

Phototactisme et photocinèse agrégative chez *Oscillatoria* sp. 77S23

Pierre-Adrien REYNAUD et Pierre-Armand ROGER

Laboratoire de Microbiologie du Sol,
ORSTOM, BP 1386, Dakar, Sénégal.

RÉSUMÉ

Une souche d'*Oscillatoria*, isolés d'un sol tropical (Sénégal) présente des phénomènes de phototactisme et de photocinèse agrégative. Ces phénomènes, observés *in situ*, sont confirmés par des expériences simples au laboratoire.

MOTS-CLÉS : Cyanobactéries — Mouvements — Phototactisme
Photocinèse — *Oscillatoria*.

ABSTRACT

PHOTOPHOTAXIS AND PHOTOKINESIS AMONG *Oscillatoria* sp. An *Oscillatoria* strain isolated from tropical soil (Senegal) showed photophobotaxis and photokinesis. Simple laboratory experiments corroborate the *in situ* observed behavior of the strain.

KEY WORDS: Cyanobacteria — Movement — Phototaxis — Photokinesis — *Oscillatoria*.

1. INTRODUCTION

Parmi les Cyanobactéries, les Oscillatoriales se distinguent des autres Ordres par leur motilité spectaculaire. Cette motilité qualifiée de « gliding » (glissement) par les anglo-saxons (Jarosch, 1962), se manifeste à l'obscurité (Halfen et Castenholz, 1971) et à la lumière.

Dans ce dernier cas les auteurs distinguent différents types de réponses motrices aux stimuli lumineux : — « *Phototopotaxis* » : orientation en fonction de la lumière incidente,

— « *Photophobotaxis* » : réponse à des changements dans le temps de l'intensité lumineuse, cette réponse étant indépendante de la direction de la lumière (HAUPT, 1965),

— Dans le cas particulier d'une agrégation en réponse à la lumière, Nultsch (1962) emploie le terme de « *Photokinèse* ».

Nous classerons les réponses motrices des Cyanobactéries à des stimuli extérieurs en deux catégories :

1° *Les tactismes* : (ταττεω : ranger) effets d'attraction ou de répulsion exercés sur un être vivant mobile,

par un agent situé dans une direction déterminée par rapport à cet être.

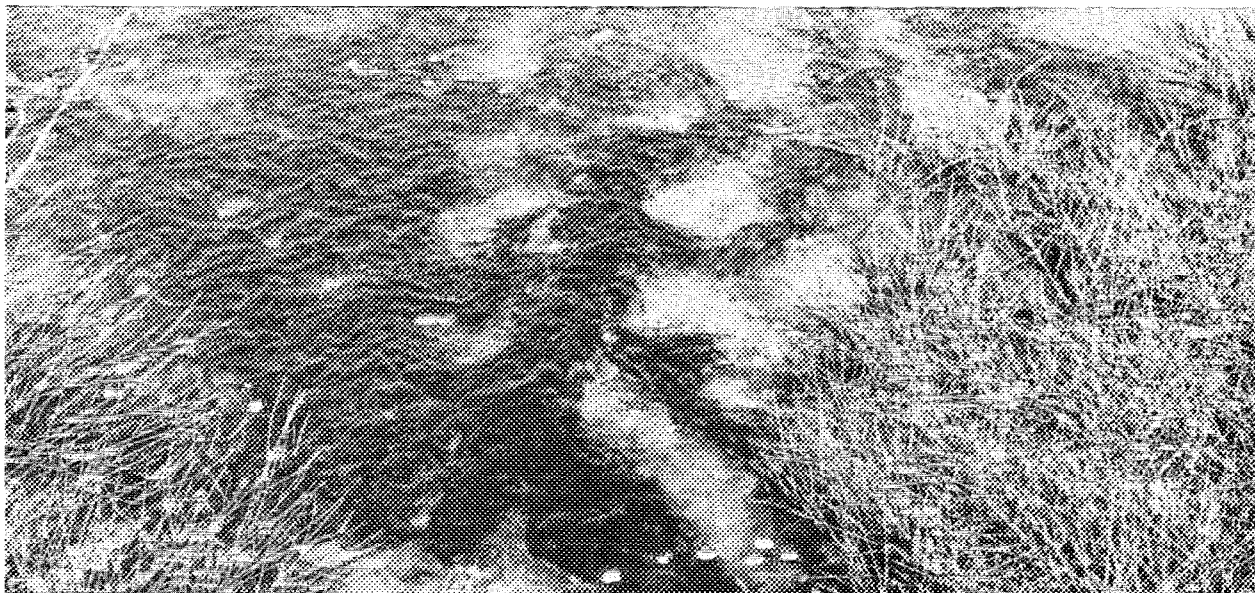
Le terme tropisme (τροπος : tour) caractérise plus particulièrement la courbure de croissance imposée à un axe végétal et le terme taxie (ταξις, arrangement) caractérise un réflexe amenant un animal supérieur à se diriger vers un signal.

