

Un ciel de "toiles"...
Cliché V.B. Meyer-Rochow



Accouplement d'*A. luminosa* avec une femelle venant juste d'émerger - © Colourview 1997 Ltd, Oamaru, Nouvelle-Zélande.

Par Pierre Jolivet

Les vers lumineux

de la Nouvelle-Zélande

OU QUAND UN RÊVE SE RÉALISE

Il y avait longtemps que je rêvais de visiter les grottes de Waitomo en Nouvelle-Zélande. J'étais pourtant déjà allé trois fois en Nouvelle-Calédonie sans jamais trouver le temps de faire une escale à Auckland. C'est en février 2005 que j'ai enfin trouvé l'occasion de réaliser ce rêve d'enfance. J'en garderai toujours un souvenir émerveillé.

On descend sous terre et, comme dans un parc d'attraction, on avance en procession en bateau sur un lac souterrain tranquille ; soudain on voit une voûte magique semée d'étoiles : les larves, les toiles et les pièges gluants suspendus d'une petite larve lumineuse. Il s'agit d'un Diptère Kéroplatidé¹, *Arachnocampa luminosa*. Les Kéroplatidés sont des Nématocères à larves vermi-

formes, qui ressemblent à de petites tipules à l'état adulte. Juste une douzaine parmi les 3 000 espèces existantes sont lumineuses. Avant de décrire les merveilles souterraines de l'île aux Kiwis et aux Moas, résumons ce que nous savons de la production de lumière chez les insectes. La lumière produite chez un organisme par une réaction chimique est appelée bioluminescence. Le phéno-

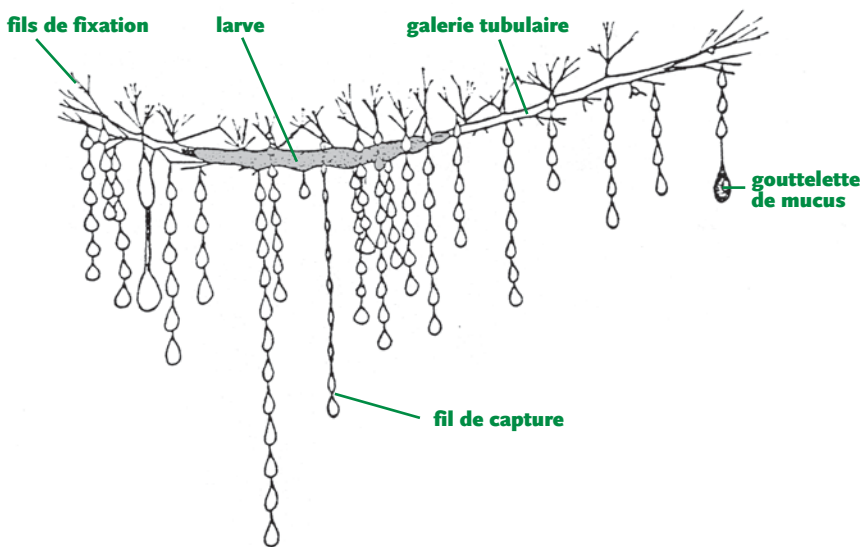
mène existe chez des bactéries (Vibrionacées et Entérobactériacées), des protozoaires et chez beaucoup d'animaux marins ou terrestres et aussi chez les champignons. Des bactéries lumineuses infectent couramment les Diptères Chironomidés et parfois aussi les nymphes de moustiques (Diptères Culicidés). La lumière vivante est une lumière froide, chose que nous humains n'avons pas encore réalisée. La lumière vivante est le plus souvent produite dans des tissus ou organes spécialisés et des liquides lumineux sont même parfois aspergés sur les prédateurs. Chez les Insectes, la bioluminescence est surtout commune chez les Coléoptères Lampyridés², mais elle est aussi connue dans cet ordre chez les Élateridés, les Phengodidés, les Staphylinidés, les Throcidés, chez les Diptères

¹ Autrefois Kéroplatiné, sous-famille des Mycétophilidés. Le taxon a été érigé en famille par Loïc Matile qui fut, au Muséum d'histoire naturelle de Paris, le grand spécialiste de ce groupe, étudiant notamment les espèces néocalédoniennes. Mais les espèces lumineuses et cavernicoles, qui existent aussi dans l'Est de l'Australie, semblent totalement manquer dans le Caillou.

