LES ALGUES D'EAU DOUCE ET LEUR INTÉRÊT EN PISCICULTURE

par

P. VIVIER

et

E. MANGUIN

(Station Centrale d'Hydrobiologie appliquée.)

(Museum national d'Histoire naturelle.)

Les innombrables Algues, la plupart microscopiques, qui peuplent nos eaux douces, ont un intérêt puissant en pisciculture ; ce sont elles qui forment presque entièrement la nourriture des animaux du Plancton et du Benthos, notamment celle des Rotifères et des Entomostracés, eux-mêmes recherchés des poissons ; DIFFENBACH notamment a publié à ce sujet un graphique (1) des plus suggestifs qui montre la relation étroite existant entre la quantité de Plancton et le nombre de Rotifères dans un même volume d'eau ; les deux courbes qui expriment le nombre d'individus en fonction du temps pour chacun des deux groupes sont sensiblement parallèles. Sans les Algues d'eau douce, les Poissons ne sauraient donc vivre, à moins de recevoir une nourriture artificielle, viande ou farineux suivant les espèces, c'est dire l'importance pratique de l'Algologie.

Cette science nous apprend, entre autres, quels sont les meilleurs milieux de culture pour tels ou tels groupes d'Algues : on conçoit que dans les immenses vases de Petri que forment les étangs, il soit possible, théoriquement, d'en diriger en quelque sorte la production par l'addition de produits chimiques semblables à ceux utilisés dans les cultures de laboratoire ; les engrais dont le rôle bienfaisant en pisciculture est prouvé, surtout depuis les expériences de WALTER à Willenbach (2) trouvent dans l'Algologie l'explication de leur efficacité ; ce sont eux qui apportent à ces innombrables végétaux les matières minérales dont ils ont besoin ; ce sont eux qui créent le milieu de culture favorable dont bénéficiera en définitive le Poisson.

Aussi n'avons-nous pas cru inutile d'insister un peu longuement sur l'écologie et la biologie des Algues dans les quelques pages qui vont suivre.

---

(1) L'un de nous a reproduit ce graphique dans : — « Les Principes de la Limnologie », — *Bulletin Français de Pisciculture*, n° 70, Avril 1934, p. 279.

(2) P. VIVIER : — La fumure des étangs. — *Journal d'Agriculture pratique*, 1934.

I. — LES ALGUES D'EAU DOUCE

par E. MANGUIN

(*Museum national d'Histoire naturelle.*)

I. — GÉNÉRALITÉS BIOLOGIQUES

A l'encontre de tous les animaux, depuis les Protozoaires jusqu'aux Vertébrés, qui ne savent pas utiliser l'énergie lumineuse du soleil pour la synthèse de leur propre substance vitale, les plantes vertes, que le parasitisme n'a pas dégradées, se servent de cette énergie pour édifier leur protoplasma, exclusivement à partir d'éléments chimiques puisés dans le milieu cosmique : eau, gaz carbonique, nitrates, sels ammoniacaux. Leur extraordinaire pouvoir de synthèse est capable d'édifier, à partir de ces éléments chimiques simples, un grand nombre de molécules organiques, ou groupements chimiques extrêmement complexes.

Que ce soit sur la terre ou au sein des eaux, la plante joue le même rôle créateur. Ainsi pour le sujet qui nous intéresse, la majorité des Algues est holophyte (autotrophe) (1), en un mot, capable de se nourrir exclusivement aux dépens du gaz carbonique de l'atmosphère. Grâce à ce pouvoir de photosynthèse, les Algues préparent une vie supérieure en devenant la proie des animaux microscopiques, lesquels à leur tour servent d'aliments à d'autres plus gros, ainsi de suite jusqu'à l'ultime terme de l'échelle animale.

Le phytoplancton, c'est-à-dire l'ensemble de tous les représentants de la végétation algale vivant au sein des eaux douces, compose la presque totalité de la nourriture du plancton animal ou zooplancton, principalement celle des Rotifères et des Crustacés. Ceux-ci sont, à leur tour, la base des éléments nutritifs des Poissons qui peuplent les étangs, les lacs et les rivières. L'on peut aisément se rendre compte de la puissance productive du phytoplancton, par les observations de BIRGE et JUDAY (2) sur la qualité nutritive du plancton du Lac Mendota dans le Wisconsin ; ces auteurs estiment qu'un hectare de surface des eaux de ce lac intérieur donne 240 kilos de matière organique sèche et portent à 2.800 kilos la production annuelle pour une même unité de surface.

La grande classe des Algues, qui comprend tous les thallophytes pourvus de chlorophylle, qu'ils soient marins ou d'eau douce, se divise en trois sous-classes, selon les caractères des pigments élaborés par les chloroplastes :

---

(1) Plantes se procurant la nourriture organique par leurs propres moyens, c'est-à-dire plantes à chlorophylle.

(2) Wisconsin Geol. and Nat. Hist. Survey, *Bulletin* n° 64, Sér. n° 13, 1922, p. 150.

I. — *Les Chlorophycées* ou *Algues vertes*, dépourvues de pigments surnuméraire, dont les chloroplastes colorés en vert sont formés des mêmes pigments que chez les végétaux supérieurs : chlorophylle, carotène, xanthophylle.

II. — *Les Phéophycées* ou *Algues brunes*; leurs chloroplastes contiennent non seulement les mêmes pigments que chez les Chlorophycées, mais encore un pigment caroténoïde brun : la phycoxanthine. Pendant la vie de la plante, ce pigment masque les précédents, mais il disparaît au moment de sa mort. Les Diatomées, en raison de leurs plastes bruns, sont rapprochées des Phéophycées.

III. — *Les Rhodophycées* ou *Algues rouges*, chez lesquelles aux pigments ordinaires est mêlé un pigment surnuméraire de teinte rouge : la phycoérythrine, qui masque la chlorophylle. Ce pigment surnuméraire n'est fixé aux chloroplastes que pendant la vie ; lorsque l'Algue meurt, il diffuse dans l'eau.

Enfin, malgré l'absence de plastes et de noyau différencié, est également rattaché aux Algues, le groupe des *Cyanophycées* ou *Algues bleues*. Le cytoplasme de ces Algues contient, à l'état diffus, de la chlorophylle associée à un pigment bleu : la phycocyanine, qui masque plus ou moins la première.