2° *Les cinèses* (κινητος : mobile) réactions motrices non dirigées sous l'effet d'un agent physique ou chimique.

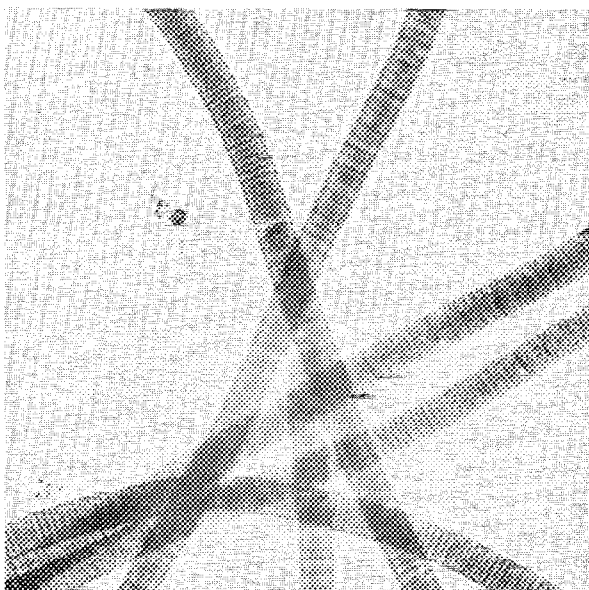
Nous emploierons donc le terme photocinèse dans un sens élargi par rapport à celui que lui donne Nultsch : une agrégation en réponse à la lumière sera qualifiée de *photocinèse agrégative*.

Le phototactisme a été mis en évidence sur des *Oscillatoria* marines (Sournia, 1976) et dulçaquicoles (Moss, 1977). Il constitue un mécanisme de protection contre les hautes intensités lumineuses (phototactisme négatif) ou permet un retour à la surface après un enfouissement dû à une perturbation du milieu (phototactisme positif).

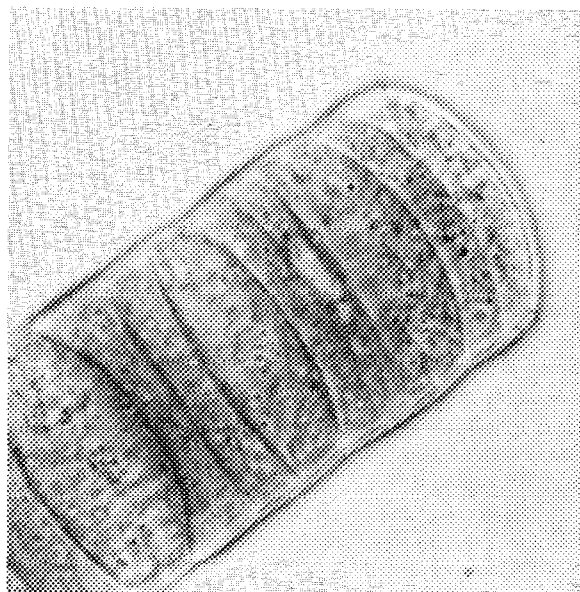
La photocinèse agrégative n'avait, jusqu'à présent, été mise en évidence *in situ* que sur *Oscillatoria terebriformis* dans une source chaude (Castenholz, 1968) où



