

PRELIMINARY NOTE

BBA 41122

Sur une relation entre fluorescence et luminescence dans les systèmes photosynthétiques

Quelques propriétés cinétiques sont communes aux phénomènes de luminescence^{1,2} et de fluorescence photostimulée³ dans les systèmes photosynthétiques. Ce sont, par exemple, le caractère polyphasique de la courbe de déclin, le coefficient de température anormal de la composante intermédiaire ($\tau \cong 100$ msec), l'effet de certains inhibiteurs tels le 3-(*p*-chlorophényl)-1,1-diméthylurée (CMU) qui déprime la composante rapide ($\tau \cong 10$ msec) au profit de la composante intermédiaire. Mais les deux phénomènes sont liés pour une raison beaucoup plus simple et fondamentale³. Si, d'une part, la luminescence provient, tout comme la fluorescence, du premier état singulet excité de la chlorophylle⁴ et si, d'autre part, les excitons au terme de leur migration au sein des unités de type Système II, sont soit captés par les centres photochimiques Q soit dissipés en fluorescence, alors aucune distinction ne peut être faite, au point de vue du rendement d'émission, entre les excitons de luminescence et les excitons de fluorescence. Leur expression comme émission lumineuse sera sous la dépendance du rendement de fluorescence collectif Φ des unités, ou encore de la fraction des centres sous forme réduite Q^- . De même qu'on a la relation générale $F = \Phi I$ entre le flux de lumière absorbée I et le flux de lumière de fluorescence F , ce qui définit le rendement de fluorescence Φ ; on devra de même proposer la relation

$$L = \Phi J$$

avec la même valeur de Φ , entre le flux de luminescence L et la quantité J , vitesse de luminescence, exprimant le flux d'injection des excitons de luminescence dans les unités.

On s'est donc attaché à mesurer simultanément les deux quantités L et Φ au cours de leur déclin à la suite d'un éclat lumineux actinique. Rappelons que l'on peut faire une observation analytique de Φ après un éclat actinique de durée t_2 et une période d'obscurité t_1 lorsque la durée de l'observation t_0 et l'intensité de faisceau analytique E sont tels que le produit $E \cdot t_0$ est très petit. Cette condition est facilement remplie dans la méthode d'écoulement⁵, qui permet également en absence du faisceau analytique, de mesurer L . Par ailleurs $\Delta\Phi$, l'incrément de rendement rapporté à Φ_0 , rendement dans l'état O minimum, est une mesure indirecte du nombre de centres Q à l'état réduit et le déclin de $\Delta\Phi$ en fonction de t_1 traduit la réoxydation thermique des centres Q^- formés pendant l'éclat actinique.

Lorsqu'on fait varier l'intensité actinique, on constate que J est proportionnel à $[\Delta\Phi]^n$, n variant entre 1 pour des temps longs (Fig. 1) et 2 pour des temps courts. Le CMU diminue la valeur de la constante de proportionnalité. Dans l'hypothèse de la chimioluminescence, ce résultat signifierait que Q^- est le substrat de la réaction produisant les excitons de luminescence.

Abréviation : CMU, 3-(*p*-chlorophényl)-1,1-diméthylurée.

Deux observations se rapportent à la luminescence dans des systèmes dont l'état de fluorescence est proche de l'état maximum P .

Au cours de l'adaptation de Scenedesmus à l'hydrogène (Fig. 2), la fluorescence (m) passe progressivement de l'état O à l'état P par réduction chimique de Q et la photostimulation ($m + \Delta m$) est d'abord positive, puis s'inverse (vers 2 h 20), ce qui