II. — DISTRIBUTION GÉOGRAPHIQUE ET DISSÉMINATION

La distribution géographique des Algues d'eau douce, exception faite des Algues aériennes qui paraissent plus spécialement localisées aux régions tropicales humides, constitue, sauf quelques variantes dues aux climats, des formations végétales entièrement semblables dans toutes les zones du globe. Ce pouvoir de dispersion dépend beaucoup plus de leur grande faculté d'adaptation aux conditions physico-chimiques variées du milieu (ubiquisme) (1), que de l'influence du lieu géographique.

Ce cosmopolitisme des Algues est également le résultat de leur facile transport par les principaux agents disséminateurs ; l'eau, comme élément essentiel à leur existence, est le plus important de tous : des montagnes aux plaines les Algues sont emportées par les ruisseaux jusqu'aux rivières et aux fleuves, peuplant dans ces trajets les étangs et les lacs. Les oiseaux aquatiques, en particulier les migrateurs, sont également les meilleurs auxiliaires après l'eau ; ils favorisent leur dispersion au loin en emportant la vase qui recèle leurs germes. Enfin, le vent lui-même est un agent de transport des hypnosporos (organes de conservation de ces végétaux) doués d'un certain pouvoir de résistance à la dessiccation.

---

(1) Ubiquistes : plantes qui peuvent vivre dans des stations diverses.

Alternance du cycle végétatif.

Par la rapidité des diverses phases de leur manifestation vitale, les Algues d'eau douce son remarquablement résistantes aux plus excessives variations du milieu ; elles savent utiliser au maximum, en un minimum de temps, les conditions favorables à leur activité végétative. La plupart ont rarement la même abondance pendant toute la période annuelle ; beaucoup passent, au cours des diverses conditions saisonnières, par des états de vie ralentie où elles semblent disparaître ; dans ce stade quiescent, elles assurent leur conservation au moyen d'organes spéciaux : hypnospores végétatives ou sexuelles (œufs) qui s'enfoncent dans la vase. Lorsque les conditions biologiques utiles réapparaissent, il se produit au cours des diverses saisons, une prédominance d'Algues caractéristiques des habitats peuplés par ces végétaux.

Les habitats et leurs formes algales caractéristiques.

Depuis leur vie entièrement submergée, point de départ de leur évolution ancestrale, jusqu'à la vie aérienne qui en représente l'ultime degré, les Algues d'eau douce occupent, en raison de leur grand pouvoir d'adaptation, les milieux les plus différents. Certaines même habitent dans le sol et y mènent une vie saprophytique ; d'autres se développent à l'intérieur des plantes ou des animaux aquatiques.

Leur répartition écologique est un des plus intéressants problèmes de l'Algologie ; aussi croyons-nous utile de donner par le tableau qui suit, un aperçu des multiples stations qu'elles occupent dans la nature.

I. — Algues vivant au sein des eaux douces de nombreux habitats.

A. — Dans les eaux dormantes ou à très faible courant : *Limnophiles* :

1° Ni incrustantes, ni perforantes :

a) Fixées sur un support quelconque, d'une façon plus ou moins permanente : *Benthos* :

α. Sur le sol ou la vase submergée : *Géophiles* ou *Limicoles* :

(*Tetraspora gelatinosa* (VAUCH) DESV. ; bon nombre d'Algues filamenteuses au début de leur développement : *Spirogyra*, *Cladophora*, *Stigeoclonium*, etc...).

β. Sur les pierres submergées : *Lithophiles* :

(*Coleochaete*, *Ulothrix*, *Cladophora*, *Oedogonium*, etc...).

γ. Sur les végétaux supérieurs submergés : *Phytophiles* :

(*Stigeoclonium*, *Draparnaldia*, *Microthamnion Kützingerianum* NAEG., *Chaetophora*, *Coleochaete*, etc...).

b) Vivant à l'intérieur des végétaux ou des animaux aquatiques :

α. Dans les végétaux : *Endophytes* :

(*Endoderma Cladophorae* HORNBY à l'intérieur des *Cladophora* ;

Chlorochytrium Lemnae COHN., dans les *Lemna* ; *Anabaena Azollae* STRASB., dans les *Azolla* ; etc...).

β. Dans les animaux : *Endozoïques* :

(Les gonodites trouvées à l'intérieur des Hydres d'eau douce ; dans les Protozoaires Ciliés, *Paramecium*, *Ophrydium* ; dans les Eponges d'eau douce et les Mollusques, sont dues aux espèces du genre *Chlorella*).

2° Incrustantes, perforantes ou cariantes :

α. Dans les eaux froides — Algues dont les filaments sont entourés d'une gaine plus ou moins épaisse formée par un dépôt de carbonate de chaux : *Incrustantes* :

(*Gongrosira Scourfieldii* WEEST, *Chlorotylum cataractum* KÜTZ., *Calothrix parietina* (NAEG.) THUR, *Rivularia haematites* (DC.) AG., *Oncobyssa rivularis* KÜTZ., etc...).

β. Perforantes du test des Anodontes : *Perforantes* :

(*Foreliella perforans* CHOD. sur les coquilles des Anodontes).

γ. Perforantes par carie progressive des pierres et des coquillages : *Calcivores* :

(*Gongrosira codiolifera* CHOD., *Hyella fonticola* HUBERT et JADIN, *Schizothrix fasciculata* (NAEG.) GOM., etc...).

aa) A un autre point de vue, on distingue les Algues unicellulaires ou pluricellulaires douées de motilité, ou passives et flottantes au gré des vagues formant le *Limnoplanton* :

α. Flore planctonique des grands lacs, ayant au moins 30 mètres de profondeur : *Pélagoplanton* :

(*Sphaerocystis Schrøeteri* CHOD., *Botryococcus Braunii* KÜTZ., *Oocystis lacustris* CHOD., *Dactylococcus lacustris* CHOD., *Gomphospharia lacustris* CHOD., *Cyclotella Bodanica* EULST., etc., etc...).

