Sur le polymorphisme de l'*Ankistrodesmus Braunii* (Naegeli) Collins.

Etude de planctologie expérimentale

par W. Vischer.

Ce travail est le résultat de quelques expériences sur le polymorphisme de l'*Ankistrodesmus Braunii* (Naegeli) Collins¹ (*Rhaphidium Braunii* Naegeli²). Son but fut, de constater comment cette algue unicellulaire, réagit vis-à-vis d'influences extérieures, quel est son polymorphisme et quelles sont les conditions exactes qui provoquent telle ou telle forme.

J'avait fait part à Monsieur le professeur Chodat de mon désir de me perfectionner dans les méthodes de culture d'algues; je tiens à le remercier tout particulièrement de m'avoir proposé un sujet si intéressant. Il a aussi aimablement mis à ma disposition une culture pure de l'*Ankistrodesmus Braunii* (N° 153 de la collection centrale des cultures pures conservées à l'Institut de Botanique de l'Université de Genève). En même temps je lui exprime tous mes remerciements pour ses précieux conseils, basés sur une longue et fructueuse expérience, qui ont beaucoup facilité le commencement de mon travail.

Au cours de mes recherches, je fus attiré par le problème de la flottaison et je commençai quelques expériences; mais les circonstances ne me permirent pas de les continuer. Si je présente au lecteur les résultats fragmentaires de mon travail, c'est, parceque pendant plusieurs années, il me sera impossible de les compléter.

Nous employons les mots „polymorphisme“ et „polymorphe“ ou „pléomorphe“ dans le sens de Chodat: „Polymorphisme est un terme descriptif qui n'implique aucune théorie particulière et qui énonce simplement qu'une même plante peut se présenter sous plusieurs aspects“.³ „C'est une propriété que possèdent certaines espèces de revêtir des formes différentes

¹ Collins, 78 (1912); Brunnthaler, 189 (1915).

² Kützing, 891 (1849).

³ Chodat, 143 (1909).

sans changer de nature.“⁴ „Il n'y a pas de théorie du polymorphisme, il y a des algues polymorphes“.⁵ L'auteur insiste encore sur le fait que certaines algues sont remarquablement plastiques ou polymorphes, tandis que d'autres, voir la plupart, sont très stables et uniformes. Dans tous les travaux modernes, c'est à dire dans tous ceux dont le point de départ étaient des cultures pures, le terme „polymorphisme“ est employé dans ce sens. Il est donc inutile d'insister sur la différence entre cet emploi parfaitement clair et net, et entre la vieille conception transformiste qui appartient à l'histoire.

Dans ses deux grands travaux classiques,⁶ Chodat a essayé de décrire l'amplitude du polymorphisme pour un très grand nombre d'espèces; il s'agit maintenant de constater d'une façon exacte quelles sont les conditions qui, chez chaque espèce, déterminent l'apparition de chaque morphose. Pour la bibliographie et l'histoire de ces recherches, nous renvoyons le lecteur aux deux ouvrages déjà cités de Chodat et aux travaux récents de Küfferath, Rayß et Nakano. Pour compléter ces listes, nous n'avons qu'à ajouter les derniers travaux de Chodat, Großmann, Harder, Issatschenko, Kuwada, Lieske, Limberger, Prat, Schramm, Senn et Smith. Ce dernier a appliqué la méthode des cultures pures à l'étude monographique d'un genre (*Scenedesmus*).

Nous pouvons dire qu'aucun fait n'a été cité qui ait montré l'inexactitude d'une observation décrite par Chodat dans un des deux travaux mentionnés. La critique de Richter,⁷ que les conclusions de Grintzesco et Chodat sont erronées, n'est basée que sur une lecture tellement incomplète et mal comprise des auteurs cités, qu'elle est sans objet. Une seconde critique de principe a été dernièrement formulée par West.⁸ „Had Chodat's pure cultures been under more natural conditions, his recently expressed views on polymorphism would perhaps have been even more circumscribed.“ Nous devons tout de suite répondre que la question à savoir si les conditions

⁴ ibid., 12.

⁵ ibid., 141.

⁶ Chodat, 1909 et 1913.

⁷ Richter, 342 (1913).

⁸ West, 146 (1916).

dans lesquelles on cultive les algues sont plus ou moins naturelles, n'a rien affaire avec l'existence du polymorphisme lui-même. La faculté de répondre à différents milieux par des formes différentes, est une faculté innée et héréditaire de l'organisme. Cette faculté est simplement rendue visible par les différents milieux et se manifeste uniquement selon les lois naturelles de l'hérédité. Il est donc inutile d'insister sur cette critique dont les principes rendraient impossible toute recherche physiologique. West dit apropos des cultures pures: „It is sometimes desirable, especially if pure cultures are required, to begin with one or two individuals“.⁹ Il va sans dire qu'une véritable culture pure doit dériver **d'un seul germe**, et que c'est un point qui n'est pas seulement désirable, mais essentiel.

Nous avons donc le droit d'employer le terme „polymorphisme“ dans le sens indiqué. Les cellules de l'*Ankistrodesmus Braunii* sont — en solution Detmer $\frac{1}{3}$ — allongées, droites ou légèrement en forme de S, fusiformes, longues de 35—50 μ , larges de 5—8 μ , atténuées aux extrémités. Le chromatophore est une plaque pariétale, en général recourbée aux bords, souvent avec une échancrure au milieu, **jamais avec pyrénocide**. La multiplication se fait par division transversale du contenu; les cellules filles s'allongent en autospores et ceci fait paraître le plan de la segmentation oblique ou même parallèle (Fig. 5, 7—11) au grand axe. La paroi de la cellule mère se déchire dans le plan équatorial en deux moitiées en forme de coiffe, et les cellules filles sont libérées. Dans tous les cas où nous avons pu l'observer, la rupture s'est produite de la même façon. Il existe donc une différence fondamentale, connue depuis longtemps,¹⁰ entre ce mode de multiplication par autospores et le vrai cloisonnement qu'on observe chez le *Protococcus viridis* Ag. (*Pleurococcus vulgaris* auct.) (rapproché de nouveau à tort des Cystosporacées [Protococcacées] par West¹¹.

Si nous laissons de côté les travaux transformistes (voir la liste dans Chodat, Polymorphisme des Algues), les formes suivantes de l'*Ankistrodesmus Braunii* ou d'espèces voisines ont été décrites:

⁹ West, l. c. p. 144.

¹⁰ Chodat, 609 (1994, II).

¹¹ l. c. (1916).

1. Klebs¹² décrit des spores remplies d'huile ; mais il n'est pas possible, d'après la description très courte, de se faire une idée exacte de la forme observée.
2. Chodat et Malinesco¹³ décrivent des formes irrégulières du *Rhaphidium Braunii* qu'ils ont observées dans une culture sur une assiette.
3. Chodat¹⁴ décrit des arbuscules¹⁵ fixés sur des algues filamenteuses, et des cellules isolées, fixées comme un *Sciadium*.
4. Le même auteur¹⁶ décrit la formation d'une ou de plusieurs spores arrondies qui restent entourées pendant un certain temps par la paroi incolore et souvent encore fusiforme de la cellule mère. Les observations de Chodat sont critiquées par Klebs¹⁷.
5. Artari¹⁸ décrit la formation de spores allongées, pointues, remplies de carotène et de gouttelettes d'huile, et qui germent après un temps de repos.
6. C'est Chodat qui, le premier, a pris des *Ankistrodesmus* en culture pure.¹⁹ L'*Ankistrodesmus Braunii* se développe facilement sur l'agar avec Detmer, sur milieu glucosé, mais craint la peptone. Il montre un polymorphisme très prononcé et forme des cellules fusiformes, allongées, arrondies ou irrégulières. Souvent une division multiple a lieu à l'intérieur de la cellule mère et on observe alors un pseudoparenchyme et des formes chlorelloïdes. L'*Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs. et l'*Ankistrodesmus minutus* (Naeg.) Chod. diffèrent de l'*A Braunii* par des caractères morphologiques et physiologiques (l. c., 98). Ces études sont complétées plus tard.²⁰

¹² Klebs, 333 (1881—85).

¹³ Chodat et Malinesco, 640 (1893).

¹⁴ Chodat, 609 (1894, II) et 2 (1894, I).

¹⁵ Plus tard, 168, 199 (1902), le même auteur attribue cette forme à l'*Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs (*Rhaphidium fasciculatum* Kützinger, dont elle constitue une variété ; voir aussi Brunthaler, 188 (1916).

¹⁶ Chodat, 109 (1895).

¹⁷ Klebs, 174 (1896).

¹⁸ Artari, (1892).

¹⁹ Chodat, 94 (1909).

²⁰ Chodat (1913) et Hoffmann-Grobéty (1912).

8. Citons encore les formes de l'*Ankistrodesmus Chodati* (Tanner-Füllemann) Brunnthaler.²¹ Cette espèce diffère de l'*A. Braunii* par la présence d'un pyrénocône; mais elle montre une analogie morphologique par la formation de stades pseudoparenchymateux, qui rappellent certaines formes décrites de l'*A. Braunii*.

Les observations 1—5 sont faites sur un matériel impur. Les auteurs cités sont les premiers à exiger que leurs recherches soient vérifiées par l'expérience à partir de cultures pures; mais il sera toujours difficile ou impossible de savoir, si on a affaire à la même race qu'un auteur antérieur.

Il s'agissait donc, dans nos recherches, d'obtenir si possible, à partir d'une culture pure issue d'un seul germe, toutes ou au moins une partie de ces formes mentionnées; il fallait en outre essayer d'établir les conditions exactes qui sont nécessaires pour chacune d'elles. Comme, par sa forme allongée, l'*Ankistrodesmus* s'éloigne beaucoup des genres voisins, il était intéressant de savoir s'il est aussi capable de former un stade „*Dactylococcus*“; ceci serait une nouvelle preuve pour son affinité avec les *Scenedesmus*.

Les travaux qui nous servaient plus particulièrement comme point de départ étaient ceux déjà cités de Grintzesco²² et Chodat sur les *Scenedesmus* et les *Ankistrodesmus* et celui de Rayss²³ sur le *Coelastrum proboscideum*. Cette dernière algue se rencontre le plus souvent en colonies; la formation de celles-ci est facilitée ou empêchée selon le milieu. L'*Ankistrodesmus Braunii* est ordinairement isolé; c'est donc la forme même de la cellule qui subit une transformation. Chodat²⁴ a constaté que sur agar avec Detmer $\frac{1}{10}$ l'algue se développe lentement et pâlit rapidement; sur agar avec D $\frac{1}{3}$, elle reste verte; l'addition de glucose accélère beaucoup le développement: en quatre mois, l'algue forme de gros disques épais, assez brillants qui sont verts au commencement et brunissent ensuite. L'addition de peptone à la solution Detmer semble ralentir la croissance. Dans le milieu Detmer sur agar, le polymorphisme est con-

²¹ Tanner-Füllemann, 156 (1906).

²² Grintzesco (1902).

²³ Rayss (1915).

²⁴ Chodat, 130 (1913).

sidérable; par addition de glucose, il devient excessif. Nous ne pouvons que confirmer ces observations.

