

de problèmes techniques de stabilisation du satellite. Tabetha Boyajian, aujourd'hui maître de conférences à l'université d'État de Louisiane, a mobilisé le grand public avec une campagne de financement participatif. Nous avons pu acheter du temps sur le Réseau mondial de télescopes de l'observatoire de Las Cumbres, situé en Californie et géré par une fondation privée à but non lucratif. Nous suivons l'étoile plusieurs fois par jour et, si sa lumière baisse à nouveau, nous avons plusieurs télescopes prêts à entrer en action pour mesurer le spectre de la lumière manquante, ce qui nous indiquera la composition de la matière intermédiaire. Et c'est bien ce qui a été observé en mai et en juin derniers (voir l'encadré page ci-contre).

D'autres astronomes cherchent à compléter les mesures au travers des données d'archives afin d'en apprendre davantage sur le déclin de la luminosité de l'étoile à long terme. La connaissance de l'échelle temporelle de l'atténuation contraindrait encore un peu plus les théories sur l'étrange courbe de lumière de l'étoile et nous donnerait des pistes pour rechercher des indices observationnels supplémentaires.

Nous attendons aussi une meilleure mesure de la distance de l'étoile de Tabby (par la mission *Gaia* de l'Agence spatiale européenne) qui aiderait à éliminer certaines hypothèses. Si l'étoile est plus proche que 1300 années-lumière, la quantité de gaz et de poussière du milieu interstellaire dans la ligne de visée serait insuffisante pour expliquer le niveau actuel d'atténuation. Si, en revanche, la distance est d'environ 1500 années-lumière (la meilleure estimation actuelle), l'atténuation à long terme pourrait éventuellement être due à des motifs aléatoires de répartition de la poussière le long de la ligne de visée. Mais si l'étoile est beaucoup plus éloignée que cela, elle est alors plus lumineuse qu'on ne le pensait, et l'atténuation correspondrait à un retour à la normale après une fusion, comme l'a suggéré Brian Metzger.

En attendant d'autres données du télescope de Green Bank, de l'observatoire de Las Cumbres et de *Gaia*, nos spéculations sur l'étoile de Tabby ne connaissent que les limites de notre imagination et d'une bonne dose de physique. Comme avec les meilleures énigmes de la nature, la quête de la vérité pour cette étoile mystérieuse est loin d'être terminée. ■

BIBLIOGRAPHIE

F. J. Ballesteros et al., **KIC 8462852 : Will the Trojans return in 2021 ?**, soumis à *MNRAS*, 31 mai 2017.

M. A. Sheikh et al., **Avalanche statistics identify intrinsic stellar processes near criticality in KIC 8462852**, *Phys. Rev. Lett.*, vol. 117(26), article 261101, 2016.

T. S. Boyajian et al., **Planet Hunters IX. KIC 8462852 : Where's the flux ?**, *MNRAS*, vol. 457(4), pp. 3988-4004, 2016.

M. Kenworthy, **Une exoplanète aux anneaux géants**, *Pour la Science*, n° 464, juin 2016.



65ème Congrès des Professeurs de Physique et de Chimie
LIMOGES
du 28 au 31 octobre 2017

Terre de lumière

udppc www.udppc.asso.fr

Avec la participation de :

Julien BOBROFF

La quantique à l'œil nu

Thierry CHARTIER

Technologies Additives : une nouvelle façon de penser la fabrication de pièces céramiques

Cécile FERRARI

Dernières nouvelles du système solaire

Maurice MASHAAL

Journalisme versus pédagogie

Clotilde POLICAR

Les métaux et le vivant : des défis pour le chimiste

François REYNAUD

ALOHA : Astronomical Light Optical Hybrid Analysis. Proposer un nouveau concept d'imagerie haute résolution en changeant la couleur de la lumière des étoiles

Nouveauté 2017 : Une journée découverte du patrimoine culturel et scientifique avec des visites offertes*

*Sous réserve du nombre de places

L'ESSENTIEL

> Plancton, mollusques, coraux et autres organismes marins calcifiants ne sont pas les seuls à être menacés par l'acidification des océans.

