematische Zugehörigkeit der Gonidien von *Maronella laricina* Steiner. *Ibid.*, 111, 323-325.
- TSCHERMAK-WOESS (E.) et PLESSL (A.). — 1948, Ueber zweierlei Typen sukcedaner Teilung und ein auffallendes Teilungsverhalten des Chromatophors bei einer neuen Protococcale *Myrmecia piriformis*. *Oest. bot. Zeits.*, 95, 194-207.
- UYENCO (F. R.). — 1965, Studies on some lichenised *Trentepohlia* associated in lichen thalli with *Coenogonium*. *Trans. amer. micr. Soc.*, 84, 1-14.
- VERSEGHY (K.). — 1961, A *Graphis scripta* Ach. (Lichenes) gonidiumara vonatkozó vizsgálatok. *Bot. Közl.*, 49, 95-99.
- VEZDA (A.). — 1966, Flechtensystematische Studien. Die Gattungen *Ramonia* Stiz. und *Gloeolecta* Lett. *Folia geobot. Phytotax. Bohemoslov.*, 1, 154-175.
- VISCHER (W.). — 1953 a, Ueber primitivste Landpflanzen. *Ber. schweiz. bot. Gesell.*, 63, 169-193.

- 1953 b, Mutationen bei der Algengattung *Diplosphaera* Bial. *Dreizehrl. Jahresb. schweiz. Gesell. Vererbungsst. Archiv d. Jul. Klaus Stift.*, 28, 287-291.
- 1955, Ueber eine Grünalgen Gattung : *Jaagia* (*Chlorellopsis* Zeidler non Reis) aus der Gruppe der Chlorococcales. *Ber. schweiz. bot. Gesell.*, 65, 511-551.
- 1956, Voir BINZ (A.) et VISCHER (W.).
- 1960, Reproduction und systematische Stellung einiger Rinden und Boden-algen (*Desmococcus*, *Apalococcus*, *Diplosphaera*, *Coccolothrys*, *Cederceruziella*, *Jaagiella*). *Rev. suisse Hydrol.*, 22, 330-349.
- WAINIO (E.). -- 1903, Lichens in Résultats du voyage de S.Y. Belgica en 1897-1898-1899 sous le commandement de A. de Guerlache de Gomery. Expédition antarctique.
- WALLROTH (F. W.). -- 1825-1827, Naturgeschichte der Flechten, I et II, Francfort-sur-le-Main.
- WAREN (M.). -- 1918-1919, Reinkulturen von Flechtengonidien. *O/v. Finska Vetensk. Soc. Forhandt.*, 61, 1-79.
- WATANABE (A.) et KIYOHARA (T.). -- 1963, Symbiotic blue-green algae of lichens, liverworts and cycads. *Jap. Soc. Plant Physiol.* éd. Studies on microalgae and photosynthetic bacteria. Tokio, 189-196.
- WEDDEL (M. A.). -- 1875, Excursion lichénologique dans l'île d'Yeu sur la côte de Vendée. *Mém. soc. Nat. Sc. Nat.*, Cherbourg, France, 29, 251-316.
- WERNER (R.). -- 1927, Recherches biologiques et expérimentales sur les Ascomycètes des Lichens. *Thèse Paris*, sér. A., n° 1094, n° d'ordre 1939.
- 1954, La gonidie marocaine des *Xanthoria parietina* (L.) Bellr. *Bull. Soc. Sc. Nancy*, France, N.S., 13, 8-26.
- 1958, La gonidie marocaine du *Parmelia tinztina* Mah. et Gill. *Ibid.*, 17, 262-273.
- 1960, Étude biologique de la gonidie hyméniale de l'*Endocarpon pallidum* Ach. *Ibid.*, 6, 212-60.
- 1961, La gonidie marocaine du *Diplochistes scruposus* (Schr.) Norm. *Bull. Soc. lorrain. Sc.*, 158-165.
- ZAHLEBRUCKNER (A.). -- 1926, Lichens in Engler's Natürlichen Pflanzenfamilien, 8. Englemann éd. Leipzig.
- ZEHNDER (A.). -- 1949, Ueber den Einfluss von Wuchsstoffen auf Flechtenbildern. *Bull. Soc. bot. Genève*, 59, 201-265.
- ZEITLER (I.). -- 1954, Untersuchungen über die Morphologie, Entwicklungsgeschichte und Systematik von Flechtengonidien. *Oest. bot. Zeits.* 101, 453-487.