β. *Idem* des petits lacs ou lacs — étangs de faible profondeur : *Limnoplanton* proprement dit :

(Les *Pediastrum*, *Cœlastrum*, *Pandorina morum* (MÜLL.) BORY ; les *Oocystis*, *Lagerheimia* ; beaucoup de Desmidiées : *Closterium*, *Cosmarium*, *Staurastrum* ; des *Mallomonas* et *Dinobryon* ; beaucoup de Diatomées (en particulier comme caractéristiques les genres *Cyclotella*, *Rhizosolenia*) ; les *Peridinium* et *Ceratium* ; des Cyanophycées comme *Gomphospharia*, *Microcystis* et autres genres à formes planctoniques, etc...).

γ. *Idem* des étangs et mares de très faible profondeur envahis ou non par les Macrophytes : *Héléoplanton* :

(*Chlamydomonas*, *Gonium* et autres Volvocales ; nombreuses

Chlorococcales, Ulothrichales, Conjugatées, Desmidiées ; *Botryococcus Braunii*, *Ophiocytium* ; nombreuses Chrysophycées, Diatomées, Péridiniées, Cyanophycées).

δ. *Idem* des étangs tourbeux et tourbières à Sphaignes : *Sphagno-plankton*.

(*Schizochlamys delicatula* WEST, *Eremosphæra viridis* DE BARY, *Oocystis* plur. sp., *Geminella mutabilis* (BRÉB.) WILLE, *Spirotænia* plur. sp., également *Cylindrocystis* et *Netrium* ; un grand nombre de Desmidiées avec les grandes formes caractéristiques des *Micrasterias* et *Euastrum* ; *Chlorobotrys regularis* (WEST) BOHLIN, nombreuses Diatomées, en particulier *Eunotia*, *Frustulia*, *Pinnularia*, etc... ; également beaucoup de Cyanophycées).

B. — Dans les eaux courantes des rivières et des fleuves : *Potamophiles* :

a. Fixées plus ou moins temporairement sur les Hydrophytes des diverses zones ou sur les matériaux des berges : *Formes benthiques ou littorales* :

(*Ulothrix*, *Hormidium*, *Microspora*, *Chaetomorpha*, *Cladophora*, *Stigeoclonium*, *Chaetophora* ; nombreuses Diatomées ; *Chantrelia*, *Batrachospermum*, *Lemanea*, *Hildebrandtia*, *Xenococcus* ainsi que beaucoup d'autres Cyanophycées, etc...).

β. Libres : pélagiques ou passives : *Potamoplancton* :

Beaucoup d'espèces euplanktoniques appartenant au Limnoplankton se retrouvent ici ; un grand nombre des formes littorales ou benthiques facultatives peuvent y figurer également ; le Potamoplancton est surtout un *Plancton d'emprunt*. Cependant les formes suivantes paraissent plus ou moins caractéristiques de cet habitat : *Cyclotella glomerata* BACHMANN, *Ceratoneis arcus* (EHR.) KÜTZ., *Nitzschia actinastroides* (LEMM.) VAN GOOR, *Asterionella gracillima* (HANTZ.) HEIB., *Fragilaria crotonensis* (EDW.) KITT., *Synedra acus* plur. var., *Synura uvella* EHR., *Actinastrum Hantzschii* LAGERH., etc...

II. — Algues vivant au dehors des habitats précités, mais seulement dans des biotopes aqueux, très aérés, ou sur des supports aériens divers mais soumis à un régime hygrosopique variable :

A. — Sur des surfaces suintantes de positions variées, dans de petites collections d'eau, sur des supports imbibés : *Formes subaériennes ou aérophiles* :

a. Sur les parois des rochers suintants :

Δ. A suintements permanents : *Mésophiles* : — *Pediastrum integrum* NAEG., *Oocystis* plur. sp., *Glaucocystis Nostochinearum*

ITZIGS., *Mosotaenium* plur. sp., *Gonatozygon Brebissonii* DE BARY, *Closterium* plur. sp., *Cosmarium* plur. sp., *Staurostrum Meriani* REINSCH. ; des cystes de Chrysomonadinées ; de nombreuses Diatomées ; *Aphanocapsa Grevillei* (HASS.), RABH., *A pulchra* (KÜTZ.) RABH., des *Lyngbya* et *Oscillatoria*, etc...

ΔΔ. A suintements temporaires : *Xérotiques* : — (*Hormidium dissectum* CHOD., *Cylindrocystis crassa* DE BARY, *Achnanthes coarctata* BREB., *Melosira Roesana* RABH., *Pinnularia borealis* EHR. ; nombreuses Cyanophycées des genres *Gleocapsa*, *Chroococcus*, *Phormidium*, *Symploca*, *Hassalia*, *Stigonema*, etc., etc...

β. Dans les coussinets de Mousses imbibées d'eau : *Bryophiles* :

La plupart des espèces de l'habitat précédent, en plus quelques Diatomées plus fréquentes ici, particulièrement en montagne : tels que *Tetracyclus rupestris* (A. BR.) GRUN., *Diatomella Balfouriana* GREV., qui sont toutes deux des formes alpines, enfin des Cyanophycées comme *Aphanocapsa*, etc...

γ. Dans les sources, bassins des fontaines, les cuvettes des chutes d'eau et des cascades : *Crénophiles* :

Ulothrix zonata (WEB. et MOHR), KÜTZ., *Hormidium rivulare* KÜTZ., *Microspora amoena* (KÜTZ.) LAGERH., *Chaetomorpha*, *Cladophora* ; un grand nombre de Diatomées caractéristiques des *Chantransia* et *Batrachospermum*, etc...

B. — Algues qui accomplissent leurs fonctions vitales hors de l'élément aqueux, mais seulement au dépens de l'eau météorique, et qui, de ce fait, supportent sans dommage les effets d'une dessiccation plus ou moins prolongée : *Formes aériennes* :

α. Sur la terre : *Terricoles épigées* :

Mesotaenium chlamyosporum DE BARY, *Cylindrocystis Brebissonii*, *Zygnema ericetorum* (KÜTZ.) HANSG., *Chlorococcum humicola* (NAG.) RABH., *Hormidium flaccidum* A. BR., *Prasiola crispa* (LIGHT) MENEGH., *Ædocladium protonema* STAHL., *Rhizoclonium riparium* HARV., *Vaucheria hamata* WALZ., *V. repens* HASS., *Symploca muralis* KÜTZ.

β. Sur la terre ou sur les murs souillés : *Urophiles* :

Schizogonium murale KÜTZ., *Porphyridium cruentum* (ALF.), NAEG.

