

cruzy (responsable de la maladie de Chagas) ou le nématode *Toxocara canis*, de volumineuses glycoprotéines de surface de type mucine font aussi preuve d'un extrême polymorphisme. Ces molécules constitueraient une sorte d'«écran de fumée» pour le système immunitaire de l'hôte en formant des complexes antigènes-anticorps à distance du corps même du parasite, notamment pendant la phase d'invasion. Celui-ci ne cherche donc pas ici à proprement parler l'invisibilité, mais il reste protégé en tenant à distance le système immunitaire de son hôte.

Les exemples de «combats» entre hôtes et parasites que nous avons décrits, mobilisant des techniques d'invisibilité, de camouflage, de manipulation... ne sont qu'un type de relation entre organismes. Il en existe d'autres comme dans les symbioses commensales où les interactions intimes et durables ne causent de tort ni à l'un ni à l'autre des protagonistes. Mieux encore, dans les symbioses mutualistes, fondées cette fois sur la collaboration, l'association est bénéfique et conduit à une meilleure adaptation des deux partenaires à l'environnement. Les relations «apaisées» emblématiques de ce type sont celles des polypes du corail et des algues zooxanthelles ou bien du microbiote intestinal et de l'être humain. Pourquoi le système immunitaire de l'hôte n'élimine pas et tolère les organismes hébergés? De nombreuses recherches s'attachent à répondre.

DES SYMBIOSES DYNAMIQUES

Cependant, nous savons aujourd'hui que ces symbioses mutualistes sont bien moins pacifiques qu'elles en ont l'air. Le bilan coût-bénéfice de ces interactions est certes, au moment où on les observe et dans la plupart des cas, positif pour les deux partenaires. Toutefois, ces systèmes sont dynamiques d'un point de vue évolutif et une interaction symbiotique mutualiste peut à un moment ou en un lieu donné devenir parasitaire. Ainsi, la densité en algues zooxanthelles dans le tissu corallien dépend de la quantité de lumière reçue. Insuffisante, les algues disparaissent et le corail blanchit, trop abondante, les zooxanthelles prolifèrent et nuisent au développement du polype.

Une interaction symbiotique parasitaire peut également, par baisse de virulence du parasite ou par une plus grande tolérance ou résistance de l'hôte, devenir commensale voire mutualiste.

C'est le cas avec les bactéries *Wolbachia* pour lesquelles on observe un continuum allant du mutualisme obligatoire au parasitisme. Chez des nématodes, le microorganisme est obligatoire à l'hôte, car il permet le développement des ovaires. Chez de nombreux arthropodes, seules les femelles infectées par *Wolbachia* peuvent se reproduire avec les mâles infectés par cette même bactérie: les spermatozoïdes des mâles infectés contiennent un «poison» dont seuls les ovules des femelles infectées contiennent l'antidote. Cette fois, la situation est celle d'une interaction plus contrainte et plus parasitaire.

Finalement, le parasite n'est pas si différent de l'hôte, lui-même potentiellement parasite d'un autre organisme: chacun lutte pour sa survie et la transmission de ses gènes à sa descendance, le moyen d'y arriver n'est autre que le résultat d'un mélange de hasard et de sélection naturelle, l'hôte n'étant pour le parasite et, inversement, le parasite n'étant pour l'hôte que l'un des éléments de l'environnement. Alors avant d'appliquer un traitement antipoux, ayez une pensée pour l'insecte parasite, sa présence sur le cuir chevelu est le résultat de millions d'années d'évolution!

— L'autrice —

Sophie Beltran-Bech
est maîtresse de conférences,
au laboratoire CNRS Écologie
et biologie des interactions
à l'université de Poitiers.

— À lire —

C. von Beeren et al., Chemical and behavioral integration of army ant-associated rove beetles – a comparison between specialists and generalists, *Frontiers in Zoology*, vol. 15, art. 8, 2018.

A. Pichon et al., Recurrent DNA virus domestication leading to different parasite virulence strategies, *Science Advances*, vol. 1 (10), e1501150, 2015.

S. Beltran et al., Vertebrate host protective immunity drives genetic diversity and antigenic polymorphism in *Schistosoma mansoni*, *Journal of Evolutionary Biology*, vol. 24(3), pp. 554-572, 2011.

En jouant avec la physique
de la lumière, de nombreux
animaux deviennent transparents.
Ou presque. Portraits choisis.

La ménagerie de verre

60

La pieuvre photogénique —→

Cette larve de *Wunderpus photogenicus* (soit la
« merveilleuse pieuvre photogénique »),
que l'on trouve en Océanie, ne présage en rien
de la beauté de l'animal adulte, qui fait
le bonheur des plongeurs et explique son nom.