a



b



c

PLANCHE I. — a : Zone engorgée colonisée par *Oscillatoria* sp. 77 S 23; b : *O.* sp. 77 S 23 ($\times 170$); c : *O.* sp. 77 S 23 $\times 1330$.
conservation dans le formol.

elle constitue, ainsi que le phototactisme négatif, un mode de protection contre les hautes intensités lumineuses et les températures élevées.

Le présent travail se propose de rapporter et d'étudier des mécanismes de ce type observés chez une espèce tropicale d'*Oscillatoria*, dans un biotope où elle se développe en abondance et où la température ne dépasse que rarement 32°C. Un certain nombre d'observations faites *in situ* ont été confirmées ou précisées par des expériences simples au laboratoire.

2. MATÉRIEL BIOLOGIQUE

2.1. DESCRIPTION DE LA SOUCHE ÉTUDIÉE

In situ la souche forme des colonies vert foncé, presque noires, sans forme définie, constituant des amas accrochés aux végétaux en eau courante ou des plaques sur sol engorgé (Pl. I a).

Les filaments sont vert olive, droits ou légèrement flexueux, de 500 à 5 000 μ de long, épais de 26 à 34 μ , très légèrement atténués. Les cellules, moins longues que larges (1/6 à 1/8) ont de 3 à 6 μ de long. La cellule apicale est très légèrement convexe, parfois plus claire, non capitée. Les cloisons sont non granuleuses. Le contenu cellulaire est granuleux (Pl. I b et c), les hormogonies ont entre 80 et 160 μ de long et sont très mobiles.

La description correspond à celle d'*Oscillatoria princeps* faite par Frey (1929). Il s'agit d'une espèce très polymorphe dont la largeur des trichomes varie entre 9 et 90 μ (Bourrelly, 1970). La taille des trichomes, leur couleur et la forme de l'apex rapprochent la souche étudiée de la variété *Pseudolimosa* (Ghose) décrite par Desikachary (1959).

Cette souche porte dans notre collection la référence 77S23.

2.2. Biotope

L'étude a été effectuée sur un tapis algal permanent situé sur un sol engorgé de bas de dune, au niveau de résurgence de l'eau (Lac Retba, Région du Cap-Vert, Sénégal) (Pl. I a).

Les algues constituent pratiquement la seule végétation dans la zone étudiée. Le pH du sol est de $8 \pm 0,2$. La température maximale mesurée dans ce biotope au cours des observations a été de 32°C à 14 h. Les variations journalières de l'intensité lumineuse sont traduites par une courbe en cloche dont le maximum dépasse 80 000 lux vers 13 h.

3. OBSERVATIONS *IN SITU*

Deux phénomènes ont été observés (Pl. II) :

1° Un phototactisme négatif,

2° Une photocinèse agrégative.

Sur sol meuble non submergé ou lorsque le tapis algal est suffisamment épais, on constate une disparition progressive en profondeur d'*Oscillatoria* sp. consécutive à l'augmentation de l'intensité lumineuse; l'algue se dissimule soit dans les premiers centimètres du sol, soit sous des espèces héliophiles (Diatomées), des bactéries photosynthétiques et des cellules mortes (Spirogyra).

Sur sol submergé on observe une photocinèse agrégative d'autant plus marquée que la densité des algues est faible.