γ. Sur le limbe des feuilles : *Epiphylls* :

Trentepohlia, *Cephaleuros*, *Phycopeltis*, *Phyllosiphon*, *Scytonema Hofmanni* AGARDH, etc...

δ. Sur l'épiderme ou les poils des animaux : *Epizoïques* :

Dermatophyton, *Trichophilus*.

- α. Sur les rochers, les pierres et les murs : *Saxicoles* :
Trentepohlia aurea (L.) MART., *T. Jolithus* (L.) WALLR., *Prusiola leprosa* Kütz.
- φ. Sur le chapeau de certaines Polyporacées : *Ligni-fongicoles* :
Chlamydomonas fungicola DE PUYMALY, *Chlorella ellipsoidea* GERNECK, *Keralococcus caudatus* PASCH., *Hormidium dissectum* CHOD., *H. pseudostichococcus* HEERING, *Stichococcus bacillaris* NAEG.
- π. Sur les troncs lisses ou les écorces des arbres : *Corticoles* :
Trebouzia arboricola PUYM., *Hormidiopsis crenulata* (Kütz), HERRING., *Protococcus Naegeli* CHOD., *Pleurastrum lobatum* (CHOD.) PRINTZ, *Trentepohlia abietina* (FLOTOW) HANSG., *T. odorata* (WIGGERS) WITTR...
- θ. Sur les toits de chaume ; *Calamicoles* :
 Avec des Diatomées et des Cyanophycées se trouvent les espèces suivantes : *Mesotaenium macrococcus* (Kütz.) ROY et BISSET, *Pleurococcus vulgaris* MENEGH., *P. Naegeli* CHOD., *Dactylococcus bicaudatus* A. BR., ainsi que certaines espèces des habitats précédents.

III. — *Algues vivant sur la neige et la glace des régions froides et des hautes montagnes : Cryoplancton :*

Chlamydomonas nivalis WILLE, *Encyonema Nordenskieldii* BERGG., *Raphidium nivale* CHOD., *R. Vireti* CHOD., *Scotiella nivalis* (CHOD.) FRITSCH.

IV. — *Algues vivant dans les bassins des sources chaudes et des geysers : Thermophiles :*

Certaines formes eurythermes de Diatomées et Cyanophycées.

V. — *Flore algale souterraine du sol : Terricoles hypogées :*

Chlorococcum humicolum (NAEG.) RABH., *Trochiscia aspera* REINSCH HANSG., *Ulothrix subtilis* Kütz. var. *variabilis* (Kütz). KIRCHN., *Bumilleria exilis* KLEBS., *Navicula mutica* Kütz., *N. atomus* (NAEG.) GRUN., *Hantzschia amphioxys* (EUR.) GRUN., *Plectonema Battersii* GOM., *Phormidium* plur. sp.

Les peuplements utiles.

De tous les nombreux peuplements en Algues, figurant dans ce tableau, nous n'étudierons ici que ceux qui jouent un rôle utile dans la nourriture des Poissons, soit indirectement par interposition de la faune microscopique leur servant de proie, ou encore directement dans leur alimentation. Toutes les associations algales nourricières appartiennent uniquement aux

formations benthiques et planctoniques de la première partie de notre tableau ; la composition de leurs éléments floristiques est plus ou moins caractéristiques des divers habitats, ainsi que des conditions écologiques qui régissent ces derniers.

Les deux grands modes d'existence que représentent le Benthos ou le Plancton, entraînent chez les Algues d'eau douce un certain nombre de dispositifs biologiques particuliers : moyens de fixations pour les Algues benthiques, mécanismes de flottaison pour les Algues planctoniques. La différenciation d'un élément quelconque de l'organisme algal, ou encore la spécialisation morphologique totale de celui-ci, à l'un de ces deux modes d'existence, déterminent de nombreux exemples de convergence de forme chez des espèces de position systématique parfois fort éloignée.

III. — LE BENTHOS

Chez les Algues benthiques ou littorales, indifférentes à la nature du support sur lequel elles vivent fixées, habitant par conséquent de nombreuses formations, les divers moyens de fixation de leur thalle peuvent se résumer, pour les Euclorophycées en particulier, par les trois types biologiques suivants :

- I. — Type en écusson ou en rhizome à symétrie dorsiventrale.
- II. — Type *characioïde*, permanent, ou seulement au stade juvénile.
- III. — Type *Hormotila* à support gélifié, simple ou ramifié.

Dans le premier type à différenciation dorsiventrale, par exemple le *Coleochaete scutata* BRIÈR. (Fig. 1, pl. V), la thalle discoïde, provenant d'une ou plusieurs cellules centrales se ramifiant en filaments dichotomiques radiés, est parsemé à sa périphérie de poils muqueux, tuniqués, tous dirigés dans le milieu liquide, alors que les cellules pseudo-parenchymateuses forment chez cette Algue un coussinet étroitement fixé sur le substratum. Chez *Aphanochaete repens* A. BR. (Fig. 2, pl. V), ce dispositif se réduit à l'état de filaments pleurococcoïdes rampants, non agrégés en thalle discoïde, à surface dorsale surmontée de longs poils renflés à leur base. Enfin, ce somatropisme (1) particulier se manifeste également chez les *Batrachospermum* avec un thalle rampant rhizomateux, ou encore en forme de talon chez *Stigeoclonium*. Ainsi, par l'absence de tout géotropisme (2) et les effets du somatropisme, toutes les Algues pourvues d'un de ces moyens de fixation peuvent se développer dans n'importe quelle orientation sur les organes des végétaux submergés.

Avec les Algues du type *characioïde* à régime benthique permanent, figurent également des Algues libres, qui, au début de leur développement,

---

(1) Influence directe du substratum sur la croissance des organismes.

(2) Action de la pesanteur sur la direction des organes des plantes.

vivent fixées sur un support au moyen du même dispositif, par exemple chez *Oedogonium* plur. sp. (Fig. 4, pl. V), ou encore les *Microthamnion*. Dans leur ensemble, toutes ces Algues ont pour caractère commun de donner naissance lors de la germination de leurs zoospores ou œufs, à des plantules characioïdes pourvues d'un crampon en forme de disque ou de griffe, surmontées en un stipe plus ou moins développé se terminant par le thalle filamenteux ou vésiculeux de l'Algue. Chez les petites Algues unicellulaires comme es *Characium* (Fig. 3, pl. V), qui offrent peu de prise au mouvement de l'eau, l'appareil de fixation se réduit en un cordon cellulosique plus ou moins allongé, s'appliquant au substratum par un épaissement basilaire discoïde. Ce dispositif est tout autre pour les Algues comme les *Draparnaldia*, dont la thalle pluricellulaire, filamenteux ou arbusculeux, présente une plus grande surface au choc des vagues : il se forme à la germination un rhizome, entouré de rhizoïdes adventifs issus des premières cellules du thalle. Dans ces diverses réalisations du type characioïde, la structure générale est radiaire avec différenciation en base et sommet.

