

## INFLUENCE DE LA LUMIERE SUR LES AMIBES ET LEURS KYSTES

PAR

GEORGES DREYER

(TRAVAIL DU LABORATOIRE DE L'INSTITUT FINSEN)

(AVEC DEUX PLANCHES)

**S**i les influences exercées par les radiations lumineuses sur les Bactéries, sur les Saccharomycètes et sur les Myxomycètes ont déjà été étudiées dans un grand nombre de recherches détaillées, par contre, l'action qu'exerce la lumière sur les Amibes n'a été jusqu'ici l'objet que de quelques observations isolées et peu instructives. Cette circonstance est d'autant plus étonnante qu'avec les Amibes nous avons justement l'occasion de suivre directement au microscope les phases de l'action de la lumière et d'obtenir ainsi l'explication de phénomènes qui échappent nécessairement à toute observation faite sur des Bactéries.

Que les diverses qualités de lumière exercent des influences différentes, excitantes ou déprimantes, sur les mouvements de certaines Amibes, c'est là un fait qui, à ma connaissance, n'a pas encore été constaté.

Avant de donner un exposé de mes recherches et de leurs résultats, je vais rappeler les très intéressantes expériences effectuées par M. ENGELMANN<sup>1</sup> avec la *Pelomyxa palustris*

<sup>1</sup> *Ueber Reizung kontraktilen Protoplasmas durch plötzliche Beleuchtung.*  
Archiv f. d. gesam. Physiologie 19, 1879, p. 1.

(GREEF). Il s'agit d'un organisme amœbien de 0,25 à 1<sup>mm</sup> de diamètre et constitué par un protoplasme nu et incolore. Placé dans l'obscurité cet animalcule s'agitait vivement, mais s'il se trouvait subitement éclairé (par un jour diffus) il se contractait aussitôt en boule. Dans les cas où l'éclairage augmentait peu à peu d'intensité, aussi bien que dans ceux où il était tout à coup remplacé par l'obscurité, ce phénomène ne se produisait pas. C'est pourquoi M. ENGELMANN indique que la lumière subitement appliquée agissait comme un excitant („*irritament*“) puissant.

Dans ce qui suit, je parlerai d'abord de celles de mes observations qui ont eu pour but de déterminer l'influence exercée par les différentes qualités de lumière sur l'agilité des Amibes<sup>1</sup>, ensuite je m'occuperai du pouvoir destructeur de la lumière vis-a-vis des Amibes et de leurs kystes.

### I. Influence de la lumière sur l'agilité des Amibes.

Comme il est le plus souvent très difficile, ou même tout à fait impossible, de distinguer certaines espèces d'Amibes, je me bornerai à donner ici quelques renseignements sommaires sur l'animal qui a servi dans les expériences en question. C'est une Amibe d'eau douce, originaire d'eaux stagnantes et bourbeuses; elle a été cultivée, et cultivée purement, sur une infusion de foin à 3 % additionnée de 1,5 % d'agar. Ce milieu de culture a été stérilisé après avoir été disposé dans des boîtes de Petri. La culture a toujours été superficielle. En transplantant les Amibes et les Bactéries qui les accompagnent de surface en surface on a fini par obtenir une culture pure mixte, composée de l'Amibe qui nous intéresse et d'un seul Bacille sporogène. L'Amibe en question se développe tant à la température du laboratoire qu'à 37°; toutefois

<sup>1</sup> Nous désignerons partout sous le terme d'amibe l'état amiboïde, sous celui de kyste l'état enkysté des Amibes.

le développement de kyste en amibe se fait plus vite à cette dernière température.

Le kyste a un diamètre de  $25 \mu$ ; il présente un pigment brun assez prononcé. Le protoplasme à peu près homogène est contenu dans une enveloppe à double contour dont l'intérieur est plus ou moins ondulé et prend souvent une forme hexagonale ou octogonale tandis que la surface extérieure est tout unie et de forme sphérique.

L'amibe est animée de mouvements vifs; même à la température du laboratoire elle allonge des pseudopodes qui varient de forme et de longueur.

Le noyau est en général très apparent, et la vacuole pulsatile se distingue nettement. A l'état contracté l'amibe a un diamètre compris entre  $30$  et  $40 \mu$ .

Dans une infusion de foin ou bien à la surface d'une émulsion d'agar délayé dans une infusion de foin, les kystes se développent en amibes en 24 heures à une température de  $37^{\circ}$ .

La *disposition des expériences* a été la suivante:

D'une culture d'Amibes âgée de 24 heures une portion était délayée dans un tube à essai avec de l'infusion de foin stérilisée; on laissait reposer pendant 20 minutes environ. Ensuite on prenait à l'aide du tube capillaire quelques gouttes de cette culture, et on avait soin de les prendre à la surface afin d'éviter l'immixtion des kystes qui se trouvaient en ce moment déposés sur le fond. A chaque goutte de culture furent ajoutées 3 ou 4 gouttes d'infusion de foin; de cette émulsion on prenait de petites gouttes qui furent disposées en gouttes pendantes sous les couvre-objet de chambres humides. On se servait pour cela de basses chambres de Böttcher dont le porte-objet était couvert d'une couche d'eau distillée tandis qu'on avait pratiqué en haut deux petites fenêtres par lesquelles l'oxygène de l'atmosphère entraît librement. La couche d'eau avait pour but d'empêcher l'irradiation du

fond de la chambre humide et la dessiccation de la goutte. Chaque goutte renfermait d'ordinaire 3 ou 4 amibes. Pour les observations on employait l'objectif à immersion de Zeiss et l'oculaire n° 3. Les formes successives prises par les animaux ont été dessinées à la chambre claire. Toutes les observations ont été effectuées dans la chambre obscure.

