

Des créatures tout droit sortie d'un conte. Au cours de leur courte vie adulte, les lucioles ne se contentent pas de charmer leurs congénères, elles nous enchantent tout autant.

# Des lumières dans la nuit

Leur clignotement offre un spectacle féerique. Les vers luisants, ou lucioles, brillent dans l'obscurité totale. Comment se produit cette bioluminescence? A quoi sert-elle? Et comment certaines espèces parviennent-elles à clignoter à l'unisson?

Andreas Diethelm, biologiste cellulaire, conseiller en environnement

**L**a bataille de Shiloh fut l'une des plus sanglantes de la guerre de Sécession. Le 7 avril 1862, le champ de bataille, une forêt marécageuse au bord de la rivière Tennessee, est jonché de près de 3500 cadavres. En proie à la pluie et au froid, les quelque 16 000 blessés sont exposés au risque d'infection.

A la tombée de la première nuit, certains soldats remarquent que leurs blessures projettent une lueur bleue dans l'obscurité. Plus étrange encore, ceux dont les plaies brillaient ont un meilleur taux de survie que leurs collègues non illuminés. Comme on ne pouvait interpréter le phénomène et le contexte – l'effet de la moisissure *Penicillium* ne sera découvert que

66 ans plus tard –, on lui donne alors le surnom de «angel's glow» (le rayonnement des anges). En 2001, deux lycéens américains élucident ce mystère, et découvrent que les plaies sont en fait colonisées par la bactérie *Photorhabdus luminescens*, seule bactérie lumineuse non marine connue, qui vit dans l'intestin d'un nématode entomopathogène. Les nématodes,

qui traquent les larves d'insectes dans le sol, s'enfouissent dans la plaie et y régurgitent la bactérie. *P. luminescens* sécrète alors un cocktail d'enzymes digestives et de toxines, qui tuent l'insecte hôte et suppriment tous les autres micro-organismes déjà à l'intérieur, empêchant ainsi l'infection de la plaie et sauvant les soldats blessés. Le temps froid a en outre été une véritable aubaine: en effet, les expériences des lycéens ont montré que la bactérie ne pouvait pas vivre à la température du corps humain, ce qui rendait les blessures des soldats inhospitalières. Reste la question de l'utilité de la luminescence pour la bactérie. Une hypothèse plutôt provisoire serait que la larve d'insecte colonisée et donc lumineuse servirait d'appât à d'autres proies.

### Une lueur difficilement explicable

Difficile de savoir dans quel but les bactéries, champignons et animaux émettent de la lumière. Selon une hypothèse populaire, la luminescence serait un sous-produit d'une voie métabolique d'élimination de l'oxygène d'anciennes formes de vie anaérobies. Lorsque les cyanobactéries, premières antennes collectrices de lumière, se sont développées il y a environ 3,5 milliards d'années, la vie jusqu'ici était menacée d'oxydation par l'oxygène moléculaire libéré lors de la photosynthèse. Mais ces organismes ne pouvaient pas métaboliser l'oxygène qui s'accumulait dans l'atmosphère, car il était toxique pour eux.

Quoi qu'il en soit, les signaux lumineux se prêtent à la transmission de messages contenant des informations relatives au comportement. Il s'agit d'orientation, de compréhension, de coordination, de reconnaissance en général – en résumé, de l'essentiel de la vie. Concrètement, les signaux lumineux aident à trouver de la nourriture ou un partenaire, à attirer des proies, à fuir les prédateurs, à se défendre contre eux ou simplement à les dissuader.

### De la lumière dans l'obscurité

La luminescence – lumière froide – provient de pigments lumineux d'organismes vivants ou de systèmes techniques qui produisent de la lumière, les rendent phosphorescents ou fluorescents. En revanche, la bioluminescence se manifeste également dans l'obscurité totale et persistante. Comment cela est-il possible?

Le corps adipeux (*corpus adiposum*), qui est, avec le tissu de stockage, un organe métaboliquement actif dans la cavité



abdominale de nombreux arthropodes, est conçu comme un organe lumineux dans les segments abdominaux des lucioles, composé de photocytes. Dans ces cellules spécialisées, l'enzyme luciférase catalyse la réaction chimique qui transforme le colorant luciférine en oxyluciférine. La molécule est activée au préalable par le vecteur d'énergie ATP. L'oxydation du conjugué obtenu par l'oxygène moléculaire conduit à un hétérocycle à quatre chaînons hautement tendu qui contient deux atomes d'oxygène constituant un groupement «peroxy». Cet intermédiaire est extrêmement réactif et se décompose en libérant du  $\text{CO}_2$ , ce qui entraîne la formation d'oxyluciférine à l'état excité. Lorsqu'elle retourne à l'état stable, la molécule émet de la lumière qui correspond à la différence d'énergie entre les deux états. En résumé:  $\text{luciférine} + \text{ATP} + \text{O}_2 \rightarrow \text{oxyluciférine} + \text{AMP} + \text{CO}_2 + \text{lumière}$ . Pour obtenir un effet lumineux efficace, les cristaux de sel dirigent la lumière produite vers l'extérieur de la cellule, de manière analogue au miroir du phare.

