

Zeitschrift: Archives des sciences [1948-1980]
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 8 (1955)
Heft: 2

Artikel: Influence d'intensités lumineuses variées sur la croissance, le titre en chlorophylle et le pouvoir photosynthétique d'une algue unicellulaire
Autor: Uehlinger, Verena / Chodat, Fernand
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-739847>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 28.06.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INFLUENCE D'INTENSITÉS LUMINEUSES VARIÉES SUR LA CROISSANCE, LE TITRE EN CHLOROPHYLLE ET LE POUVOIR PHOTOSYNTHÉTIQUE D'UNE ALGUE UNICELLULAIRE

PAR

Verena UEHLINGER et Fernand CHODAT

INTRODUCTION.

L'Algue étudiée est le *Diplosphaera Chodati* Bialosuknia, soit le n° 50 de l'Algothèque de Genève, dont nous avons rappelé les particularités biologiques dans une note précédente [1]. Les expériences que nous relatons ici ont été faites en vue d'établir les conditions optimales d'une culture intensive de cet organisme. Quelques-unes de ses propriétés physiologiques nous étaient déjà connues, en particulier ses exigences en gaz carbonique [1]. Il fallait encore mesurer l'effet d'intensités lumineuses variées sur la croissance et l'assimilation chlorophyllienne de cette Chlorococcale.

Les conditions générales de culture, en milieu liquide aéré et agité, sont celles décrites dans un précédent article [2]. Les conditions particulières où se sont déroulées nos expériences sont les suivantes: la solution nutritive est celle de Detmer, diluée au tiers et démunie de carbone organique. Le nitrate y est présent sous forme de son sel calcique. Le pH initial du milieu de culture est de 6,7. 1500 ml de cette solution remplissent à moitié les flacons de 3 litres de contenance. L'aération est faite par de l'air du laboratoire, sans surcharge artificielle de CO₂, insufflé à raison de 250 ml/minute. L'agitation de la suspension d'Algues se fait par une baguette de verre, courbée

en demi-boucle et tournant à raison de 200 tours/minute. Les divers flacons ont été exposés à des intensités lumineuses de: 6000, 4000, 3000, 2000, 1000 et 500 lux. Nous avons adopté, pour réaliser ces éclaircissements, les dispositifs décrits dans le travail rappelé sous le chiffre [2]. L'emploi d'écrans de gaze blanche, installés entre les tubes à fluorescence Philips et le fond des flacons de culture, permet un réglage fin de l'intensité lumineuse offerte.

La quantité et la qualité de l'inoculum doivent être aussi égales que possible d'un essai à l'autre. Voici le mode opératoire scrupuleusement observé en vue de donner un maximum de reproductibilité aux expériences: à partir d'une culture de l'Algue sur milieu agarisé, on inocule 60 ml de la solution minérale de Detmer diluée au tiers. Ce flacon est mis en culture, sans aération ni agitation, durant 10 jours à la température de 20°. La suspension d'Algues est alors dénombrée, puis amenée (emploi de la cellule Zeiss-Thomas) à la concentration de 3.500 cellules par millimètre cube. 10 ml de cette dernière suspension sont alors versés dans le flacon de culture dont la teneur initiale devient alors de 25 cellules par millimètre cube.

MESURES DE LA CROISSANCE.

La croissance fut appréciée par le dénombrement périodique des cellules présentes dans 1 mm³ de la suspension d'Algues dans le liquide de culture. Le dénombrement se fait à l'aide d'un hémacytomètre Zeiss-Thomas. Le rendement optimal de cette opération (maximum de précision réalisable pour une durée fixe de comptage) a été étudié et fera l'objet d'une prochaine publication de caractère statistique. L'échantillon destiné au dénombrement est prélevé dans le fluide mobile et homogène du milieu de culture. Le volume minime de l'échantillon est pratiquement sans influence sur l'évolution de la culture.

