

©ARRAL/GETTY IMAGES/PHOTOMONTAGE S&A
STEPHANE FRANCES/APP

SCIENCES et Avenir

SCIENCES ET Avenir

SCIENCESETAVENIR.FR

LA NOUVELLE MÉTÉO
DES MÉDUSES

p.72

PIERRES PRÉCIEUSES

Science et fascination

p.48

- 24,4°, le nombre magique du diamant
- Le mythe de la pierre philosophale
- La lithothérapie en question



24,4°

EXCLUSIF
A Grenoble, avec les
nanochirurgiens du cerveau p.10

PARIS, LYON, BORDEAUX...
Les voitures trop polluantes
interdites dans 6 villes ? p.66

M 02667 - 785 - F: 4,00 €



JUILLET 2012 - N° 785 - BELGIQUE 4,60 € / CANADA 6,95 \$ / ITALIE 4,50 € / LUXEMBOURG 4,60 € / SUISSE 6,90 FS / GRÈCE 4,50 € / ESPAGNE 4,90 € / PORTUGAL (CONT) 4,50 € / MAROC 40 DH / ANTIILLES 4,20 € / ALLEMAGNE 6,80 € / TUNISIE 6 DTU / AUTRICHE 4,60 € / G.B. 4,40 £ / USA NY 6,95 \$ US / ROUMANIE 2,75 € / TOM (SURFACE) 680 CFP / TOM (AVION) 1300 CFP / LIBAN 9000 LBP

Méduses, l'invasion mondiale

Dopées par le réchauffement des eaux et la disparition de leurs prédateurs, ces organismes visqueux prennent possession des océans. Cet été, la France met en place une « météo des méduses » pour alerter les baigneurs en Méditerranée.

2012 sera-t-elle une nouvelle année des méduses ? La question, récurrente depuis une décennie, se pose à l'heure où s'ouvre la saison estivale sur les plages. Pour protéger les baigneurs, certaines villes des bords de la Méditerranée (Cannes et Monaco notamment) se sont déjà dotées de bouées et filets flottants qui délimitent des « piscines » d'eau de mer. Peu satisfaisant, puisqu'il ne s'agit que de solutions parcellaires et localisées. Cet été, le dispositif monte donc en puissance avec la mise en place le 1^{er} juillet d'une « météo des méduses » par l'Observatoire océanolo-

gique de Villefranche-sur-Mer (Alpes-Maritimes). Il s'agit d'émettre un bulletin départemental prévoyant les mouvements des bancs de centaines de milliers d'individus avant qu'ils n'échouent sur les plages et ne provoquent des centaines de piqûres (envenimations selon le terme médical) : un simple contact avec leurs longs tentacules aux cellules urticantes suffit en effet à injecter sous la peau des toxines responsables d'irritations et de vives brûlures.

A l'instar des prévisions météorologiques, ces bulletins seront le produit d'une modé-

lisation mathématique intégrant des observations faites par des plaisanciers, le recensement des échouages sur les plages effectué depuis 1974 par un biologiste de l'Inserm aujourd'hui retraité, Patrice Bernard, ou par des robots imageurs placés sur des bouées ou des filets. Le tout passé à la moulinette des contraintes de courants et de vents. Au final, les bulletins indiqueront quarante-huit heures à l'avance, sur une échelle de 0 à 5, la probabilité d'arrivée de méduses sur les côtes. Sans garantie. « Météo-France ne fournit pas encore des bulletins sûrs à 100 %,

indique Gabriel Gorsky, directeur de l'observatoire de Villefranche-sur-Mer. *Il ne faut donc pas s'attendre à ce que la météo des méduses, qui en est à ses balbutiements, soit totalement fiable. Mais c'est un début.* » Et même une première mondiale.