² Le Lampyre, *Lampyrus noctiluca*, est le vrai Ver lumineux, à femelle aptère – à ne pas confondre avec la Luciole, *Luciola lusitanica*, autre Coléoptère Lampyridé, chez qui mâle et femelle volent (NDLR).



Une nymphe de glowworm suspendue parmi les fils de soie et les gouttelettes de mucus
© Colourview 1997 Ltd, Oamaru, Nouvelle-Zélande.



La larve dans son nid - D'après Stringer, 1967.

Mycétophilidoidés et, par ailleurs, chez les Collembolés. Il est aussi vraisemblable que des champignons lumineux attirent certains Diptères Nématocères et les disperseurs éventuels de spores. Il y a aussi des mille-pattes et des araignées lumineuses, mais ces cas sont très rares et isolés.

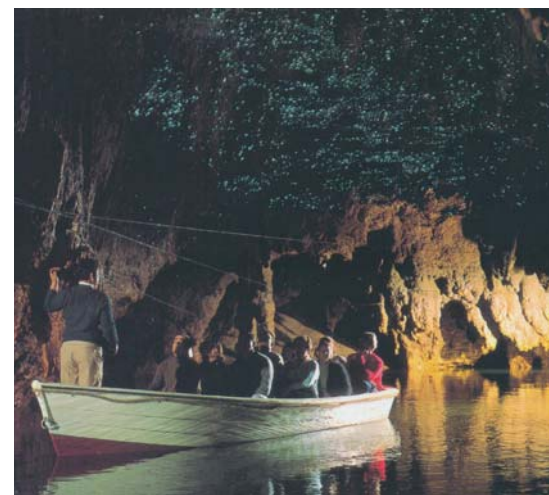
Les couleurs des émissions lumineuses produites par les arthropodes lumineux sont très variées et brillantes du vert au bleu, au rouge et au blanc-bleuté brillant comme chez notre Kéroplatidé. Leur chimie varie,

mais chez les insectes c'est la luciférine qui réagit avec une enzyme, la luciférase, l'oxygène et l'adénosine triphosphate.

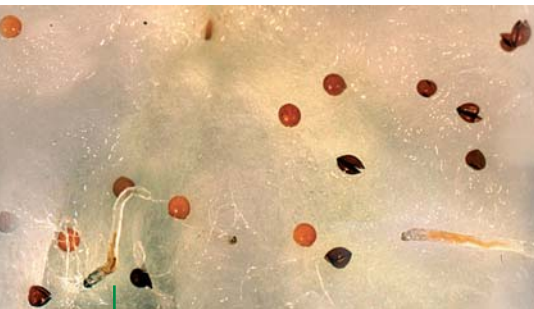
La plus simple forme de production de lumière est une lueur brillante d'une longueur indéterminée aisément enregistrable au laboratoire. C'est ainsi qu'on a pu enregistrer les signaux envoyés par les Lampyridés entre les deux sexes ou entre un prédateur et sa proie possible. Dans les bosquets de la Nouvelle-Guinée certains de ces Lampyridés mâles composent des ballets lumineux synchronisés

pour attirer leurs femelles. Il est certain que ces lumières ont un rôle sexuel, un rôle nutritif, mais aussi parfois un rôle défensif, car le sang des Lampyridés contient des glucosides très toxiques pour les prédateurs. Il y aurait donc aussi une fonction d'avertissement (aposématisme) dans la luminosité. L'ATP reste une partie essentielle du phénomène de bioluminescence. Chez *Arachnocampa*, la lumière bleu-vert ou simplement bleutée émise par les larves semble adaptée spécialement à la capture de petites proies d'origine aquatique. Des études ont pu préciser que, chez les adultes, cette lumière jouait un rôle dans la communication intra-spécifique. Les couleurs de ces Mycétophilidés diffèrent des verts et jaunes des lumières des autres insectes. *Keroplatus seiooides* et *K. japonicus* émettent une lumière bleu-blanc, *Orfelia fultoni*, produit une lumière bleue intense et *Arachnocampa luminosa*, comme nous le rappelions, émet une lumière bleu-vert, mais au fond de la grotte, dans l'obscurité ambiante, on distingue surtout sur la voûte comme une constellation d'étoiles qui, pour une partie, semblent clignoter.