Les valeurs de multiplication cellulaire, notées lors des divers prélèvements, sauf celui effectué au 39^e jour, sont inférieures aux valeurs de croissance réelles. Nous avons dit ailleurs [2] que dans les conditions expérimentales choisies, l'Algue n° 50 manifeste des mouvements phototactiques

positifs ou négatifs selon l'intensité lumineuse qui l'atteint. Ces mouvements conduisent les cellules, une partie d'entre elles tout au moins, vers le fond du vase auquel elles adhèrent (phototactisme positif) ou vers la paroi circulaire du flacon, juste au-dessus de la surface du liquide de culture (phototactisme négatif); à ce niveau, les cellules adhèrent aussi et forment, hors du liquide, un anneau vert d'importance variable. Ces deux sortes de mouvement s'accomplissent malgré celui communiqué aux cellules par l'agitation donnée au liquide de culture. Les Algues du tapis et celles de l'anneau sont donc soustraites, en raison de leur situation, au dénombrement qui ne concerne que la partie mobile du milieu de culture. Il y a certes un retour à la suspension mobile, d'éléments cellulaires

TABLE I.

*Croissances mesurées dans les flacons différemment éclairés
et exprimées par le nombre de cellules au mm³.*

Age en jours	Lux:						
	500	1000	2000	3000	4000	6000	10.000
0	25	25	25	25	25	25	25
4	100	100	350	600	400	400	—
5	100	270	370	700	800	2.000	2.800
6	—	—	—	—	—	4.100	—
7	200	800	2.600	3.400	3.100	8.400	4.000
9	—	—	—	—	—	—	6.000
10	1.300	1.500	5.000	5.000	7.000	16.000	—
11	—	—	—	—	—	—	10.400
12	1.200	3.600	4.200	4.000	7.400	20.500	—
14	2.400	4.400	6.200	8.300	16.600	24.500	—
15	—	—	—	—	—	—	14.300
17	4.400	4.000	8.200	16.200	23.600	27.200	—
19	—	—	—	—	—	—	15.000
25	2.300	4.900	12.600	30.000	30.000	31.200	—
31	—	—	—	—	—	—	20.000
33	5.000	8.900	22.000	40.000	32.600	46.500	—
31	—	—	—	—	—	—	40.800
39	28.000	35.000	57.000	70.000	65.000	53.000	40.800

Remarque: Les valeurs du 39^e jour indiquent le nombre total des cellules, celles des dépôts y compris; les autres valeurs correspondent au nombre de cellules dans le liquide mobile.

qui se sont détachés soit de l'anneau, soit du tapis. Une agitation plus efficace éliminera cette anomalie biologique qui tend à fausser l'appréciation du pouvoir de multiplication des Algues. Les chiffres qui suivent expriment donc plus un rythme de croissance qu'une valeur absolue de cette dernière. Le dernier prélèvement d'échantillon est précédé d'un raclage des parois du flacon et d'une vigoureuse redispersion des cellules dans le liquide de culture. Cet artifice permet alors d'évaluer le nombre total des cellules formées à ce moment.

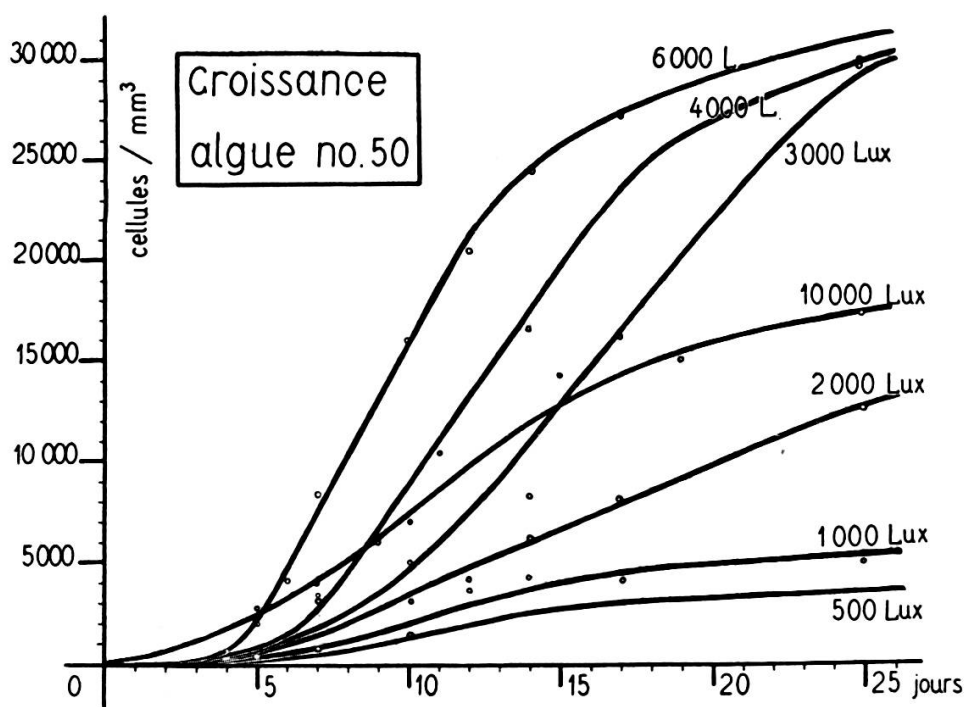


Fig. 1.

