

# **Cycle circadien et bioluminescence chez les dinoflagellés**

Karl NEUBERTH

Adrien PILLOT

Benjamin CHABE-GENEAU

De par une convergence évolutive, de nombreux êtres vivants sont capables de réaliser le processus de bioluminescence, qu'on définit par la production de lumière par un être vivant suite à une réaction biochimique. Ce processus s'observe notamment en mer, chez des microorganismes tels que *Aliivibrio fischeri* ou le sujet de ces expériences, *Pyrocystis lunula*. Une réaction d'oxydo-réduction se fait, excitant un complexe enzyme/substrat, la luciférine et

X

la luciférase, puis le complexe se désactive en émettant un photon bleu. Le complexe, une fois rompu, pourra se reformer, formant ainsi un cycle de réactions oxydo-réductrices.

Cette bioluminescence, s'activant sous l'effet d'un stress mécanique, ne s'observe que pendant la nuit en conditions naturelles.

(X) Indiquer la ref par 1 numéro qui renvoie à la biblio finab.

La recherche a prouvé que ces dinoflagellés suivent un cycle circadien, et on a donc cherché à comprendre le lien entre production de lumière et ce cycle jour-nuit :

Quel est l'impact du cycle circadien sur la lumière émise par *Pyrocystis lunula*?

Comment les paramètres du milieu influencent-ils la bioluminescence de ces dinoflagellés ?

On a donc fait varier la durée du cycle jour-nuit sur différentes cultures de dinoflagellés, en cherchant à quantifier la différence de lumière produite par mesure avec un luxmètre et par acquisition vidéo. D'autres paramètres ont été étudiés, tels que la concentration en phosphates et nitrates, dans le but d'étudier l'effet d'une eutrophisation sur la production de lumière et ainsi lier la problématique écologique de l'eutrophisation des eaux par l'homme aux mesures lumineuses. La réaction permettant l'émission de lumière impliquant des ions  $Ca^{2+}$ , l'impact de la variation de ce paramètre a aussi été étudiée, en lien avec le cycle « enzyme + substrat à complexe ».

à mettre en + posant.

Cependant, la lumière produite étant difficile à capter, d'autres mesures indirectement reliées à la lumière produite ont été faites, telles que la durée de production de lumière (ou endurance) ou des observations microscopiques des solutions de *Pyrocystis* pour quantifier les populations de dinoflagellés présentes et observer leurs évolutions face aux changements de paramètres du milieu imposés. De plus, l'étude des organites responsables de la bioluminescence, les scintillons, n'a pas été possible due à leur taille microscopique, posant une autre limite à notre étude.

Sommaire:

Ne faudrait-il pas commencer par expliquer comment vous avez fait pour mettre en place vos cultures?

- I. Variations du cycle circadien et impact sur les dinoflagellés.
- II. Etudes des facteurs du milieu sur la production de lumière

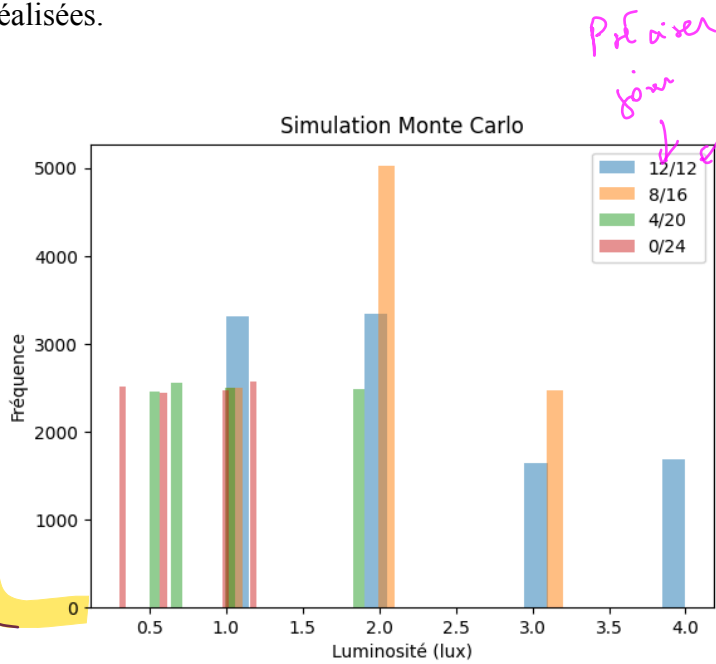
I. Variations du cycle circadien et impact sur les dinoflagellés.