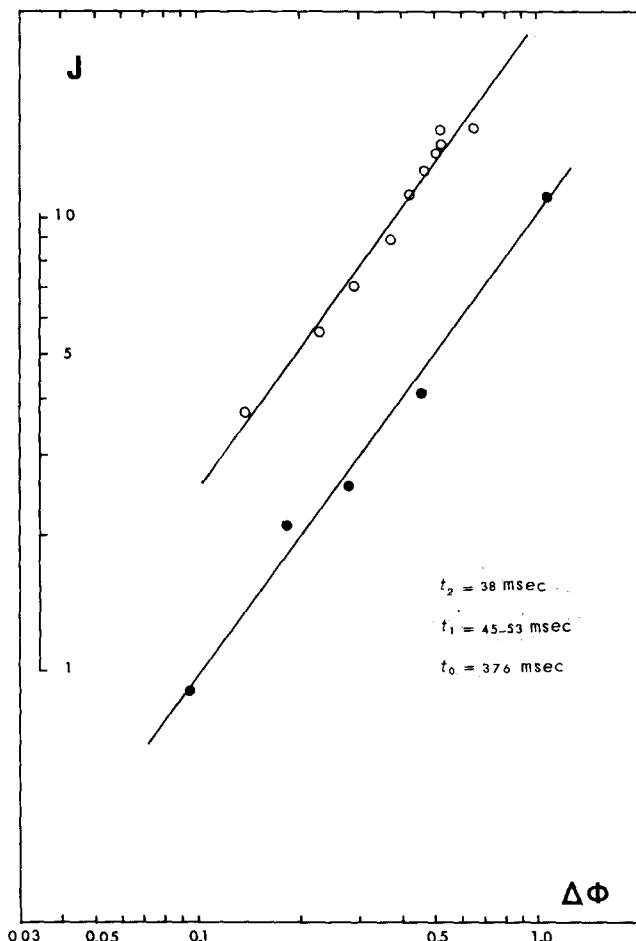


Fig. 1. Représentation doublement logarithmique de J en fonction de $\Delta\Phi$, le paramètre variable étant l'intensité du faisceau actinique pendant le temps t_2 . Les mesures de L et Φ ne sont pas exactement contemporaines: la valeur la plus faible de t_1 est relative à Φ (avec $t_0 \cong 4$ msec), l'autre à L . La pente des droites tracées est égale à 1. *Chlorella pyrenoidosa*. Chlorophylle: 25 µg/ml. Temp., 20°. ○—○, témoin; ●—●, avec 10^{-5} M CMU.

indique l'effet prédominant de l'oxydation indirecte par la Photoréaction I. Cependant, tant que la Photoréaction II reste active on observe une luminescence. Par contre, en utilisant une lumière actinique de type I (vers 2 h 40), la photostimulation de fluorescence reste négative mais la luminescence est très faible. Également, sous CMU, l'inversion de photostimulation disparaît, la fluorescence se bloque dans l'état P et la luminescence disparaît.

Une situation semblable s'observe chez le mutant *ac 115* de *Chlamydomonas* déficient dans le Système II (dû à l'obligance de R. P. LEVINE): la fluorescence est bloquée dans l'état *P*, sans partie variable, et la luminescence tombe à moins de 5 % de celle de la souche sauvage. Un cas analogue a déjà été décrit par BERTSCH, AZZI ET DAVIDSON⁷.

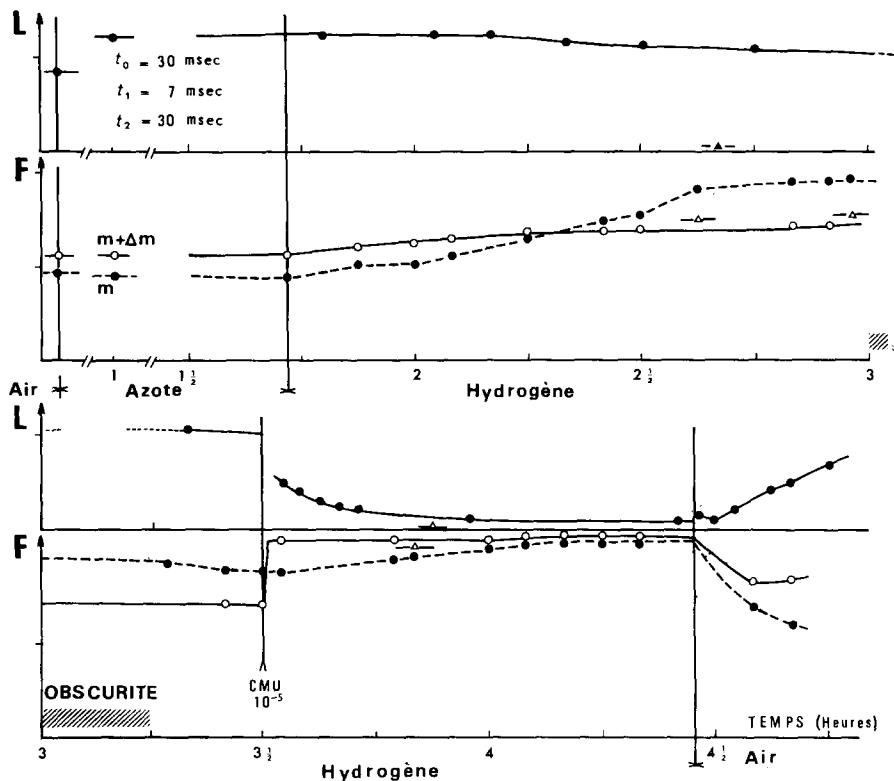
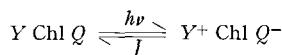


Fig. 2. Comparaison de la fluorescence et de la luminescence au cours de l'adaptation de *Scenedesmus obliquus* (voir texte). Le faisceau actinique est blanc avec $\lambda < 600 \text{ m}\mu$ (Corning CS 4-97), sauf pour les points (Δ , \blacktriangle) où il est rouge avec $\lambda > 710 \text{ m}\mu$ (Wratten 89 B). Chlorophylle: 77.6 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Temp., 20°.