Expression graphique des valeurs consignées à la table I.

On distingue sur la figure 1 trois groupes de courbes qui traduisent les réactions de croissance de l'Algue 50 exposée à des éclairagements d'intensités différentes:

Groupe 1: Eclairage optimal, représenté par les intensités lumineuses 3000, 4000 et 6000 lux (estimation de la lumière offerte, la lumière reçue étant moindre). L'allure de la croissance comprend les étapes suivantes: une période de latence de quatre jours à partir desquels la numération devient possible; une phase logarithmique de croissance intense et proportionnée aux intensités lumineuses offertes;

une phase de retard qui plafonne insensiblement au niveau de la valeur 30.000 cellules/mm³.

Groupe 2: Eclairage infra-optimal, représenté par les intensités lumineuses de 2000, 1000 et 500 lux. Le départ, dans ces conditions, est plus lent, la multiplication moins intense, mais toutefois proportionnée à l'intensité lumineuse offerte.

Groupe 3: Eclairage supra-optimal, représenté par l'intensité lumineuse de 10.000 lux. La phase de latence est réduite à un jour et demi; la multiplication est visiblement freinée durant la période exponentielle de la croissance; celle-ci atteint la phase stationnaire au niveau de 18.000 cellules/mm³.

Les commentaires que suscite cette documentation seront fournis après l'examen du pouvoir photosynthétique et celui de la pigmentation chlorophyllienne propres aux cellules formées dans ces diverses circonstances.

MESURES DU POUVOIR PHOTOSYNTHÉTIQUE.

Elles sont faites avec l'appareil manométrique selon Warbourg, modèle V, circulaire, construit par la maison Braun-Melsungen. Nous avons complété ce dispositif commercial connu, par un éclairage circulaire dominant la cuvette du thermostat. Un tube Sylvania (U.S.A.), 32 W, « white », en anneau, fournit au niveau de la suspension d'Algues contenue dans l'auge manométrique et, à la périphérie de ces récipients une intensité lumineuse de 2500 lux. Les remarques que nous avons faites au sujet de la lumière offerte et de la lumière reçue par les Algues en croissance dans le liquide de culture, doivent être répétées à propos de la suspension d'Algues contenue dans le flacon conique du respiromètre de Warbourg. Nous ne connaissons, ici encore, que la lumière atteignant les parois extérieures du flacon et non celle irradiant chaque cellule !

Insistons tout d'abord sur quelques particularités méthodologiques de nos expériences :

Nous avons adopté comme solution génératrice de CO₂, le mélange n° 9 de Warbourg [3], soit 15 parties d'une solution Mole 0,1 de Na₂CO₃ et 85 parties d'une solution Mole 0,1 de

KHCO_3 . Ce mélange offre aux Algues qui y sont plongées, à la température de 25° , un pH de 9,08 et une concentration en gaz carbonique de $9,1 \times 10^{-5}$ Mole/l. La suspension d'Algues dans ce mélange est préparée 20 minutes avant le début des mesures.

Le principe qui est à la base de l'appréciation du pouvoir photosynthétique, principe connu sous le nom d'« état d'équilibre des échanges gazeux » se résume dans la formule suivante:

$$h_{\text{Photo}} = - \left[\frac{1}{2} \left(\frac{hR_1}{\text{min. } R_1} + \frac{hR_2}{\text{min. } R_2} \right) - \frac{h \text{ P \& R}}{\text{min. P \& R}} \right]$$

où R_1 exprime en millimètres cubes la grandeur de la consommation d'oxygène avant l'illumination du flacon; R_2 la même valeur mais après l'illumination; P & R la somme des échanges gazeux durant la période d'illumination; min. le temps en minutes, écoulé durant chacune de ces périodes. On trouvera dans l'ouvrage de W. W. UMBREIT, R. H. BURRIS et J. F. STAUFFER une explication détaillée de ces calculs et manipulations [3].