L'influence déterminante de l'intensité lumineuse sur ces deux phénomènes a été mise en évidence en déposant à la surface du sol un cadre sur lequel sont tendus trois épaisseurs de toile moustiquaire (Pl. III). Ce dispositif laisse passer environ 22 % de l'intensité lumineuse incidente.

On constate que sous cet écran le tapis algal garde pendant toute la journée le même aspect qu'en début de matinée avec une concentration et un étalement maximal des trichomes à la surface du sol, alors que phototactisme négatif et photocinèse agrégative se manifestent sur la surface exposée normalement à la lumière solaire.

4. OBSERVATIONS AU LABORATOIRE

4.1. RECONSTITUTION DES PHÉNOMÈNES OBSERVÉS *IN SITU*

4.1.1. *Phototactismes*

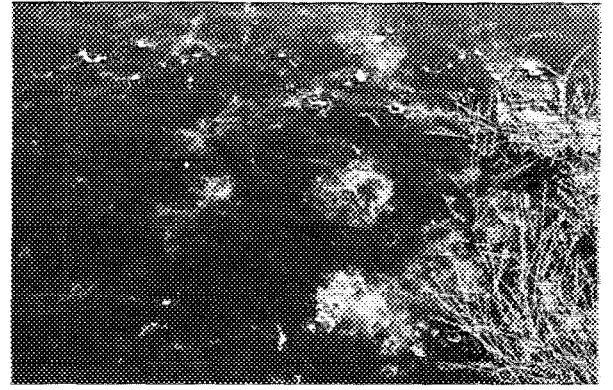
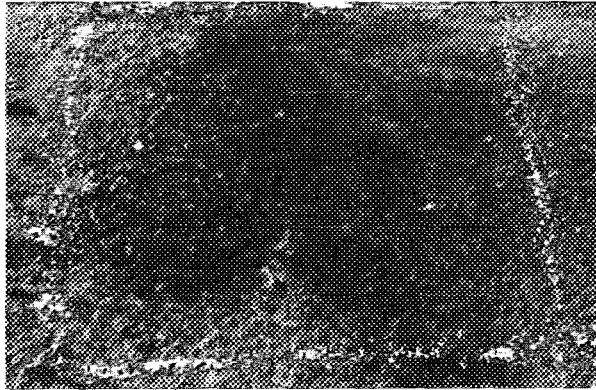
L'expérience a consisté à déposer en début de journée 20 ml de culture dense d'*Oscillatoria* sp. 77S23 dans un cristalliseur rempli de sable engorgé par du milieu de culture BG11 (Allen et Stanier, 1968). L'ensemble est placé en pleine lumière à l'extérieur du laboratoire.

On constate une disparition progressive de l'algue qui est presque totalement dissimulée dans le premier centimètre de sable vers 13 h.

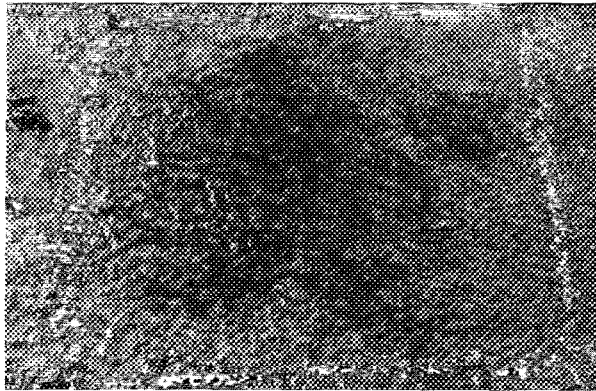
Nous avons d'autre part vérifié que le phénomène inverse se produisait : les algues remontent vers la lumière lorsque l'intensité lumineuse incidente est insuffisante.

