



AVIS DE TEMPÊTE

Nous avons toutes les cartes en main pour ne pas faire des océans un milieu hostile, et notamment envers l'humanité. Si nous diminuons les émissions de gaz à effet de serre, nous ralentirions la prolifération des méduses si problématique sur nos plages. Du même coup, nous freinerions la hausse du niveau des mers qui menacent tant de zones habitées. Avec moins d'engrais azotés dans l'agriculture, les zones complètement dépourvues d'oxygène s'étendraient moins. En renonçant à l'exploitation des métaux qui jonchent les plaines abyssales, nous laisserions une chance de survie aux espèces animales qui les peuplent. À nous de jouer!

L'ESSENTIEL

- Depuis quelques années, les océans se gélifient: on y observe une augmentation spectaculaire des organismes gélatineux.
- Les méduses sont les principaux contributeurs de cette gélification.
- Surpêche, hausse de la température marine, pesticides, déchets... De multiples causes se dessinent.
- Par leurs étonnantes facultés d'adaptation, des méduses profitent de ces conditions.
- Comment lutter alors que la vie de la plupart de ces organismes nous est encore inconnue?

LES AUTEURES



CORINNE BUSSI-COPIN est océanographe, chargée de mission pour la politique des océans à l'Institut océanographique, Fondation Albert I^{er}, Prince de Monaco.



JACQUELINE GOY est attachée scientifique de l'Institut océanographique. Elle a consacré sa carrière à l'étude des méduses au sein du Muséum national d'histoire naturelle.

L'invasion des méduses

Les méduses pullulent de plus en plus et transforment les mers en *jelly*. Rien ne semble enrayer l'essor de ces animaux pourtant si fragiles et rudimentaires, en apparence. Leur secret ? Une étonnante faculté d'adaptation... et le soutien involontaire des humains.

P

ersonne ne l'a vu s'approcher. En quelques minutes, le banc de petits organismes gélatineux a colmaté les immenses filtres du circuit de refroidissement d'un réacteur de la centrale nucléaire de Gravelines, près de Dunkerque, provoquant son arrêt immédiat. Inutile de

calculer le coût de revient d'une telle invasion, ni d'épiloguer sur le ridicule de la situation: la plus haute technologie humaine à la merci d'une boule de gélatine. C'était, il y a vingt ans, la première manifestation spectaculaire de la gélification des océans. Connue sous le doux nom de groseille des mers, le coupable, un animal marin carnivore et translucide de quelques centimètres, prolifère tant par endroits que la mer ressemble à... une gelée de groseilles décolorée. Mais les plus redoutés des contributeurs à la gélification des océans sont ses cousines, les méduses.

En quelques années, par leur pullulation, les méduses se sont imposées non pas comme sujet



d'étude pour les chercheurs, mais comme une grave préoccupation des professionnels de la mer à cause des nuisances qu'elles provoquent. Ainsi, c'est un peu par la force des choses que les scientifiques se sont penchés sur le sujet, mais depuis, leur cri d'alarme est unanime: la conquête des océans par les méduses ne fait que commencer, et l'homme est leur plus précieux allié...

PRÉLUDE D'UNE CATASTROPHE

Les méduses sont des animaux très simples constitués de deux feuilletés, l'ectoderme et l'endoderme, limitant une masse gélatineuse où sont insérés leurs deux uniques organes: l'estomac et les gonades (voir l'encadré page 85). Cela résume

assez bien la vie d'une méduse: manger pour se reproduire. Et jusqu'au début des années 2000, la prolifération des méduses *Pelagia noctiluca* sur les côtes méditerranéennes était tout aussi simple: cyclique et bien réglée. Depuis les premières pullulations décrites dans la région, en 1775, il y avait des années à méduses et des années sans, selon une périodicité de 12 ans. Et cette périodicité était corrélée aux fluctuations climatiques, en particulier au recul des glaciers alpins. On avait même déduit de l'analyse des conditions climatiques que les années à *Pelagia* étaient toujours précédées de trois années chaudes peu pluvieuses. Mais depuis, les méduses *P. noctiluca* ont brouillé les pistes.

Pelagia noctiluca, le cauchemar des vacanciers. Alors qu'elle suivait jusqu'à la fin du xx^e siècle des cycles de 12 ans, cette méduse envahit désormais chaque année les rives de la Méditerranée

© Institut océanographique - Yves Bérard



La méduse *Cyanea capillata* doit son nom à sa couleur bleue et à ses nombreux tentacules qui évoquent une belle chevelure. De plus d'un mètre de diamètre, c'est la « crinière du lion », la meurtrière dans la nouvelle éponyme de Conan Doyle. On retrouve parfois ces méduses rassemblées en grand nombre.