Une question plus spécifique à l'organisme choisi et aux flacons de mesure utilisés est la suivante: quelle est la concentration en cellules de la suspension dont on détermine le pouvoir photosynthétique, favorable à cette mesure? La réponse à cette question a nécessité une enquête préliminaire; nous en publions les protocoles puisqu'ils contribuent à la définition physiologique de l'Algue n° 50.

Au cours d'une expérience (20.9.1954), six mesures sont simultanément faites en utilisant des suspensions d'Algues à tous égards semblables, sauf pour ce qui est de la densité cellulaire. La table II résume les résultats de cette opération:

TABLE II.

Densité	Respiration *	Photo-synthèse *	Photos./ resp.
1/1: 10^6 cell./mm ³	— 3,75	+ 3,65	97,5%
1/10: 10^5 id.	— 0,27	+ 1,68	620,0%
1/50: $2 \cdot 10^4$ id.	+ 0,1	+ 1,5	—

* Les valeurs inscrites dans les colonnes respiration et photosynthèse expriment des millimètres cubes de O_2 disparus ou produits par minute.

L'échange gazeux réalisé au sein des 3 cm³ de la suspension la plus diluée (1/50), est trop faible par rapport aux valeurs d'écart expérimental (variations dues à la technique et à l'appareil); de telles données n'entrent donc pas en considération !

Le potentiel physiologique des Algues étant le même pour toutes les densités, on s'attend à trouver un rapport de 10 entre les valeurs de respiration (O₂ consommé) des suspensions de densité 1/1 et 1/10. La valeur trouvée est de 14. Les variations techniques sont assez importantes pour qu'on puisse admettre que cette valeur s'approche de celle prévue par la théorie.

Ces proportions changent pendant la période de photosynthèse: la suspension 1/1 n'atteint que le point de compensation, tandis que la suspension 1/10 produit six fois plus de O₂ par photosynthèse qu'elle n'en consomme par la respiration. La cause de ce paradoxe doit être cherchée dans les conditions lumineuses auxquelles sont effectivement exposées les Algues. Dans une suspension de forte densité les Algues opposent à la lumière incidente un écran plus épais et plus fréquent que dans une suspension de moindre densité. En d'autres termes, la quantité totale de lumière reçue par une Algue, diminue significativement à partir d'une certaine densité cellulaire; cette réduction augmente dans la mesure où la densité croît et cela, dans des proportions qui ne sont pas définies ici. La densité favorable que doit nous révéler cette expérience dépend donc, toutes conditions demeurant inchangées, de l'intensité lumineuse choisie et ne sera vraie que pour cette dernière.

La concentration de la suspension d'Algues qui permet une illumination suffisante de chacune d'elles, c'est-à-dire apte à produire un échange gazeux dont l'importance rende négligeables les erreurs d'appareil, est de l'ordre de grandeur de $4 \cdot 10^5$ cellules/mm³.

Une dernière remarque méthodologique doit être faite. L'échantillonnage du matériel algologique destiné aux mesures de photosynthèse exige de minutieuses précautions. Le pouvoir photosynthétique dépend, dans une large mesure, des influences exercées sur la suspension des Algues durant la période qui précède la mesure proprement dite. Le titre en réserves endocellulaires comburables, semble jouer un rôle important. Les

moindres inégalités de traitement des échantillons, durées d'exposition à la lumière durant des opérations de centrifugation, différences de température, bref tout ce qui augmente ou diminue les combustibles de la cellule et modifie simultanément sa richesse en effecteurs, tend à faire varier le pouvoir photosynthétique. La conservation au froid d'échantillons successivement prélevés et la mesure simultanée de leurs pouvoirs photosynthétiques paraît, jusqu'à plus ample informé, offrir la meilleure garantie pour la reproductibilité des mesures. Une note ultérieure justifiera ces remarques.

Compte tenu des réserves sus-énoncées, nous pouvons alors fournir dans la table III, pour divers âges de la culture, les relations qui existent entre le pouvoir photosynthétique de l'Algue et l'éclairement dont elle a bénéficié au cours de son développement.

TABLE III.

Valeur de la photosynthèse, notée entre la 20^e et la 30^e minute de la période d'éclairement de l'auge du Warbourg et calculée en prenant comme référence 1 la valeur fournie par l'échantillon développé à 6000 lux.