Dans nos recherches, nous avons, comme Rayß, employé des milieux liquides. Les conditions sont, pour tous les individus, évidemment plus uniformes que sur l'agar. La solution de problèmes de planctologie expérimentale est liée à l'emploi de milieux liquides. Nous avons fait varier la concentration de la solution **Detmer**, de **Na Cl**, de **Glucose**, de **Galactose**, de **Peptone**; nous avons fait des essais avec ou sans addition de 0,01 % de **Fe₂ Cl₆** ou de **Mn SO₄**. Nous avons employé du Detmer $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{3}$, des solutions de Peptone de 0,05—0,5 %, des concentrations de Na Cl de 0,1—3,0 % et des concentrations équimoléculaires de Glucose et de Galactose.

Le tableau suivant permet de comparer (sur chaque ligne horizontale) les concentrations exprimées en % et en fractions de solution normale.

Na Cl	Glucose et Galactose	Saccharose	Solution normale	
0,1 %	0,3 %		$\frac{N}{60}$	0,0166
0,2 %	0,6 %		$\frac{N}{30}$	0,0333
0,5 %	1,5 %		$\frac{N}{12}$	0,0833
1,0 %	3,0 %		$\frac{N}{6}$	0,1666
2,0 %	6,0 %		$\frac{N}{3}$	0,3333
3,0 %	9,0 %	17,5 %	$\frac{N}{2}$	0,5000
58	180	342		

poids spécifique

Solution $\frac{1}{3}$ Detmer (abrégié D) : =

1,0 g nitrate de calcium Ca (NO₃)₂

0,25 g chlorure de potassium KCl

0,25 g sulfate de magnésium Mg SO₄

0,25 g phosphate monopotassique KH₂ PO₄

trace Chlorure de fer Fe² Cl⁶.

Il est vrai que la pression osmotique d'une solution de $\frac{N}{60}$ de glucose est inférieure (2:3) à $\frac{N}{60}$ de Na Cl, puisque cette

Expériences avec *Detmer*, Fe et Mn. inoculées le 17 VII 1917.

No.	D	Fe	Mn	Aspect macroscopique après 6 semaines	Observation microscopiques	Figures *
1	H ₂ O	..	..	très transparent, développ. faible.	10 VIII: cellules isolées, très vacuolisées et transparentes; chromatophore petit, échanté, clair.	1
2	H ₂ O	1	..	développ. un peu plus fort que 1.	10 VIII: cellules semblables à 1.	I 1
3	$\frac{1}{10}$	..	..	après 3 semaines beaucoup de flocons nageants; enduit sur la paroi du verre.	10 VIII: cellules semblables à 1, un peu plus grandes, transparentes, vacuolisées, chromatophore un peu plus visible que dans 1. 13 XII: forme des cellules encore semblable, la plupart mortes.	
4	$\frac{1}{10}$	1	..	développ. comme 6, flocons nageants et enduit.	10 VIII: cellules isolées, fusiformes, pas vacuolisées; chromatophore pariétal, vert, remplissant la cellule, avec échanture au milieu. 13 XII et V 1918 encore semblables, mais quelques-unes plus courtes.	1 I
5	$\frac{1}{10}$	..	1	flocons nageants peu nombreux, très transparents et peu visibles.	24 VIII: cellules petites, fusiformes, vacuolisées, chromatophore presque incolore.	
6	$\frac{1}{3}$	..	..	plus intense que 3, beaucoup de flocons nageants.	10 VIII: cellules pour la plupart isolées, mais plus souvent en voie de multiplication que 1-4; d'un beau vert. 13 XII: id.	1
7	$\frac{1}{3}$	1	..	comme 6.	17 VIII: semblable à 6; en XII 1917 le développement est beaucoup plus intense que dans 6, les cellules un peu plus courtes.	1 5
8	$\frac{1}{3}$	..	1	pas visible.	24 VIII: cellules très peu nombreuses, de la même forme que 6; chromatophore presque incolore.	1

* On indique, par les chiffres arabiques les numéros des figures ordinaires, par les chiffres romains ceux des planches hors texte.

Expériences avec D et Na Cl, inoculées le 17 VII 1917.

No.	D	NaCl	Fe	Aspect après 6 semaines	Observation microscopiques	Figures
9	$\frac{1}{10}$	N $\frac{60}{60}$	1	dépôt au fond, enduit floconneux.	10 VIII: cellules allongées, un peu plus irrégulières que sans Na Cl. XII 1917: encore semblables	1
10	$\frac{1}{3}$	N $\frac{60}{60}$	1	dépôt.	10 VIII: cellules fusiformes, semblables à 9, mais plus régulières. En V 1918: beaucoup d'individus avec spores arrondies; les autres cellules un peu plus courtes, en bon état.	II
11	$\frac{1}{10}$	N $\frac{30}{30}$	1	petite colonie au fond.	20 VIII: cellules trapues, en voie de forte multiplication. En V 1918 encore en bon état.	1
12	$\frac{1}{10}$	N $\frac{30}{30}$	1	très faible, visible seulement après le 20 VIII.	24 VIII: cellules isolées, forme comme 13. 13 XII: quelques colonies en forme de tête d'épingle au fond de l'éprouvette, cellules encore en bon état.	5
13	$\frac{1}{3}$	N $\frac{30}{30}$	1	après 1 semaine, développement bien visible.	20 VIII: semblable à 11. V 1918: la forme des cellules se rapproche des formes en plus fortes concentrations.	1
14	$\frac{1}{3}$	N $\frac{30}{30}$	1	pas visible.	20 VIII: rien. 13 XII: cellules peu nombreuses; courtes, avec appendice, contenant des spores rondes-ovales.	1
15	$\frac{1}{10}$	N $\frac{12}{12}$	1	pas de développement	—	—
16	$\frac{1}{10}$	N $\frac{12}{12}$	1	enduit très faible.	20 VIII: cellules assez grandes, trapues, pointues, toutes transformées en sporanges à spores rondes, à parois épaisses, non libérées. 13 XII: cellules malades, jaunâtres.	1
17	$\frac{1}{3}$	N $\frac{12}{12}$	1	pas de développement.	—	4
18	$\frac{1}{3}$	N $\frac{12}{12}$	1	presque invisible.	14 XII: sporanges comme dans 16, mais plus gros.	1.
19	$\frac{1}{10}$	N $\frac{6}{6}$	1	pas de développement.	—	—
20	$\frac{1}{10}$	N $\frac{6}{6}$	1	plus faible que 12 et 16.	24 VIII: sporanges ovales, ± pointus, souvent à 1 seule grande spore. La division semble troublée. 13 XII: idem, mais cellules plus rares,	—

21	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{6}$	1	pas de développement.	24 VIII: cellules très rares, comme 20. 13 XII: cellules introuvables.	1
22	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{6}$	..	plus faible que 20.	—	
23	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{3}$	1	pas de développement.	31 VIII: quelques cellules à 1 seule spore, semblable à 22.	1
24	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{3}$	..	invisible.	30 VIII: rien. XII: on trouve 1 seule cellule ronde avec 1 grande spore semblable à 24.	
25	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{3}$	..	invisible.	Aucun développement n'a lieu dans les concentrations plus fortes 26—30.	
26	..	..	..	..		
30	..	..	..	..		

Expériences avec D, Glucose, Fe et Mn, inoculées le 17 VII 1917.						
No.	D	Glucose	Fe	Mn	Aspect macroscopique après 6 semaines	Observations microscopiques.
31	$\frac{1}{20}$	$\frac{N}{60}$	1	..	dépôt faible.	15 VIII: cellules allongées, fusiformes, comme dans 6; chromatophore remplissant la cellule, d'un beau vert. 13 XII: beaucoup de carotine.
32	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{60}$	1	..	dépôt comme dans 9.	10 VIII: cellules fusiformes, en voie de fort division. 13 XII: la forme est encore la même.
33	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{60}$	1	..	dépôt assez fort.	10 VIII: cellules fusiformes en forte multiplication; grandeur plus uniforme que dans 32. 13 XII: en bon état.
34	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{30}$	1	..	colonies bien développées en forme de tête d'épingle au fond.	10 VIII: cellules irrégulières, fusiformes-arrondies; multiplication irrégulière. 13 XII: encore semblables.
35	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{30}$	..	..	dépôt.	V 1918: la plupart des cellules sont mortes. 20 VIII: semblables à 34.

No.	D	Glu- cose	Fe	Mn	Aspect macroscopique après 3 semaines	Observations microscopiques	Figures
36	$\frac{1}{3}$	N $\frac{30}{30}$	1	..		10 VIII: toutes les cellules allongées, mais plus trapues que sans glucose; d'un vert intense; multiplication assez régulière (rappelant celle de l' <i>Ankistrodesmus</i> Chodati.	2 1
37	$\frac{1}{3}$	N $\frac{30}{30}$	..	..	dépôt faible, un peu plus intense que 53.	1 IX: cellules un peu plus courtes que dans 36. XII: en partie mortes.	
38	$\frac{1}{10}$	N $\frac{12}{12}$	1	..	fortes colonies comme 34.	10 VIII: cellules irrégulières, en partie en forte multiplication; fusiformes-arrondies. 13 XII: mortes.	2
39	$\frac{1}{3}$	N $\frac{12}{12}$	1	..	dépôt très intense.	10 VIII: cellules assez régulières, trapues, pointues aux extrémités, d'un beau vert; en décembre apparaissent des formes semblables à 46.	1 2
40	$\frac{1}{10}$	N $\frac{12}{12}$	..	1	enduit faible.	24 VIII: formes irrégulières comme 39; mais contenu vacuolisé, chromatophore pâle et irrégulièrement échancré. 13 XII: contenu granulé (gouttelettes d'huile), et rougeâtre (carotène).	1 2
41	$\frac{1}{3}$	N $\frac{12}{12}$	..	1	enduit faible.	20 VIII: cellules trapues, régulières, assez semblables à 39, vert pâle.	
42	$\frac{1}{10}$	N $\frac{12}{12}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	très faible.	20 VIII: cellules de la même forme que 39 et 41; en XII: comme 40.	
43	$\frac{1}{3}$	N $\frac{12}{12}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	dépôt faible, mais plus fort que dans numéros précédents.	20 VIII: cellules comme dans 41, un peu plus effilées aux extrémités. XII: mortes.	
44	$\frac{1}{10}$	N $\frac{12}{12}$	1	1	pas visible.	20 VIII: quelques cellules isolées, comme 35. En XII 1917: enduit faible; quelques cellules géantes, ovales et rondes.	
45	$\frac{1}{3}$	N $\frac{12}{12}$	1	1	une petite colonie.	1 IX: cellules assez irrégulières, allongées-pointues-arrondies. XII: encore en assez bon état; forme extérieure comme 38.	
46	$\frac{1}{10}$	N $\frac{6}{6}$	1	..	développement beaucoup plus faible que 34 et 38.	10 VIII: cellules très irrégulières; petites et allongées-arrondies; cellules géantes à division arrêtée ou multiple.	