Enfin chez les Algues benthiques du type *Hormotila*, tel que *Mischococcus confervicola* NAEG. (Fig. 5, pl. V), appartenant aux Xanthophycées, la zygospore ou la zoospore, fixées au moyen d'une substance adhésive, rompent à la germination leur enveloppe pour se diviser en deux plans, dont un forme une sorte de colonne tubuleuse gélifiée, restant adhérente au support et qui soulève la cellule issue du second plan ; cette dernière qui reste également fixée sur la précédente, donne naissance à un dispositif semblable. Par le développement successif d'autres cellules, cette Algue donne naissance à un thalle ramifié en forme d'arbuscule, vivant en épiphyte sur de nombreuses Algues filamenteuses.

Les divers types de fixation que nous venons de passer en revue chez les Eucharophycées, se retrouvent plus ou moins modifiés ou dégradés chez les formes benthiques des autres classes d'Algues, par exemple pour les Rhodophycées : *Lemanea*, *Batrachospermum* et *Chantransia*. De même les Chrysophycées épiphytes présentent, avec des formes palmelloïdes (1) attachées, des formes characioïdes comme *Phaeothamnion confervicolum* LAGERH.

Quant aux Diatomées, extrêmement abondantes et variées dans les eaux douces, d'une façon générale les formes benthiques ou littorales sont fixées à leur support au moyen d'une substance muqueuse secrétée par la cellule. Dans plusieurs genres de Diatomées coloniales, cette substance est nettement localisée ; par exemple les frustules (2) des *Diatoma* et *Tabellaria*, disposés en zig-zag, sont reliés entre eux par un ciment muqueux sécrété à un

---

(1) Formes palmelloïdes : — Algues dont les cellules sont associées en colonies gélatineuses, chaque cellule étant un individu.

(2) Frustule : — carapace siliceuse formant l'enveloppe au squelette des Diatomées.

PLANCHE V. — Modes de fixation chez les Algues benthiques.

1, type dorsiventral *Coleochaete scutata* à thalle pseudo-parenchymateux ; — 2, chez *Aphanochaete repens* à filaments pleurococcoides ; — 3, type characioïde unicellulaire chez *Characium Pringsheimii* A. Br. ; — 4, à jeune plantule characioïde chez un *Edogonium* sp. ; — 5, type hormotila *Mischoecoccus confervicola* ; Chez les Diatomées : — 6, frustules réunis en zig-zag par des coussinets muqueux chez *Tabellaria flocculosa* ; — 7, en touffe chez *Synedra ulna* ; — 8, en stipe gélatineux ramifié chez un *Gomphonema* sp ; — 9, sur pédoncule gélatineux chez *Gomphonema constrictum* ; — 10, à l'intérieur d'un tube gélatineux ramifié chez *Cymbella caespitosa*.

des angles de la cellule, le frustule basal étant lui-même fixé au substratum par un semblable coussinet (Fig. 6, pl. V). Beaucoup de Diatomées pennées exudent ce mucus par un pore situé ordinairement au voisinage d'un ou des deux pôles de la valve ; il forme généralement une saillie très nette sur la membrane siliceuse de la valve.

Il convient de ranger les Diatomées fixées en deux catégories, selon qu'elles vivent agrégées en colonies flottantes, semi-planctoniques, attachées temporairement en un point à leur support, ou bien qu'elles apparaissent habituellement en épiphytes, fixées isolément, ou en un groupe à leur support.

Dans la première catégorie, les colonies sont figurées par des individus réunis les uns aux autres en chaînes ou en filaments (certains *Melosira*), ou en zig-zag (*Diatoma* et *Tabellaria*), enfin en rubans (*Fragilaria*). Ce sont des formes planctoniques facultatives, adaptées à la vie flottante.

La deuxième catégorie, la plus nombreuse en représentants, se résume par les divers types suivants :

a) Frustules rarement isolés, le plus souvent rassemblés en touffes, fixés au substratum par un coussinet muqueux : beaucoup de *Synedra* (Fig. 7, pl. V), *Nitzschia*, également certaines espèces à pédoncule gélatineux très court comme chez plusieurs *Gomphonema* (Fig. 9, pl. V).

b) Frustules insérés directement sur leur substratum par une des faces valvaires, tels que les *Epithemia* et *Amphora*, dont la face ventrale valvaire avec ses deux raphés est appliquée sur le support ; également le *Cocconeis pediculus*, à valves fortement arquées, s'insère par la valve pourvue de raphés.

c) Frustules enrobés dans une pellicule gélatineuse tapissant la vase, les pierres ou tous autres supports submergés : un certain nombre de *Navicula* et de *Nitzschia*.

d) Frustules contenus dans des tubes muqueux. Pour beaucoup d'espèces ce mode de vie est facultatif. Dans ce dispositif, un grand nombre d'individus sont inclus dans un tube gélatineux commun, simple ou ramifié : *Frustulia*, *Navicula*, *Cymbella* sect. *Encyonema* (Fig. 10, pl. V), *Nitzschia* sect. *Homococcladia*, etc. Dans certains cas, l'on a observé la coexistence de deux espèces dans le même tube.

e) Frustules pédunculés. Ce mode de fixation, le plus fréquent, est également facultatif pour beaucoup d'espèces. Ici les individus sont fixés par leur extrémité à une des ramifications hyaline du stipe gélatineux attaché au support, ou encore simplement insérés à un simple pédoncule de même nature. Ce mode de liaison est représenté chez la plupart des *Gomphonema* (Fig. 8, pl. V) ; de même pour un certain nombre de *Cymbella* sect. *Cocconeia*, les *Rhoicosphenia* et *Achnanthes* plur. sp.