Comme énoncé précédemment, la recherche a montré que les *Pyrocystis lunula* suivaient un cycle circadien : la localisation des scintillons varie au sein de la cellule selon la phase de la journée.

Ⓚ quel est le stress mécanique qui a été responsable de la luminescence de vos exp? (= à mi nuit)

L'étude de ce cycle circadien s'est donc faite dans un placard hermétique à la lumière possédant deux lampes, réglées par une prise programmable contenant nos solutions de dinoflagellés. Les *Pyrocystis* ont donc été soumises à un cycle circadien artificiel, avec une phase de nuit pendant la journée pour faciliter l'étude de la bioluminescence.

Différents cycles jours/nuits ont été testés sur les cultures, et on a ensuite mesuré la lumière émise par les dinoflagellés en fonction de la répartition d'heures de jour/ de nuit. Pour compléter le manque de mesures, des simulations Python à l'aide de Monte-Carlo ont été réalisées.



Préciser jour et nuit - je ne comprends pas votre présentation. Vous pouvez mettre des barres d'erreur et vous indiquerez que le  $\sigma$  a été évalué à l'aide d'1 simulation MC (et vous devriez indiquer l'écart type ou la 1/2 étendue prise au f.).

Cette fois, prenons la luminosité produite en ordonnée et le temps d'exposition en abscisse(jour)

il faut mieux organiser les exp.  
 \* T? (= la m pour les 4 exp ce serait mieux.)  
 \* Nbre de dinoflagellés (= m Rq).  
 \* stress méca

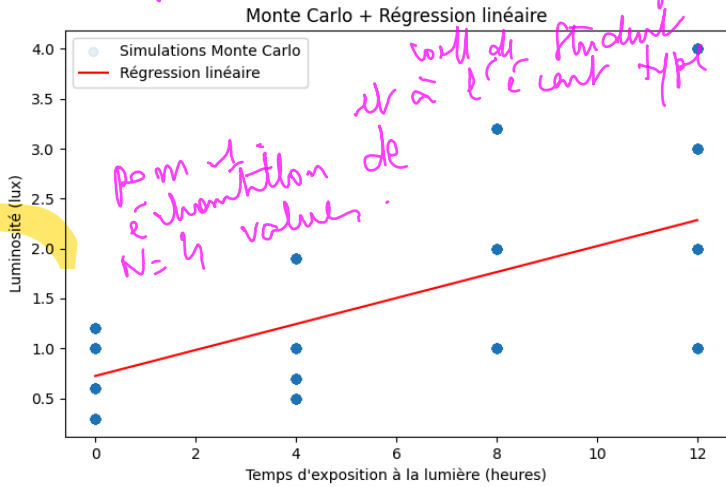
je ne comprends pas du tout le principe de ce f.

vous avez  $\approx 4$  mesures  
 $\Rightarrow$  faire moy stat  
 . calcul de  $\sigma$

puis  $\uparrow$   $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$   
 coeff de Student  
 pour 4-  
 valeurs

Le graphe associé :

et écrit : les bandes d'erreurs correspondent à 1  
 Niveau de confiance de 95% calculé grâce au



coeff de Student  
 pour 4-  
 valeurs

on met la  
 valeur  
 moyen et  
 puis bande  
 d'erreur  
 et on regarde si les  
 bandes d'erreurs acceptent la  
 reg lin pour valider.

Ainsi, il semble donc bien qu'un cycle jour-nuit équilibré de 12h de jour et 12h de nuit permet la plus forte émission de lumière, et le déséquilibre de ce cycle perturbe l'émission de lumière.

Cependant, ces résultats possèdent des limites : certaines mesures de lumière sous cycle circadien altéré ont été faites peu après la réception des cultures, et les cultures auraient donc pu se développer pendant l'expérience, annulant ou diminuant l'effet inhibiteur du cycle altéré.

Les mesures ont été refaites plus tard, et elles semblent donc bien conclure l'hypothèse mise en avant que la variation du rythme jour-nuit inhibe la production de lumière. Des analyses microscopiques plus poussées avec un matériel plus précis pourraient permettre d'expliquer l'origine de ce phénomène.

## II. Etudes des facteurs du milieu sur la production de lumière.

D'autres expériences, indépendamment de l'étude du cycle circadien, ont été réalisées, dans une perspective écologique. L'eutrophisation des eaux par l'homme pose de nombreux problèmes écologiques, impactant grandement la biodiversité locale et pouvant mener parfois, à l'embouchure des fleuves, à des « blooms algaires », perturbant les écosystèmes locaux ou pouvant causer des crises sanitaires dans le cas d'algues nocives.