47	$\frac{1}{10}$	$N \frac{1}{6}$	..	..	pas visible.	—	
48	$\frac{1}{3}$	$N \frac{1}{6}$	1	..	plus faible que 39.	10 VIII: cellules régulières, complètement arrondies, uniformes, très vertes. 13 XII: se rapprochant de la forme 46.	2 I
49	$\frac{1}{3}$	$N \frac{1}{6}$	..	..	une petite colonie presqu'invisible.	20 VIII: cellules plus irrégulières dans 48; beaucoup de sporanges multispores et formes chloelloïdes. 13 XII: cellules encore semblables, en partie mortes.	II
50	$\frac{1}{10}$	$N \frac{1}{3}$	1	..	invisible.	—	
51	$\frac{1}{3}$	$N \frac{1}{3}$	1	..	invisible.	—	
51a	$\frac{1}{3}$	$N \frac{1}{3}$	1	..	..	inoculé le 18 II, 1918. 10 V: développement très faible; cellules géantes, irrégulières, ovales ou rondes, multiplication irrégulière ou par spores.	2
52	$\frac{1}{10}$	$N \frac{1}{2}$	1	..	enduit très faible.	18 VIII: cellules très régulières, ovales, appendiculées aux extrémités; contenu dense, vert foncé. 13 déc.: la plupart sont mortes.	2 II
53	$\frac{1}{10}$	$N \frac{1}{2}$	..	..	invisible.	—	
54	$\frac{1}{3}$	$N \frac{1}{2}$	1	..	enduit faible.	1 IX: comme 52, cellules un peu plus courtes.	
55	$\frac{1}{3}$	$N \frac{1}{2}$	1	..	très faible.	18 VIII: tout à fait comme 54.	2 II

Expériences avec D, galactose et Fe, inoculées le 17 VII 1917.

No.	D	Galactose	Fe	Aspect macroscopique après 6 semaines	Observations microscopiques	Figures
56	$\frac{1}{20}$	$\frac{N}{60}$	1	enduit.	15 VIII: cellules allongées, fusiformes, se fixant sur le verre avec leurs extrémités. 13 XII: forme sans changement, carotène.	
57	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{60}$	1	dépôt plus faible que 9 et 32.	20 VIII: cellules fusiformes, la plupart isolées, mais de temps à autre en voie de multiplication active; formes semblables à 7, 6, 9, 10. 13 déc. et mai 1918: pas de changement.	
58	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{60}$	1	enduit.	4 III, 1918: cellules allongées fusiformes nageantes, et plus trapues restant au fonds.	6
59a	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{30}$	1		inoculé le 18 II 1918; le 7 V: cellules isolées, fusiformes-trapues. Quelques cellules géantes. 1 X: toutes les cellules mortes.	2
60	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{30}$	1	enduit très faible.	24 VIII: la plupart des cellules malades ou mortes, ovales, allongées.	3
60a	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{30}$	1		inoculé le 18 II, 1918. Le 6 V 1918: très peu de cellules; polymorphes, allongées-arrondies, chlorelloïdes X 1918: introuvables.	3
61a	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{12}$	1		inoculé le 18 II, 1818. Aucun développement.	
62	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{12}$	1	invisible.	24 VIII: quelques cellules isolées, malades ou mortes; fusiformes ou contenant des spores rondes, ou états chlorelloïdes.	3

Dans toutes les solutions plus concentrées, aucun développement n'a eu lieu, ni en été 1917, ni au printemps 1918.

Expérience avec D, Saccharose et Fe, inoculée 17 VII 1917.

No.	D	Saccharose	Fe	Aspect après 6 semaines	Observations microscopiques	Figures
63	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{2}$	1	enduit faible.	20 VIII: (avec bactéries?) Cellules immenses, visibles à l'œil nu, arrondies, d'un vert très foncé.	3 II

Expériences avec peptone, inoculées 17 VII 1917 (Peptone de Witte, contenant 12 % d'azote).

No.	D	Peptone o/o	Fe	Mn	Aspect après 6 semaines	Observations microscopiques	Figures
64	$\frac{1}{3}$	0,2	1		invisible.	cette culture, après une seconde inoculation, ne s'est pas développée.	
65	$\frac{1}{3}$	0,5	1		invisible.	que 64.	
66	$\frac{1}{3}$	0,2	..	1	très faible.	24 VIII: cellules régulières, très transparentes, de la même forme comme 73; chromatophore déchiré, contenu vacuolisé.	
Expériences avec peptone, inoculées le 18 II 1918.							
No.	D	Peptone	Fe	Aspect macroscopique	Observations microscopiques		
67	$\frac{1}{20}$	0,2	1	bien visible.	7 V: cellules allongées, pointues, ressemblantes à No. 9 et 32, mais un peu plus irrégulières de grandeur; chromatophore ne remplissant pas complètement la cellule, vert clair.		
68	$\frac{1}{10}$	0,2	1	développement fort.	7 V: cellules fusiformes, presque comme 6 et 7; chromatophore souvent échancré, taille des cellules plus régulière que 67.		
69	$\frac{1}{3}$	0,2	1	intense.	comme 68; chromatophore normal.		
70	$\frac{1}{10}$	0,5	1	invisible.	quelques cellules malades, arrondies et claires.		
71	$\frac{1}{3}$	0,5	1	invisible.	—		

Expériences avec D, peptone et Fe, inoculées le 30 V, 1919.

On s'est servi pour l'inoculation, des cultures 72 et 73.

72 : D $\frac{1}{3}$ + Fe + Sirop de glucose, âgé d'une année et 3 mois: cellules du type 39, en bon état, d'un beau vert.

73 : D $\frac{1}{3}$ + Fe + extrait de viande Liebig, âgé d'une année et 3 mois: cellules grandes et régulières; chromatophore avec grande échancrure, assez clair (Fig. 3).

On a fait trois éprouvettes de chaque milieu, dont 2 ont été inoculées par 72, et une par 73. Si rien n'est indiqué, le résultat était le même pour les deux cas. Dans toutes ces expériences du 30 V 1919, on s'est servi de D qui contenait du Fe.

No.	D + Fe	Peptone	Aspect macroscopique		Observations microscopiques	Ri- gides
			8 VI	19 VI		
74	H ₂ O	..	enduit et dépôt très faible.	comme 8 VI.	inoculé par 72. 10 VI: les cellules très allongées, fusiformes; mais on trouve beaucoup de vieilles cellules de 72, dont le développement est arrêté et qui sont malades. 19 VI: cellules complètement remplies de gouttelettes d'huile. inoculé par 73; même résultat que 74.	
75	H ₂ O	..	id.	id.		
76	$\frac{1}{10}$	..	dépôt et petits flocons nageants.	dépôt et enduit.	inoculé par 72. 12 VI: même forme que 75; chromatophore remplissant les cellules; 26 VI: pas de changement.	4
77	$\frac{1}{10}$	..	enduit et dépôt.	comme 8 VI.	inoculé par 73. 12 VI: pas de différence avec 76. 26 VI: pas de changement.	4
78	$\frac{1}{3}$	..	enduit.	enduit.	inoculé par 72. 12 VI: comme 7. 26 VI: id.	
79	$\frac{1}{3}$	..	enduit et flocons nageants.	dépôt et enduit.	inoculé par 73. 12 VI: comme 78. 26 VI: id.	
80	H ₂ O	0,05	dépôt et flocons remplissant toute l'éprouvette.	dépôt et quelques flocons.	8 VI: cellules allongées comme sans peptone; vacuolisées et de grandeur légèrement plus irrégulière que sans peptone. 19 VI: presque remplies d'huile comme 74.	4

81	H ₂ O	0,1	comme 80.	dépôt.	8 VI: forme comme 80; chromatophore vert pâle, n'atteignant pas les extrémités des cellules, qui sont un peu moins effilées que dans 80; les vacuoles sont disposées un peu comme chez l' <i>Ankistrodesmus spirochroma</i> Reverdin.	5
82	$\frac{1}{10}$	0,05	dépôt et flocons nageants.	dépôt.	8 VI: cellules allongées, fusiformes, chromatophore compacte, vert clair.	5
83	$\frac{1}{3}$	0,05	comme 82.	dépôt et quelques flocons.	13 VI: comme cultures précédentes; souvent des chaînes <i>Dactylococcus</i> ; en forte multiplication.	5
84	$\frac{1}{10}$	0,1	dépôt fort, flocons nageants.	dépôt.	9—13 VI: comme 83.	5
85	$\frac{1}{3}$	0,1	comme 84.	dépôt.	comme 84.	5
86	$\frac{1}{10}$	0,2	comme 84.	dépôt, quelques flocons.	8—14 VI: cellules un peu plus larges que dans cultures précédentes, de formes régulières; chromatophore clair.	3
87	$\frac{1}{3}$	0,2	dépôt et flocons.	dépôt.	comme 86.	5
88	$\frac{1}{10}$	0,5	invisible.	invisible.	inoculé par 72. 8—14 VI: cellules isolées, de formes irrégulières; beaucoup de vieilles cellules de 72; les jeunes cellules sont allongées, de grandeur différente; chromatophore transparent.	3
89	$\frac{1}{10}$	0,5	dépôt très faible.	comme 8 VI.	inoculé par 73. 8—14 VI: grandes cellules allongées, pointues ou rarement arrondies; en moyenne plus régulières et plus grandes que 88; chromatophore échancré, transparent.	3
90	$\frac{1}{3}$	0,5	presque nul.	comme 8 VI.	inoculé par 72. Comme 88.	
91	$\frac{1}{3}$	0,5	presque nul.	comme 8 VI.	inoculé par 73. Comme 89.	

Expériences avec peptone et sucres combinés, inoculées 17 VII 1917.
a) avec glucose et peptone.

No.	D + P ₀	Glucose	Peptone	Aspect après 6 semaines	Observations microscopiques	Figure
92	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{12}$	0,2	dépôt assez intense.	18 VIII: cellules en petite partie nageantes, la plupart sur le fond. Forme très irrégulière; cellules pointues aux extrémités, allongées-complètement arrondies; de grandeur très différente; quelques cellules géantes. 13 XII: pas de changement dans la forme; les cellules qui sont près de la surface sont rouges (carotène).	3 II
93	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{12}$	0,2	plus intense que 92.	18 VIII: semblables à 92, mais de forme plus régulière; moins de cellules aberrantes.	3
94	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{12}$	0,5	très intense.	10 VIII: cellules semblables à 92 et 38; plus de cellules pointues.	3 II
95	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{12}$	0,5	comme 94.	10 VIII: semblable à 39 et 93; formes assez régulières.	3

b) avec galactose et peptone.

No.	D + P ₀	Galactose	Peptone	Aspect après 6 semaines	Observations microscopiques	Figure
96	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{12}$	0,2	dépôt fort et flocons	10 VIII: cellules assez régulières; celles du fond sont un peu plus trapues et celles qui nagent, un peu plus allongées; pointues aux extrémités; chromatophore régulier avec une grande échancrure au milieu.	3
97	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{12}$	0,2	dépôt fort.	20 VIII: cellules beaucoup plus irrégulières que 96; plus courtes; souvent des colonies chlorelloïdes.	3 II
98	$\frac{1}{10}$	$\frac{N}{12}$	0,5	enduit et flocons nageants.	15 VIII: cellules assez régulières; allongées dans les flocons, plus courtes au fond; trapues et pointues. 13 XII: comme 15 VIII.	3; 7 II
99	$\frac{1}{3}$	$\frac{N}{12}$	0,5	dépôt.	20 VIII: semblable à 97. XII 1917: comme VIII 1917.	3

dernière molécule est dissociée. Mais comme nous avons toujours affaire avec des séries de concentrations, les résultats sont quand-même de même signification. Nous avons fait, pour chaque milieu, 3 éprouvettes avec 10 cm³ de liquide; les % ont été calculés sur le volume total de la solution et pas sur le dissolvant. Toutes les cultures, inoculées d'une manière uniforme, étaient suspendues contre une fenêtre du nord, qui était protégée contre les rayons directs du soleil. Dans les tableaux qui précèdent, nous avons indiqué la concentration de la solution nutritive en fraction de Detmer $\frac{1}{T}$, celle du Na Cl et des sucres en fractions de solution normale, celle de la peptone en %, et celle du Fe² Cl⁶ et du Mu SO⁴ en $\frac{1}{10}$ ‰.