Enfin, après les Diatomées, il faut réserver une place à part aux quelques Algues qui habitent le mucus des *Batrachospermum*, *Coleochaete*, ou les gelées tégumentaires de certaines Cyanophycées ; ce sont plus particulièrement les *Chaetonema* et *Glœocystis*. Il est probable que ces Algues gélophiles ne sont pas sans jouer un rôle utile dans le développement des Alévins qui recherchent cet habitat.

IV. — LE PLANCTON

La signification du terme Plancton, employé pour la première fois en 1887 par le Suédois HENSEN, exprime l'ensemble de tous les êtres, végétaux et animaux microscopiques, qui flottent ou qui nagent passivement dans l'eau. Si cette définition première du Plancton n'implique aucune confusion quant aux organismes marins, l'étendue et la composition de ce milieu étant parfaitement définies, il n'en est plus de même lorsque celle-ci s'applique aux formations d'eau douce. Ici la grande diversité des milieux et des facteurs édaphiques rendent cette notion beaucoup plus confuse ; aussi les Hydrobiologistes ont-ils été amenés à créer, parfois même avec exagération, nombres de termes pour définir d'une manière précise la spécificité d'un Plancton d'eau douce.

Les éléments figurés communs au Plancton marin comme à celui d'eau douce sont les suivants : le Plancton végétal ou *Phytoplankton*, le Plancton animal ou *Zooplankton*, enfin le *Tripton*, formé par les particules organiques et minérales en suspension ou flottant dans l'eau, qui constitue le *Planctotripton*. L'ensemble de ces trois éléments, vivants et inanimés, c'est-à-dire tout ce qui reste sur un tamis après filtration de l'eau, porte le nom de *Seston*.

Le Phytoplankton.

Le rôle capital des Algues dans la Biologie du monde aquatique et, en tout premier lieu, dévolu aux espèces planctoniques ; nous avons indiqué précédemment, d'une façon générale, la grande importance de ces microphytes comme créateurs de substances nutritives indispensables à l'entretien de la vie animale. Egalement nous avons énuméré les nombreux Planctons végétaux selon leur origine stationnelle.

Quant à la répartition et à l'évolution du Phytoplankton, ces deux points essentiels de la vie des Algues, ils sont en rapport avec les multiples effets des facteurs physico-chimiques et biotiques du milieu ; ces facteurs sont également pour la plupart variables en fonction de l'espace et du temps. L'étude des nombreux problèmes que posent toutes ces données appartient au domaine de l'*Hydrobiologie* (1).

Il importe seulement ici, pour l'exposé du sujet que nous nous sommes

---

(1) Voir P. VIVIER. — Les Principes de la Limnologie. — *Bulletin Français de Pisciculture*, — nos 68, 69, 70 et 71, Février-Mai 1934.

fixé, de développer quelques notions précises sur les moyens mis en œuvre par les Algues dans leur adaptation à la vie planctonique, ainsi que les diverses théories du mécanisme de la flottaison chez ces végétaux inférieurs.

Tout d'abord, quelques explications sur l'origine intrinsèque du Phyto-plancton. En général, les organismes algales de cette grande formation passent au cours de leur vie par deux phases distinctes : — 1° une phase active ou *cinétique*, celle de la vie planctonique ; — 2° une phase inactive, correspondant à la phase immobile ou *acinétique*, représentée par la production d'organes de conservation, tels que les cystes, hypnospores et akinètes, dépourvus de motilité et de moyen de flottaison, et qui tombent au fond de l'eau.

Cette alternance du cycle végétatif des Algues planctoniques se traduit par des périodes d'apparition et de disparition totale ou partielle de celles-ci. Ces phénomènes ne signifient pas toujours qu'un ou plusieurs éléments figurés d'un Plancton prennent naissance dans le milieu même où ils sont observés, c'est-à-dire qu'ils soient *endogénétiques* ; au contraire, il peut arriver, ce qui est fréquemment le cas des éléments du Potamoplancton, que l'une ou l'autre phase, parfois les deux, prennent naissance en des lieux éloignés ; ces éléments sont alors d'origine externe ou *allogénétique*.

Avant de traiter de la forme comme élément essentiel de la flottaison, nous dirons seulement quelques mots sur la grosseur des Planctons et son importance utilitaire. La valeur nutritive des Algues du Phytoplancton, en particulier celles des espèces unicellulaires qui constituent la nourriture de choix des Cladocères phytophages, dépend en premier lieu de leur grosseur, autrement dit de leur facilité d'absorption par les ravisseurs animaux. Cet important caractère est exprimé par la classification suivante des Planctons :

Microplancton. — De 20 μ jusqu'à quelques millimètres, représenté par la majorité des espèces planctoniques uni et pluricellulaires, y compris les formes coloniales.

Nanoplancton. — Inférieurs à 20 μ ; beaucoup de ces espèces passent à travers les mailles du filet fin ; elles constituent le Plancton de centrifugation.

Ultraplancton. — Inférieurs à 5 μ ; y figurent surtout les Bactéries. L'étude de ce Plancton se fait par filtration sur bougie ou culture sur plaque.

Malgré l'état élémentaire de nos connaissances actuelles sur la sélection de la faune aquatique à l'égard des microphytes utiles à sa nutrition, l'on peut admettre avec certitude le rôle prépondérant du Nanoplancton comme élément nourricier des petits animaux aquatiques, en particulier chez les Crustacés inférieurs (Entomostracés).

Les formes typiques chez les Algues planctoniques.

Les nombreuses formes d'Algues unicellulaires, isolées ou groupées en colonies du Plancton d'eau douce, se ramènent aux trois types morphologiques suivants : les formes allongées, plates, sphériques ou cubiques (isodiamétriques), selon l'accentuation de leur développement dans une ou plusieurs des trois dimensions.

La même variété de forme chez les Algues planctoniques se retrouve, à peu d'exceptions près, chez les Algues non planctoniques. La convergence morphologique ne laisse apercevoir aucune conclusion positive sur le mode de vie particulier. Cependant le caractère de la forme n'est pas moins de première importance chez les Algues planctoniques, surtout si l'on considère les nombreuses combinaisons qui résultent des trois types fondamentaux : soit séparément ou réunis entre eux, ou encore combinés à des éléments secondaires tels que les formations gélatineuses, la production d'appendices, la présence de corps gras ou de vacuoles gazeuses. Tous ces éléments représentent autant de moyens supplémentaires s'ajoutant à la forme, augmentant ainsi le pouvoir de flottaison de ces microphytes.