© Susan Maldonian/shutterstock.com



Les quatre coins de l'estomac

Même transparente, la méduse *Nausithoe punctata* montre son étrange anatomie, comme son estomac en forme de croix et ses huit gonades (en orange) réparties autour.

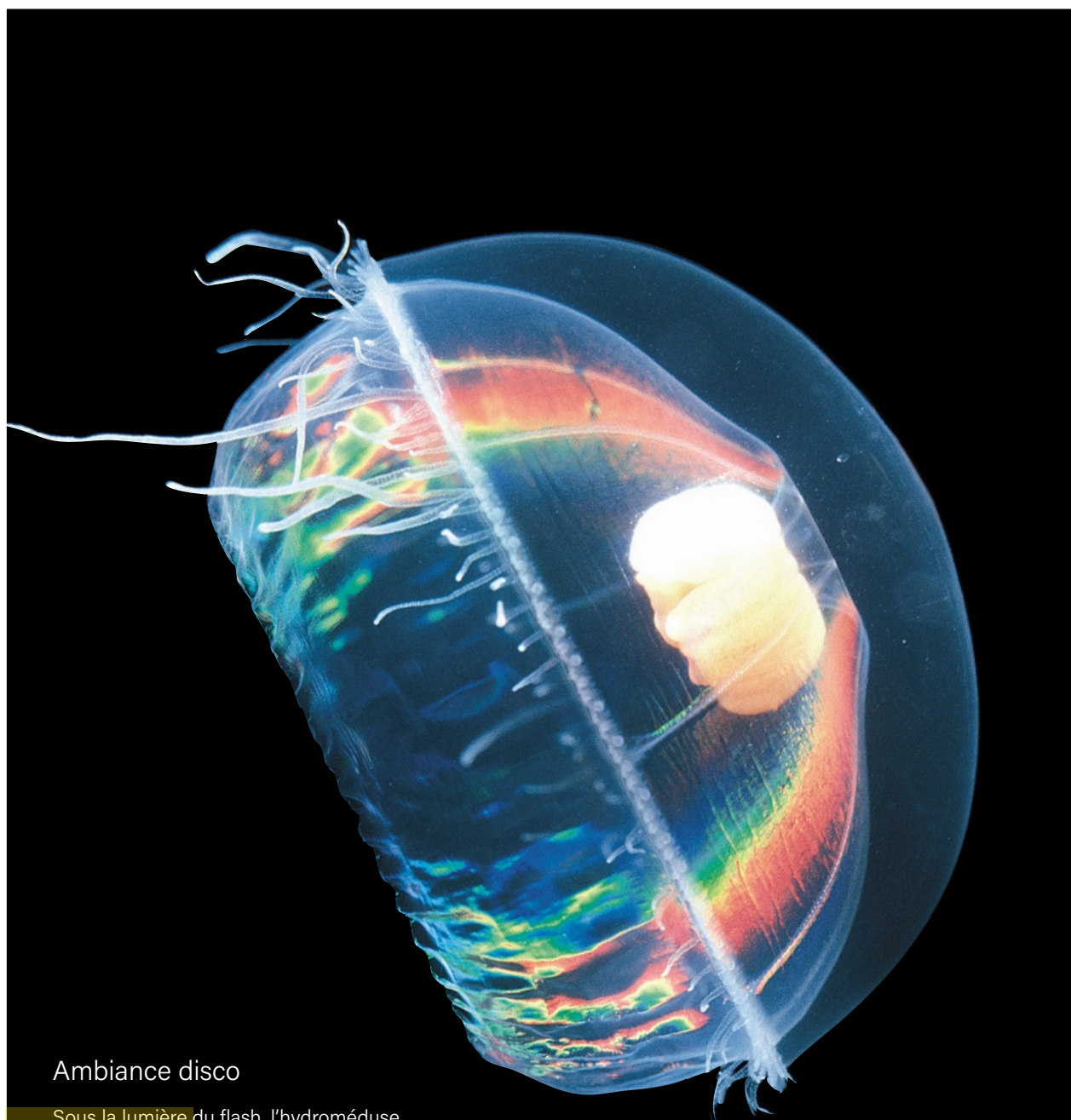
← La fausse méduse

Les narcoméduses (des hydrozoaires) comme cette *Cunina* ressemblent à des méduses, mais n'appartiennent pas au même groupe. Il n'empêche, elles piquent tout autant.

63

Le huitième passager →

Phronima est un genre d'amphipode (des petits crustacés) de quelques millimètres de longueur. Il aurait inspiré à Hans Rüdiger la tête du monstre d'Alien. De fait, certaines espèces de *Phronima* dévorent l'intérieur d'une méduse avant de s'y installer.