Discussion des expériences.

1. Influence de la concentration de la solution nutritive. (N^o 1—8, 74—79) Dans l'eau pure et dans une solution D sans addition, l'*Ankistrodesmus Braunii* est toujours fusiforme. Dans l'eau pure, le chromatophore est très réduit, irrégulièrement échancré, clair. La cellule est transparente (Fig. 1, 1, 3; 4, 4, 5, 6; Pl. I, 1), remplie de vacuoles et contient de petites gouttelettes d'huile; sa structure, par l'arrangement des vacuoles, montre une certaine analogie avec celle du *Rhaphidium (Ankistrodesmus) spirochroma* Reverdin²⁵, espèce planctonique du Lac Léman. Chodat²⁶ indique que les cellules du *Rhaphidium (Ankistrodesmus) fasciculatum* var. *turforsum* sont d'un vert bleuâtre et comme striées transversalement. Ceci provient peut-être aussi de la disposition des vacuoles. A partir d'une certaine concentration de matières nutritives, le chromatophore devient d'un beau vert et remplit la cellule, qui, alors, ne contient pas de vacuoles visibles. Dans les cultures âgées de plusieurs mois, les cellules peuvent se remplir de gouttelettes d'huiles et prendre une couleur rougeâtre (**carotène**). Cet état s'est produit très rapidement dans 74 et 75. Ceci peut provenir du fait qu'on a employé pour l'inoculation un matériel provenant d'un milieu glucosé ou peptonisé

²⁵ Reverdin, 49 (1917).

²⁶ Chodat, 199 (1902).

Fig. 1.

Fig. 1—3. Tous les dessins des fig. 1—3 sont faits à la même échelle. Les chiffres correspondant aux numéros des cultures dans la table des expériences.

et que l'algue, transportée dans un milieu plus pauvre en nourriture, a plus vite cessé de se multiplier que dans 1—9, où le matériel de départ provenait d'une culture $D \frac{1}{3}$. L'arrêt subit du développement et l'accumulation rapide de matières de réserve (en 74 et 75) peut aussi être la conséquence du temps splendide et chaud qui régnait pendant la durée de l'expérience. Probablement, les deux causes, disposition du matériel de départ et questions de lumière et de température, ont agi dans le même sens pour amener la différence entre les résultats des expériences 1—9 et 74—75.

2. **Influence du NaCl** (Expériences 9—30). En quantité très faible, le NaCl semble (à $\frac{N}{60}$) avoir une influence stimulatrice sur le développement (exp. 9—13). Les cellules sont d'autant plus trapues que la concentration augmente. En concentration plus forte, à partir de $\frac{N}{30}$, le NaCl ralentit, et finalement, empêche (à $\frac{N}{60}$) le développement; il semble avoir une influence toxique, puisque le glucose, même en concentration plus forte, n'arrête pas encore le développement. Le NaCl semble favoriser la formation de spores rondes. Dans les faibles concentrations ($\frac{N}{60}$), on peut rencontrer des cellules fusiformes dont le contenu s'est contracté pour former 1 ou 2 spores rondes, qui restent souvent entourées par la paroi incolore de la cellule mère (Fig. 1, 11; 5, 1). A une certaine concentration (Fig. 1, 14—18, 4, 12—13), toutes les cellules sont transformées en sporanges (à $\frac{N}{12}$), dont les spores continuent à se multiplier à l'intérieur de leurs cellules mères, mais ne sont pas libérées. Si la concentration est encore augmentée, la division, elle aussi, est arrêtée et chaque cellule (à $\frac{N}{6}$ et $\frac{N}{3}$) qui a pris la forme d'un citron, ne contient alors qu'une seule spore (Fig. 1, 22—24).

3. **Influence du glucose** (expériences 31—55). Le glucose est facilement assimilable par les algues qui ont été étudiées à ce point de vue. Il ajoute donc à sa capacité osmotique des propriétés nutritives. En faible concentration de glucose, les cellules sont un peu plus grandes et plus larges que sans glucose et se développent très vite. Avec la concentration croissante, la forme des cellules devient de plus en plus arrondie et le polymorphisme plus prononcé. Une différence très caractéristique, à peine indiquée avec NaCl, se manifeste entre le $D \frac{1}{10}$ et $D \frac{1}{3}$. Dans $D \frac{1}{10}$ l'effet du glucose se fait sentir d'une

32

33

34

36

38

39

40

41

46

48

49

51a

52

55

59

Fig. 2.

Fig. 3.

manière plus désordonnée. Il semble que l'équilibre entre l'assimilation du carbone et la nutrition minérale, est rompu au dépens de cette dernière. Probablement, c'est surtout le noyau qui n'est pas suffisamment nourri en comparaison du reste de la cellule; la division se fait mal, la forme devient irrégulière; on rencontre des individus aberrants, et le polymorphisme est excessif. Qu'on compare sur la figure 2 le numéro 32 à 33, 34 à 36, 38 à 39, 46 à 48. Il y a probablement une substance qui est assimilée trop lentement pour pouvoir suivre l'assimilation excessive du carbone; nous sommes en présence d'un bel exemple de la loi du minimum. Aussi pouvons nous constater une dégénération plus rapide que sans glucose. Dans les solutions D $\frac{1}{3}$ au contraire, la forme des cellules est plus régulière; leur croissance et leur multiplication sont coordonnées; il y a probablement équilibre entre les différentes matières nutritives et, par conséquent, le polymorphisme, dans un milieu donné, est plus faible. Aussi la dégénération semble se manifester moins vite. A une certaine concentration de glucose ($\frac{N}{3}$), le manque d'équilibre atteint son maximum. Les cultures 50 et 51 ne se sont pas développées, et 51 a ne possédait qu'un enduit très faible; toutes les cellules sont géantes et aberrantes, mais d'un beau vert. Il est à supposer, que ces grandes cellules sont plurinucléaires et que c'est le cloisonnement qui est empêché ou se fait d'une manière désordonnée. On n'a qu'à comparer fig. 2, 49 à 51a, pour considérer cette hypothèse comme plus que probable. Nous rappelons à ce propos que chez le *Pediastrum Boryanum* (Turp.) Menegh.,²⁷ les cellules sont souvent plurinucléaires et que leur protoplaste ne se divise que très tardivement.

On aurait pu attendre, a priori, qu'en augmentant toujours la concentration du glucose, on obtiendrait des formes de plus en plus arrondies ou aberrantes. Tel n'est pas le cas. Au contraire, lorsqu'une fois une certaine concentration critique est dépassée, la forme des cellules devient de nouveau plus régulière (forme de citron); les pointes aux extrémités réapparaissent et le polymorphisme diminue. Il est probable que, dans ces concentrations, les noyaux ne se sont plus multipliés et que

²⁷ Chodat et Huber, 11 (1895). Smith, 476, fig. 4 (1916 II).

nous avons des cellules uninucléaires. Ces formes ressemblent beaucoup à celles qu'on observe dans les solutions de NaCl. Mais, pour obtenir le même effet sur la forme extérieure de l'algue, il faut une concentration de $\frac{N}{6}$ de NaCl (cult. 20 et 22) et de $\frac{N}{2}$ de Glucose (cult. 52 et 53). La différence entre ces deux concentrations est trop forte pour être expliquée par la différence des coefficients isotoniques (3, pour NaCl; 2, pour Glucose). Elle doit donc être attribuée aux différences chimiques des deux corps.

Il y a lieu de supposer que la forme arrondie n'est pas simplement l'effet de la concentration et de la pression osmotique du milieu, mais qu'elle dépend, au contraire, de l'état nutritif de l'algue. A une certaine concentration, l'effet nutritif du glucose atteint son maximum, et les cellules sont complètement arrondies; à une concentration plus forte, la disproportion entre les différentes matières devient plus grande, et le développement est mal coordonné ou tout à fait impossible (50—51 a). Si on augmente encore la concentration du glucose, la pression osmotique du milieu s'accroît naturellement dans la même proportion; mais la vitesse de l'échange des matières et de l'assimilation semble diminuer. Le développement de l'algue se fait très lentement, la division du noyau est probablement arrêtée, l'équilibre semble rétabli et la forme devient de nouveau plus régulière. **La tendance à former des cellules rondes n'augmente donc pas parallèlement avec la concentration du glucose, mais subit une diminution à un certain point.** Des résultats analogues ont été obtenus par Issatschenko.²⁸ D'après les recherches de cet auteur, le *Stichococcus bacillaris*, en solution très concentrée de saccharose (30—40 %), avait les extrémités des cellules très allongées et enroulées en spirale. Grintzesco²⁹ a déjà observé l'effet nocif du glucose, qui, chez le *Scenedesmus acutus*, se manifeste par une dégénération assez rapide. Nakano, qui a soigneusement étudié l'influence du glucose sur le *Chlorella vulgaris* Beijerinck var. *lutescens* Nakano, a observé le fait suivant:³⁰ Dans une concentration de 0,5 % de glucose, l'algue utilise une quantité de glucose qui

²⁸ Issatschenko, 11 (1911).

²⁹ Grintzesco, 260 (1902).

³⁰ Nakano, 162 (1917).

est proportionnellement plus grande que dans une concentration de 1,0 %. En outre, pour une même quantité de glucose disparue, le poids sec, produit par l'algue, est plus grand dans une concentration de 0,5 % que dans 1,0 %.

Durée de la culture	poids primitif du glucose	poids du glucose disparu	poids du glucose inutilisé	poids sec produit par l'algue	poids sec sur 1 g de glucose disparu
1 VII—10 X	0,5 g (0,5%)	0,477 g	0,023 g	0,124 g	0,260 g
20 V—10 X	0,5 g (0,5%)	0,495 "	0,006 "	0,145 "	0,293 "
11 VII—10 X	1,0 g (1%)	0,832 "	0,168 "	0,118 "	0,142 "
11 VII—10 X	2,0 g (2%)	0,975 "	1,025 "	0,172 "	0,176 "
29 X—1 VII	5 g (5%)	1,900 "	3,100 "	0,525 "	0,271 "
29 X—1 VII	10 g (10%)	2,100 "	7,900 "	0,497 "	0,237 "

Nakano conclut que, dans une solution de 0,5 % ($\frac{N}{24}$), à côté de l'assimilation de CO_2 , une oxydation complète du glucose peut avoir lieu. Ce procès produisant beaucoup d'énergie, une grande partie de glucose peut être utilisée comme matériel de construction. En concentration plus forte, une partie du glucose disparu serait mal oxydée; il se formerait une plus grande quantité de substances accessoires.