Le moucheron de Nouvelle-Zélande n'est pas le seul à être lumineux, mais là-bas le phénomène est spectaculaire. Le Mycétophilidé des Appalaches, à



Les grottes de Waitomo figurent parmi les sites touristiques les plus remarquables de Nouvelle-Zélande - © Colourview 1997 Ltd, Oamaru, Nouvelle-Zélande.



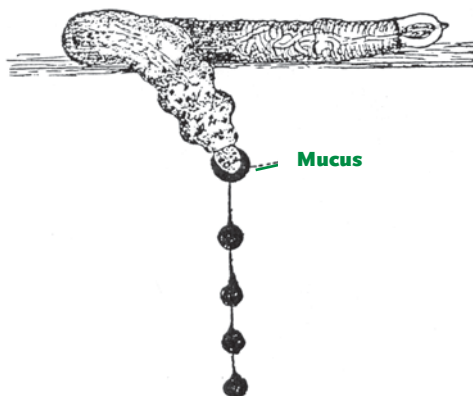
Œufs et larves nouveau-nés

Cliché A. O'Toole, université du Queensland, Australie



Larve

Cliché A. O'Toole, université du Queensland, Australie



La gouttelette de mucus, juste avant son inclusion dans la ligne verticale, entoure la tête de la larve. - D'après Stringer, 1967.

l'Est des États-Unis, *Orfelia fultoni*, brille la nuit dans les crevasses des rochers, dans les bouquets d'impatiences le long des routes, et sur les berges moussues des rivières, pour attirer ses proies. Sa lumière apparaît bleue et semble provenir de la partie antérieure de la larve, mais il y a aussi des organes photoluminescents au bout de l'abdomen. Cette lumière disparaît de jour et est soumise à un rythme nyctéméral. *Keroplatus sesioides* a une larve également lumineuse en Suède, mais seulement la totalité de la larve et de la nymphe est lumineuse. Cette larve vit dans une toile sous un champignon. Ce genre *Keroplatus* a cinq espèces lumineuses réparties de l'Italie au Japon. La larve d'*Arachnocampa luminosa*, dans les grottes de Nouvelle-Zélande, brille également pour capturer des proies sur des filaments lumineux et gluants qu'elle suspend aux voûtes de la caverne comme une ligne de pêche. *Keroplatus nipponicus*, au

Japon est à la fois lumineux et constructeur de toiles, mais il apparaît n'être que végétarien et consommer uniquement des spores. Son signal semble n'être qu'aposématique. Comme l'écrivait Lloyd, parlant de *A. luminosa*, ces larves suspendues au plafond des caves des grottes néo-zélandaises attirent les moucheron éclos des rivières sous-jacentes et des millions de touristes du monde entier. À noter que ces mouches lumineuses sont présentes aussi la nuit le long des chemins moussus environnants. Beaucoup reste encore à découvrir dans ce domaine en Nouvelle-Guinée, au Nicaragua, au Costa Rica, aux Fidji, mais toutes les larves de Kéroplatinés ne sont pas forcément lumineuses (*Orfelia aeropiscator*, des grottes de Costa Rica, ne semble pas l'être). Il manque actuellement un spécialiste des Kéroplatinés, car les taxonomistes se font rares, pour donner des noms à ces petits insectes, notamment en Nouvelle-Guinée où le phénomène a été étudié, mais la bête pas encore identifiée. Les grottes de Waitomo sont situées à deux cent kilomètres d'Auckland. Près de là sont les fameux geysers et sources chaudes de Rotorua, des réserves avec des Tuatura et des Kiwis vivants. C'est une région essentiellement touristique et les grottes y sont nombreuses et ouvertes aux visiteurs. La plus belle d'entre elles, la grotte de Waitomo est le résultat d'environ 30 millions d'années de dépôts calcaires de ce qui fut en ces temps-là un fonds marin. Coraux, coquilles, squelettes de poissons