> Des expériences montrent que les sens des poissons-clowns, des poissons-demoiselles

et des requins se brouillent lorsqu'ils sont exposés à une eau plus acide.

> Cette confusion a un impact sur les comportements de chasse des prédateurs et de défense des proies.

L'AUTEURE



DANIELLE L. DIXON
maîtresse de conférence en science
et politique marines à l'université
du Delaware, à Newark, aux États-Unis

Poissons sous acide





UN POISSON-CLOWN QUI SE PRÉCIPITE DANS LA GUEULE DE SON PRÉDATEUR, UN REQUIN QUI ÉVITE SON METS PRÉFÉRÉ... VOILÀ CE QUI RISQUE D'ARRIVER À LA VIE MARINE EN 2100 SI L'OCÉAN CONTINUE DE S'ACIDIFIER.

Une anémone en guise de maison et un récif corallien pour quartier: c'est ainsi que vit le poisson-clown. Mais avant d'aller se nicher entre les bras protecteurs d'une anémone, il doit accomplir un périlleux voyage. Après l'éclosion, le poisson encore à l'état de larve quitte son récif natal pour la haute mer, où il achève son développement. Il nage pendant 11 à 14 jours, puis revient élire une anémone pour domicile. Avant d'atteindre son refuge, ce jeune poisson de moins de un centimètre croise sur sa route bien des menaces: labres, poissons-lions et autres poissons des récifs, prêts à l'avaler sans autre forme de procès.

Pour filer droit jusqu'à son objectif, le poisson-clown navigue principalement grâce à son odorat et son audition. Il ne peut compter sur sa vue, car il retourne au récif en général de nuit, lorsque les prédateurs sont peu actifs ou endormis, de préférence sous une lune peu lumineuse. L'odorat est particulièrement important: grâce à lui, le poisson détecte les molécules présentes dans l'eau qui le guideront vers son objectif. Une perturbation même minime de la chimie de l'océan pourrait mettre en péril ce délicat mécanisme de survie. Les scientifiques ont donc commencé à s'inquiéter des conséquences de l'acidification des océans, liée à l'augmentation du dioxyde de carbone (CO_2) dans l'atmosphère, sur ce mécanisme.

UN PRÉDATEUR? OÙ ÇA?

En 2010, mes collègues et moi avons ainsi placé 300 larves de poissons-clowns tout juste éclos dans un aquarium rempli d'eau de mer. Quand nous injectons, près des poissons âgés de 11 jours, les substances odorantes d'un poisson herbivore, ils ne réagissaient pas. Mais lorsqu'il s'agissait de l'odeur d'un prédateur, ils s'éloignaient. Nous avons répété l'expérience avec 300 nouvelles larves issues des mêmes parents, mais cette fois dans une eau où nous avons injecté du CO_2 de façon à atteindre le degré d'acidité prévu pour 2100 dans certaines parties du globe. Les poissons se sont développés normalement, mais aucun n'essayait d'éviter l'odeur du prédateur. En fait, ils avaient même tendance à nager droit dessus. Et lorsque ➤

> nous injections simultanément des odeurs de prédateurs et de non-prédateurs, les poissons semblaient incapables de s'y retrouver, nageant autant vers une source d'odeur que vers l'autre. Ils étaient capables de sentir les signaux chimiques, mais pas d'en reconnaître la signification. Ce changement de comportement est surprenant et assez préoccupant. Nous nous doutions que l'acidification des océans serait susceptible d'affecter la compréhension des stimuli chimiques, mais nous n'avions pas imaginé qu'elle pousserait un poisson à nager vers un danger imminent.