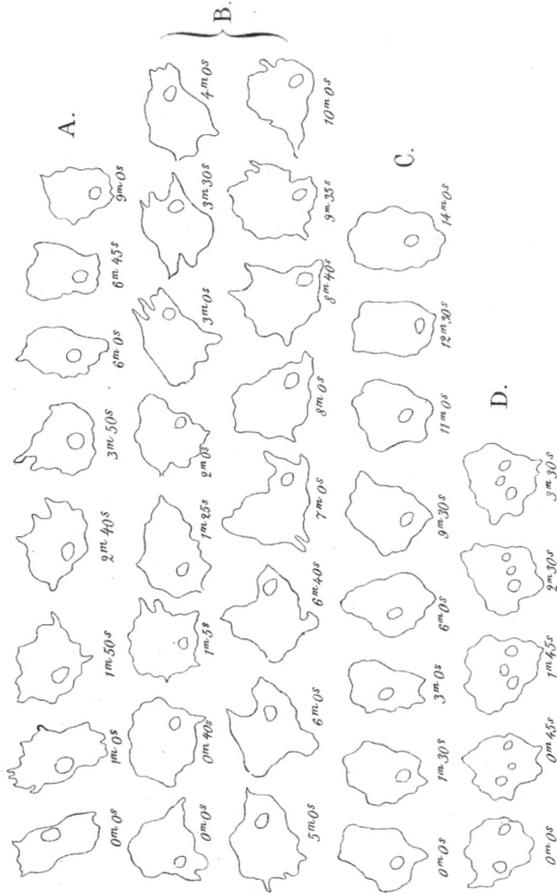
Comme source lumineuse on s'est servi d'une lampe électrique à arc qui fut placée devant la chambre obscure de telle sorte que la lumière entrât par une ouverture circulaire de 3<sup>cm,5</sup> pratiquée dans l'une des parois de la chambre.

En plaçant devant cette ouverture des verres différemment colorés et dont l'absorption avait été exactement déterminée (voir pl. II fig. 1) on changeait à volonté la qualité de la lumière; l'intensité voulue s'obtenait en éloignant ou bien en rapprochant la source lumineuse. Par ce procédé très simple on excluait toutes les qualités de lumière dont on n'avait pas besoin pour les essais.

Les expériences ont été effectuées à la lumière blanche, bleue ou rouge qu'on se procurait en faisant passer la lumière de la source lumineuse à travers des verres respectivement incolores, bleus ou rouges. Les résultats obtenus par les différentes séries d'expériences présentaient somme toute des analogies assez grandes pour que je puisse me borner à donner ici la description détaillée d'une seule de ces expériences.

Les résultats de cet essai, qui se trouvent du reste représentés à la planche I, ont été les suivants:

Après avoir été maintenue pendant 20 minutes dans une demi-obscurité (le miroir du microscope était tourné de champ), l'amibe en expérience fut exposée à la lumière blanche pendant 5 minutes. Au bout de ce temps on a commencé les observations et le dessin. La série A (pl. I) représente les phases de mouvement après, respectivement, 0<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>, 1<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>, 1<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>, 2<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>, 3<sup>m</sup> 50<sup>s</sup>, 6<sup>m</sup>, 6<sup>m</sup> 45<sup>s</sup>, 9<sup>m</sup> d'observation. Il ressort de cette série de phases que l'amibe présentait un haut



degré d'agilité avec contraction et allongement de pseudopodes. Cependant les mouvements semblaient plus vifs au commencement; après 6 minutes d'observation les changements de forme étaient un peu moins prononcés; on remarquait alors dans l'animal observé une certaine tendance à s'arrondir et à rétracter les pseudopodes. Après les 9 minutes d'observation l'amibe a été laissée de nouveau dans une demi-obscurité, et au bout de ce temps on l'a éclairée pendant 5 minutes d'une lumière bleue, ensuite les observations ont été reprises. La série B (pl. I) indique les phases de mouvement après, respectivement, 0<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>, 0<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>, 1<sup>m</sup> 5<sup>s</sup>, 1<sup>m</sup> 25<sup>s</sup>, 2<sup>m</sup>, 3<sup>m</sup>, 3<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, 4<sup>m</sup>, 5<sup>m</sup>, 6<sup>m</sup>, 6<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>, 7<sup>m</sup>, 8<sup>m</sup>, 8<sup>m</sup> 40<sup>s</sup>, 9<sup>m</sup> 35<sup>s</sup>, 10<sup>m</sup> d'observation. De cette série de phases il résulte avec évidence que les mouvements sont au moins aussi vifs à la lumière bleue qu'à la lumière blanche. Notons toutefois cette différence que les mouvements de l'amibe, qui devenaient moins vifs au bout de 6 minutes à la lumière blanche, ne montrent cette tendance à la lumière bleue qu'au bout de 9 à 10 minutes, encore y est-elle beaucoup moins marquée.

Après ces observations l'amibe restait pendant 20 minutes dans une demi-obscurité pour être ensuite exposée pendant 5 minutes à la lumière rouge. Au bout de ce temps furent notées les phases de mouvement de la série C (pl. I) après, respectivement 0<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>, 1<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, 3<sup>m</sup>, 6<sup>m</sup>, 9<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, 11<sup>m</sup>, 12<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, 14<sup>m</sup> d'observation. En comparant les changements de forme qui se produisent à la lumière rouge avec ceux qui avaient eu lieu à la lumière bleue, on voit nettement combien les premiers sont paresseux et lents, ne rappelant en rien la très vive mobilité que présentait l'amibe exposée à la lumière bleue. Pendant les 14 minutes où l'amibe était observée à la lumière rouge elle n'avait pour ainsi dire pas changé de forme et n'avait fait voir qu'une très faible tendance à étaler<sup>o</sup> des pseudopodes.

Après un intervalle de 20 minutes de demi-obscurité,

l'amibe fut de nouveau éclairée de lumière blanche pendant 5 minutes au bout desquelles les phases de mouvement ont été notées après respectivement 0<sup>m</sup> 0<sup>s</sup>, 0<sup>m</sup> 45<sup>s</sup>, 1<sup>m</sup> 45<sup>s</sup>, 2<sup>m</sup> 30<sup>s</sup>, 3<sup>m</sup> 30<sup>s</sup> d'observation à la lumière blanche (voir pl. I, série D).

Il ressort de ces graphiques que tout en étant plus vive qu'à la lumière rouge, la mobilité des amibes était cette fois-ci à la lumière blanche beaucoup plus faible qu'elle ne l'avait été à la lumière bleue ou à la lumière blanche au début de l'essai (série A). La question de savoir si cette perte d'agilité est due à l'adaptation ou bien à la fatigue est difficile à trancher; il semble toutefois que c'est la dernière supposition qui est la vraie.