Un lancement limité, cependant, puisqu'il ne s'applique qu'à la Méditerranée et à la seule espèce de méduses dangereuses pour l'homme dans ces eaux : *Pelagia noctiluca*, ou méduse pélagique. Cet animal d'une dizaine de centimètres de couleur mauve tacheté, luisant la nuit, est un



« Pelagia noctiluca », pullulant en Méditerranée près de l'île de Marettimo, à l'ouest de la Sicile.

organisme simple très fertile, mais mal connu car difficile à élever en laboratoire (lire l'encadré p. 75). « Pelagia a un cycle de vie différent de celui des autres méduses, explique Delphine Thibault-Botha, du Laboratoire d'océanologie physique et biogéochimique de Marseille. Il semble qu'elle se reproduise, dans un grand tourbillon entre la Corse et le continent. On sait qu'elle migre verticalement : dans la journée, elle vit entre 300 et 400 mètres de profondeur puis elle remonte à la surface la nuit. Quand elle n'est plus capable d'effectuer ce cycle quotidien, à la

recherche de la fraîcheur, elle s'échoue sur les côtes. » Les chercheurs de Villefranche-sur-Mer ont par ailleurs établi un lien entre la prolifération de ces méduses l'été et la pluviosité hivernale. « Après un hiver sec, elles sont plus nombreuses, explique Lars Stemman, biologiste à l'observatoire. Les faibles précipitations entraînent en effet une concentration en sel des eaux de surface. Devenues plus denses, celles-ci tombent vers les profondeurs d'où refluent les eaux moins denses. Ce brassage fait remonter les nutriments accumulés au fond et

enrichit la mer en plancton, une abondance de nourriture qui est propice à la reproduction et au développement des méduses. » Pour peu que celles-ci prennent un « coup de chaud » du fait du réchauffement des eaux de surface – ponctuel ou non –, les voici groggy, qui dérivent vers les côtes poussées par les vents et les courants. Est-ce le sort qu'ont connues, l'an dernier, les *Physalia physalis*, cousines des méduses, aussi appelées « galères portugaises » ? Ces flotteurs irisés étaient jusqu'à peu surtout connus des côtes d'Australie et de Floride.

Mais depuis quatre ans, elles sont apparues en masse sur la façade atlantique française et espagnole. Ces animaux carnivores, munis de longs filaments parsemés de cellules capables d'injecter du venin, sont responsables de lésions cutanées « bien plus douloureuses que celles provoquées par les méduses, remarque Patrick Rolland, épidémiologiste à l'Insitut de veille sanitaire (InVS) Aquitaine. Le venin provoque des douleurs abdominales, thoraciques, des atteintes respiratoires et neurologiques et des signes neuromusculaires ; 8 % des cas ●●●

●●● constatés entraînant parfois une hospitalisation. » En 2011, première année de mise en place du dispositif de surveillance, l'InVS a recensé en Aquitaine 885 cas de piqûres de physalies. « Mais les cas réels sont sans doute plus nombreux, constate Patrick Rolland, car tous les baigneurs touchés ne se font pas connaître. »

De la Méditerranée à l'Atlantique, émerge alors cette question : y a-t-il plus de méduses et autres physalies sur nos côtes ? La réponse est sujette à controverse. « On a tendance à ne noter que les périodes où les méduses prolifèrent et on oublie celles où il n'y en a plus une seule, souligne Delphine Thibault-Botha. Ainsi, il y a eu récemment une arrivée massive de *Pelagia* dans la région Provence-Alpes-Côte-d'Azur, une semaine après, elles avaient disparu. » Néanmoins, il

semble bien que, dans certaines régions du monde, la mer soit véritablement en train de se transformer en « océan visqueux », comme l'affirme depuis plusieurs années Jeremy Jackson, océanographe à la Scripps Institution of Oceanography à San Diego (Etats-Unis). Ainsi, certaines saisons, il arrive que les pêcheurs de Namibie ramènent en biomasse plus de méduses que de poissons dans leurs filets. De même, depuis 2005, les côtes du Japon, de Chine et de Corée du Sud subissent chaque année une invasion de méduses géantes (*Nemopilema nomurai*), dont l'envergure dépasse deux mètres pour un poids de plus de 200 kg. Ces méduses dites d'Echizen portent le nom de l'ancienne province japonaise où, poussées par les courants, elles viennent s'échouer par dizaines de millions, causant un lourd préjudice aux pêcheurs en encombrant et déchirant leurs filets. En 2009, un chalutier de 10 tonnes a même chaviré dans la baie de Tokyo en tentant de remonter un filet empli de ces méduses géantes. Ce phénomène de pullulation, autrefois décennal, est désormais annuel.



Méduses « *Nemopilema nomurai* » capturées dans les eaux japonaises en 2003. Ces géantes qui peuvent atteindre deux mètres d'envergure pour 200 kg s'échouent chaque année en masse sur les côtes de l'Asie du Nord-Est.