4.1.2. *Photocinèse agrégative*

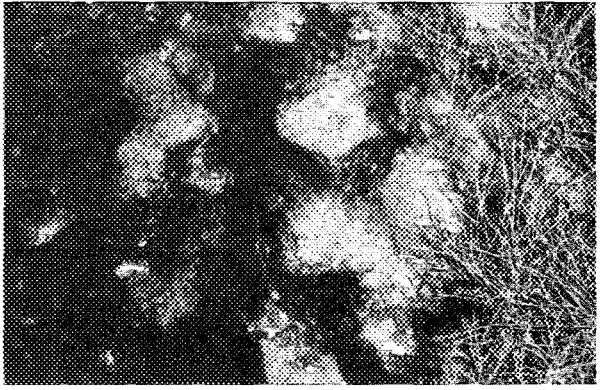
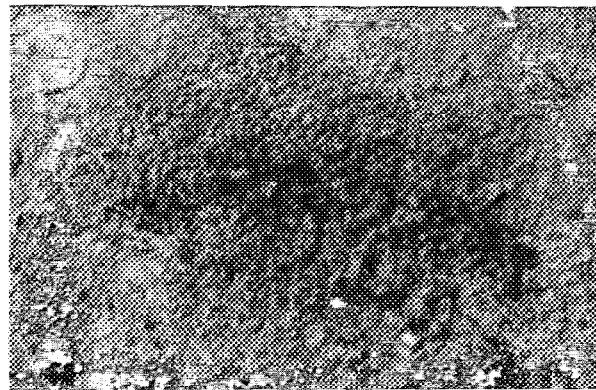
La mise en évidence d'une photocinèse agrégative a été réalisée en versant 20 ml de culture dense d'*Oscillatoria* sp. dans un cristalliseur contenant 5 cm de milieu



a



b



c

PLANCHE II. — Observation *in situ* du phototactisme négatif (série de gauche) et de la photocinèse agrégative (série de droite).
a : 9 h (14 000 lux); b : 10 h 30 (50 000 lux); c : 15 h (75 000 lux).

BC 11. Le cristalliseur est placé en pleine lumière; on observe alors une agrégation rapide de la masse algale (Pl. IV). Le diamètre de la surface occupée par la culture passe de 15 cm à 5,3 cm en une demi-heure ce qui correspond, pour un point situé à la périphérie de la culture, à une vitesse d'agrégation d'environ 10 cm h⁻¹ soit 27 nm. sec⁻¹.

Cette vitesse est largement supérieure à la vitesse de glissement (gliding rate) de l'algue mesurée à la température de la pièce sur lame de verre (6 nm. sec⁻¹). Ce fait s'explique par une addition des vitesses des différents filaments qui s'accrochent les uns aux autres (Fogg et coll., 1973).

La même culture replacée sous une faible intensité lumineuse se redéploie en donnant à la masse algale un aspect caractéristique en bogue de châtaigner (Pl. IV).

4.2. INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE

Les travaux de Castenholz (1968) ayant montré chez *Oscillatoria terebriformis*, que les phénomènes précédemment observés pouvaient également être induits par une élévation de température, nous avons testé l'influence de ce facteur sur *Oscillatoria* 77S23.

La culture est placée en lumière diffuse (800 lux) soit à 35°, soit 45°. On n'observe aucune modification de la morphologie de la culture à la suite de ce traitement. D'autre part nous avons vérifié qu'une exposition de 15' à 52 ± 1°C était létale pour cette souche. Par contre une exposition à 48° ± 1°C pendant 15' est bien supportée.

4.3. CARACTÉRISTIQUES PIGMENTAIRES DE LA SOUCHE

Le spectre pigmentaire, établi sur un échantillon prélevé *in situ*, et cassé à la French cell.press., montre une teneur relative élevée en phycobiliprotéines et β carotène : P/C > 1 (fig. 1).