Formes à une dimension (P. VI).

Ici l'accentuation du développement de la forme est donnée dans une seule direction ; ce type est représenté par des Algues unicellulaires isolées ou associées en filaments simples, ou groupées de diverses façons.

Cellules isolées :

1° *Forme en baguette*, commune chez les organismes du Phytoplancton, elle peut être prismatique ou cylindrique et fréquemment arrondie aux extrémités : *Synedra* (f. 1), *Nitzschia* (f. 2), *Gonatozygon monotaennium* (f. 3).

2° *Forme en aiguille*, semblable à la précédente, mais à extrémités pointues : droite *Synedra* (f. 4), *Nitzschia* (f. 5), *Closterium acutum* (f. 6), courbée *Ankistrodesmus longissima* (f. 7), en spirale *Ankistrodesmus spiralis* (f. 8). Chez certaines Algues, les extrémités sont très allongées, alors que la partie médiane est cylindrique ou fusiforme : *Rhizosolenia* (f. 9), *Ankistrodesmus setigera* (f. 10).

Cellules associées en colonies :

3° *Forme en filament* ; très fréquente dans le Plancton , mais non exclusive ; elle est constituée de cellules associées les unes aux autres par leurs extrémités ; elle est droite ou plus ou moins courbée, sinueuse, spiralee : *Oscillatoria* (f. 11), *Lyngbya* (f. 12), *Phormidium* (f. 13), *Aphanizomenon* (f. 14), *Anabaena* (f. 15), *Melosira* (f. 16), quelques espèces de *Cyclotella* f. 17), *Tribonema* (f. 18), *Mougeotia* (f. 19). Les cellules des filaments peuvent être de forme discoïde, cylindrique, sphérique, mais comme elles ne sont que des unités, seuls leur association en filament représente une formation à une dimension.

4° *Forme en touffe*, celle-ci se présente lorsque les cellules en baguettes

PLANCHE VI. — Formes d'Algues à une dimension.

A. — TYPE BAGUETTE : — figs. 1 *Synedra ulna* (Nitzsch) Ehr., var. *aqualis* (Kütz.) Hust.; — 2 *Nitzschia palea* (Kütz.) W. Sm.; — 3 *Gonatozygon monotaenium* De Bary.

B. — TYPE AIGUILLE : — figs. 4 *Synedra acus* Kütz., var. *radians* (Kütz.) Hust.; — 5 *Nitzschia gracilis* Hantz.; — 6 *Closterium acutum* Bréb.; — 7 *Ankistrodesmus longissimus* (Lemm.) Wille; — 8 *A. spiralis* (Turner) Lemm.; — 9 *Rhizosolenia longiseta* Zach.; — 10 *Ankistrodesmus setigerus* (Schroeder) G. S. West.

C. — TYPE FILAMENT : — figs. 11 *Oscillatoria tenuis* Ag.; — 12 *Lyngbya limnetica* Lemm.; — 13 *Phormidium papyraceum* (Ag.) Gom.; — 14 *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs; — 15 *Anabaena planctonica* Brunth.; — 16 *Melosira granulata* (Ehr.) Ralfs, var. *angustissima* Müll.; — 17 *Cyclotella chaetoceras* Lemm.; — 18 *Tribonema bombycinum* Derb. et Sol.; — 19 *Mougeotia viridis* (Kütz.) Witttr.

D. — TYPE TOUFFE : — figs. 20 *Ankistrodesmus biplex* Reinseh.; — 21 *A. Pfizleri* (Schroeder) G. S. West; — 22 *A. falcatus* (Corda) Ralfs; — 23 *Trichodesmium lacustre* Kleb.; — 24 *Aphanizomenon flos-aquae* (L.) Ralfs; — 25 *Dinobryon sertularia* Ehr.

ou en aiguilles se réunissent longitudinalement sur un même point de leur hauteur : *Ankistrodesmus biplex* (f. 20), *A. Pfitzeri* (f. 21), *A. falcatus* (f. 22). Dans cette même catégorie figurent des Algues dont les filaments séparés s'unissent également en touffe : *Trichodesmium (Oscillatoria) lacustre* (f. 23), *Aphanizomenon flos-aquae* (f. 24). Tout autre est la forme en touffe chez les *Dinobryon* qui sont des Algues essentiellement planctoniques ; ici les éléments de la colonie (cellules en forme de capsule (f. 25) ne sont pas toutes à la même hauteur, mais placées par étages où leur nombre augmente régulièrement depuis la première cellule de base jusqu'au sommet de la colonie ; l'ensemble pourrait être considéré comme une forme à deux dimensions.

Lorsque les cellules en forme de baguette sont rangées horizontalement malgré parfois un assemblage plus ou moins lâche, les colonies qui en résultent sont en forme d'étoile, de chaîne ou de cordon se rapprochant des formes à deux dimensions avec lesquelles on les range. Ces mêmes cellules en baguettes peuvent donner également des colonies disposées en sphères (*Actinastrum*, *Nitzschia holsatica*), appartenant aux formes à trois dimensions.

Formes à deux dimensions (Pl. VII).

Les formes dont le développement est accentué dans deux directions spatiales, sont très abondantes dans le Phytoplancton ; leur surface et leur faible épaisseur offrent les qualités idéales pour la flottaison. Ces surfaces sont peu stables et par cela même en perpétuelle agitation sous l'action du mouvement de l'eau, ce qui a pour conséquence de ralentir leur chute dans ce milieu. La stabilité de ces formes, en particulier dans leur horizontalité, est accrue par des dispositifs spéciaux : rangées d'aiguillons sur leur surface, dentelures ou échancrures sur les bords de celle-ci.

Les formes à deux dimensions sont également représentées par des Algues unicellulaires isolées, ou associées en colonies.

Cellules isolées :

1° *Forme en disque ou en médaille*, fréquente chez les Diatomées à symétrie rayonnante (centriques) : *Cyclotella* (f. 26), *Stephanodiscus* (f. 27).

2° *Forme lenticulaire*, plus rare que la précédente : *Phacotus lenticularis* (f. 28).