En examinant de plus près les changements de forme provoqués par la lumière blanche (série A) on voit qu'après environ 6 minutes d'observation l'amibe a pris une forme qui ressemble beaucoup à celle qu'elle présentait à la lumière rouge (série C). Pourtant il y a lieu de croire que les formes semblables des deux cas sont dues à des réactions différentes de l'amibe vis-à-vis des deux qualités lumineuses.

Autant qu'on en peut juger d'après les expériences, il semble que dans le premier des cas qui nous occupent la forme de l'amibe est due à ce fait qu'après avoir agi pendant un certain temps comme excitant la lumière blanche à commencé de jouer le rôle d'un agent nuisible contre lequel l'amibe cherche à se défendre par une contraction ébauchée. Dans le cas appartenant à la série C, l'amibe doit probablement sa forme à la circonstance qu'une lumière rouge de l'intensité en question n'exerce pas une influence excitante sur l'agilité de l'amibe. Il résulte en effet des expériences qui vont être rapportées ci-dessous que nous n'avons pas affaire ici à une action nuisible de la lumière rouge contre laquelle l'amibe réagirait en se contractant. Les expériences auxquelles nous faisons allusion ont été effectuées dans le but de constater le pouvoir destructif des différentes qualités de

lumière vis-à-vis des amibes; elles ont donné pour résultat que même deux heures d'exposition à une lumière rouge beaucoup plus intense que celle dont nous venons de parler, n'exercent pas sur la vitalité de l'amibe une influence destructive assez forte pour être mise en évidence.

De ce qui vient d'être dit nous pouvons conclure que l'espèce amœbienne *Pelomyxa palustris* et l'Amibe qui nous intéresse ici se comportent très différemment sous l'action de la lumière. Celle-là se contractait aussitôt à tout éclaircissement subit et s'agitait vivement dans l'obscurité; celle-ci au contraire ne réagissait *jamaïs* par des contractions instantanées, même si elle était exposée à une lumière assez intense pour la tuer en 45—50 secondes. Ses mouvements étaient vifs à la lumière blanche et surtout à la lumière bleue; ils étaient lents à la lumière rouge (et peut-être aussi à l'obscurité).

Il convient de faire remarquer qu'il s'en faut de beaucoup que toutes les formes amœbiennes puissent être employées pour ce genre d'expériences. Sur une vingtaine de formes purement cultivées dont quelques-unes appartenaient certainement à la même espèce, il n'y en avait qu'une seule ou deux qui pussent servir.

Examinons maintenant:

## II. L'action destructive qu'exerce la lumière sur les amibes et les kystes.

Les recherches détaillées sur ce sujet font défaut. Cependant il a été indiqué par MM. Celli et Fiocca<sup>1</sup> que les amibes soit à l'état humide soit desséchées supportent jusqu'à 270 heures d'éclairage solaire à une température de 12 à 15°.

La disposition des expériences entreprises par l'auteur de la présente étude était la suivante:

<sup>1</sup> *Beiträge zur Amöbenforschung*. Centralbl. f. Bakt. u. Parasitk., Bd. 15, 1894, p. 470.

Comme source lumineuse on se servait d'une lampe électrique à arc. La lumière était concentrée à l'aide d'un concentrateur Finsen à lentilles de cristal de roche. Les diamètres des charbons positif et négatif étaient, respectivement, de  $2^{\text{cm}},4$  et de  $1^{\text{cm}},5$ . La pointe du charbon positif se trouvait à  $11^{\text{cm}},5$  de la lentille la plus rapprochée. L'intensité du courant était de 30 ampères, la force électromotrice de 49 à 50 volts. La direction de la lumière qui arrivait d'en bas, faisait avec le plan horizontal un angle de  $45^{\circ}$ ; elle était perpendiculaire à la surface éclairée.

L'animal en expérience appartenait à la même forme d'Amibe qui avait servi dans la précédente série d'expériences.

Les boîtes (chambres humides) employées étaient construites de la manière suivante (voir pl. II, fig. 2):

La partie supérieure (le couvercle) se composait d'un anneau en laiton haut de  $6^{\text{mm}}$  environ (voir pl. II, fig. 2, B) et d'une plaque circulaire (A) de cristal de roche ( $3^{\text{cm}},9$  de diamètre,  $1^{\text{mm}},8$  d'épaisseur) enchâssée dans le rebord supérieur de l'anneau. La surface extérieure de l'anneau était filetée de manière à pouvoir entrer dans l'écrou de la partie inférieure de la boîte. L'anneau de la partie supérieure présentait en outre deux „fenêtres“ pratiquées à des endroits diamétralement opposés; la longueur de ces fenêtres était de  $1^{\text{cm}}$  environ, la largeur de  $2^{\text{mm}}$ . La partie inférieure de la boîte se composait également d'un anneau en laiton et d'une plaque en cristal de roche. L'anneau qui était de la même hauteur à peu près que l'anneau supérieur, s'élargissait en haut et en bas en un étroit rebord; dans celui d'en bas se trouvait enchâssée la plaque de cristal dont les dimensions étaient les mêmes que celles de la plaque du couvercle. L'anneau était taraudé à l'intérieur; ses parois avaient été percées en des points diamétralement opposés par deux trous ( $2^{\text{mm}}$  de diamètre) aboutissant chacun par son ouverture extérieure à un tube en laiton (long.  $1^{\text{cm}},2$ ; diam.

2<sup>mm</sup>,2) qui avait été brasé aux bords du trou par l'une de ses extrémités. Les enchâssures des plaques de cristal étaient imperméables à l'air et à l'eau. Entre les rebords des anneaux en laiton supérieur et inférieur était interposé un anneau en caoutchouc pour que la jointure fermât bien (pl. II, fig. 2, C). La hauteur de la boîte était de 1<sup>cm</sup>,4 lorsque les deux parties se trouvaient vissées l'une sur l'autre.