Age de la culture en jours	Type d'éclairage en lux:					
	500	1000	2000	3000	4000	6000
8	—	—	0,9	1,1	1,2	1,0
17	2,5	1,2	1,5	1,0	1,2	1,0
25	1,4	1,5	1,7	1,5	1,6	1,0
39 *	5,2	5,8	5,9	1,7	2,3	1,0

* Les pouvoirs photosynthétiques notés au 39^e jour sont ceux d'une population comprenant des cellules de la suspension et des cellules des dépôts (tapis et anneau). Les pouvoirs photosynthétiques notés avant, ne concernent que les cellules en suspension.

La table III groupe des mesures faites à quatre époques successives. A chacune d'elles, six types d'échantillons (500 à 6000 lux) furent mesurés synchroniquement: les valeurs obtenues (lignes horizontales de la table) sont comparables. Bien que les mesures d'assimilation chlorophyllienne aient

toutes été faites dans les mêmes conditions (lumière, densité, etc.), il n'est toutefois pas possible de comparer des valeurs estimées à des dates différentes. La standardisation des traitements imposés aux échantillons, avant la mesure proprement dite, n'a pas été, d'une époque à l'autre, suffisante pour attribuer avec certitude au seul régime lumineux les différences que l'on pourrait enregistrer. Une nouvelle série expérimentale, mieux surveillée à cet égard, nous révélera l'influence de l'âge de la culture sur le pouvoir photosynthétique des Algues qui la composent.

Une conclusion se dégage de l'examen de la table III: les Algues qui se sont développées dans des conditions de faible éclairage (groupe 2, dit d'éclairage infra-optimal pour la croissance: 500, 1000 et 2000 lux) ont un appareil photosynthétique plus puissant que les Algues développées à une plus forte lumière (groupe 1, dit d'éclairage optimal pour la croissance: 3000, 4000 et 6000 lux).

EVALUATION DE LA TENEUR EN CHLOROPHYLLE.

Le procédé consiste à:

- 1° Prélever 4 cm³ d'une suspension contenant 200.000 cellules/mm³;
- 2° Centrifuger durant 10 minutes à raison de 4000 tours/minute;
- 3° Utiliser 5 cm³ d'acétone pour redisperser le culot d'Algues et transporter la suspension dans un mortier;
- 4° Evaporer, sous le vide et durant 15 minutes, l'acétone;
- 5° Broyer le résidu vert avec du sable de quartz préalablement lavé à l'eau puis séché;
- 6° Reprendre la pâte par 15 cm³ d'acétone, transporter le tout dans une éprouvette bouchée et abandonner pour 24 heures en vue d'une extraction des pigments;
- 7° Filtrer sur papier n° 602;
- 8° Faire macérer durant 3 heures dans 5 cm³ le sédiment demeuré sur le filtre;
- 9° Refiltrer et relaver à l'acétone si le sable n'est pas encore blanc;

- 10° Réunir les filtrats 7 et 9 et compléter à un volume connu (20 cm³, par exemple);
- 11° Effectuer la mesure colorimétrique dans un colorimètre Coleman en utilisant une lumière de 655 mμ.

Cette méthode est celle employée par B. Blondel [4], tout au moins jusqu'au stade d'extrait global. Nous n'avons pas procédé dans cet essai à la séparation des caroténoïdes.

TABLE IV.

Valeurs de transmission lumineuse (inverses des valeurs de teneur en chlorophylle) fournies par les extraits acétoniques des cultures diversement éclairées.

Référence: la solution la moins colorée = transmission 100%.

Lux	%
500	41
1000	42
2000	38
3000	78
4000	79
6000	100

Ces chiffres montrent que les Algues développées dans des conditions lumineuses infra-optimales pour leur croissance (groupe 2: 500, 1000 et 2000 lux), accumulent plus de chlorophylle que les Algues produites dans des conditions lumineuses optimales pour leur croissance (groupe 1: 3000, 4000 et 6000 lux). On note encore un parallélisme entre la teneur en chlorophylle et l'intensité du pouvoir photosynthétique des cellules étudiées.

CONCLUSIONS.

Quels sont les rapports que nos mesures permettent d'établir entre la croissance, la photosynthèse, la teneur en chlorophylle et les divers éclairagements ?

Pour l'organisme choisi et dans les conditions où nous l'avons cultivé, deux climats d'éclairement sont à distinguer:

Celui d'une lumière moyenne qui conditionne la production maximale de chlorophylle et, par voie de conséquence, le plus haut pouvoir photosynthétique. La cellule atteint, dans ces conditions de culture, un état de perfection photosynthétique.