Plusieurs facteurs semblent conduire à ces proliférations. L'augmentation globale de la température de l'eau, tout d'abord, semble favoriser leur multiplication. Pour comprendre, il faut savoir que la reproduction des cnidaires – famille apparue sur Terre il y a

comme un bourgeonnement. Ces polypes, qui vivent seuls ou en colonies, deviennent à maturité des méduses, physalies, anémones, madrépores, etc., qui portent à leur tour les organes reproducteurs. Or, des expériences ont montré qu'une légère augmentation de la tem-

En 2009, un chalutier japonais a chaviré dans la baie de Tokyo en tentant de remonter un filet chargé de méduses géantes

environ 650 millions d'années et dont font partie les méduses, physalies et coraux – est caractérisée par l'alternance entre une phase de polype fixé et une phase où l'animal se déplace librement dans l'océan. A la fin de leur vie, les méduses libèrent leurs gamètes (cellules reproductrices) qui se rencontrent dans l'eau pour engendrer des larves nageuses appelées « planulas ciliées ». Lorsque ces larves se fixent sur le fond marin ou sur un rocher, elles se métamorphosent et donnent naissance à des polypes, qui vont ensuite se succéder par centaines de manière asexuée,

perature de l'eau accélère ce cycle de reproduction. Avec près d'un degré Celsius supplémentaire, un polype se déplace plusieurs fois, laissant derrière lui un nouveau polype capable de donner naissance à des myriades de méduses. Résultat : la population croît de façon exponentielle. Et comme les eaux se réchauffent sur l'ensemble de la planète – on estime que la température des eaux de surface a augmenté de 0,6 °C depuis 1960 –, les zones où les polypes peuvent s'implanter s'étendent. Le deuxième responsable désigné par de nombreux océano-

graphes – dont Jeremy Jackson – est la surpêche. Les méduses se nourrissent de zooplancton, comme nombre de poissons. Or, ces derniers se raréfiant, la quantité de nourriture disponible augmente logiquement, une abondance qui explique aussi la taille de plus en plus grande de certaines méduses insatiables. De plus – histoire de boucler la boucle –, les méduses se nourrissent de larves de poissons, qui composent en partie le zooplancton, limitant ainsi le renouvellement des stocks. Et notamment ceux de leurs prédateurs déjà éliminés peu à peu des océans par la pêche excessive. Cette situation est particulièrement flagrante en mer Jaune, entre les côtes de Chine et de Corée, où naissent les méduses d'Echizen. Selon le rapport 2009 des Nations unies sur le grand écosystème marin, plus de 60 % des poissons de la mer Jaune sont victimes de surpêche et sont en train de disparaître ; au nombre de ces espèces, la courbine jaune et le sabre. Il faut dire que la pression exercée par la pêche au cours des vingt dernières années a été multipliée par sept ! En Méditerranée, la disparition des tortues marines, thons, re-

quins-pèlerins et poissons-lunes, très friands de méduses, pourrait être une cause directe des pullulations qui atteignent les côtes.

Pour lutter contre les invasions et rétablir une sorte d'équilibre, des tentatives de réintroduction de tortues marines ont été menées ces dernières années en Espagne, à La Réunion, et aux Baléares. Il est trop tôt pour en mesurer la réelle efficacité, mais déjà se pose le problème de la fidélité des tortues à leur lieu de naissance. Les tortues implantées aux Baléares, par exemple, finiront bien par revenir un jour à Chypre où elles sont nées...

Dernier facteur identifié, la pollution marine. L'industrialisation incontrôlée, l'urbanisation galopante du littoral, l'utilisation excessive d'engrais en agriculture engendrent des rejets importants dans la mer, qui sont autant de substances nutritives pour les jeunes méduses. Résultat : l'invasion mondiale est en cours depuis le golfe du Mexique jusqu'en mer Baltique et en mer d'Irlande. En mer Noire, ce sont les cténophores de l'espèce *Mnemiopsis leidyi* qui pullulent de manière tout aussi dévastatrice. Ces organismes marins carnivores, superbement transparents, utilisent leurs cils pour créer une sorte de courant leur permettant de filtrer de grands volumes d'eau et de nettoyer ainsi de vastes zones de toute concurrence... Même l'Antarctique n'est pas épargné. Les gélatineux sont, là aussi, sur le point de gagner la partie avec les salpes (*Salpa thompsoni*), de petits herbivores translucides qui forment des colonies pouvant atteindre 40 mètres de long. Eux aussi se reproduisent rapidement par bourgeonnement et peuvent ainsi envahir l'océan Austral au moment de la fonte de la banquise, y dévorant d'énormes quantités de phytoplancton. Leur prolifération se fait au détriment du krill (*Euphausia superba*) qui se nourrit également de phytoplancton. Or le krill est une source d'alimentation essentielle pour

« *Physalia physalia* » est une cousine de la méduse.