Si nous examinons la table reproduite de Nakano, nous pouvons constater un fait assez étonnant: le poids sec, produit par 1 g de glucose disparu, atteint son minimum dans une concentration de 1 % ($\frac{N}{18}$); il augmente de nouveau sensiblement dans 5 %. Nous pouvons peut-être supposer qu'en forte concentration, le glucose disparu est de nouveau mieux assimilé; la vie de l'algue devient complètement saprophyte et la quantité des matières accessoires et nuisibles diminue. Il y a un parallélisme frappant entre ces faits et entre nos observations apropos des cultures 51—55. Pour l'*Ankistrodesmus Braunii*, à une concentration de glucose de $\frac{N}{6}$ et $\frac{N}{3}$, le polymorphisme est excessif et la dégénération rapide; à une concentration de $\frac{N}{2}$, la vie devient de nouveau possible, et le polymorphisme est moins marqué (comparez les fig. des cultures 46—55).

Nakano a constaté, en milieu avec et sans glucose, la présence de **formiates** (l. c. p. 175). La quantité de ceux-ci

n'augmente pas avec la quantité de glucose disparu. Leur formation n'est donc pas en rapport avec la décomposition du glucose, mais doit être considérée comme un procès normal de l'assimilation. En faible concentration de glucose (0,5 %), la quantité des formiates est plus grande; mais l'acide formique n'est pas mis en liberté (l. c. 177). En concentration plus forte de glucose, les formiates sont décomposés. Dès que la quantité d'acide formique libre atteint la concentration de $\frac{N}{333}$, le *Chlorella* se décolore et meurt (l. c. 167). Nakano n'a pas pu mettre en évidence à quel processus cette décomposition est due. Mais il pense qu'il faut en chercher la cause dans la présence d'acides d'affinité plus forte, qui sont formés comme produits accessoires à partir du glucose dans les concentrations en question. Comme nous l'avons vu, en très forte concentration, ces produits diminuent de nouveau. Il est évident que la formation de ces matières peut contribuer à la dégénérescence et à la mort des algues, mais qu'elle ne peut être la cause du polymorphisme, tel que nous l'avons observé dans des cultures encore fraîches et vigoureuses.

4. **Influence du Mn et du Fe** (Expériences 1—8 et 37—49). Il est, comme Richter l'indique avec raison,³¹ difficile d'éliminer toute trace de Fe. Sans Fe (cult. 3), le chromatophore est réduit, échanuré et presque incolore; l'assimilation est ralentie (en comparaison avec 4). Dans notre D $\frac{1}{3}$, la quantité de Fe était probablement déjà suffisante pour permettre, pendant un certain temps, un développement aussi intense que sans 0,1 % de Fe_2Cl_6 . Mais après 5 mois, la masse totale, produite par la culture 7, était visiblement plus grande que celle de la culture 6. Cette différence montre que, dans le dernier cas, le Fe jouait le rôle de la substance présente en quantité minimum; il suffisait pour le premier développement, mais faisait défaut ensuite. Il est intéressant de constater, à moins que nous soyons en présence d'un hasard tout particulier que, dans les milieux à forte dose de NaCl, l'*Ankistrodesmus* s'est développé plus facilement en absence qu'en présence de Fe_2Cl_6 . On peut peut-être s'imaginer que, la présence de Fe ayant une influence accélératrice, l'algue est moins gênée par les propriétés toxiques du

³¹ Richter, 10 (1911).

Na Cl, si l'échange des matières est moins intense; le développement serait plus facilement troublé en présence qu'en absence de $\text{Fe}_2 \text{Cl}_6$. Pour le glucose (exp. 49), nous voyons au contraire, que la forme de l'algue est moins troublée (exp. 48), si toutes les substances minérales, y compris le Fe, sont présentes en quantité suffisante.

Le **manganèse** ne peut remplacer le Fe.³² Il a, au contraire, une action opposée sur le développement du chromatophore et sur l'assimilation (expér. 5, 8). On peut aussi s'en convaincre en ajoutant une dose de $\frac{1}{20}$ ou $\frac{1}{10}$ ‰ de Mn SO_4 aux milieux contenant déjà du Fe (exp. 38—47). L'assimilation est ralentie, la formation des matières accessoires par conséquent probablement aussi; les matières nutritives sont lentement épuisées et le développement peut se continuer pendant longtemps; la dégénération semble se manifester moins vite (comparez expér. 38 et 39 aux suivantes). Il serait intéressant de faire des expériences en combinant soigneusement les concentrations de Mn, Fe et Glucose.

5. **Influence du galactose** (expér. 56—62). En très petite quantité, le galactose a un effet analogue à celui du glucose; mais déjà à une concentration de $\frac{N}{12}$ (0,5 ‰), il arrête tout développement. Nous avons d'abord pensé qu'il s'agit là d'une faute commise pendant l'inoculation (emploi de pipettes trop chaudes); mais nous avons finalement trouvé, dans une partie des cultures, quelques individus malades, et nous avons répété l'expérience avec le même résultat. L'effet nocif du galactose est beaucoup plus intense que celui du Na Cl; mais il peut être compensé, jusqu'à un certain point, par l'addition de peptone (exp. 96—99). Il est possible que le galactose soit attaqué par l'algue, mais qu'il se forme une grande quantité de matières inutilisables et nuisibles. Il serait fort intéressant de constater quelles sont ces substances; peut-être quelques-unes entre elles (acide lactique?) se montreraient plus toxiques pour notre algue que l'acide formique; ou bien, elles pourraient agir indirectement, en mettant de l'acide formique en liberté.

6. **Influence du saccharose** (expér. 63). Dans nos deux séries d'expériences avec saccharose, la plupart des éprouvettes

³² Richter, 19—20 (1911).

étaient infectées par des bactéries, probablement à cause de la pasteurisation insuffisante. Le N^o 63 nous semblait pur, mais nous n'en avons pas la certitude absolue et nous ne pouvons pas comparer son résultat avec celui des cultures dans d'autres concentrations de saccharose. Il ne nous intéresse donc qu'au point de vue purement morphologique. Il montre qu'avec les conditions réalisées dans nos autres expériences, les possibilités du polymorphisme de l'*Ankistrodesmus* sont loin d'être épuisées ; mais il n'est pas possible de discuter sur les causes qui ont amené la formation de ces cellules gigantesques et monstrueuses et qui, sûrement, sont multinucléaires.

7. Influence de la peptone. Chodat³³ a démontré l'effet ralentissant de la peptone sur le développement de l'*Ankistrodesmus Braunii* et plusieurs espèces voisines. Celui-ci supporte difficilement un milieu gélatinisé. Dans nos expériences, en milieu liquide, une concentration de peptone de 0,05 % — 0,2 % était bien supportée ; le développement s'y fait avec grande vitesse ; les cellules sont un peu plus grandes et plus larges que sans peptone, le chromatophore un peu échancré et clair (cult. 86, 87). Les individus de 73 étaient, après plus d'une année, encore en parfait état de santé. La concentration de 0,5 % représente la limite qui peut être supportée. Les cultures 65, 70 et 71 ont péri, tandis que dans 88—91 un faible développement a eu lieu. Cette différence est probablement la conséquence du fait que, pour ces dernières cultures, on a employé un matériel d'inoculation qui provenait d'un milieu glucosé ou peptonisé, tandis que pour les premières il provenait d'un milieu D $\frac{1}{3}$ sans autre addition. La différence entre le milieu de départ et celui de l'expérience était donc moins grande dans les cultures 88—91 ; l'organisme était déjà un peu accoutumé et dans un état de nutrition qui le rendait plus capable de supporter la forte dose de peptone. Nous reviendrons encore sur ce point.

Si l'on combine l'effet de la peptone avec la présence de glucose, on remarque tout d'abord que la **concentration de 0,5 % de peptone est supportée avec grande facilité** et que

³³ Chodat, 96 (1909) et 131—136 (1913); Hoffmann-Grobéty, 86 (1912).

le développement y est très intense. Chose étonnante, même le galactose à 1,5 % ($\frac{N}{12}$), qui était nuisible sans peptone, favorise le développement en présence d'une concentration de peptone qui, sans galactose, serait aussi nuisible. Pour l'*Ankistrodesmus minutus*, Chodat³⁴ a constaté que le pouvoir de liquéfaction de la gélatine et la capacité protéolytique vont en diminuant, si l'on augmente la quantité de glucose. Mais le saccharose, qui, lui seul, est difficilement assimilé, semble l'être beaucoup mieux en présence de peptone (ibid. p. 134); il ne diminue pas le pouvoir protéolytique de l'algue; son rôle est donc contraire à celui du glucose et reste problématique. Pour l'*Ankistrodesmus Braunii*, le galactose joue un rôle analogue et que nous ne pouvons nous expliquer pour le moment (expér. 96—99). On peut aussi supposer que des acides qui se forment aux dépens du galactose, sont neutralisés par des bases aminées qui se forment à partir de la peptone. Mais nous n'avons pas fait d'analyses chimiques de nos milieux. Dans les expériences avec peptone et glucose combinés, nous sommes de nouveau en présence d'un exemple de la loi du minimum. 92 et 94, avec D $\frac{1}{10}$, sont très polymorphes; 93 et 95, avec D $\frac{1}{3}$, le sont moins. Avec galactose le contraire a lieu; dans D $\frac{1}{3}$, on voit le polymorphisme plus prononcé que dans D $\frac{1}{10}$, ce qui est peut-être en rapport avec le rôle inconnu de ce sucre.

En somme, le développement de l'*Ankistrodesmus Braunii* dans un milieu avec 1,5 % ($\frac{N}{12}$) de glucose ou de galactose, est favorisé par l'addition de peptone (comparez 38 à 92 et 94; 39 à 93 et 95). On peut rapprocher à ces observations, le fait déjà cité, et confirmé par plusieurs auteurs,³⁵ que d'autres Protococcacées attaquent moins la gélatine en présence de glucose, qu'en absence de celui-ci.

Morphologie et valeur systématique des formes observées.

Nous avons déjà énuméré les différentes formes de l'*Ankistrodesmus*, qui ont été décrites jusqu'à présent, soit dans la nature, soit en culture pure. Nous avons rencontré, dans les conditions réalisées dans nos expériences, presque toutes ces formes ou, au moins, des types analogues.

³⁴ Chodat, 135 (1913).

³⁵ Hoffmann-Grobéty, 87 (1912).

Dans les cultures âgées, en faible concentration, les cellules restent **allongées**, se remplissent de gouttelettes d'huile et prennent la couleur rouge de la **carotène**. Celle-ci peut se former dans presque tous les milieux; il semble que sa production est **favorisée par le glucose**. Il y a donc une analogie avec la formation de ce pigment chez les plantes supérieures.