On a donc cherché à quantifier l'eutrophisation des eaux par *Pyrocystis* par des mesures lumineuses : une solution eutrophisée, quand secouée, apparaîtrait donc plus lumineuse.

donc c'est  
 votre stress  
 mécanique ?

je ne suis pas  
 sûr de comprendre le lien.

Des mesures d'« endurance » ont également été réalisées : la quantité de lumière émise étant difficile à quantifier à cause de la précision limitée des luxmètres, la durée d'émission de lumière en réponse à un stress mécanique continu a donc aussi été étudiée et s'est révélée être un bon indicateur de la lumière émise par les dinoflagellés.

*à observer dès le début d'avant.*

De plus, d'après certaines recherches universitaires, le cation  $Ca^{2+}$  a un rôle crucial dans la réaction à l'origine de la bioluminescence chez *Pyrocystis*. Nous avons donc mené d'autres expériences en faisant varier la concentration en  $Ca^{2+}$  dans le milieu.

*quel est-il ?*

*est-ce ???*

Expériences préliminaires:

*à quoi ?*

Nous avons d'abord commencé par étudier la corrélation positive entre la quantité de dinoflagellés présents dans la solution et la quantité de lumière produite.

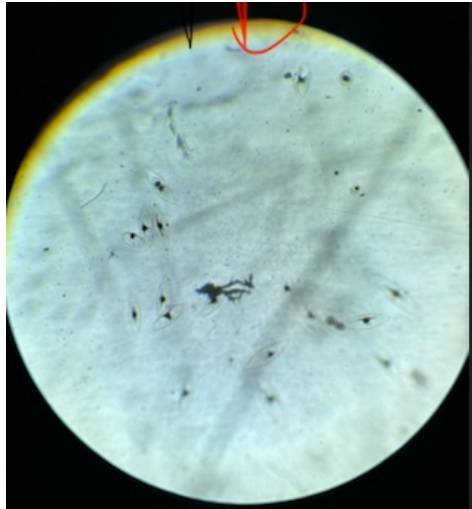
Nous avons ainsi effectué des observations microscopiques entre différentes sous cultures dont nous avons modifié le milieu de vie.

*comment avec nous fait ce ?*

A: 2 mL D'azote 2 mL P: Nombre de dinoflagellées : 74



B: 1 mL d'azote, 1 mL P: Nombre de dinoflagellées : 22



C: 2 mL P: Nombre de dinoflagellées :53



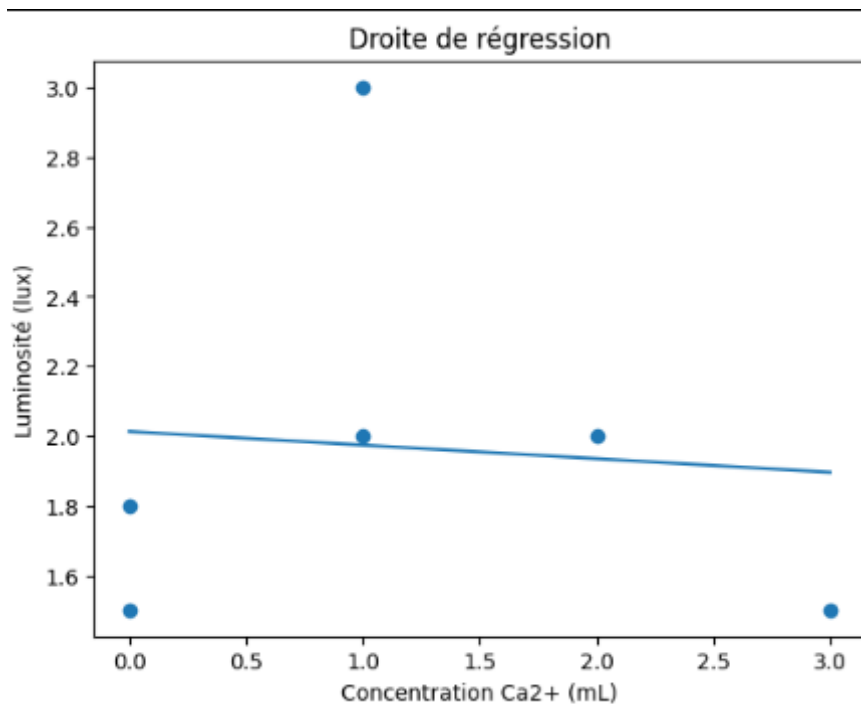
D: 2 mL N : Nombre de dinoflagellées :27



Observations : le phosphate a une action positive dans le développement des dinoflagellées. En effet, pour une même quantité, le phosphate témoigne de sa meilleure efficacité par la plus forte présence de cellules filles, en comparaison avec celles se développant dans un milieu uniquement ajouté en azote .