Celui d'une lumière forte qui détermine le rythme le plus rapide de la division cellulaire; corrélativement, les cellules qui ont bénéficié de ce second climat lumineux, disposent de moins de chlorophylle et par voie de conséquence d'un moindre pouvoir photosynthétique. La cellule atteint, dans ces conditions de culture, le maximum de son rythme caryocinétique.

Le fait que l'état de perfection photosynthétique n'est pas celui qui permet la croissance maximale, pose un premier problème. Le fait qu'au maximum du rythme caryocinétique correspond un déficit chlorophyllien, en pose un second.

Considérons le problème 1; on sait que l'hypothèse de Franck [5] peut se présenter de deux manières différentes:

- I. Le processus photochimique primaire inclut la décomposition de l'eau qui est elle-même une réaction photochimique. Dans ce cas, le niveau supérieur d'énergie lumineuse utilisable par la cellule verte est donné par la valeur de lumière saturante; valeur qui se définit par le maximum d'oxygène dégagé par photosynthèse. On conçoit mal dès lors que des forces tirées d'une illumination supra-saturante puissent être mobilisées au profit d'autres synthèses; dans le cas de l'Algue n° 50 en forte lumière, au profit d'une multiplication cellulaire maximale;
- II. Le processus photochimique primaire intéresse l'oxydo-réduction de deux intermédiaires; la décomposition de l'eau étant en marge de ce processus initial. Dans ce cas, la lumière saturante ne fixe que le niveau supérieur de la photolyse de l'eau couplée avec la réduction du CO_2 . Elle n'exclut plus la conversion d'une énergie lumineuse supplémentaire: réduction d'un système chimique distinct de l'eau, profitable à des métabolismes autres que celui de la genèse immédiate des glucides. Les faits que nous avons constatés consolident donc l'opinion qui considère la photosynthèse comme un *ensemble* d'oxydo-réductions chimiques sensibilisées par la lumière.

Examinons ensuite le problème 2: le déficit chlorophyllien de cellules dont le rythme de division est accéléré, n'est pas fait pour nous étonner. Une interphase prolongée profite à la synthèse de la chlorophylle: la compétition entre le plastide et le reste de la cellule pour la jouissance de l'azote, est moins forte! Dans une Algothèque, les cultures à croissance rapide sont vert clair, celles à croissance lente, vert foncé. Cette explication nous paraît plus admissible que celle qui envisage une destruction de la chlorophylle sous l'influence d'une lumière excessive.

Certes des phénomènes de solarisation, qui ne sont pas toujours chlorophyllolytiques, existent; ils réclament toutefois des intensités lumineuses bien supérieures à celles reçues effectivement par nos Algues dans ces expériences.

Si nous considérons enfin le but pratique que nous nous étions proposé, à savoir la recherche des conditions optimales d'une culture intensive de *Diplosphaera Chodati*, l'expérience acquise nous place en face du dilemme suivant: avoir beaucoup d'Algues ou en récolter moins, mais d'activité photosynthétique supérieure. Le choix sera dicté par l'usage que l'on veut faire de la récolte.

*Université de Genève.
Institut de Botanique générale.*

BIBLIOGRAPHIE

1. F. CHODAT et V. UEHLINGER, « Concentration en gaz carbonique de l'atmosphère, utile à la croissance d'une Algue unicellulaire ». C. R. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève, *Archives des Sciences*, vol. 8, p. 187 (1955).
 2. F. CHODAT et G. BOCQUET, « Dispositif pour la culture massive des Algues en milieu aéré et agité ». C. R. de la Soc. de Phys. et d'Hist. nat. de Genève, *Archives des Sciences*, vol. 8, p. 214 (1955).
 3. W. W. UMBREIT, R. H. BURRIS and J. F. STAUFFER, *Manometric techniques and tissue metabolism*. Burgess Publishing Co., Minneapolis 15, Minn. (1949).
 4. B. BLONDEL, *Résistance et sensibilité aux sulfamidés d'Algues unicellulaires*. Thèse de l'Université de Genève, n° 1193 (1952).
 5. A. MOYSE, « La photosynthèse » (1^{re} partie) in *L'Année biol.*, 3^e série, t. 28, p. 249 (1952).
-