© Fabien Michener/Anthony Berberian



Cette méduse *Linuche unguiculata*, photographiée au large des côtes de Tahiti, pullule tous les ans autour de l'île, jusqu'à entraîner des interdictions de baignade et de navigation. Elle a la particularité de vivre en symbiose avec une algue (les petites taches brunes). Les croissants orange sont ses gonades.

➤ Désormais, elles sont là tous les ans, été comme hiver, et il faudra apprendre à nager entre ces masses de gelée et en évitant soigneusement leurs tentacules pour ne pas être piqué (c'est l'espèce la plus urticante de la Méditerranée). Comment ces animaux que tous les naturalistes des XVII^e et XVIII^e siècles surnommaient *gelée de mer* ou *eau coagulée*, ces organismes composés à 98% d'eau – presque des gouttes d'eau dispersées dans la mer – ont-ils pu en si peu de temps contrarier tous les modèles de fluctuations hydroclimatiques établis jusqu'alors et qui avaient fonctionné pendant deux siècles?

Puisque, comme tous les animaux, les méduses mangent pour se reproduire, il est vraisemblable que l'étude de leur physiologie apportera des réponses. Que mangent-elles et quand se reproduisent-elles? C'est l'un des axes des programmes de l'Observatoire océanologique de Villefranche-sur-Mer animés par Gabriel Gorsky ou encore Fabien Lombard.

Manger? Vivant en pleine eau, les méduses mangent du plancton et leur régime alimentaire est varié. Elles attrapent aussi bien les œufs de tous les organismes marins que des larves et des adultes de crustacés ou de mollusques, voire des alevins de poissons. En étirant au maximum leurs tentacules très élastiques, elles augmentent considérablement le volume d'eau prospecté. Insatiables, elles sont capables d'avaler leur propre poids en nourriture en une journée. Elles exercent ainsi une prédation énorme sur le petit zooplancton (des animaux de quelques millimètres), mais aussi sur l'échelon supérieur des poissons. Par leur pullulation, elles deviennent le point central de l'écosystème pélagique marin en modifiant la composition du zooplancton et en diminuant l'ensemble de

la production marine. Dès lors, elles sont devenues l'un des acteurs principaux des changements de la biodiversité marine.

Se reproduire? Dès que la température des eaux se réchauffe, au début du printemps, les méduses *P. noctiluca* mâles émettent dans l'eau des spermatozoïdes, lesquels fertilisent les femelles qui les avalent. Entre midi et 14 heures, les femelles pondent les œufs fécondés (de 0,3 millimètre, parmi les plus gros des méduses) et les évacuent par la bouche. Ces œufs éclosent, libérant une larve ciliée, la planula, dont la croissance aboutit en quelques jours à une petite méduse ou éphyrule. Chez cette espèce, il n'y a pas de stade fixé comme chez les autres méduses (voir l'encadré page 86).

LA SURPÊCHE, UNE AUBAINE

Ainsi, l'équation est simple: manger pour se reproduire – et plus la nourriture est abondante, plus vite la maturité sexuelle est atteinte (en cinq mois en moyenne pour *Pelagia*). En Méditerranée, *Pelagia* constitue presque un cas d'école: côté nourriture, la mer en regorge depuis que la surpêche a pratiquement éliminé les poissons, abandonnant ce qu'ils mangeaient aux espèces les plus opportunistes – les méduses. Quant à la température, elle croît inexorablement grâce à l'effet de serre, rendant les hivers moins rigoureux et prolongeant l'été. Dans ces conditions favorables, les méduses *P. noctiluca* se reproduisent en masse et s'installent durablement.

La conjonction de ces deux phénomènes est l'une des explications les plus vraisemblables de la disparition de leur périodicité. On utilise d'ailleurs cette espèce comme témoin, une sorte de marqueur des changements profonds qui touchent l'écosystème pélagique de la Méditerranée.

Déjà en 1983, au congrès d'Athènes organisé par le Programme des Nations unies pour l'environnement, David Cargo, spécialiste américain des méduses, avait manifesté son intérêt pour les études sur celles de la Méditerranée, afin d'en transposer ensuite les résultats à d'autres mers. Cela est d'autant plus plausible que tous les océanographes s'accordent pour considérer la Méditerranée comme un modèle réduit d'océan et donc comme un modèle de production biologique. D'où l'intérêt des programmes qui se poursuivent depuis plus de 30 ans dans tous les laboratoires riverains.