Au moment d'effectuer les expériences on versait dans le fond de la boîte de l'eau distillée en quantité suffisante pour le couvrir d'une couche épaisse de 2<sup>mm</sup> environ. Un peu de la culture d'amibes ou de kystes émulsionnée dans de l'infusion de foin était disposé en goutte pendante au centre de la surface intérieure du couvercle, après quoi on vissait le couvercle sur la partie inférieure.

Par cette disposition l'oxygène contenu dans l'atmosphère avait libre accès à travers les tuyaux latéraux; la couche d'eau qui couvrait le fond empêchait la goutte de se dessécher en même temps qu'elle prévenait l'irradiation du fond et rendait ainsi possible la microscopie directe de la goutte éclairée.

Les dimensions de la goutte étaient autant que possible les mêmes dans toutes les expériences, son épaisseur maximum était de 0<sup>mm</sup>,5 environ.

Pour toutes les expériences faites avec des *amibes* on s'est servi d'une culture qui avait étéensemencée de 24 à 30 heures d'avance sur de l'agar émulsionné dans une infusion de foin.

Après avoir disposé la goutte pendante dans la chambre humide, on laissait reposer pendant 1/2 heure environ avant de commencer l'éclairage. A ce moment on ne voyait d'ordinaire que bien peu ou point d'individus arrondis en sphère. Les amibes contenues dans chaque goutte pendante étaient généralement au nombre de 30 ou 40. Dans les expériences avec amibes on prévenait l'immixtion de kystes en laissant l'émulsion tranquille pendant quelque temps avant la dispo-

sition de la goutte; ainsi les kystes avaient le temps de se déposer.

Pour une même série d'expériences on s'est toujours servi de la même émulsion.

Tant que durait l'éclairage, la boîte était constamment arrosée avec de l'eau afin d'éviter tout chauffage.

Selon le procédé ordinairement suivi dans les expériences en question, les gouttes éclairées ont été observées au microscope immédiatement avant et après l'éclairage et, le plus souvent, 24 heures plus tard.

Des boîtes de contrôle étaient toujours mises de côté avec celles qui venaient d'être éclairées.

Les expériences avaient pour but de déterminer la résistance des amibes et des kystes vis-à-vis de différentes qualités de lumière concentrée.

En ce qui concerne les *amibes*, les résultats obtenus, qu'on trouvera notés dans les tableaux ci-joints, ont été les suivants:

Tableau I.

*Expériences avec amibes* (Eclairage à travers du *crystal de roche*).

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage en secondes	Résultat obtenu
(3.)	5	<i>Av. écl.</i> <sup>1</sup> Formes amiboïdes, mouvements vifs. <i>Imm. ap. écl.</i> Mouvements plutôt plus vifs; quelques-uns des individus contractés en sphère. <i>5-10<sup>m</sup> ap. écl.</i> Le nombre des individus contractés avait augmenté; les autres plutôt moins vifs. <i>24 h. ap. écl.</i> Etat de choses semblable à celui qui précédait l'écl. et tout à fait pareil à celui des boîtes de contrôle.
(10.)	15.	<i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs. <i>Imm. ap. écl.</i> Plusieurs individus arrondis, à vacuole dilatée. Mouvements plus lents. <i>24 h. ap. écl.</i> La plupart des formes manifestement amiboïdes, rappelant l'état de choses qui précédait l'éclairage, un peu plus arrondies peut-être que chez les témoins.

<sup>1</sup> *Av. écl.* = Avant éclairage. *Imm. ap. écl.* = Immédiatement après éclairage. *24 h. ap. écl.* = 24 heures après éclairage.

Tableau I (suite).

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage en secondes	Résultat obtenu
(9.)	30.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> La plupart des individus arrondis, à vacuole très dilatée; quelques-uns toutefois de forme nettement amiboïde; mouvements de ces derniers beaucoup plus lents qu'av. écl.  <i>24 h. ap. écl.</i> Quelques-uns des individus avaient repris leur forme amiboïde; ils étaient cependant plus arrondis qu'av. écl. et peu mobiles, à vacuole dilatée. Multiplication peu abondante.</p>
(7.)	40.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> A peu d'exceptions près tous les individus étaient contractés; vacuoles dilatées.  <i>24 h. ap. écl.</i> A très peu d'exceptions près tous les individus étaient tués. Ils se présentaient dans la majorité des cas sous une forme sphérique, un peu gonflée, transparente, à vacuole dilatée; d'autres, peu nombreux, étaient d'aspect décomposé, de consistance granulée. Le petit nombre qui vivaient encore étaient de forme arrondie, à pseudopodes très courts.</p>
(11.)	45.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> Presque tous les individus étaient contractés, à vacuole très dilatée; ceux qui étaient encore de forme amiboïde semblaient à peu près immobiles.  <i>24 h. ap. écl.</i> Peu ou point d'individus vivants, formes arrondies, à vacuole dilatée.</p>
(11.)	50.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> La plupart des individus étaient de forme arrondie ou bien contractés en sphère; la contraction de la vacuole était très prononcée, quelquefois même maximale; dans des cas rares: vacuole dilatée.  <i>24 h. ap. écl.</i> Tous les individus étaient morts; les uns de forme arrondie, les autres d'aspect décomposé, de consistance granulée; ectoplasmes plus ou moins apparents. De quelques-uns des individus il ne restait que le noyau.</p>
(3.)	60.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> Un grand nombre d'individus contractés en sphère; d'autres de forme amiboïde, mais leurs pseudopodes semblaient raides et immobiles. Beaucoup déjà d'aspect décomposé et de consistance granulée.  <i>24 h. ap. écl.</i> Tous les individus étaient morts.</p>
<i>témoins</i>		Formes amiboïdes, mouvements vifs aussi bien imm. ap. écl. que 24 h. plus tard.

Des résultats du tableau I, qui représentent des expériences où l'éclairage a eu lieu à travers du cristal de roche, il résulte qu'avec des éclairages de très courte durée (5<sup>s</sup> environ) les mouvements amiboïdes étaient plus vifs immédiatement après l'éclairage qu'avant; il n'y avait alors que très peu d'individus contractés. De 5 à 10 minutes après l'éclairage, le nombre des individus arrondis avait augmenté un peu, et les mouvements des autres étaient plutôt moins vifs. Après 24 heures de repos, à la température du laboratoire, l'état de choses était à peu près identique à celui qui avait précédé l'éclairage, les amibes s'agitant à nouveau vivement en étalant de nombreux pseudopodes.