Un organisme d'une complexe simplicité

« C'est l'un des animaux les plus anciens de la planète », explique Lars Stemman, biologiste à l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer. De fait, on en retrouve des traces fossiles au précambrien (-650 millions d'années). Résistante, la méduse est aussi primitive puisque dépourvue de squelette et de cerveau. Mais, composée à 98 % d'eau, elle est tout en muscles circulaires, au niveau de l'ombrelle, et radiaux, dans les tentacules. La plupart du temps, elle se laisse dériver dans les courants, ce qui la classe au nombre des organismes planctoniques. Mais ses muscles lui permettent de se propulser. Son organe de vue est sans doute sa caractéristique la plus étonnante : certaines méduses (*Cubozoa*) ont jusqu'à 24 yeux qui leur offrent un panorama grand angle ! Mais à quoi cela peut-il bien leur servir puisqu'elles n'ont pas de cerveau pour gérer l'information ? En effet, la méduse dispose d'un simple réseau de cellules nerveuses dispersées dans son corps.

Carnivore, elle immobilise ses proies à l'aide de ses tentacules munis de cellules urticantes qui lui servent aussi de défense contre les prédateurs. Sa bouche, située entre les tentacules, est directement liée à l'estomac. C'est par cette voie qu'elle recrache les déchets une fois la digestion achevée. Enfin, elle respire par la peau. La palme de l'étrangeté revient à la méduse *Turritopsis nutricula*, originaire de la mer des Caraïbes. Par un phénomène de blocage de la mort programmée des cellules et de « restauration » des cellules abîmées en cellules neuves, elle semble être immortelle. Evoluant dans les profondeurs, et donc de manière invisible et silencieuse, elle tend aujourd'hui à se multiplier dans toutes les mers.

nombre de poissons, d'oiseaux et de mammifères. Dans la chaîne alimentaire, les salpes ne sauraient remplacer le krill, et un déséquilibre de la biodiversité antarctique est à craindre. En outre, le phytoplancton participe à l'absorption du CO₂ atmosphérique par la photosynthèse : « 50 % du CO₂ atmosphérique sont absorbés par le plancton par le mécanisme de la photosynthèse », affirme Chris Bowler, biologiste à l'École normale supérieure. L'appétit insatiable des salpes pourrait donc être une mauvaise nouvelle dans le cadre du réchauffement global. Parallèlement, on assiste à une acidification des océans : ceux-ci ont déjà absorbé environ

30 % du dioxyde de carbone relâché par l'activité humaine depuis le début de l'ère industrielle. Certaines projections tablent sur une augmentation de l'acidité de 150 % d'ici à 2050. Ce qui veut dire concrètement que dans cinquante à cent ans, les squelettes externes de certains organismes marins pourraient commencer à se dissoudre ou à ne plus pouvoir se former. Dans cet environnement, « nous allons sans doute assister à des changements de communautés coralliennes », remarque Mireille Guillaume, chercheuse au Laboratoire d'écologie marine du Muséum national d'histoire naturelle, à La Réunion. Les coraux calcifiés, très sensibles à l'acidifi-

cation des océans, vont laisser la place à des coraux mous. » Bref, tout devient gélatineux et mou dans l'océan. Jules Verne, dans *Vingt Mille Lieues sous les mers*, avait eu la vision prémonitrice d'océans vidés de leurs poissons et de leurs mammifères pour n'être plus qu'encombrés de méduses. Moins littéraire, Jeremy Jackson estime que nous sommes peut-être à l'aube d'une période d'extinction massive des espèces, offrant une nouvelle page blanche à l'évolution. Selon lui, les « poissons » de demain pourraient ainsi être les descendants de tous les organismes gélatineux qui sont en train de prendre le pouvoir dans les mers du globe. **Sylvie Rouat**