accumulés y ont formé un calcaire tendre creusé par les rivières et les coulées acides de la surface. La grotte était la propriété d'un chef Maori et le lieu était entouré de toutes sortes de superstitions. Un Anglais persuada finalement le chef, en 1887, d'explorer la région et ils pénétrèrent dans la caverne, éclairés par des chandelles, flottant sur un radeau. Ils découvrirent un univers enchanteur : des millions de lumières blanches et bleutées, brillant sur le plafond, et se réfléchissant dans l'eau sous-jacente. La caverne fut petit à petit aménagée pour les visiteurs et des millions de touristes s'y sont succédés depuis sa découverte. Les plus grandes précautions ont été prises pour éviter les graffiti, la destruction des stalactites et surtout le bruit et la lumière des flashes pour ne pas déranger leurs petits habitants. La réussite est totale, car ces insectes supportent très bien depuis plus de cent ans toutes ces visites sans aucun inconvénient. Le guide réclame toutefois le silence car la voix seule peut perturber légèrement le scintillement.

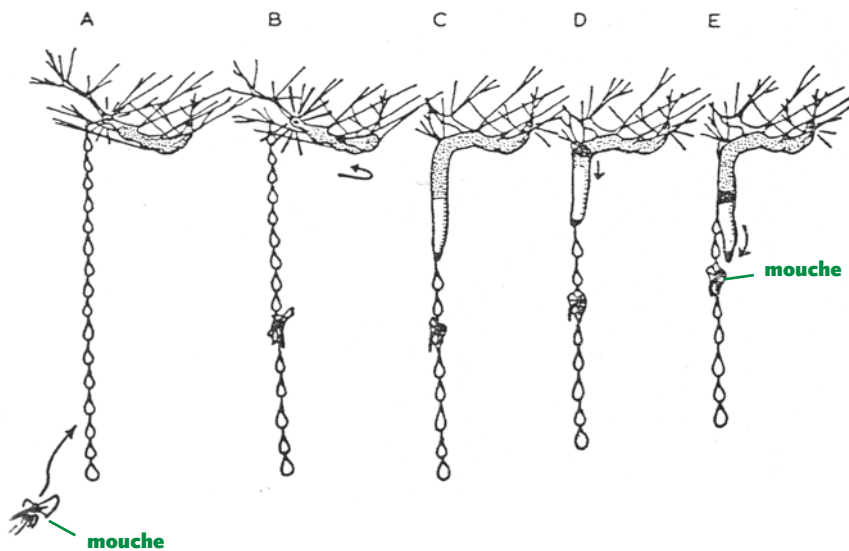
Des cavernes semblables, mais beaucoup moins spectaculaires, existent bien en Australie orientale, dans les Nouvelles-Galles du Sud, avec



Nymphe femelle - Cliché A. O'Toole, université du Queensland, Australie



Mâle d'*Arachnocampa luminosa* - Cliché A. O'Toole, université du Queensland, Australie



Attirée par la luminosité, une mouche s'est engluée sur la ligne. La larve rampe alors jusqu'à sa proie. - D'après Stringer, 1967.

une autre espèce d'*Arachnocampa* : *A. flava*. Il y a aussi un *Arachnocampa* en Tasmanie. Beaucoup d'autres Kéroplatidés lumineux sont aussi connus du Japon, de l'Europe, mais nulle part ailleurs n'existe cette accumulation spectaculaire dans les plafonds des grottes. En émettant cette lumière le petit Diptère attire les proies à l'état larvaire et son partenaire sexuel à l'état adulte ou même dès la fin de la nymphose. Les conditions nécessaires à ce phénomène sont très strictes : une grande humidité, une surface en plafond pour permettre aux larves, aux toiles et aux fils de se fixer, une atmosphère calme pour empêcher les fils de se balancer, une source de nour-