Au bout de 15 secondes d'éclairage on observait immédiatement après la fin de celui-ci un assez grand nombre d'individus arrondis; la vacuole pulsatile était un peu dilatée, et les mouvements étaient plutôt devenus plus lents. Au bout de 24 heures cette influence de la lumière avait presque complètement cessé d'agir, la plupart des amibes se présentant sous une forme décidément amiboïde tout en montrant quelque tendance à s'arrondir.

Après 30 secondes d'éclairage, la grande majorité des amibes s'étaient arrondies et présentaient une vacuole fort dilatée; quelques-unes gardaient cependant encore la forme amiboïde à pseudopodes, mais les mouvements avaient presque tout à fait cessé de se produire. 24 heures plus tard un certain nombre des individus arrondis étaient redevenus amiboïdes; toutefois ils étaient peu mobiles, et leur formes étaient bien plus sphériques qu'avant l'éclairage; la vacuole pulsatile était dilatée.

Après 40 secondes d'éclairage tous les individus, sauf de rares exceptions, étaient arrondis ou contractés en boules et présentaient des vacuoles dilatées. Au bout de 24 heures quelques-unes des amibes avaient disparu, ayant été absorbées par les bactéries. Que tel soit le cas, c'est ce que nous pou-

vons inférer de ce fait qu'on observe des régions luisantes, de forme arrondie et des dimensions d'une amibe, au centre desquelles se rencontrent des débris du noyau et des bactéries ou spores de bactéries absorbées. Les individus qui restent sont ou contractés en boule ou bien d'aspect décomposé et de consistance granulée. A ce moment de l'expérience la plupart des amibes ont donc péri par suite de l'action de la lumière.

Après 45 secondes d'éclairage l'état de choses était à peu près le même avec seulement des caractères un peu plus prononcés. Au bout de 24 heures presque tous les individus étaient morts.

Après 50 secondes d'éclairage la plupart des amibes étaient arrondies ou contractées en boule. Le plus souvent la vacuole était très contractée, quelquefois même la contraction atteignait un degré extraordinaire; il n'y avait que peu d'amibes à vacuole dilatée. Au bout de 24 heures toutes étaient tuées.

Après 60 secondes quelques-unes des amibes étaient contractées en sphère; d'autres avaient gardé leur forme amiboïde à pseudopodes; ces derniers paraissaient toutefois raides et immobiles. Il y avait beaucoup d'amibes d'aspect décomposé et de consistance granulée. 24 heures plus tard la destruction était encore plus prononcée.

L'aspect que présentaient les amibes tuées par la lumière 24 heures après que l'éclairage destructif avait eu lieu, était souvent très varié. Quelques-uns des individus se trouvaient alors contractés en sphère, leur vacuole était dilatée et l'ectoplasme nettement délimité; d'autres étaient tout à fait transparents, un peu gonflés, à protoplasme finement granulé, à vacuole plutôt contractée, à contours souvent indistincts; d'autres encore se présentaient sous la forme de régions luisantes et arrondies dont les contours étaient le plus souvent peu nets. Que nous ayons affaire dans ces cas à des débris d'amibes, on ne le découvre qu'à l'aide d'une lentille à im-

mersion. Ces amibes dépériées ou absorbées constituent donc des parties luisantes au centre desquelles on observe des restes de bactéries et des spores bactériennes. Le nombre relativement faible de bactéries contenues dans ces masses luisantes est-il dû à la présence d'un ectoplasme qu'on ne voit plus, il est vrai, mais qui pourrait néanmoins exister encore et empêcher les bactéries d'approcher, ou bien sommes-nous ici en présence d'une chimotaxie négative exercée par les bactéries et les spores englobées et en partie absorbées par les amibes, sur les bactéries qui les entourent? La question est difficile

Tableau II.

*Expériences avec amibes* (Eclairage à travers du verre incolore).

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage en minutes	Résultat obtenu
(3.)	5.	<i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs. <i>Imm. ap. écl.</i> La plupart des individus s'étaient arrondis; vacuole dilatée. Un assez grand nombre avaient gardé leur forme amiboïde; ils semblaient vivants mais peu mobiles. <i>24 h. ap. écl.</i> Peu d'individus arrondis; presque tous de forme amiboïde et animés de mouvements vifs; vacuole dilatée et beaucoup de pseudopodes. Pas de morts.
(5.)	10.	<i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs. <i>Imm. ap. écl.</i> La plupart des individus étaient de forme arrondie, à vacuole dilatée; cependant on en voyait encore qui avaient gardé leur forme amiboïde, mais ils étaient très peu ou pas du tout mobiles. <i>24 h. ap. écl.</i> A de rares exceptions près tous les individus étaient morts. Les formes étaient arrondies ou bien d'aspect décomposé et de consistance granulée; dans ce dernier cas les contours étaient indistincts.
(5.)	15.	<i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs. <i>Imm. ap. écl.</i> Les formes arrondies ou contractées prédominaient; cependant on observait encore des formes amiboïdes à contours indistincts; elles semblaient en voie de se décomposer par granulation. On n'a pas constaté de mouvements. <i>24 h. ap. écl.</i> Tous les individus étaient morts et se trouvaient dans un état très avancé de destruction.
(8.)	<i>témoins</i>	Formes amiboïdes et mouvements vifs imm. ap. écl. aussi bien que 24 h. plus tard.

à trancher; il se pourrait bien que le dernier des deux cas fût le vrai.

Dans cette influence destructive de la lumière sur les amibes, l'activité particulière des rayons ultra-violetés résulte des tableaux II et III où l'éclairage a eu lieu à travers des verres respectivement incolores et bleus qui retiennent une très grande partie des rayons ultra-violetés.

Le tableau II nous montre qu'après 5 minutes d'éclairage la plupart des individus étaient arrondis, à vacuole dilatée; pourtant il y en avait encore un assez grand nombre qui présentaient une forme amiboïde, mais ces derniers étaient peu mobiles. 24 heures plus tard on ne trouvait guère d'amibes arrondies; tous les individus s'agitaient vivement; aucun n'avait été tué par la lumière.