D'autres formes du même type sont également fréquentes, plus spécialement chez les Diatomées : — ovales *Surirella* (f. 29), *Cymatopleura* (f. 30), — elliptiques : *Attheya* (f. 31), *Rhizosolenia* (f. 32), — en forme de semelle : *Cymatopleura solca* (f. 33).

Il existe de même des formes plates anguleuses : simples chez certains *Tetraëdron* (f. 34), ou combinées à des accessoires secondaires tels que des piquants, ou à des appendices angulaires : *Pseudotetraëdron* (f. 35).

Cellules associées en colonies :

Les divers modes d'aggrégation cellulaire en surface donnent naissance aux formes coloniales suivantes :

1° La forme en *disque pluricellulaire* d'épaisseur variable, est remarquablement bien réalisée par les *Pediastrum* (f. 36) appartenant aux Chlorophycées ; leurs colonies discoïdes, appelées coenobes, peuvent être pleines ou perforées (clathrées) : *P. duplex* (f. 37). Les cellules marginales de ces coenobes sont pourvues d'appendices latéraux plus ou moins saillants. L'on rencontre également, dans ce même groupe des Chlorophycées, des formes en coenobes discoïdes chez les *Crucigenia* (f. 38), *Tetrastrum* (f. 39). Enfin, parmi les Chrysomonadinées, *Cyclonexis annularis* (f. 40), a un coenobe en forme d'auge arrondie.

2° La forme *tabulaire* est représentée chez les Algues bleues par les *Merismopedia* (f. 41), à cellules réunies également sur un seul plan, formant ainsi des colonies subcarrées au contour régulier, ou comme *Holopedia irregularis* (f. 42), autre Cyanophyte, à surface irrégulière.

Il existe aussi une forme parallèle aux *Merismopedia* chez plusieurs Bactéries planctoniques : *Lampropedia hyalina* (f. 43) et *Thiopedia rosea* (f. 44). L'on retrouve également la forme tabulaire régulière dans les Volvocales avec le *Gonium pectorale* (f. 45).

3° La forme en *filet*, que l'on rencontre chez des Algues très différentes : Algues bleues *Cyanodictyon* (f. 46), Algues vertes *Hydrodictyon* ou filet d'eau (f. 47). L'on connaît une forme parallèle non planctonique chez les Bactériacées : *Thiodictyon* et *Pedodictyon*.

4° La forme en *cordon* ou en *bande* à deux dimensions caractéristiques des *Fragilaria* (f. 48) chez les Diatomées, présente dans son grand axe une torsion en spirale ; ce type d'association se retrouve également chez les Desmidiacées avec les genres *Hyalotheca*, *Spondylosum*, *Onychonema*, *Sphaerosoma*, *Gymnozyga*, *Desmidium* (f. 49), dont les longs cordons subissent également une torsion. Enfin chez les Protococcales, certains *Scenedesmus* présentent, à un moindre degré, cette même forme. Les Chrysomonadinées offrent une association semblable avec *Chlorodesmus hispidus* (f. 50).

Les cellules qui composent les associations coloniales précédentes sont en forme de baguette chez les *Fragilaria*, en cellules aplaties pour les Desmidiacées, en fuseau ou en table chez plusieurs *Scenedesmus* (f. 51).

5° La forme en *étoile* ; celle-ci résulte d'une tendance chez certaines Algues en baguettes réunies à leur base par un coussinet gélatineux, de se ranger sur un même plan. Ce dispositif se trouve réalisé chez les Diatomées planctoniques par les *Asterionella* (f. 52). Cette même forme se rencontre dans les Algues vertes avec *Actinastrum Hantzschii* (f. 53) ; fréquemment dans ce dernier exemple, les éléments de la colonie ne sont pas tous appliqués sur un même plan, mais dirigés dans divers sens et formant ainsi une sphère étoilée.

6° La forme en *chaîne* dans laquelle les unités cellulaires du type baguette sont rangées bout à bout et en grand nombre, en se suivant les unes les autres en zig-zag, est réalisé en particulier par les *Diatoma* (f. 54).

(A suivre).

PLANCHE VII. — Formes d'Algues à 2 dimensions.

A. — TYPE DISQUE : — figs. 26 *Cyclotella comta* (Ehr.) Kütz. ; — 27 *Stephanodiscus astrea* (Ehr.) Grun.

B. — TYPE LENTICULAIRE ET AUTRES : — figs. 28 *Phacotus lenticularis* Stein ; — 29 *Surirella bise-riata* Bréb., var. *bifrons* (Ehr.) Hust. ; — 30 *Cymatopleura elliptica* (Bréb.) W. Sm. ; — 31 *Attheya Zachariasii* Brun ; — 32 *Rhizosolenia eriensis* H. L. Sm. ; — 33 *Cymatopleura solea* (Bréb.) W. Sm. ; — 34 *Tetraëdron platyisthmum* (Arch.) G. S. West ; — 35 *Pseudotetraëdron neglectum* Pascher.

C. — TYPE DISQUE PLURI-CELLULAIRE : — figs. 36 *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh. ; — 37 *P. duplex* Meyen ; — 38 *Crucigenia quadrata* Morren ; — 39 *Tetrastrum multisetum* (Schmidle) Chod. ; — 40 *Cycloneis annularis* Stokes.

D. — TYPE TABULAIRE : — figs. 41 *Merismopedia glauca* (Ehr.) Naeg. ; — 42 *Holopedia geminata* Lagerh. ; — 43 *Lampropedia hyalina* J. Schröter ; — 44 *Thiopedia rosea* Winogr. ; — 45 *Gonium pectorale* Müll.

E. — TYPE FILET : — figs. 46 *Cyanodictyon reticulatum* (Lemm.) Geitler ; — 47 *Hydrodictyon reti-culatum* (L.) Lagerh.

F. — TYPE CORDON OU BANDE : — figs. 48 *Fragilaria crotonensis* Kitton ; — 49 *Desmidium Swartzii* Ag. ; — 50 *Chlorodesmus hispidus* Phillips ; — 51 *Scenedesmus bijuga* (Turpin) Lagerh.

G. — TYPE ÉTOILE : — figs. 52 *Asterionella gracillima* (Hantz.) Heiberg ; — 53 *Actinastrum Hantzschii* Lagerh.

H. — TYPE CHAÎNE : — fig. 54 *Diatoma elongatum* (Lyngb.) Ag.