Les cellules allongées et pointues, **contenant une ou deux spores arrondies** (Fig. 1, 11; 3, 62; 5, 1), se sont formées dans les milieux $D \frac{1}{10}$ et $D \frac{1}{3}$ avec faible dose de Na Cl, Glucose et Galactose; nous les avons observées dans 6, 9, 10, 11, 32. Mais ces formes si typiques ne se sont produites, dans nos milieux, qu'en très petit nombre; nous n'avons pas, dans nos cultures, réalisé les conditions optima à leur formation. Le fait qu'on les trouve par-ci, par-là, entre des individus restés fusiformes, sans rencontrer des formes intermédiaires, montre que leur apparition n'est pas la conséquence d'une haute pression du milieu, mais d'un état particulier de l'individu. La présence de Na Cl semble pourtant favoriser cette sorte de multiplication. Dans une série de cultures, infectée accidentellement par des bactéries, ces formes nous paraissaient plus nombreuses (influence des matières sécrétées?).

Dans les cultures à Na Cl plus concentré, toutes les cellules se transforment en **véritables sporanges, à parois solides**. Les spores continuent leur multiplication; les produits de division restent enfermés dans la paroi de leur cellule mère, et on obtient ainsi des sporanges allongés à un assez grand nombre de spores (Fig. 1, 16—18; 4, 12—13). Dans les concentrations encore plus fortes, la multiplication est arrêtée, les sporanges deviennent unispores (Fig. 1, 20—24). Les cellules allongées et isolées ont la **capacité de se fixer** sur différents objets; elles rappellent alors un *Sciadium* ou un *Characium*. Cette capacité est particulièrement prononcée dans les cultures avec une faible dose de Na Cl, sucre ou peptone. On voit alors, à l'extrémité de la cellule, un point qui se colore en rouge par le rouge de congo et qui se fixe immédiatement sur la lame ou la lamelle. Cette fixation est si efficace, qu'on voit l'algue se tourner, sous le microscope, comme une girouette selon le courant d'eau, et qu'on peut même rincer la lamelle sous un robinet sans arracher toutes les cellules. Rappelons, à cette

Fig. 4.

- Fig. 4. 1—3 Culture 77; stade Dactylococcus (15 V, 1919); même grossissement que fig. 5.
 4—6 Culture 80; cellules vacuolisées, se remplissant d'huile (19 VI, 1919).
 7—11 Culture 76; stades successifs de division; 11, reste de la paroi.
 12—13 Culture 16; sporanges à parois solides.

- Fig. 5. 1 Culture 11; division normale et formation de spores. Les deux modes peuvent se rencontrer dans un même individu.
 2—5 Culture 7; en 2, individus isolés qui se sont accrochés accidentellement; en 3, la cellule d'entrant continuera la chaîne Dactylococcus.
 6—8 Culture 85; étoiles nageantes et Dactylococcus; en 6 en voie de multiplication.
 9 Culture 83; flocon avec étoiles et Dactylococcus, en voie de forte multiplication.
 10 Culture 87; chromatophore plus transparent.
 11—13 Culture 84; âgée de 8 jours; on remarque, à la base de chaque arbuscule, la paroi de la cellule plus trapue qui provient de l'inoculation.
 14, 15, 17 Culture 86; comme 11—13.
 16 Culture 84, âgée de 14 jours; la cellule basale est plus pointue que dans 11—13; grossissement un peu plus fort.

Fig. 5.

occasion, que d'après Borge,³⁶ le *Spirogyra* forme plus facilement des rhizoïdes en présence d'une certaine quantité de sucre (0,25—0,5 % de Saccharose) que sans cette addition.

Les beaux **arbuscules**, décrits par Chodat pour l'*Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs, n'ont plus été retrouvés depuis lors. Ce n'est que dans nos dernières expériences en 1919, que nous avons réussi à découvrir de formes analogues. Cependant, dans les dessins de Chodat, leur forme est encore plus régulière.³⁷ Nos arbuscules n'étaient pas fixés, mais se rencontraient dans les flocons nageants. Ils se sont formés dans des cultures (N^o 84, 86, fig. 5, 11—17) D $\frac{1}{10}$ et D $\frac{1}{3}$ avec faible addition de peptone, donc dans des conditions où la vitesse de développement était très grande. Nous ne les avons observés que pendant les premiers temps après l'inoculation, ou l'intensité de la croissance atteignait son maximum. On trouve, à la base d'une partie de ces arbuscules, encore le reste de la vieille cellule mère plus trapue, qui provient de l'inoculation. Le temps, pendant ces expériences, était très chaud et lumineux. Nous pensons donc que nos arbuscules, qui d'ailleurs étaient très débiles, se sont produits parce que toutes les circonstances se sont accumulées pour accélérer la croissance, et que leur formation est liée à une certaine vitesse de la multiplication. Si le développement se fait lentement, nous n'avons, dans le même milieu, que des cellules isolées, issues par deux dans chaque cellule mère. Comme Chodat avait observé ses arbuscules fixés sur des algues filamenteuses, nous avons introduit du coton stérilisé dans nos cultures. Les algues s'y sont fixées en assez grand nombre, mais sont restées isolées et nous n'avons pas réussi à observer des arbuscules fixés. Probablement, nous avons introduit le coton à un moment, où la vitesse de développement (10 jours après l'inoculation) avait déjà dépassé son maximum.

La forme **Dactylococcus** était obtenue dans des conditions semblables (cult. 77, 85, 83, 87). On voit une cellule se diviser en deux ou plusieurs cellules filles, qui restent unies par leurs extrémités. Ceci peut se répéter plusieurs fois. Si, à chaque

³⁶ Borge, 34 (1894).

³⁷ Chodat, 609 (1894) et 168, 199 (1902).

division, le nombre des cellules filles est petit, nous obtenons (fig. 4, 4; 5, 3, 5, 7, 8, 10) de longues chaînes peu ramifiées, composées de 3—5, très rarement de 10 individus. Si chaque individu donne naissance à un nombre considérable de cellules filles, nous obtenons des systèmes d'étoiles extrêmement élégants dont on voit bien le mode de formation en fig. 4, 2 et fig. 5, 5, 6, 9. La disposition des cellules dans ces étoiles rappelle celle chez les *Actinastrum*³⁸.

On peut rencontrer ainsi des flocons nageants composés de centaines d'individus. Il est évident que certains de nos dessins (fig. 4, 1) rappellent énormément le stade *Dactylococcus* chez *Scenedesmus acutus*³⁹ et constituent une preuve de plus de l'affinité entre les deux genres. Il ne faut pas confondre, avec ces formations naturelles, les chaînes qu'on rencontre souvent et qui sont issues de la réunion accidentelle d'individus isolés, fixés les uns aux autres par leurs extrémités (fig. 5, 2). La forme *Dactylococcus*, de même que les arbuscules, sont difficiles à observer. Même dans les conditions qui favorisent leur apparition, nous avons toujours de la peine à les étudier en exemplaires typiques et bien conservés. Nous insistons encore sur le point que la fréquence des formes rares est **dominée par la loi des courbes de variations**. Chaque milieu a son mode caractéristique. Dans certains cas, le sommet de la courbe serait très accentué et les formes extrêmes s'éloigneraient peu du mode; dans d'autres, la courbe serait plus aplatie et les formes aberrantes plus nombreuses.

Les formes **chlorelloïdes** enfin, semblent être favorisées en milieu avec galactose (60—62; 97 et 99; Planche II, 10).

Le problème de la flottaison.

Le lecteur trouvera traitée la question de la flottaison des organismes du plancton dans les travaux de Rayss et de Grossmann, qui contiennent aussi la bibliographie nécessaire. Nous n'avons qu'à rappeler qu'une viscosité du milieu ou une grande surface spécifique de l'organisme ralentissent la vitesse d'immersion et facilitent la flottaison. On est en droit de

³⁸ Chodat, 208 (1902); Brunnthaler, 169 (1915).

³⁹ Grintzesco (1902).

1

2

3

4

Fig. 6.

Explication dans le texte.

Fig. 7.

supposer que, dans une même culture en milieu liquide, les conditions de nutrition sont à peu près les mêmes pour la plupart des individus, et qu'ils ont tous à peu près les mêmes propriétés de viscosité vis-à-vis du milieu. C'est donc surtout leur forme extérieure qui les distingue les uns des autres, et si un individu descend plus vite qu'un autre, il faut en chercher la cause dans cette différence des formes extérieures. Il semble qu'on peut étudier, dans de telles circonstances l'influence de la forme extérieure sur le pouvoir de flottaison, avec une grande netteté.⁴⁰ Certaines causes d'erreur sont éliminées, celles-ci étant inévitables quand on compare deux organismes différents dans un même milieu ou un organisme dans différents milieux.

Pour l'expérience du 4 mars 1918, nous avons pris la culture 58, inoculée le 17 VII 1917. Avant l'expérience, l'éprouvette n'avait pas bougé pendant des mois; il y avait un dépôt au fond et le liquide était très légèrement teinté en vert par les individus nageants. Dans la colonne 1 (fig. 6) on a dessiné un certain nombre d'individus, rencontrés au pur hasard près de la surface du liquide avant de l'avoir remué. Puis, la culture a été fortement secouée. Dans la colonne 4, on a dessiné un certain nombre d'individus rencontrés dans une goutte prise immédiatement après; dans la colonne 3, des individus pris au fond après 2 heures; dans la colonne 2, des individus pris près de la surface après 2 heures $\frac{1}{4}$. On a groupé, pour mieux comparer les différentes catégories, les individus minces et allongés en haut, les gros en bas.

On constate donc, **par l'emploi de cette méthode statistique, que, toutes choses étant aussi égales que possible, les gros individus trapus descendent, et les individus minces et allongés restent facilement en suspension.** La différence entre les deux catégories (colonne 3 et colonne 2) est assez bien marquée dans ce milieu. On trouve cependant, dans les colonnes 1 et 2 (individus nageants) quelques cellules assez trapues et dans la colonne 3 (individus du fond) quelques-unes qui sont minces.

Tout différent est le résultat de l'expérience 2 du 20 VIII 1917 avec la culture 98. Dans la colonne 5, on voit les in-

⁴⁰ Vischer, 229 (1917).

dividus d'une goutte prise immédiatement après avoir secoué le contenu; dans la colonne 4, des individus du fond après 3 heures $\frac{1}{4}$; dans 3, des individus pris près de la surface après 4 heures; dans 2, après 7 heures; dans 1, après 21 heures. On remarque de prime abord que tous les individus sont plus trapus que dans la culture 58; tous, dans le milieu moins visqueux de l'expérience 1, seraient tombés au fond. On voit donc l'influence de la viscosité du milieu (présence de peptone) sur le pouvoir de flottaison. **Des organismes incapables de rester en suspension dans un milieu donné, peuvent flotter, si la viscosité est plus grande.** Peut-être, une différence de poids spécifique s'ajoute pour agir dans le même sens. Dans l'expérience 2, la différence entre les individus flottants et ceux qui tombent au fond, est moins marquée que dans l'expérience 1. Le nombre de ceux qu'on pourrait tout aussi bien trouver dans la colonne 3 que dans 4, est assez grand. Mais, sur la quantité totale, le nombre des petites cellules, souvent réunies par quatre ou en forme d'étoile, est plus grand dans la catégorie des individus nageants (colonne 1—3) que dans la catégorie de ceux qui tombent au fond.

