

> requins du troisième groupe évitaient soigneusement l'odeur de leur proie, passant moins de 15% du temps du côté diffusant le « jus de calmar ». En outre, les requins du premier groupe cognaient et mordaient de façon répétée une brique placée au-dessus du bec d'où sortait l'odeur de calmar. Et ce, deux fois plus souvent que ceux du deuxième groupe et trois fois plus que ceux du troisième.

C'est très surprenant de voir un prédateur se désintéresser de sa proie. Au sommet de la chaîne alimentaire, mais vulnérables aux changements environnementaux, les requins pourraient se retrouver très menacés par l'acidification des océans, de même que les écosystèmes où ils vivent.

DES POISSONS PLUS INTRÉPIDES

Il est toujours délicat d'affirmer que des comportements observés en laboratoire seraient identiques dans la nature. Nous nous sommes donc rendus dans un lagon sablonneux près d'une île australienne au nord de la Grande Barrière de corail pour examiner un autre caractère: la témérité. Là, nous avons testé comment des poissons-demoiselles juvéniles sauvages réagissaient à des odeurs de prédateurs après avoir été exposés à une eau acide pendant quatre jours. En laboratoire, parmi ces poissons, environ 50% de ceux qui avaient été exposés à une eau ajustée aux prévisions pour 2050 étaient attirés par l'odeur du prédateur; et tous ceux exposés à une eau encore plus acide (projections pour 2100) l'étaient aussi. Qu'en était-il en conditions naturelles?

Les poissons-demoiselles venant d'une eau plus acide s'aventureraient davantage hors du récif

Nous avons tatoué les poissons-demoiselles afin de les identifier et nous les avons ensuite relâchés sur un petit récif construit par nos soins dans le lagon. Ceux qui avaient été maintenus dans l'eau la plus acide présentaient un comportement à risque: au lieu de rester à proximité d'un corail, ils s'aventuraient hors du récif et ce, bien plus souvent que ceux qui étaient restés dans de l'eau non traitée. Et une fois de retour

au corail (effrayés par un plongeur), ceux qui avaient été exposés à l'eau la plus acide étaient aussi les plus prompts à ressortir de leur abri. De fait, la probabilité, pour les poissons les plus téméraires, d'être dévorés par un prédateur était neuf fois plus élevée que celle des poissons non exposés (et cinq fois plus élevée pour ceux qui avaient été exposés à l'acidité prévue en 2050).

Beaucoup de scientifiques utilisent les poissons récifaux comme objet d'étude, car leurs comportements sont connus et faciles à observer. Mais d'autres chercheurs se sont intéressés aux conséquences de l'acidification sur le comportement des invertébrés marins. Des effets ont ainsi été observés sur ces organismes, pas toujours négatifs. Ainsi, des biologistes de l'Institut de recherche de l'aquarium de Monterey Bay ont élevé des bernard-l'ermite dans des eaux plus acides. Ceux-ci ne se sont pas montrés plus intrépides que d'habitude. Au contraire, ils prenaient beaucoup plus de temps à réémerger de leur coquille quand ils étaient «attaqués» par un faux prédateur (une pieuvre en jouet).

Au Chili, Patricio Manríquez, de l'Institut de sciences marines et de limnologie, à Valdivia, et ses collègues ont travaillé avec des ormeaux, des mollusques qui s'accrochent aux rochers le long de rivages balayés par les vagues. Quand des vagues violentes détachent les ormeaux de leur support, ils se raccrochent rapidement pour ne pas se laisser emporter par les flots et devenir la proie de prédateurs. Le temps mis à se redresser dans une position permettant de se raccrocher est donc important pour leur survie. Lorsque les scientifiques ont retourné des ormeaux préalablement soumis à des concentrations plus fortes en CO₂, ceux-ci se redressaient plus rapidement qu'en conditions normales.

Ainsi, l'acidification des océans modifie le comportement des animaux marins et semble affecter plus particulièrement les poissons. Mais comment? Certains chercheurs se demandent si ce ne sont pas les stimuli eux-mêmes (les odeurs et les sons) qui sont altérés par l'acidité. Mais les expériences montrent que les poissons sont toujours en mesure d'identifier les stimuli chimiques dans une eau plus acide. D'autres scientifiques proposent que ces comportements étranges constituent une réponse au stress des poissons tentant de réguler leur acidité interne face à l'acidification de l'environnement, mais cette hypothèse requiert davantage d'investigations.

Suivant une intuition différente, Philip Munday, de l'université James-Cook, en Australie, et moi-même avons décidé de collaborer avec Göran Nilsson, de l'université d'Oslo. Son idée était que l'acidification interférait avec la fonction d'un neuro-inhibiteur appelé GABA. Cette molécule est connue pour moduler la transmission des messages nerveux dans le cerveau et le système nerveux de nombreux

> animaux, dont les humains, en se liant à des canaux ioniques – les récepteurs $GABA_A$ – nichés dans la membrane des neurones. En se fixant sur un tel récepteur, GABA ouvre le canal. Un flux d'ions chlorure pénètre alors dans le neurone, ce qui entraîne son hyperpolarisation et, par là, son inhibition.