Après 10 minutes d'éclairage, la plupart des amibes étaient arrondies, il y en avait cependant qui gardaient encore la forme amiboïde, mais elles étaient peu mobiles ou ne l'étaient pas du tout. 24 heures plus tard, on pouvait constater en général que toutes avaient été tuées; les exceptions étaient rares.

Après 15 minutes d'éclairage on les trouvait toutes tuées.

Il ressort du tableau III, où les éclairages ont été effectués à travers des verres bleus, que 5 minutes d'éclairage n'exercent qu'une influence assez faible sur les amibes dont il n'y avait, au bout de ce temps, que très peu d'arrondies; celles-ci avaient toutes la vacuole dilatée. La plupart s'agitaient avec des mouvements vifs. 24 heures plus tard, leur agilité dépassait plutôt celle des amibes de contrôle, et elles semblaient s'être multipliées encore plus abondamment que celles-là.

Après 10 minutes d'éclairage un très grand nombre d'amibes s'étaient contractées en sphère; cependant on en voyait encore qui présentaient une forme distinctement amiboïde tout en étant plus arrondies qu'avant l'éclairage. 24 heures plus tard, toutes les amibes s'agitaient vivement. La multiplication de

Tableau III.

Expériences avec amibes (Eclairage à travers du verre bleu).

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage en minutes	Résultat obtenu
(8.)	5.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> Quelques-uns seulement des individus étaient arrondis, à vacuole dilatée; le reste présentait des formes amiboïdes et s'agitaient plutôt plus vivement qu'avant l'éclairage.  <i>24 h. ap. écl.</i> A l'exception de très rares individus qui étaient contractés en sphère (on en voyait souvent aussi dans les boîtes de contrôle), tous étaient de forme amiboïde; mouvements vifs. Multiplication plus abondante que celle des témoins.</p>
(6.)	10.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> Grand nombre d'individus en sphère, à vacuole dilatée. D'autres étaient encore de forme décidément amiboïde; toutefois les contours étaient devenus plus arrondis et les mouvements plus lents.  <i>24 h. ap. écl.</i> Amibes arrondies peu nombreuses: les formes amiboïdes prédominaient; mouvements vifs; beaucoup de pseudopodes; vacuole dilatée. On n'a pas pu constater s'il y avait des amibes mortes dans le nombre. Multiplication plus vive que celle des témoins.</p>
(8.)	15.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> La plupart des amibes étaient contractées; cependant quelques-unes se présentaient encore sous une forme amiboïde; il est vrai qu'elles avaient alors des pseudopodes courts, en partie rentrés, de forme pointue. Plusieurs de consistance très granulée; leur vacuole au maximum de contraction; elles se trouvaient peut-être dans un état de destruction naissante.  <i>24 h. ap. écl.</i> A de très rares exceptions près toutes étaient tuées.</p>
(6.)	20.	<p><i>Av. écl.</i> Formes amiboïdes, mouvements vifs.  <i>Imm. ap. écl.</i> Les formes sphériques prédominaient. Le petit nombre d'individus amiboïdes semblaient immobiles. Chez beaucoup la contraction de la vacuole était très considérable ou même maximale.  <i>24 h. ap. écl.</i> Tous les individus étaient morts. Le processus de destruction avait atteint un état très avancé.</p>
(8.)	<i>témoins</i>	Formes amiboïdes, mouvements vifs imm. ap. écl. aussi bien que 24 h. plus tard.

ces individus était plus abondante que celle des exemplaires de contrôle. Il n'en fut pas constaté de tués.

Après 15 minutes d'éclairage la plupart des amibes étaient contractées; cependant quelques-unes montraient encore des pseudopodes d'une forme particulière, courte et pointue. Plusieurs étaient de consistance très granulée et avaient la vacuole extrêmement contractée; elles étaient peut-être déjà mortes. 24 heures plus tard toutes étaient mortes sauf, peut-être, de rares exceptions. L'aspect des individus ressemblait plutôt à celui qu'on obtient après 10 minutes d'éclairage à travers un verre incolore.

Après 20 minutes d'éclairage suivies de 24 heures de repos, tous les individus étaient également morts.

Dans les cas au contraire où l'éclairage avait eu lieu à travers un verre rouge retenant tous les rayons chimiquement actifs, il fut constaté que même 2 heures d'éclairage n'avaient aucune influence nuisible sur la vigueur et la vitalité des amibes. Immédiatement après l'éclairage elles semblaient tout aussi mobiles qu'avant, et au bout de 24 heures elles se comportaient en tout, même sous le rapport de la multiplication, exactement comme les individus renfermés dans les boîtes non éclairées de contrôle.

En évaluant le temps d'éclairage nécessaire pour tuer les amibes à 45—50 secondes si l'éclairage est effectué à travers du cristal de roche, à 10—12 minutes si la lumière destructrice traverse un verre incolore et à 15 minutes environ si le verre traversé est coloré en bleu, nous voyons que la destruction s'opère de 13 à 14 fois plus vite si l'éclairage se fait à travers du cristal que s'il est effectué à travers du verre incolore, et de 18 à 20 fois plus vite qu'à travers du verre bleu, de sorte que nous obtenons un rapport compris entre 1:12 et 1:14 pour le cristal et le verre incolore, et un autre compris entre 1:18 et 1:20 pour le cristal et le verre bleu.

Ayant ainsi déterminé le temps nécessaire pour effectuer

la destruction des amibes, nous avons trouvé intéressant de constater quel était le temps exigé pour opérer la destruction de la même espèce d'Amibe à l'état enkysté.

On se servait pour ces expériences de kystes provenant d'une culture de 3 mois qui avait étéensemencée sur de l'agar délayé dans de l'infusion de foin. Le procédé était autant que possible le même que celui déjà employé dans les expériences avec amibes. On avait fait en sorte que les gouttes pendantes de culture délayée fussent des mêmes dimensions que celles qui avaient servi pour les observations d'amibes. Chaque goutte contenait de 30 à 40 kystes environ et pas d'amibes. Après éclairage les boîtes (chambres humides) construites comme nous l'avons dit plus haut étaient mises à l'étuve à une température de 35 à 37°. L'observation avait lieu 24 heures après l'éclairage.