L'accumulation de Q^- ou l'existence d'une valeur élevée de Φ n'est pas une condition suffisante pour la luminescence et la seule réaction d'oxydation de Q^- identifiable au processus *J* semble être la réaction inverse de la Photoréaction II:



La vitesse de luminescence *J* apparaît comme une quantité plus fondamentale que l'intensité de luminescence *L* pour l'étude et l'interprétation de ce phénomène. Il semble de plus que sa cinétique soit plus simple (Fig. 3): l'inverse de *J* croît proportionnellement au temps t_1 . En notant que *J* a la signification d'une vitesse de réaction, on voit que ce type de réaction est conforme à l'équation d'ELOVICH. Certains processus biologiques impliquant un transfert de charges à travers une barrière

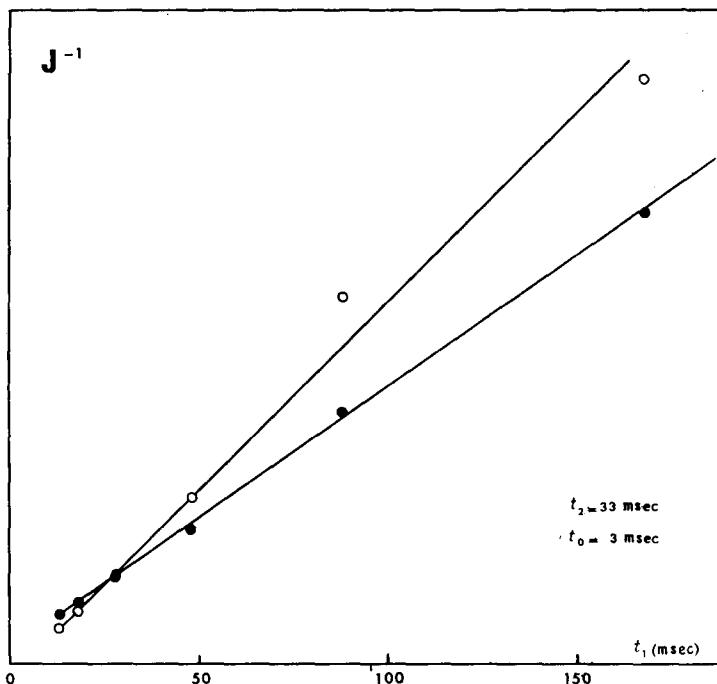


Fig. 3. Inverse de la vitesse de luminescence en fonction de t_1 . *Chlorella pyrenoidosa*. Chlorophylle : 30 $\mu\text{g}/\text{ml}$. Temp., 20°. ○—○, témoin; ●—●, avec 10^{-5} M CMU.

d'activation obéissent également à cette loi⁸. Il serait souhaitable de réexaminer l'ensemble des propriétés cinétiques de la luminescence dans les systèmes photosynthétiques en fonction de la quantité J .

*Laboratoire de Photosynthèse du C.N.R.S.,
91-Gif-sur-Yvette (France)*

J. LAVOREL

- 1 W. E. ARTHUR ET B. L. STREHLER, *Arch. Biochem. Biophys.*, 70 (1957) 507.
- 2 P. B. SWEETSER, C. W. TODD ET R. T. HERSH, *Biochim. Biophys. Acta*, 51 (1961) 509.
- 3 J. LAVOREL, *Currents in Photosynthesis*, Proc. 2nd Western-Europe Conf. Photosynthesis, Woudschoten, 1965, Donker, Rotterdam, 1966, p. 39.
- 4 W. ARNOLD ET J. B. DAVIDSON, *J. Gen. Physiol.*, 37 (1954) 677.
- 5 J. LAVOREL, *Photochem. Photobiol.*, 4 (1965) 819.
- 6 G. GINGRAS ET J. LAVOREL, *Physiol. Vég.*, 3 (1965) 109.
- 7 W. BERTSCH, J. R. AZZI ET J. B. DAVIDSON, *Biochim. Biophys. Acta*, 143 (1967) 129.
- 8 F. W. COPE, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.*, 51 (1964) 809.

Reçu le Décembre 27, 1968