riture abondante, en l'occurrence la rivière qui fournit des insectes ailés qui se laissent prendre au piège, la totale obscurité pour que la lumière brille intensément. L'organe lumineux des Kéroplatidés, dont celui d'*Arachnocampa*, semble être le bout élargi de quatre tubes de Malpighi à l'extrémité de l'abdomen. Ces extrémités lumineuses sont alimentées en oxygène par de grands troncs trachéens qui pénètrent à l'intérieur de la glande. La larve peut contrôler son émission de lumière et l'arrêter. Le bruit, par exemple, peut stopper pour un moment la production du scintillement. Notons qu'en dehors de l'oeuf, tous les stades sont lumineux. La larve de *A. luminosa* brille

plus fort quand elle a faim et quand elle s'agite. Les fils de pêche qui pendent sont également lumineux ainsi que les gouttelettes toxiques qui les parsèment.

La durée totale de la vie de l'insecte est de 10 à 11 mois. Les oeufs sont déposés sur la voûte ou sur les murs dans une sorte de colle gluante et ont une durée d'incubation de 20 à 24 jours. Un seul moucheron peut produire jusqu'à 130 oeufs en amas de 30 à 40. Lorsqu'elle éclôt la larve ne mesure que 3,5 mm de long. Elle se met aussitôt à l'ouvrage et construit une sorte de toile ou nid et produit une substance visqueuse, mélange de mucus et de soie, qui forme des filaments pendants. Ces filaments lumineux attirent les proies qui, paralysées par des gouttes d'acide oxalique, stratégiquement distribuées le long des fils, sont aussitôt dévorées. Les insectes piégés sont attirés vers le haut avec leurs captures. La larve généralement avale sa ligne de pêche. Le stade larvaire dure plusieurs mois, pendant lesquels la larve atteint 30 à 40 mm. C'est le seul stade où l'insecte se nourrit, et accumule ainsi suffisamment de nourriture pour survivre à l'état de nymphe, puis d'adulte. La nymphe se ratatine à partir de la larve et devient opaque. Les fils suspendus se réduisent, se raccourcissent, probablement en guise de protection du stade immobile. Cette nymphe se suspend verticalement grâce à un long fil et mesure de 15 à 18mm. Elle reste lumineuse durant cette période, celle du mâle cessant de l'être 2 ou 3 jours avant l'éclosion. Au contraire, la nymphe femelle éclaire plus brillamment, très vraisemblablement pour attirer un mâle. Il est certain que nymphes et adultes femelles tentent d'attirer les mâles et ceux-ci peuvent attendre à deux ou trois l'éclosion d'une femelle. La nymphose dure de 12 à 13 jours. Lorsque l'adulte émerge de l'enveloppe nymphale, qui est fendue, celui-ci reste immobile jusqu'à ce

qu'il sèche et soit capable de voler. Les femelles adultes perdent leur luminescence au début de l'oviposition. *Arachnocampa luminosa* est un petit Diptère, légèrement plus gros qu'un moustique. Le mâle est plus petit et plus mince que la femelle. En un mot, la lumière chez la larve attire les proies et, chez l'adulte ou la nymphe, elle attire le sexe opposé. À Waitomo, la principale nourriture de la larve est *Anatopynia debilis*, un Diptère Chironomidé. La larve est aussi cannibale et ces larves se battent entre elles, mais elles dévorent également de nombreuses autres proies : tipules, papillons de nuit, phryganes, perles, simulies, fourmis tombées de la voûte, araignées, mille-pattes, isopodes et même de petites limaces. Ce sont deux options qui sont les principaux prédateurs d'*Arachnocampa* dans la grotte de Waitomo et il existe aussi des Hyménoptères parasitoïdes (*Betyla fulva*) qui sont attirés par la lumière. Il y a aussi des champignons qui peuvent attaquer les larves. Le cycle, semble-t-il auparavant saisonnier, aurait été perdu après adaptation à la vie cavernicole. Chez *O. fultoni*, aux États-Unis, un Ichneumonidé (*Eusterinx* sp.) attaque aussi l'adulte.