On opérait toujours le délayage de la culture dans de l'infusion de foin immédiatement avant de commencer une série d'expériences; pour chaque série on se servait d'une même émulsion. Des boîtes de contrôle étaient toujours mises à l'étuve en même temps que celles qui avaient été éclairées afin d'éviter les erreurs en ce qui concerne le développement, etc.

Le tableau IV, où les éclairages ont été opérés à travers du cristal de roche, nous montre qu'un éclairage de 9 minutes ne tue pas les kystes; il ne les affaiblit même pas, leur développement en amibes s'effectuant au bout des 9 minutes avec la même abondance que dans les boîtes de contrôle.

Ce n'est qu'après 12 minutes d'éclairage qu'on peut constater une influence défavorable de la lumière, le nombre de kystes développés en amibes étant alors un peu moins considérable dans les boîtes éclairées que dans les boîtes de contrôle.

Après 20 minutes d'éclairage la plupart des kystes avaient perdu leur puissance de développement, et au bout des 24 heures on n'en trouvait que bien peu qui se fussent développés en amibes.

Tableau IV.

Expériences avec kystes (Eclairage à travers du cristal de roche).

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage	Résultat obtenu
(3.)	50 sec.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Développement abondant de kystes en amibes très agiles. Le développement des kystes en expérience était plutôt plus abondant que celui des témoins. Pas d'individus sphériques.
(3.)	65 "	Id.
(2.)	80 "	—
(2.)	100 "	—
(2.)	125 "	—
(2.)	160 "	—
(3.)	200 "	—
(3.)	4 min.	—
(4.)	6 "	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Développement abondant d'amibes très agiles, l'état de choses ressemble à celui des boîtes de contrôle.
(3.)	9 "	Id.
(6.)	12 "	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Le développement de kystes en amibes un peu moins abondant que dans les boîtes de contrôle.
(3.)	15 "	Id.
(8.)	20 "	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Très peu de kystes développés en amibes, tandis que les boîtes de contrôle présentaient un développement très abondant.
(9.)	30 "	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Pas un seul kyste ne s'était développé en amibe. Dans les boîtes de contrôle: développement abondant.
(30.)	<i>témoins</i>	Pas d'amibes avant la mise en étuve à 37°, mais 24 h. plus tard: développement abondant de kystes en amibes ( $\frac{4}{5}$ environ du nombre entier).

Un éclairage de 30 minutes rendait tous les kystes incapables de développement, en d'autres termes les tuait tous.

Afin de me garantir contre les fautes qui ont souvent été commises là où il s'agissait de distinguer, dans le cas des Bactéries, la résistance des formes végétatives et celle des

spores vis-à-vis de l'action de la lumière, j'ai entrepris les expériences de contrôle suivantes qui avaient pour but de démontrer que l'éclairage ne déterminait pas dans le liquide où se trouvait délayée la culture de kystes, la formation de substances toxiques qui auraient pu arrêter le développement des dits kystes. Des gouttes d'infusion de foin furent éclairées pendant des temps plus considérables qu'aucun de ceux employés par moi pour mes expériences précédentes; ensuite ces gouttes furentensemencées de kystes et mises à l'étuve à 37°. Or, on a toujours constaté que le développement de kystes en amibes s'opérait tout aussi vite dans les boîtes qui avaient été éclairées avant d'êtreensemencées que dans celles qu'on avait laissées d'abord dans l'obscurité pour lesensemencer ensuite.

Tableau V.

*Expériences avec kystes* (Eclairage à travers du *verre incolore*).

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage en minutes	Résultat obtenu
(2.)	20.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Développement abondant de kystes en amibes, à peu près comme pour les individus de contrôle.
(4.)	30.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Développement abondant de kystes en amibes, peut-être un peu moins abondant toutefois que dans les boîtes de contrôle.
(4.)	40.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Le nombre de kystes développés en amibes était relativement restreint, de beaucoup plus faible que dans les boîtes de contrôle.
(8.)	60.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Pas de kystes développés en amibes, à l'exception, quelquefois, d'un exemplaire isolé.
(6.)	70.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Absolument pas de kystes développés en amibes.
(12.)	<i>témoins</i>	A toutes les fois développement abondant de kystes en amibes après 24 h. d'étuve à 37°.

Il résulte du tableau V, lequel donne les résultats d'expériences où l'éclairage a eu lieu à travers un verre incolore,

que 30 minutes d'éclairage n'avaient pas affaibli la puissance de développement des kystes; si on exposait au contraire, pendant 40 minutes, les kystes à la lumière, le nombre de ceux qui avaient pu se développer en amibes était relativement restreint, de sorte que les boîtes en expérience en contenait alors beaucoup moins que les boîtes de contrôle.

Après 60 minutes d'éclairage presque tous les kystes étaient tués: on ne trouvait que des exemplaires isolés ayant pu parvenir à l'état d'amibe.

Après 70 minutes d'éclairage, tous les kystes étaient morts.

Tableau VI.

*Expériences avec kystes (Eclairage à travers du verre bleu).*

Nombre des expériences	Durée de l'éclairage en minutes	Résultat obtenu
(3.)	20.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Beaucoup de kystes développés en amibes, à peu près comme dans les boîtes de contrôle.
(3.)	30.	Id.
(3.)	40.	—
(8.)	70.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Quelques-uns des kystes s'étaient développés en amibes; ils étaient cependant en faible proportion de ceux développés dans les boîtes de contrôle; quelquefois on ne trouvait même qu'un seul ou deux kystes développés en amibes.
(6.)	80.	<i>Av. écl.</i> Pas d'amibes. <i>24 h. ap. écl.</i> Pas un seul kyste développé en amibe.
(12.)	<i>témoins</i>	Développement abondant de kystes en amibes après 24 h. d'étuve à 37°.

Du tableau VI il ressort que, l'éclairage ayant lieu à travers un verre bleu, 40 minutes d'éclairage ne gênaient pas sensiblement les kystes et qu'il s'en trouvait même qui pouvaient se développer après 70 minutes d'éclairage.