Or quand des poissons sont exposés à une eau de mer plus riche en CO_2 , et donc plus acide, les concentrations d'ions dans le sang et les tissus s'ajustent pour maintenir l'acidité de l'organisme. Notamment, des ions bicarbonate s'accumulent dans l'organisme pour contrer l'acidification, échangés contre des ions chlorure *via* les branchies. Nous nous sommes donc demandé si le CO_2 ne perturbait pas le fonctionnement des récepteurs $GABA_A$. La modification de composition ionique qu'il produit dans le milieu intérieur des poissons change le gradient électrochimique de part et d'autre de la membrane des neurones; peut-être au point d'inverser les flux d'ions lors de l'ouverture des canaux par GABA? Dans ce cas, des ions chlorure sortiraient des neurones, ce qui les dépolariserait. En d'autres termes, au lieu d'inhiber l'activité neuronale, l'interaction de GABA et de son récepteur l'exciterait, entraînant des changements comportementaux...

Pour le vérifier, nous avons exposé des poissons à de fortes concentrations de CO_2 , puis les avons placés dans de l'eau contenant de la gabazine, une substance qui empêche le neuro-inhibiteur GABA de se lier à son récepteur et d'ouvrir le canal. Sans gabazine, les poissons se dirigeaient vers l'odeur de leur prédateur, mais après 30 minutes de traitement à la gabazine, ils ont retrouvé un comportement normal et ont fui l'odeur du prédateur. La fonction du récepteur $GABA_A$ est donc bien perturbée par l'acidification. Néanmoins, sa sensibilité est très différente d'une espèce à l'autre. Il n'est donc pas certain que ce mécanisme soit la cause première des changements comportementaux observés.

LES POISSONS S'ADAPTERONT-ILS ?

La question que l'on me pose le plus souvent quand je parle de l'acidification des océans est la suivante: la vie marine peut-elle s'adapter? La capacité de résilience de la nature est stupéfiante. Prévoir si un organisme sera en mesure de s'adapter est déjà difficile, mais anticiper comment des écosystèmes complexes évolueront à la suite de l'acidification des océans est actuellement impossible.

La principale limite des expériences est la vitesse de l'acidification. Dans la plupart des études, les poissons sont élevés ou exposés à des concentrations élevées de CO_2 pendant quelques jours ou quelques mois: une échelle de temps extrêmement courte. Les animaux n'ont pas réellement l'occasion de s'acclimater (à

l'échelle d'un individu) ou de s'adapter (sur plusieurs générations, par le biais de l'évolution). L'idéal serait d'étudier les organismes marins dans leur milieu, sur des durées plus longues, et au fur et à mesure que l'océan s'acidifie.

Afin d'avoir un aperçu de ces conditions, les scientifiques observent des récifs situés près de volcans, où des gaz, dont du CO_2 , s'échappent

La progéniture de poissons récifaux élevée dans une eau plus acide ne s'adaptait pas mieux

du sol. L'eau à ces endroits est donc naturellement aussi acide que le prévoient les scientifiques pour 2100. Lors de nos visites dans de tels récifs en Papouasie-Nouvelle-Guinée, nous avons noté que les poissons-demoiselles juvéniles étaient attirés par l'odeur du prédateur, ne savaient pas distinguer entre des odeurs de prédateurs et de non-prédateurs, et faisaient preuve d'un comportement risqué, comme nos poissons en laboratoire. Sur des récifs classiques, des poissons-demoiselles des mêmes espèces détectaient et évitaient les prédateurs, et étaient plus prudents.

Nous ne savons pas non plus si les comportements observés peuvent être transmis aux générations futures, et les recherches dans ce domaine n'en sont qu'au tout début. Dans une étude, la progéniture de poissons de récifs coralliens élevés sous de fortes concentrations de CO_2 ne montrait aucune capacité d'adaptation supplémentaire.

L'acidification des océans est un facteur de stress parmi d'autres. Surpêche, augmentation de la température de l'eau, pollution, disparition progressive des grands prédateurs, destruction des habitats... les menaces qui planent sur les habitants des océans sont nombreuses. Certaines pratiques locales, comme la coupe des nageoires des requins, peuvent être endiguées ou au moins limitées *via* des réglementations. Ce n'est pas le cas des atteintes telles que l'augmentation de la température et l'acidification des océans, dont les effets pourraient constituer, pour de nombreuses espèces, la goutte d'eau qui fait déborder le vase. ■