J'ai découvert, avec une collègue Américaine, un Kéroplatidé (*Proceroplatus belluus*) capturant, au Panama, les fourmis avec un fil de soie gluant dans les domaties des myrmécophytes ou plantes à fourmis (*Besleria formicaria*, Gesnériacées). Par la suite, d'autres

cas furent trouvés au Sri Lanka et au Gabon. Seul le Kéroplatidé du Sri Lanka a pu être identifié. Le fait doit être beaucoup plus répandu qu'on ne le suppose. Ces mycétophilidés se cachent dans une domatie et engluent une fourmi qui se trompe d'entrée. Je n'ai pas réalisé si ces Diptères étaient aussi lumineux. Cela ne semble pas nécessaire pour des captures de jour. Les Kéroplatidés lumineux constituent tout de même une exception et la variété de leurs organes luminescents suggère de multiples évolutions de ce caractère.

N'oublions pas que dans ces grottes vivent, souvent sur sol sec, des colonies de "wetas" (Orthoptères Anostomatidés et Rhaphidophoridés), ces gros grillons, parfois plus ou moins aveugles, de cette région du monde. De très grosses espèces utilisent aussi les cavités des arbres. Les wetas cavernicoles de Nouvelle-Zélande évitent soigneusement les toiles d'*A. luminosa* qui emmêlent leurs pattes et leurs antennes. La Nouvelle-Zélande se sépara du Sud Gondwana il y a 75 millions d'années et ces wetas survécurent à transgression marine de l'Oligocène. Les *Arachnocampa* également ont subsisté dans les parties non submergées, les régions montagneuses, mais curieusement ils sont très probablement éteints en Nouvelle-Calédonie où pourtant les grottes sont nombreuses et variées dans les zones calcaires.

Et le souvenir de cette merveilleuse voûte étoilée de Waitomo me remet en mémoire cette phrase de Peter Milward, un amateur d'insectes : "Let them come - their creepiness and crawliness on earth transformed into the twinkling light of the beckoning stars". Oui ces petites étoiles vivantes nous font signe aussi à nous humains de les regarder et de les admirer, un acte gratuit s'il en est. ■



Les Wetas sont de gros grillons qui habitent les grottes néo-zélandaises
Cliché Troy Bartlett à <http://troyb.com/>

3 Ce qui pourrait se traduire par : "Qu'elles viennent ces bestioles rampantes sur la terre transformée en la lumière scintillante des étoiles qui nous font signe". C'est de la poésie...



Femelles d'*Arachnocampa luminosa*
Clichés A. O'Toole, université du Queensland, Australie

Pour en savoir plus

- Aiello, A., Jolivet, P. 1996. Myrmecophily in Keroplatides (Diptera: Sciaroidea). *J. New York Entomol. Soc.* 104 (3-4): 226-230.
- Gatenby, J. B., Cotton, S. 1960. Snare building and pupation in *Bolitophila luminosa*. - *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 88 (1): 149-156.
- Jolivet, P., Verma, K.K. 2005. *Scorpion-beetles and lantern-beetles. Fascinating - Insects.* Pensoft, sous presse.
- Lloyd, J.E., Gentry, E.C. 2003. Bioluminescence. In Resh, V.H. and Cardé (eds), *Encyclopedia of Insects.* Academic Press-Elsevier, Amsterdam, Holland: 115-120.
- Matile, L. 1996. A new neotropical fungus gnat (Diptera : Sciaroidea : Kéroplatidae) with myrmecophagous larvae. *J. New York Entomol. Soc.* 104 (3-4): 216-220.
- McElroy, W.D., Seliger, H. H., De Luca, M. 1974. Insect bioluminescence; in Rockstein, M. (ed.). *The Physiology of Insecta.* II. Academic Press, New York, USA: 411-459.
- Richards, A. M. 1960. Observations on the New Zealand Glow-worm, *Arachnocampa luminosa* (Skuse) 1890. *Transactions of the Royal Society of New Zealand* 88 (3): 559-574.
- Sivinski, J. M. 1998. Phototropism, Bioluminescence and the Diptera. *Florida Entomologist* 81 (3): 282-292.
- Stringer, I. A. N. 1967. The larval behaviour of the New Zealand glow-worm *Arachnocampa luminosa*. *Tane* 13: 107-117.