4.4. ESSAI DE MISE EN ÉVIDENCE D'UNE ACTIVITÉ RÉDUCTRICE D'ACÉTYLÈNE

L'agglomération de la souche n'étant pas sans rappeler celle observée chez *Trichodesmium* (Carpentier et Price, 1976) l'hypothèse d'une fixation d'azote aérobie en l'absence d'hétérocystes pouvait être envisagée. Différents essais ont été tentés pendant 48 h consécutives en utilisant soit l'eau du biotope soit un milieu de culture privé d'azote et deux mélanges gazeux : air + 0,5 % CO₂ ou Azote + 0,5 % CO₂.

Dans tous les cas les résultats se sont révélés négatifs.

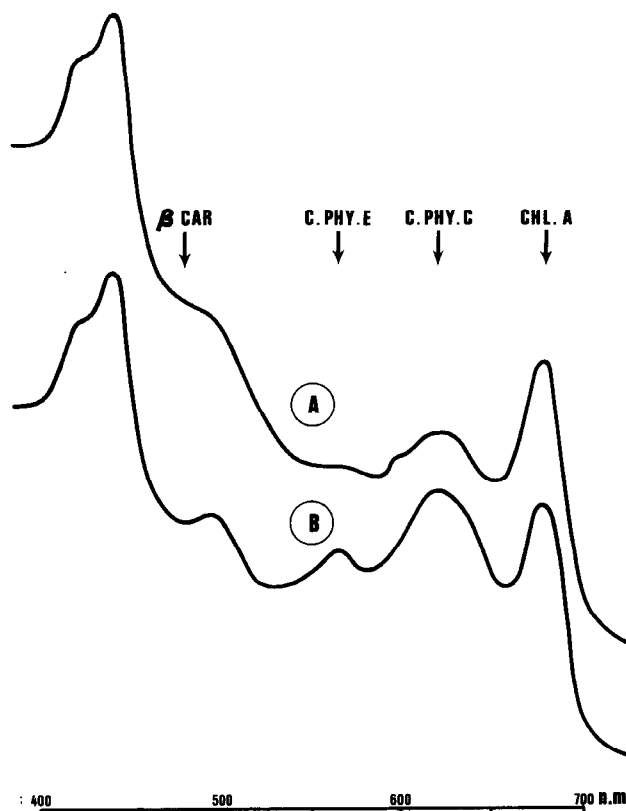


FIG. 1. — Spectre d'absorption d'*Oscillatoria* sp 77S23. A : Algues récoltées *in situ* après une journée d'exposition à la lumière ($I_{\max} = 90\,000$ lux) cellules cassées à la French Press. Cell. B : Algues cultivées en serre sous une intensité lumineuse égale à 7 % de l'intensité incidente ($I_{\max} = 5\,600$ lux) cellules intactes. β CAR = β carotène. C. PHY. C = C Phycocyanine. CHL. A = Chlorophylle A. C.PHYE = C phycoerythrine.

5. DISCUSSION

Ainsi que le prévoyait Castenholz (1968) les mécanismes de protection en rapport avec la motilité ne sont pas limités aux Cyanobactéries thermophiles.

Les observations que nous avons pu faire font ressortir un certain nombre de différences de comportement entre l'espèce étudiée (*O.77S23*) et celle étudiée par Castenholz (*O. terebriformis*).

— Chez *O.77S23* les réponses motrices semblent n'être déclenchées que par des stimuli lumineux, les variations de température restent sans effet.

— L'intensité lumineuse minimale induisant la photokinèse agrégative est nettement plus élevée chez *O.77S23* (20 à 40 000 lux) que chez *O. terebriformis* (350 ftC = 4 000 lux).