De fait, la Méditerranée est loin d'être la seule zone concernée. Différents observateurs (touristes, pêcheurs, industriels...) ont rapporté des scènes identiques de pullulation dans toutes les mers de la planète. L'inventaire des zones infestées fait ressortir une vingtaine d'espèces de méduses dont la prolifération est due à une même cause désormais bien identifiée et produisant les mêmes déséquilibres: la surpêche. Des zones entières sont devenues de grands déserts marins où se côtoient des populations de méduses qui paraissent définitivement installées et une faune appauvrie survivant à leurs agressions.

Le cas le plus spectaculaire est celui des eaux territoriales de la Namibie, sur la côte sud-occidentale de l'Afrique, eaux réputées il y a 60 ans encore pour leur exceptionnelle richesse en poissons frétilant dans le courant du Benguela. Ce courant froid océanique qui longe la côte depuis l'Afrique du Sud jusqu'à la zone équatoriale produit une remontée des eaux profondes riches en nutriments, favorisant la productivité du plancton et de l'ensemble de l'écosystème. Au large de la Namibie, la mer regorgeait de petits poissons (sardines, anchois) qui attireraient les grands prédateurs – poissons (merlus, thons, mérus), oiseaux marins et otaries.

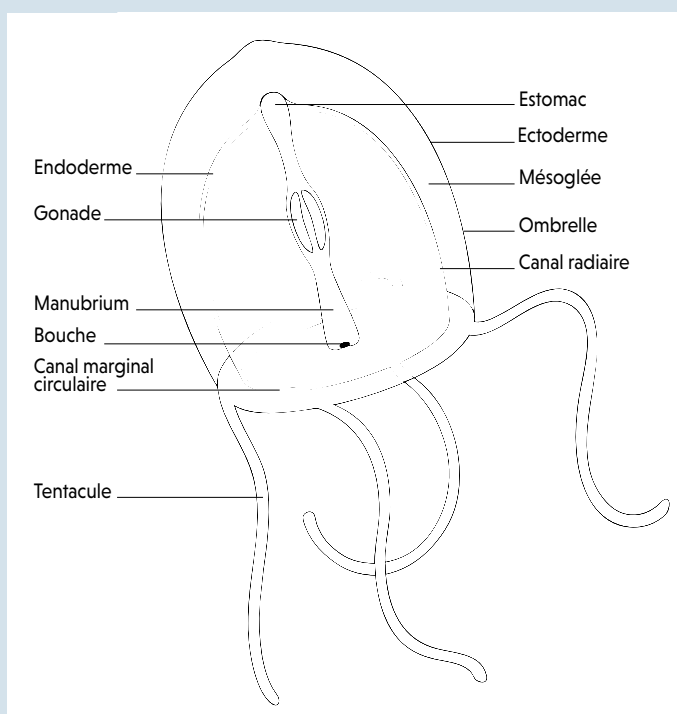
LE DÉSERT DU GOBIE

La pêche s'est intensifiée. Les grosses proies se raréfiant, les pêcheurs se sont rabattus sur les sardines et les anchois. À partir des années 1960, de multiples chalutiers ont déversé leur trésor de poissons dans des navires-usines, poissons aussitôt transformés en farine. Depuis 15 ans, l'effondrement des stocks de sardines et d'anchois a entraîné un changement total de la production biologique dans les eaux namibiennes. Les oiseaux de mer et les mammifères marins ➤