Or nous avons précisé , ci-dessus, que plus il y avait de cellules dinoflagellées plus l'intensité lumineuse était élevée.

Ainsi, même si un véritable phénomène d'eutrophisation n'a pas été observé, il y a bien une corrélation entre les concentrations des facteurs du milieu et le nombre de dinoflagellés, et ainsi indirectement la quantité de lumière.



Pour ce qui est des expériences sur le Ca<sup>2+</sup>, les résultats n'ont pas été très concluants. Par une appréciation qualitative des expériences, nous avons cependant remarqué que les cultures ayant reçu des ions Ca<sup>2+</sup> sont plus "endurantes" dans leur production de lumière (en agitant, on observe une production de lumière plus longue, jusqu'à 5-6 secondes contre 3 secondes en moyenne pour les cultures témoin).

### Conclusion:

Le processus de bioluminescence par les dinoflagellés est donc bien régi par un cycle circadien. La production lumineuse est optimale chez *Pyrocystis lunula* pour un cycle jour-nuit de 12h-12h, et tout dérèglement de ce cycle en faveur de la photopériode ou de la période nocturne mènera à une diminution de la lumière produite.

Les facteurs du milieu ont donc aussi une grande importance sur la culture de dinoflagellés et ainsi, indirectement, la production de lumière.

Même si le phénomène d'eutrophisation de l'eau attendu n'a pas pu être observé, on a pu donc en déduire que des concentrations plus élevées en azote et phosphore stimulent le développement des dinoflagellés et la production de lumière. Des concentrations plus élevées en calcium semblent aussi stimuler cette dernière, mais ses effets sont limités.

Les *Pyrocystis lunula* sont trouvées notamment sur la côte californienne. Des mesures mettant en jeu un optimum de température, répliquant la température des eaux locales aurait pu aider à nos recherches et aurait pu permettre de développer d'autres conclusions.

Avec des mesures plus développées et précises, étant donné l'effet de N et P sur les cultures, les *Pyrocystis* pourraient donc potentiellement être utilisées dans la recherche sur l'eutrophisation des eaux, en quantifiant certaines mesures par la lumière produite. Dans un monde où les bloom algaires sont des problèmes récurrents dans les zones côtières, cette piste pourrait être intéressante à étudier dans la recherche.

Biblio:

Valiadi M., Iglesias-Rodriguez D., Septembre 2013: "Understanding bioluminescence in dinoflagellates - How far have we come?" in *Microorganisms*

Lien: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5029497/>

Di Bari D., 2024, "Natural light vs artificial light. Effects of light pollution on the bioluminescence of dinoflagellate *Pyrocystis lunula*" in *RevMar*

Lien: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/revmar/article/view/20865>

Tournassat D., 19 Mars 2024, “Eliminer les dinoflagellés en aquarium récifal”, sur Reeflexions, consulté le 19 Janvier 2026

Lien:

<https://reeflexion.fr/eliminer-les-dinoflagelles-en-aquarium-recifal/#:~:text=Exc%C3%A8s%20de%20nutriments%20%3A%20La%20croissance,gestion%20de%20l%27eau%20inadapt%C3%A9e>

Woodland Hastings J., Septembre 2013, “Circadian Rhythms in Dinoflagellates: What Is the Purpose of Synthesis and Destruction of Proteins?”, in *Microorganisms*

Lien:

<https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5029499/>

Rakovitch T. et 2 autres, “Bioluminescence” pour Université PSL (2022-2023), consulté le 6 novembre 2025

Lien:

[https://pse.espci.fr/sites/pse.espci.fr/IMG/pdf/methodes\\_et\\_protocoles\\_bioluminescence.pdf](https://pse.espci.fr/sites/pse.espci.fr/IMG/pdf/methodes_et_protocoles_bioluminescence.pdf)

Timsit Y. et 3 autres, 2021, “Bioluminescence and Photoreception in Unicellular Organisms: Light-Signalling in a Bio-Communication Perspective” in *International Journal of Molecular Sciences*

Lien: <https://www.mdpi.com/1422-0067/22/21/11311>