BIBLIOGRAPHIE

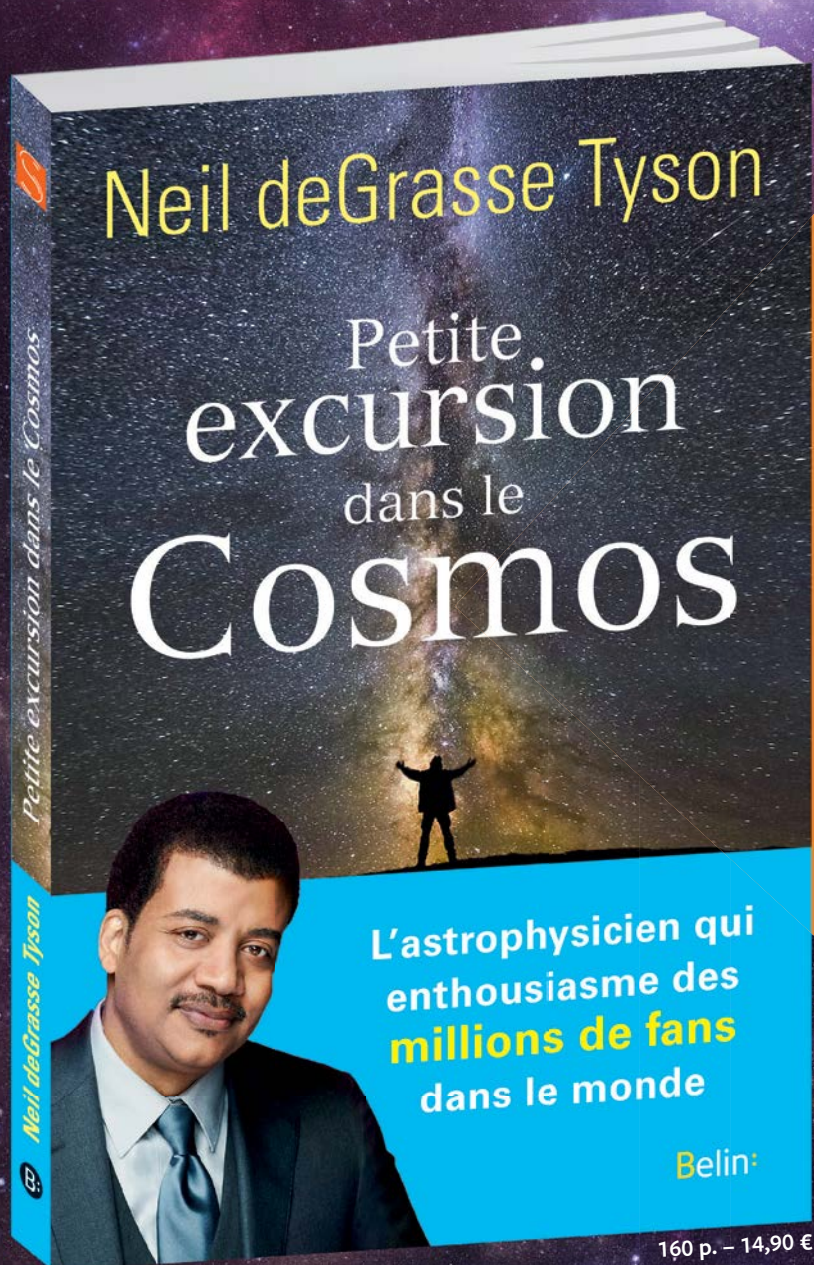
D. L. Dixson et al., **Odor tracking in sharks is reduced under future ocean acidification conditions**, *Global Change Biology*, vol. 21(4), pp. 1454-1462, 2015.

P. L. Munday et al., **Behavioural impairment in reef fishes caused by ocean acidification at CO_2 seeps**, *Nature Climate Change*, vol. 4, pp. 487-492, 2014.

G. E. Nilsson et al., **Near-future carbon dioxide levels alter fish behaviour by interfering with neurotransmitter function**, *Nature Climate Change*, vol. 2, pp. 201-204, 2012.

T. Rossi et al., **Silent oceans : Ocean acidification impoverishes natural soundscapes by altering sound production of the world's noisiest marine invertebrate**, *Proc. R. Soc. B*, vol. 283, 20150346, 2016.

Explorez les mystères de l'univers avec la star de l'astrophysique !



Quelle est l'histoire de l'univers?
Quelles sont les lois physiques
et les forces qui gouvernent
la matière? Qu'y a-t-il entre les
galaxies? Et entre les planètes?
Que sait-on sur la mystérieuse
matière noire et l'étrange énergie
sombre? Et d'où viennent les
éléments qui nous constituent tous?

Avec la verve, l'humour et l'esprit
qui le caractérisent, Neil deGrasse
Tyson, en digne héritier de Carl
Sagan, rend accessible à tous
les principes les plus compliqués
de l'astrophysique. Une invitation
irrésistible à lever la tête pour
admirer l'immensité de l'univers.

Dans la collection

SCIENCE
À PLUMES

Belin:
ÉDITEUR

belin-editeur.com • [f](https://www.facebook.com/EditionsBelin)/EditionsBelin • [@editions_belin](https://twitter.com/editions_belin)

160 p. – 14,90 €