Ambiance disco

Sous la lumière du flash, l'hydroméduse du genre *Arctapodema* se pare de couleurs irisées et révèle ses fines striations musculaires.

← Des colonies prédatrices

Les siphonophores sont des cousins des méduses qui se réunissent en colonies. Certains (*Prayidae*, ci-contre, et *Forskalea*, en bas, dans le cartouche), regroupent leurs cellules urticantes en petits amas clairs. Les animaux attirés par ce qu'ils croient être des poissons ou des crevettes ne voient pas l'animal transparent beaucoup plus gros et sont capturés.

← Des escargots flottants

Cardiropoda placenta (ci-contre) et *Pterosoma* (ci-contre, en bas) sont des petits gastéropodes (la famille des escargots) qui se laissent porter par le courant.



La grenouille de cristal —→

Plusieurs espèces du genre *Hyalinobatrachium* (ici *H. iaspidense*), des grenouilles d'Amérique du Sud, ont la peau de leur abdomen transparente, laissant voir leurs viscères.



Une tortue dans la rosée →

Les cassides, comme cet *Aspidomorpha miliaris*, sont des coléoptères (surnommés scarabées-tortues) plus ou moins ronds dotés d'une cuticule translucide qui évoque une goutte de rosée.



← Paillettes d'or

La larve de ce flet *Cyclopsetta fimbriata* est constellée d'éclats dorés. Adulte, un œil sera passé de l'autre côté, et l'animal, un poisson plat, se tapira au fond de la mer et se confondra avec son environnement sableux.

— À lire —

> **S. Johnsen**, *The Optics of Life: A Biologist's Guide to Light in Nature*, Princeton University Press, 2012.

Pour que le corps de certains animaux soit en partie invisible, la transparence des tissus ne suffit pas...

Se faire invisible ou presque

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik





Pour un animal, l'invisibilité peut, en le dissimulant à ses prédateurs, constituer un avantage considérable. De nombreux organismes marins sont composés de tissus biologiques qui n'absorbent pas la lumière. Pourtant, peu sont réellement invisibles. Si l'évolution n'a pas favorisé l'invisibilité, c'est que cette propriété est difficilement compatible avec la vie. Pourquoi ? La physique livre quelques pistes.

La première condition pour ne pas être vu est de ne pas absorber la lumière visible, c'est-à-dire d'être transparent. C'est le cas de presque toutes les molécules organiques qui composent les êtres vivants. Hélas, pour les animaux terrestres, quelques composés viennent gâcher une situation apparemment favorable : citons notamment les pigments de la peau ou du pelage qui protègent des rayons du soleil, ou l'hémoglobine qui absorbe le jaune, le vert et le bleu. Au contraire, dans le milieu marin, quelques mètres d'eau absorbent l'essentiel du rayonnement ultraviolet et seuls les vertébrés ont de l'hémoglobine.

Mais la transparence des matières ne garantit pas à elle seule l'invisibilité. Alors que l'eau et le verre n'absorbent pas (ou si peu) la lumière visible, nous voyons sans difficulté la surface d'une goutte d'eau ou d'une vitre, qui réfléchissent une partie de la lumière. Et nous

— En bref —

> Certains animaux parviennent à se rendre en grande partie invisibles.

> Transparents, ils ont en outre développé des mécanismes pour éliminer les reflets et limiter la diffusion de la lumière.

> Ces stratégies concernent surtout les espèces marines, mais certaines, comme des papillons, évoluent sur terre.

> Seuls les yeux et le tube digestif échappent à cette transparence.

sommes incapables de percer un brouillard, composé de minuscules gouttelettes d'eau qui diffusent la lumière dans toutes les directions. Pour devenir invisible, il faut donc aussi éviter de réfléchir la lumière et de la diffuser.

ÉLIMINER LES REFLETS

Comment faire ? Commençons par la réflexion. Lorsque la lumière arrive à angle droit sur l'interface entre deux milieux, la puissance lumineuse réfléchie varie à peu près comme le carré de la différence des indices de réfraction optique. Pour chaque face d'une vitre en verre, dont l'indice est de 1,5 (l'air étant d'indice 1), elle est égale à 4 % de la puissance incidente. Ainsi, une vitre laisse passer 92 % de la lumière et en réfléchit 8. Les yeux de l'homme et de la plupart des animaux, qui sont sensibles à des contrastes d'intensité lumineuse de l'ordre de 1 ou 2 %, décèlent donc aisément une vitre.

Les êtres vivants n'étant pas en verre, qu'en est-il de la matière organique ? L'indice optique des tissus biologiques est à peu près proportionnel à leur densité ; il s'échelonne entre 1,35 pour le cytoplasme (le liquide qui emplit les cellules) à 1,55 pour des protéines en arrangement compact. Dans l'air, les taux de réflexion varieraient