Chez ces derniers (colonne 4), le nombre des grands l'emporte de beaucoup. Nous donnons (Pl. II, 5) la photographie d'un flocon nageant, qui était pris avant d'avoir secoué l'éprouvette; ces colonies sont très débiles. On remarque aussi, en comparant la colonne 1 à 3, que les individus qui sont restés en suspension après 4 heures, le sont encore après 21 heures. Dans fig. 6, colonne 1, on voit ceux qui flottent depuis des mois. Il faudrait naturellement augmenter ces expériences en faisant plonger par exemple, dans des milieux différents, des individus provenant du même milieu. On aurait alors la certitude, que les différences dans la vitesse d'immersion doivent être attribuées à l'influence du milieu (viscosité, poids spécifique, température); on pourrait exclure d'une telle manière les causes d'erreurs qui proviennent de l'état différent du matériel employé (état de nutrition, poids spécifique, viscosité, gelée etc.). On pourrait aussi faire des essais complémentaires, en transportant du matériel de provenance différente, dans un même milieu donné, pour étudier l'influence de l'état de nutrition etc. sur le pouvoir de flottaison.

Le pouvoir de flottaison s'est manifesté d'une façon très différente dans les cultures 74—87. Comme l'indique le tableau des expériences, on a observé, pendant les premiers temps après l'inoculation, un développement très intense de flocons nageants (arbuscules, *Dactylococcus* etc.). Ces flocons étaient surtout abondants en présence d'une petite dose de peptone. On ne pouvait, sous le microscope, constater aucune différence entre les individus nageants, et ceux du fond. Après un certain temps (2—3 semaines), presque tous ces flocons nageants avaient disparu, et il n'en restait qu'un faible enduit sur la paroi de l'éprouvette opposée à la lumière. Les algues n'étaient donc capables de monter vers la surface et de rester en suspension que pendant la période où l'intensité de développement atteignait son maximum. Dès que la vitesse de l'assimilation et de la croissance allait en diminuant, tous les individus tombaient au fond. **Le pouvoir de flottaison était donc lié, dans ce cas, à un stade particulier de nutrition** qui ne durait que pendant une quinzaine de jours. Ce phénomène peut être rapproché du fait bien connu, que beaucoup d'organismes du plancton n'ont été observés que pendant une période très restreinte. Il est intéressant de constater, que la présence d'innombrables gouttelettes d'huile, n'a pas empêché les cellules des cultures 74 et 75, de tomber au fond et d'y rester.

Rapport entre les conditions physico-chimiques et les formes produites.

Si nous nous demandons, quels sont les rapports physico-chimiques entre les milieux et les formes produites, nous devons avouer que nous n'en voyons point. La forme ronde (culture 48) qui, de prime abord, pourrait être considérée comme une réponse directe à la pression osmotique du milieu, ne l'est pas ; elle ne se forme plus, si la concentration est encore augmentée. L'apparition des cellules en forme de citron, dans les hautes concentrations de glucose, n'a pas plus de rapports physico-chimiques avec le milieu, que celle des cellules allongées et spiralées du *Stichococcus bacillaris*⁴¹ dans les hautes concentrations de saccharose. Nous ne pouvons non plus nous expliquer,

⁴¹ Issatschenko, 11 (1911).

chez l'*Ankistrodesmus Braunii*, la formation d'un pied fixateur dans les milieux avec faible dose de sucre ou de Na Cl. De même, la formation des chaînes *Dactylococcus* chez les *Scenedesmus* et chez les *Ankistrodesmus*, et celle des arbuscules, reste inexplicable par des raisons physico-chimiques. Nous ne pouvons pas, non plus, constater le moindre rapport entre l'utilité que pourrait avoir une forme (augmentation de surface en milieu pauvre etc.), et les conditions qui la provoquent. Il se peut que, par hasard, une forme soit utile; mais ce n'est pas nécessairement le cas. On n'est donc pas en droit de parler, dans les cas décrits, de réactions „adéquates“. La production de gouttelettes d'huile, dans les expériences 74 et 75, n'a pas servi à faciliter la flottaison, mais est simplement la conséquence d'un certain état de nutrition. Nous ne pouvons que répéter ce que nous avons dit à propos de la formation des hélicomorphoses (feuilles juvéniles) chez les plantes supérieures:⁴² „Irgend eine Beziehung zu einem Bedürfnis der Pflanze kommt hierbei nicht in Betracht.“ „Die Pflanze kann in keinem Fall das tun, was für sie von Vorteil wäre, sondern das, wozu sie gezwungen wird.“

Le mode de réaction de l'algue vis-à-vis du milieu est donc uniquement déterminé par les facteurs héréditaires. Aux différentes conditions, l'algue doit répondre par la formation d'une certaine morphose selon ces lois. La forme de la morphose n'a aucun rapport direct, utilitaire ou physico-chimique, avec les conditions dans lesquelles elle est produite.

Influence de l'état du matériel d'inoculation sur le résultat des expériences.

Nous avons déjà attiré l'attention sur le fait, qu'en répétant une expérience, même à partir de cultures pures, on n'obtient pas toujours exactement le même résultat. Pour le *Chlorella vulgaris*, Nakano⁴³ a observé que les résultats des expériences (surtout la vitesse de développement), dépendaient, jusqu'à un certain point, de l'âge du matériel de départ. Nous avons nous-même pu constater qu'une quantité de peptone de 0,5 % était mieux supportée, si le matériel d'inoculation provenait

⁴² Vischer, Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Jugend- und Folgeformen; Flora, neue Folge, vol. VIII, 59 (1915).

⁴³ Nakano, 16 (1917).

déjà d'une culture avec glucose ou peptone. Dans de l'eau ou dans $D \frac{1}{10}$, les algues provenant d'un milieu minéral ($D \frac{1}{3}$), ont continué leur développement (cultures 1—5 en été 1917) et leur contenu s'est vacuolisé. Dans les mêmes milieux, les algues provenant d'une solution plus nutritive (avec glucose ou peptone), ont rapidement cessé de se multiplier (cultures 74 et 75 au printemps 1919) et se sont remplies de gouttelettes d'huile. Dans une série de cultures, faites au printemps 1918 avec glucose et galactose, les résultats ne correspondaient pas exactement à ceux, obtenus dans les mêmes concentrations pendant l'été 1917. Nous avons une analogie à propos de la formation des stades *Dactylococcus* et *Scenedesmus* chez le *S. acutus*.⁴⁴ Dans un certain milieu, les cellules isolées qui viennent d'y être transportées, donnent naissance à des colonies *Scenedesmus*. Mais, après y avoir séjourné un certain temps, elles produisent, dans le même milieu, des chaînettes *Dactylococcus*. Le résultat d'une expérience ne dépend donc pas uniquement du milieu dans lequel elle est faite, mais **aussi de l'état de nutrition et de la virulence du matériel d'inoculation**. C'est là un fait bien connu en bactériologie, mais sur lequel les algologues n'ont pas, jusqu'à présent, porté leur attention.

Nous avons aussi vu que l'influence du glucose se fait sentir d'une manière plus ou moins intense, selon les autres circonstances de croissance. Le résultat d'une expérience avec glucose doit donc être influencé par la vitesse du développement de l'algue. Celle-ci dépend de la virulence du matériel d'inoculation, de la lumière, de la température etc. Si, par conséquent, on observe de petites différences entre les résultats d'expériences répétées, il ne faut ni les attribuer à une sorte de périodicité mystérieuse, ni à un changement de nature de l'algue. Elles s'expliquent facilement par une série de circonstances qu'il est difficile ou impossible d'éliminer, et qui font que les résultats suivent la courbe de probabilité.

Nécessité de la création d'une station centrale d'algues en culture pure.

S'il n'est pas toujours facile, de répéter exactement une expérience à partir de la même culture pure, il est souvent

⁴⁴ Grintzesco, 246 (1902).

presqu'impossible d'identifier avec certitude son matériel et de savoir, si on a vraiment affaire avec la même race qu'un autre auteur (Nakano l. c. 27, 51). Il est par conséquent très difficile de dire, si toutes les formes décrites de l'*Ankistrodesmus Braunii*, avant l'introduction des cultures pures, appartiennent vraiment à une même race. Smith,⁴⁵ qui a cultivé un *Scenedesmus acutus* Meyen, ne l'a jamais vu former le stade *Dactylococcus*, tandisqu'il a isolé une race *Dactylococcus* qui n'a jamais donné naissance, dans ses cultures, à un *Scenedesmus*. Il en conclut que les observations de Grintzesco et Chodat reposent sur une erreur et qu'il y a toujours une différence spécifique entre *Scenedesmus* et *Dactylococcus*. Mais, à la même époque, Nakano⁴⁶ a obtenu, en concordance avec Grintzesco, le stade *Dactylococcus* à partir de *Scenedesmus*, et vice versa. Nous devons en conclure qu'il existe plusieurs races de *Scenedesmus acutus*, dont les unes forment plus facilement le stade *Dactylococcus* que d'autres, et qu'il peut aussi exister des *Dactylococcus* qui passent difficilement au stade *Scenedesmus*. Nous avons des analogies chez les plantes supérieures: Chez les Conifères, le stade *Retinispora* peut être plus ou moins fixé. Chez certains *Philodendrons*, la forme juvénile est représentée par un „stade *Potos*“; il y a des espèces,⁴⁷ dont on ne connaît que cette dernière morphose.

Nous avons ajouté ces faits pour démontrer la nécessité de développer une **station d'algues en culture pure**, telle qu'elle existe par exemple à l'Institut botanique de Genève. L'Association Internationale des Botanistes a donné son appui moral et matériel à la station des Champignons à Amsterdam. Il faut absolument qu'une institution analogue se fasse pour les algues. Un auteur qui aurait terminé un travail sur une espèce, enverrait un échantillon de son matériel à cette station centrale. Ces cultures seraient à la disposition de chaque auteur qui a un intérêt à travailler sur une race connue. Cela éviterait beaucoup de travail inutile et aiderait à éclaircir bien des questions de la physiologie et de la systématique des algues. Espérons que le temps de la paix facilitera la réalisation de ce vœu.

⁴⁵ Smith, 432 (1916 I), et 1185 (1914 II).

⁴⁶ l. c. p. 20.

⁴⁷ Goebel, Organographie, I, p. 389 (1913).

Résultats.

1. Dans les solutions très diluées, *l'Ankistrodesmus Braunii* forme des cellules isolées, fusiformes et vacuolisées.
2. Dans Detmer $\frac{1}{3}$, le chromatophore remplit la cellule.
3. Le **Chlorure de Sodium**, à partir d'une concentration de $\frac{N}{30}$, ralentit le développement et favorise la formation de sporanges.
4. Le **glucose**, jusqu'à $\frac{N}{12}$, accélère le développement; il augmente le polymorphisme d'autant plus, que les matières minérales font défaut. A $\frac{N}{6}$ de glucose, les cellules sont complètement rondes. A $\frac{N}{3}$, la division est troublée, les cellules sont aberrantes et géantes. A $\frac{N}{2}$, le développement et la division se font lentement, les formes sont régulières.
5. Il n'y a pas de parallélisme entre l'augmentation de la concentration et l'apparition de cellules rondes.
6. Le **galactose** ralentit le développement et l'arrête à $\frac{N}{12}$.
7. Le **Fer** accélère le développement.
8. Le **Manganèse** ralentit l'assimilation.
9. La **peptone** ralentit le développement et l'arrête à 0,5 %. Elle est facilement supportée en présence de glucose et de galactose.
10. On a observé les stades suivants et étudié leur formation: cellules **isolées, fusiformes, arrondies**, formes **chlorelloïdes, sporanges** à spores rondes, **arbuscules, étoiles, Dactylococcus**.
11. Ces stades ne constituent pas de „réaction adéquate“ vis-à-vis du milieu, mais leur forme est déterminée par la nature de l'algue et leur apparition est conditionnée par des circonstances extérieures.
12. Des essais sur la vitesse d'immersion ont été faits. Dans un milieu donné, les formes allongées tombent moins vite que les formes trapues. Dans un milieu plus visqueux, des formes plus trapues peuvent encore flotter.
13. Le résultat d'une expérience dépend, entre autre, de l'état de nutrition et de l'âge du matériel d'inoculation (virulence).
14. La création d'une station centrale d'algues en culture pure serait extrêmement désirable.