SIMPLE, MAIS REDOUTABLE

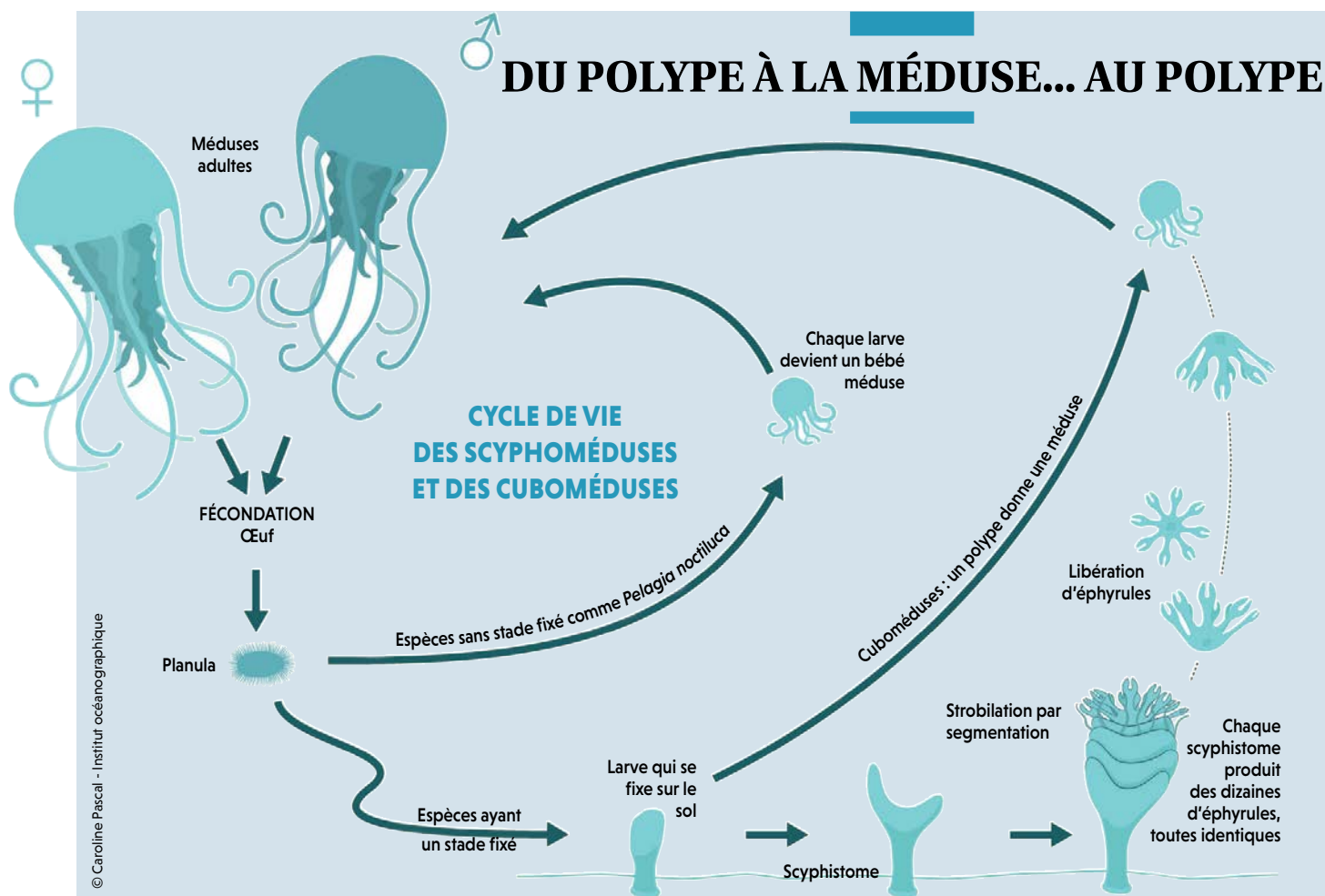
L'apparente fragilité des méduses cache une remarquable efficacité pour se nourrir. Le corps de ces animaux s'organise en parapluie à partir de l'ombrelle, constituée d'une masse gélatineuse, la mésogée, délimitée par deux feuillets, l'ectoderme et l'endoderme. Au centre de l'ombrelle pend le manubrium, renfermant l'œsophage, qui relie la bouche à l'estomac et qui contient aussi les gonades chez certaines espèces. L'ombrelle est bordée de filaments – les tentacules –, parfois regroupés en faisceaux. Pour se nourrir, les méduses utilisent une arme originale: les cnidocytes, des cellules urticantes contenant un micro-harpon venimeux, dont sont couverts leurs tentacules (chez certaines méduses, ces cellules tapissent tout le corps). Lorsqu'un minuscule cil associé au harpon détecte le contact avec une proie, le harpon, jusqu'alors replié, se détend, pénètre dans la proie et injecte le venin. Le tentacule ramène alors

la proie paralysée à la bouche, qui l'engloutit. Entourée de lèvres parfois si allongées qu'elles forment des bras, la bouche rejette aussi les déchets. L'estomac est prolongé par des canaux radiaires qui rayonnent comme les baleines d'un parapluie et aboutissent à un canal marginal circulaire, lequel nourrit tout l'organisme. Restés attachés à la proie, les cnidocytes sont immédiatement remplacés par d'autres cellules de même nature. Celles-ci se forment à la base des tentacules, zone d'activité intense de différenciation de cellules souches, puis migrent le long du tentacule jusqu'à la zone concernée. Les méduses réservent bien d'autres surprises. Elles respirent par la peau. Elles disposent de minuscules organes de l'équilibration,



les statocystes, répartis au bord de l'ombrelle, de même que des ébauches d'yeux reliées à des cellules nerveuses. Elles

ont aussi la capacité d'émettre de la lumière: leur gène de bioluminescence est devenu un outil classique en biologie.