a



b

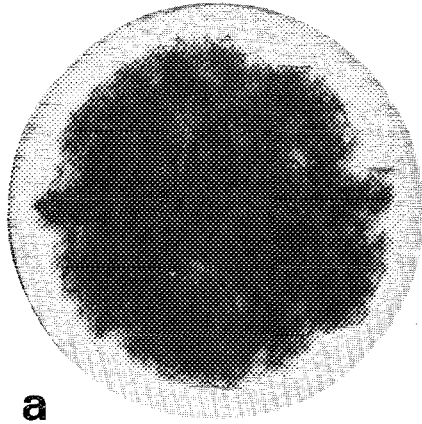


c

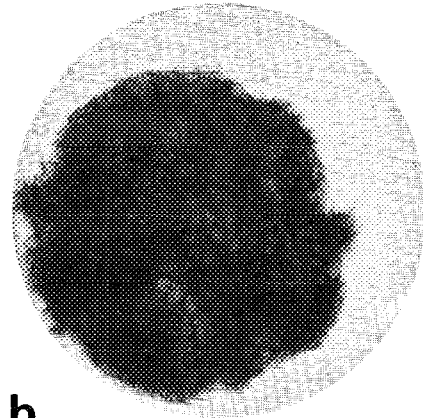


d

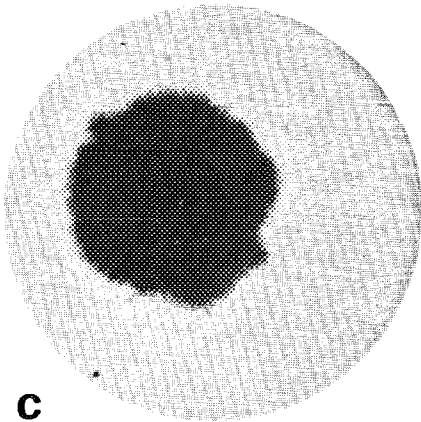
PLANCHE III. — Mise en évidence de l'influence de la lumière au moyen d'un écran laissant passer 22 % de l'intensité incidente. a : vue d'ensemble du dispositif; b : tapis algal à 9 h du matin (t_0); c : 10 h 30; d : 15 h. La partie droite des photos c et d correspond à la zone sous écran.



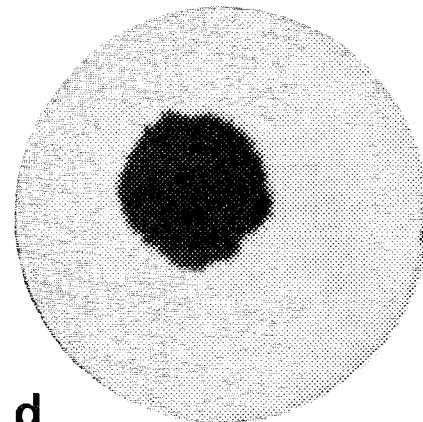
a



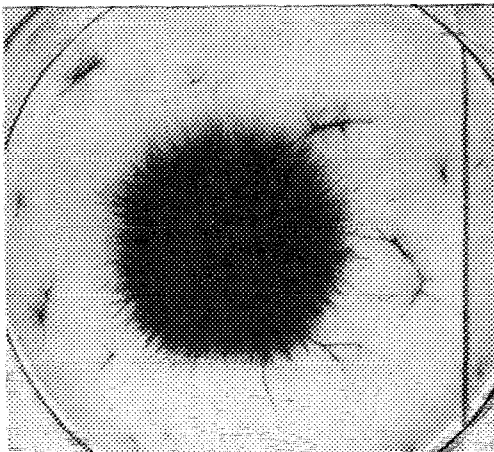
b



c



d



e

PLANCHE IV : Photocinèse agrégative de *O. sp. 77S23* exposée à une intensité lumineuse d'environ 50 000 lux pendant 5 (a), 10 (b), 20 (c) et 30 minutes (d). e : lorsque la culture est replacée en lumière diffuse (1 000 lux) on observe un redéploiement des trichomes donnant à la masse algale un aspect caractéristique en « bogue de châtaigne ».

— La vitesse d'agrégation est environ 8 fois plus lente chez O.77S23 que chez *O. terebriformis* (Castenholz, 1967).

Ce comportement traduit une résistance à la lumière que confirment les teneurs relatives élevées en caroténoïdes et phycobiliprotéines (Krinskp, 1966).