Liste bibliographique.

On a cité, dans cette liste, à part des travaux utilisés directement, les plus modernes, qui ne sont pas encore mentionnés par Rayss.

- 1892 *Artari Alex.*: Untersuchungen über Entwicklung und Systematik einiger Protococcoideen. Bull. Soc. Impér. Scienc. nat. Moscou 1892, et Diss. Basel, 1892.
- 1914 *Artari Alex.*: Zur Physiologie der Chlamydomonaden, II. Einige neue Versuche und Beobachtungen. Pringsh. Jahrb. f. wiss. Bot. LIII, p. 527.
- 1894 *Borge, O.*: Über Rhizoidbildung bei einigen fadenförmigen Chlorophyceen. Nya tidnings actiebodags, vol. II.
- 1915 *Brunnthaler Jos.*: Protococcales. In A. Pascher, Die Süßwasserflora Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz, Heft 5, Jena.
- 1915 *Buchheim A.*: Der Einfluß des Außenmediums auf den Turgordruck einiger Algen. Diss. Bern.
- 1894 I *Chodat Rob.*: Nouvelles recherches sur les Raphidium. Bibliothèque universelle. Archives des sciences physiques et naturelles, p. 2, Vol. XXXI, Lausanne.
- 1894 II *Chodat Rob.*: Matériaux pour servir à l'histoire des Protococcacées. Bull. Herb. Boissier, page 585, Vol. II.
- 1895 *Chodat Rob.*: Matériaux... etc. ibid. page 109, Vol. III.
- 1902 *Chodat Rob.*: Algues vertes de la Suisse. Matériaux pour la Flore cryptogamique Suisse, Vol. I, fasc. 3, Berne.
- 1909 *Chodat Rob.*: Etude critique et expérimentale sur le Polymorphisme des Algues. Genève.
- 1913 *Chodat Rob.*: Monographies d'Algues en culture pure. Matériaux pour la Flora cryptogamique Suisse. Vol. IV, fasc. 3, Berne.
- 1916 *Chodat Rob.*: Sur l'isogamie, l'hétérogamie, la conjugaison et la superfétation chez une algue verte. Archives d. Sciences phys. et natur. 4me période, Vol. XLI, p. 155. Genève.
- 1895 *Chodat R. et Huber*: Recherches expérimentales sur le *Pediastrum Boryanum*. Bull. soc. bot. Suisse. Livr. I, p. 1.
- 1893 I *Chodat R. et Malinisco*: Sur le polymorphisme du *Raphidium Braunii* et du *Scenedesmus caudatus* Meyen. Bull. Herb. Boissier, Vol. I, page 640, Genève.
- 1893 II *Chodat R. et Malinisco*: Sur le polymorphisme du *Scenedesmus acutus* Meyen, ibid. Vol. I, page 184—190.
- 1912 *Collins*: The green algae of North America, suppl. in Tufts College Studies, Vol. III.

- 1916 *Ducellier F.*: Contribution à l'étude du polymorphisme et des monstruosités chez les Desmidiacées. Bull. soc. bot. Genève II. sér. Vol. VII, p. 75—118.
- 1902 *Grintzesco Jean*: Recherches expérimentales sur la morphologie et la physiologie du *Scenedesmus acutus* Meyen. In R. Chodat, Travaux du Laboratoire de Botanique, 6me Sér. I fasc.
- 1919 *Großmann Emanuel*: Schwebefähigkeit und Koloniebildung einiger Scenedesmaceen, Referat gehalten an der Versammlung der schweizer. bot. Ges. in Basel, Frühjahr 1919. Le travail complet va paraître.
- 1912 *Hoffmann-Grobéty A.*: Contribution à l'étude des Algues unicellulaires en culture pure. Bull. soc. bot. Genève, 2^{me} sér., Vol. IV.
- 1911 *Issatschenko B.*: Über Polymorphismus bei *Stichococcus bacillaris*, in Scripta Botanica, fasc. XXIX, Petrograd.
- 1914 *Jollos Vict.*: Variabilität und Vererbung bei Microorganismen. Zeitschrift für induct. Abstammungslehre, XII.
- 1881—85 *Klebs Georg*: Über Organisation einiger Flagellatengruppen. Untersuch. aus d. bot. Inst. Tübingen.
- 1896 *Klebs Georg*: Die Bedingungen der Fortpflanzung bei einigen Algen und Pilzen, Jena 1896.
- 1914 *Küfferath H.*: Contribution à la physiologie d'une Proto-coccacée nouvelle, *Chlorella luteo-viridis* Chod.; Recueil de l'Institut botanique Léo Errera, Vol. IX p. 113—319.
- 1849 *Kützing*: Species algarum.
- 1916 *Kuwada Y.*: Some peculiarities observed in the culture of *Chlamydomonas*. Bot. Magaz. Tokyo, XXX, p. 347—358.
- 1916 *Lieske R.*: Serologische Studien mit einzelligen Grünalgen. Sitzungsber. Heidelberger Akad. Math. Nat., pas vu. voir le référat dans Zeitschrift für Botanik, 1916, p. 694.
- 1918 *Limberger A.*: Über Reinkultur der Zoochlorella aus *Euspongilla lacustris* und *Castrada viridis* Volz. Anz. Kais. Akad. d. Wiss. Wien p. 200—201, et Sitzungsber. Kais. Akad. d. Wiss. Wien I, CXXVII, p. 395—412, pas vu.
- 1917 *Nakano H.*: Untersuchungen über Entwicklungs- und Ernährungsphysiologie einiger Grünalgen. Journ. Coll. Sc. Imper. Univers. Tokyo, XL, 2; en allemand.
- 1917 *Nakano H.*: Über Reinkultur der Chlorophyceen. Bot. Mag. Tokyo XXXI, p. 51—70, en japonais.
- 1915 *Naumann E.*: Einige Reproduktionstechnische Gesichtspunkte betreffs photogr. Darstellung der Planktonformationen. Bot. Not. 1915, Nr. 1.

- 1915 *Prat S.*: Algenernährung, Biologické Listy, IV, p. 310; pas vu, voir Bot. C. Bl. CXXXIII p. 39.
- 1915 *Rayss T.*: Le Coelastrum proboscideum. Etude de planctologie expérimentale. Thèse, Genève; paru aussi dans Matériaux pour la Flore cryptogamique de la Suisse, Vol. V, fasc. 2, Berne.
- 1917 *Reverdin Louis*: Une nouvelle espèce planctonique, Raphidium spirochroma L. Rev.; Bull. soc. bot. Genève. 2^{me} sér. IX.
- 1911 *Richter Osw.*: Die Ernährung der Algen. Monographien und Abhandlungen zur Internationalen Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie, Bd. II, Leipzig.
- 1913 *Richter Osw.*: Die Reinkultur und die durch sie erzielten Fortschritte vornehmlich auf botanischem Gebiet. Progressus rei botanicae, IV.
- 1914 *Schramm J. R.*: Some pure culture methods in the Algae. Ann. Missouri. Bot. Garden, I, p. 23—45.
- 1914 *Schramm J. R.*, A contribution to our Knowledge of the relation of certain species of grass-green Algae to elementary nitrogen. Ibid. I, p. 157—184, voir aussi Bot. C. Bl. CXXXI, p. 653.
- 1916 *Senn G.*: Besprechung der Arbeit von T. Rayss über Coelastrum proboscideum. Zeitschr. für Botanik, Vol. VIII, p. 690.
- 1914 I *Smith G. M.*: The Cell Structure and Colony Formation in Scenedesmus. Archiv f. Protistenkunde, Vol. XXXII p. 278—297.
- 1914 II *Smith G. M.*: The organization of the colony in certain fourcelled coenobic algae. Trans. Wisconsin Acad. Sci. Arts and Lett. XVII, Pt. 2; 1165—1220.
- 1916 I *Smith G. M.*: A monograph of the algae genus Scenedesmus based upon pure culture studies. ibid., XVIII p. 422—530.
- 1916 II *Smith G. M.*: Cytological Studies in Protococcales I, II.
I Zoospore Formation in Characium Sieboldii A. Br. Ann. of Botany, XXX, p. 451.
II Cell structure and Zoospore Formation in Pediastrum Boryanum (Turp.) Menegh. ibid. 469.
- 1918 *Smith G. M.*: Cytological Studies in the Protococcales III. Cell Structure and Autospore Formation in Tetradon minutum. Ibid. XXXII, p. 459.

- 1906 *Tanner-Füllemann*: Sur un nouvel organisme du plancton du Schoenenbodensee, le *Raphidium Chodati*. Bull. Herb. Boissier II^{me} sér. VI, p. 156.
- 1917 *Vischer W.*: Versuche mit *Raphidium Braunii* (vorläufige Mitteilung). Verhandl. d. schweiz. natf. Ges.; 99. Jahresversammlung in Zürich. II. Teil, p. 229. Aarau 1918.
- 1916 *West G. S.*: Algae, Vol. I. in Cambridge Botanical Handbooks.
-

Explications des planches hors texte.

Planche I.

- 1) Culture 1; chromatophore très petit; cellules vacuolisées, transparentes.
- 2) " 4; chromatophore vert, remplissant la cellule.
- 3) " 12; chromatophore vert, avec échancrure au milieu.
- 4) " 34; cellules inégales.
- 5) " 36; au milieu, des cellules en forte multiplication.
- 6) " 38.
- 7) " 39.
- 8) " 46.
- 9) " 48.

Planche II.

- 1) Culture 49; les cellules sont arrondies et forment souvent des colonies chlorelloïdes.
- 2) " 52; on voit les deux pointes incolore et le chromatophore vert foncé.
- 3) " 55; comme 2.
- 4) " 9; les cellules se sont fixées sur un dépôt minéral.
- 5) " 33; multiplication et formation d'un arbuscule; on voit, à droite le reste la membrane de la cellule mère; à gauche elle est à peine visible en +.
- 6) " 98; du fond de l'éprouvette.
- 7) " 98; flocon nageant; on remarque les restes des membranes qui restent accrochés.
- 8) " 92; du fond de l'éprouvette.
- 9) " 94; comme 8.
- 10) " 97; belles colonies chlorelloïdes.
- 11) " 63; cellules géantes, multinucléées? La cellule à droite écrasée par la lamelle.