Après 80 minutes d'éclairage les kystes semblaient morts; ils étaient en tous cas absolument incapables de développement.

Une expérience isolée avec 3 heures d'éclairage à travers du verre rouge ne semblait pas exercer une influence appréciable sur la vitalité des kystes.

Si nous évaluons maintenant à 25 minutes environ le temps demandé pour que la destruction des kystes soit effectuée par éclairage traversant du cristal de roche, à 60—70 minutes celui que demande un éclairage passant à travers du verre incolore et à 70—80 minutes le temps nécessaire pour que les rayons qui passent à travers du verre bleu aient un effet fatal, nous voyons que la destruction s'opère de 2,5 à 3 fois plus vite à travers du cristal qu'à travers du verre incolore et de 3 à 3,5 fois plus vite qu'à travers du verre bleu, de sorte que nous obtenons du cristal au verre incolore un rapport compris entre 1:2,5 et 1:3, et du cristal au verre bleu un autre rapport compris entre 1:3 et 1:3,5.

En comparant les temps fatals trouvés pour les amibes et les kystes respectivement, nous découvrons que les kystes sont de beaucoup les plus résistants. Mais si nous entreprenons de déterminer combien de fois leur résistance est plus grande que celle des amibes, nous obtenons des résultats qui varient beaucoup selon les différentes qualités de lumière:

Après éclairage à travers du cristal les kystes se montraient de 30 à 33 fois plus résistants que les amibes; avec éclairage à travers du verre incolore ils étaient de 5,5 à 6 fois plus résistants et, enfin, avec éclairage à travers du verre bleu la résistance des kystes était 5 fois plus grande que celles des amibes.

En considérant les temps fatals, nous trouvons que si les amibes étaient tuées de 13 à 14 fois plus vite à travers du cristal qu'à travers du verre incolore, et de 18 à 20 fois plus vite à travers du cristal qu'à travers du verre bleu, il en était tout autrement des kystes qui n'étaient tués, à travers du cristal, que de 2,5 à 3 fois plus vite qu'à travers du verre incolore, et 3 fois environ plus vite qu'à travers du verre bleu.

Nous en pouvons conclure que les amibes sont de 5 à 6 fois plus sensibles que ne le sont les kystes aux rayons transmis par le cristal de roche, c'est-à-dire aux rayons ultra-violets. A l'état actuel de nos connaissances nous doutons qu'on puisse donner de ce curieux phénomène une explication bien certaine. Cependant puisqu'il a été constaté que les rayons ultra-violets extérieurs (transmis par le cristal de roche) n'ont qu'un pouvoir de pénétration assez faible comparé à celui des rayons ultra-violets intérieurs et bleus (transmis par les verres incolores et bleus) et que d'autre part les enveloppes des kystes contiennent un pigment brun et sont relativement épais si nous les comparons à l'ectoplasme transparent de l'amibe, on ne se trompe peut-être pas en cherchant dans ces circonstances l'explication de ce fait que les amibes sont de beaucoup plus sensibles que les kystes aux rayons transmis par le cristal.

Avant de terminer je ferai remarquer que si jusqu'ici on n'a pas réussi à détruire les Bactéries et spores de Bactéries qui accompagnent les amibes sans tuer en même temps les dites Amibes, le procédé ci-dessus indiqué pourrait peut-être servir à obtenir des cultures absolument pures d'Amibes qui ne contiendraient pas de Bactéries vivantes.

Il se peut encore qu'on arrive un jour à profiter des différents degrés de sensibilité que présentent les Amibes vis-à-vis de l'action de la lumière pour distinguer des types qui paraissent absolument semblables pour la morphologie et pour la culture. Les expériences effectuées dans ce but n'ont donné jusqu'ici que des résultats qui pourront éventuellement servir de base aux recherches ultérieures.

Fig. 1.

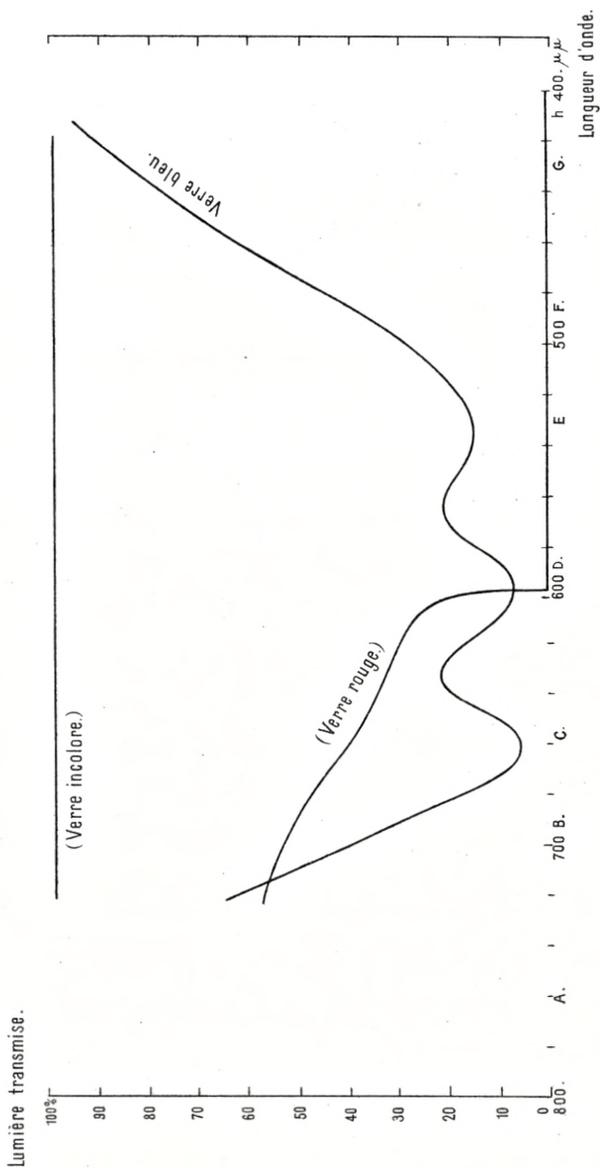


Fig. 2.