Sur un plan plus général les phénomènes de phototaxis et de photocinèse n'ont été mis en évidence que chez les Oscillatoriacées. La possession de ce mécanisme de protection spécifique contre les hautes intensités lumineuses pourrait expliquer le fait que les Oscillariacées soient les premières Cyanobactéries à apparaître au cours du cycle cultural du riz, dans des régions où les hautes intensités lumineuses constituent un facteur limitant pour ces procaryotes (Roger, Reynaud, 1976; Reynaud, Roger, 1977).

Manuscrit reçu au Service des Publications de l'ORSTOM le 13 avril 1978.

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN (M.M.), STANIER (R.Y.), 1968. — Selective isolation of blue-green Algae from water and soil. *J. Gen. Microbiol.*, 51 : 203-209.
- BOURRELLY (P.), 1970. — Les Algues d'eau douce. Vol. 3. Algues bleues et rouges. Boubée et Cie éd., p. 431.
- CARPENTER (E.J.), PRICE (C.C.), 1976. — Marine *Oscillatoria* (*Trichodesmium*) : explanation for aerobic nitrogen fixation without heterocysts. *Sciences*, 191 : 1278-1280.
- CASTENHOLZ (R.W.), 1967. — Aggrégation in a thermophilic *Oscillatoria*. *Nature*, 215 : 1285-1286.
- CASTENHOLZ (R.W.), 1968. — The behavior of *Oscillatoria terebriformis* in hot springs. *J. Phycol.*, 4 (2) : 132-139.
- DESIKACHARY (T.V.), 1959. — Cyanophyta. 686 p ICAR monographs on Algae. pub. p. 210.
- FOGG (G.E.), FAY (P.), STEWART (W.), WALSBY (A.E.), 1973. — Movements in : "The blue-green algae", pp. 111-128. Acad. Press-London.
- FREMY (P.), 1929. — Les Myxophycées de l'Afrique équatoriale française. *Arch. Bot. Caen*, 3 : Mémoire n° 2 : 208-209.
- HALFEN (L.N.), CASTENHOLZ (R.W.), 1971. — Gliding motility in the blue-green alga *Oscillatoria princeps*. *J. of Phycol.*, 7, 2 : 133-145.
- HAUPT (W.), 1965. — Perception of environmental stimuli orientating growth and movement in lower plants. *A. Rev. Pl. Physiol.*, 16 : 267-290.
- JAROSCH (R.), 1962. — "Gliding" in "Physiology and Biochemistry of Algae". Lewin R.A. ed. Acad. Press. New York, 573-81.
- KRINSKY (N.I.), 1966. — The role of carotenoid pigments as protective agents against photosensitized oxidations in chloroplasts. In "Biochemistry of Chloroplasts" (T.W. Goodwin ed.), vol. 1 : 423-430. Acad. Press. London and New York.
- MOSS (B.), 1977. — Adaptations of epipelic and epipsammic freshwater algae. *Oecologia* (Berl), 28 : 103-108.
- NULTSCH (W.), 1962. — Der Einfluss des Lichtes auf die Bewegung der Cyanophyceen : II. Photokinesis bei *Phormidium autumnale*. *Planta*, 57 : 613-623.
- REYNAUD (P.A.), ROGER (P.A.), 1977. — N₂ fixing algal biomass in Senegal rice fields. *Ecol. Bull.* (Stockholm), 26 : 148-157.
- ROGER (P.A.), REYNAUD (P.A.), 1976. — Dynamique de la population algale au cours d'un cycle de culture dans un rizière sahélienne. *Rev. Ecol. Biol. Sol*, 13 (4) : 545-560.
- SOURNIA (A.), 1976. — Ecologie et productivité d'une Cyanophycée en milieu corallien : *Oscillatoria limosa* Agardh. *Phycologia*, 15 (3-4) : 363-366.