La survie de toute espèce dépend de la capacité de ses membres à remplir trois tâches fondamentales : trouver de la nourriture, se reproduire et éviter de devenir une source de nourriture. Dans des habitats aussi concentrés en espèces que les récifs coralliens, la sélection naturelle favorise d'autant plus celles capables d'échapper aux prédateurs. Dans ce contexte, toute perturbation de cette faculté peut avoir des conséquences importantes pour l'espèce, mais également pour l'écosystème corallien dans son ensemble.

Par ailleurs, si une eau de plus en plus acide interfère avec l'odorat du poisson-clown, elle pourrait aussi perturber d'autres sens. De plus, nous n'avons étudié qu'une seule espèce, mais l'odorat est important pour de nombreux organismes marins. A minima, la confusion constituerait un stress supplémentaire pour des poissons déjà confrontés à l'augmentation des températures, à la surpêche et aux perturbations des ressources alimentaires. Plus grave, si les habitants de l'océan commencent à adopter des comportements inadaptés, les chaînes alimentaires, les circuits de migration et *in fine* le fonctionnement des écosystèmes marins s'en trouveraient perturbés.

LA MENACE DU CO₂

Depuis la révolution industrielle, la concentration de CO₂ dans l'atmosphère a augmenté de 280 parties par million (ppm) pour atteindre 400 ppm aujourd'hui. Et elle serait bien plus importante sans les océans, qui en absorbent une bonne partie (voir l'encadré page ci-contre). Plus la concentration en CO₂ est élevée dans les océans, plus l'acidité est importante. Or si les émissions de CO₂ se poursuivent au même rythme, les eaux de surface devraient être plus acides de près de 150% en 2100 qu'aujourd'hui.

L'acidification des océans provoque la dissolution de la calcite et de l'aragonite, deux minéraux essentiels à la construction des coquilles et des exosquelettes de certains invertébrés marins. Des expériences menées par diverses équipes ont montré que des mollusques, oursins et organismes planctoniques élevés dans des aquariums remplis d'une eau contenant d'importantes concentrations de CO₂ développent des coquilles

ou des exosquelettes incomplets ou déformés. Cependant, les scientifiques pensaient que les poissons et autres organismes sans coquille échapperaient aux méfaits de l'acidification des océans. En effet, les premières recherches effectuées dans les années 1980 mettaient en évidence la capacité étonnante de certains animaux à réguler leur acidité interne en ajustant les quantités de bicarbonate et de chlorure dans leur organisme. Mais ces études s'intéressaient uniquement à la physiologie (l'aptitude d'un organisme à se développer normalement et à survivre dans une eau anormalement acide). Maintenir des fonctions de base telles que trouver de la nourriture et éviter le danger relève d'un tout autre défi. Notre groupe de recherche figure parmi les premiers à s'être attaqués à cette question : l'acidification peut-elle modifier les comportements des habitants des océans ?

DES SENS DÉFAILLANTS

Nos premières expériences menées sur le poisson-clown suggèrent fortement que l'acidification altère le comportement des animaux. Mais en plus de leur odorat, les poissons-clowns qui retournent à leur récif de nuit se fient à leur ouïe en se repérant grâce aux sons émanant du récif et des espèces qui le peuplent. C'est pourquoi, un an après nos expériences sur l'olfaction, nous avons décidé d'évaluer l'impact d'une eau plus acide sur l'audition des poissons.



Sous une forte acidité, les poissons-clowns ne comprenaient plus les stimuli auditifs



Nous avons placé de jeunes poissons-clowns (âgés de 17 à 20 jours) à l'intérieur d'une boîte dans un aquarium rempli d'eau de mer. Quand nous avons diffusé des bruits de récif enregistrés de jour (qu'ils devraient normalement éviter) à travers un côté de la boîte, les poissons se sont éloignés de la source sonore, restant quasiment les trois quarts de leur temps aux alentours de la paroi opposée. Mais lorsque nous avons recommencé l'expérience avec des poissons qui avaient passé leur courte vie dans une eau 60% plus acide – une acidité qui, selon les prévisions actuelles, sera