Le mécanisme esquissé semble être un processus général de production de lumière naturelle. L'étude de la biochimie derrière la luminescence autonome des organismes les plus divers a débuté il y a plus de septante ans. Les luciférases sont

présentes dans 17 souches différentes et au moins 700 genres, principalement marins. La production technique de systèmes bioluminescents pour l'étude du mécanisme de réaction est toutefois relativement fastidieuse en raison de la structure moléculaire complexe de la luciférine, par exemple celle des lucioles.

### Application médicale

La bioluminescence a d'ailleurs révolutionné les techniques d'examen classiques des mécanismes enzymatiques au cours de ces trente dernières années. Ce qui a commencé par le clonage de gènes de luciférase est devenu, avec l'imagerie, un outil universel pour un grand nombre de problèmes dans la recherche fondamentale biologique et médicale. Les luciférases servent de détecteurs pour l'étude de la régulation des gènes, ainsi que pour l'analyse des voies de signalisation cellulaires ou des interactions entre protéines et de leur stabilité. La mesure de la teneur en ATP permet de déterminer l'activité métabolique ou la viabilité des cellules. Dans l'analyse environnementale, les bactéries peuvent être détectées sur des surfaces. Des luciférases recombinantes et de nouveaux substrats ont permis d'obtenir des rendements lumineux plus élevés, et un gène rapporteur de luciférase haute-

## Point de mire

ment sensible permet désormais de travailler dans des conditions physiologiques et à des niveaux d'expression endogènes.

### Retenir sa respiration, clignoter

Chez les organismes multicellulaires, la réaction lumineuse est commandée nerveusement, elle se produit en général de manière discontinue. Pour les lucioles, il a été démontré qu'elles réagissent aux influences exogènes et endogènes par des impulsions nerveuses volontaires ou involontaires. Pour s'illuminer, la respiration s'interrompt dans les mitochondries, les centrales énergétiques cellulaires. L'oxygène déclenche ainsi la réaction lumineuse. Le monoxyde d'azote fait office de transmetteur. Celui-ci, tout comme la substance luminescente et l'enzyme, est présent dans les photocytes. Les lucioles savent économiser l'énergie, car de nombreuses espèces ne possèdent pas de tube digestif ni d'outil pour se nourrir. Pendant leur période de reproduction de quelques semaines, elles se nourrissent, en tant qu'adultes, des réserves de graisse qu'elles ont accumulées au cours de leur vie antérieure de larves et de prédateurs d'escargots. C'est la raison pour laquelle elles ne

se déplacent et ne s'éclairent que si nécessaire. En raison de la courte demi-vie du monoxyde d'azote, l'effet ne dure que peu de temps. En une fraction de seconde, l'apport d'oxygène est interrompu, la lumière s'éteint de nouveau et la respiration cellulaire reprend.

### Ensemble en quête de partenaires

Les lucioles émettent typiquement des signaux clignotants périodiques ou des flashes lumineux. Le rythme de clignotement et le modèle de disposition des organes lumineux sont spécifiques à l'espèce, ce qui permet de reconnaître sa propre espèce, là où différentes espèces partagent un même habitat. Chez certaines espèces, les mâles sont capables de synchroniser leurs clignotements après s'être approchés en groupe d'un bosquet bien visible. Il est possible d'assister à ce spectacle lumineux magique le long des berges des fleuves d'Asie du Sud-Est. Ce phénomène est également une attraction touristique très prisée dans le parc national américain des Great Smoky Mountains. Les insectes clignotent environ deux fois par seconde en fonction de leur horloge interne. La fonction de ce comporte-

ment étonnant a déjà engendré nombre d'hypothèses. Grâce à un dispositif expérimental complexe, des chercheurs américains ont récemment pu démontrer que les femelles reconnaissent beaucoup mieux les mâles qui clignotent de manière synchrone que lorsque ceux-ci clignotent de manière désordonnée.

Mais comment une confusion désordonnée de milliers d'individus peut-elle engendrer un clignotement synchrone? Y a-t-il un individu dans l'essaim qui indique le rythme à suivre? Non, chaque insecte a son propre rythme, mais la vue du signal de ses voisins le conduit à se synchroniser avec eux. C'est de cette façon qu'un essaim géant se synchronise? Oui, c'est un phénomène à la fois incroyable et simple. Des groupes clignotant ensemble se forment d'abord de cette manière, génèrent des ondes, qui se lissent peu à peu jusqu'à ce que des arbres de lumière entiers pulsent silencieusement pendant des heures. Une invitation évidente pour les femelles qui les survolent!

Contact: [era\\_\\_@web.de](mailto:era__@web.de)

Pour en savoir plus sur le sujet:

[www.gluhwurmchen.ch](http://www.gluhwurmchen.ch)

## Annonce



**Agence matrimoniale**  
Service Personnalisé · Compétent · Sérieux

Löwenstrasse 25, 8001 Zürich  
044 534 19 50  
Nous serions ravis de vous rencontrer.

Kathrin Grüneis  [freieherzen.ch](http://freieherzen.ch)