- sont en régression, et le gobie, le seul prédateur encore en lice, est en voie de disparition. Les méduses, qui jusqu'alors luttèrent pour une petite part du territoire, ont profité à la fois de la raréfaction de leurs prédateurs – notamment les thons et les tortues – et de celle de leurs compétiteurs directs pour le zooplancton : les anchois.

CHANGEMENT DE RÉGIME

En particulier, deux méduses de grande taille quasiment absentes de cette région dans les années 1950, *Aequorea forskalea* et *Chrysaora hysoscella*, se sont mises à pulluler et à supplanter les poissons, au grand dam des habitants, privés de leurs plats traditionnels. La biomasse des méduses dans les eaux namibiennes est aujourd'hui estimée à trois fois celle des poissons ! Par comparaison, et pour conforter ces observations, l'Afrique du Sud voisine, qui a établi des conditions rigoureuses de pêche dans ses eaux, ne connaît pas d'anomalies aussi spectaculaires dans son environnement marin.

D'autres zones sont touchées. En mer de Chine, la baie de Liaodong, dont Jing Dong, de l'Institut de recherche des pêcheries marines de Liaodong, et ses collègues étudient la rentabilité

de la pêche commerciale depuis 1984, est devenue un immense plan d'eau réservé à l'élevage de *Rhopilema esculenta*, une espèce comestible et la seule par ailleurs à résister à la dégradation du milieu due à la surpêche et à la pollution chimique.

La baie de Chesapeake, sur la côte orientale des États-Unis, a elle aussi subi une agression, d'abord à cause de l'augmentation de la population humaine sur ses rives, puis de la pêche et enfin de la récolte des huîtres, laissant cette baie envahie par la pollution. Une autre méduse *Chrysaora*, l'espèce *C. quinquecirrha*, a exercé une prédation telle que l'écosystème est aujourd'hui fortement modifié : d'abondantes espèces gélatineuses, sans aucun intérêt commercial, se succèdent tout au long de l'année.

Et les exemples s'accumulent : *P. noctiluca* s'attaquant aux fermes de saumons dans le nord de l'Écosse, attirée par l'abondance de nourriture ; *Aurelia aurita* bouchant les filtres des tuyaux de refroidissement des centrales nucléaires installées dans les fjords de Suède ou immobilisant un porte-avions américain dans le port de Brisbane... Les mêmes causes (nourriture abondante du fait de la surpêche et température anormalement élevée) ont produit les

L'originalité des méduses, et certainement leur plus grand atout, est d'avoir, pour la plupart, un cycle de vie comportant un stade plus discret – le polype. La différence entre les stades polype (fixé à un support) et méduse (libre) est telle qu'on les a longtemps pris pour deux espèces différentes. Les méduses se reproduisent en pleine eau de façon sexuée: des mâles produisent des spermatozoïdes, et des femelles, des ovules. En général, les cellules reproductrices sont évacuées dans la mer, où a lieu la fécondation. L'œuf évolue en quelques heures en une larve ciliée, la planula, qui tombe sur le fond, s'y fixe et devient un polype. Chez les espèces de la classe des *Scyphozoa* telle *Aurelia aurita* (de a à d) et chez les cuboméduses, notamment, le polype, nommé scyphistome, bourgeonne ou reste solitaire (a). Sous de bonnes conditions de température et de nourriture, des sillons se forment dans sa partie supérieure (b, c). Chaque segment ainsi produit se détache en éphyrule qui se développe en pleine eau (d) pour donner une méduse sexuée. Un polype en produit ainsi des dizaines. Certaines espèces de *Scyphozoa* n'ont cependant pas de stade fixé, comme *Pelagia noctiluca*.



© Institut océanographique / Microaquarium

mêmes effets: une déviation de la production des océans vers le maillon gélatineux.

Toutefois, les pêcheurs ne sont pas les seuls responsables de cette dégradation du milieu marin. Ils sont allés pêcher dans les zones qu'on leur avait indiquées. Grâce à l'*Atlas des ressources biologiques des mers* publié en 1972 par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, ils avaient à leur disposition une cartographie précise de la répartition des espèces commerciales appartenant à tous les groupes depuis le phytoplancton, le zooplancton, les mollusques, les crustacés jusqu'aux principales espèces de poissons et de mammifères marins.

À QUI PROFITE LE KRILL...

Cet atlas a été établi grâce aux relevés des instituts des pêches du monde entier et il a fait la fierté des statisticiens qui, hélas, n'avaient pas prévu la moindre mise en garde sur la fragilité de ces stocks. En 30 ans, cette manne a été dilapidée et la pêche minotière s'attaque désormais à d'autres groupes que les poissons, en particulier au krill. Or, ces petites crevettes des eaux froides – les Euphausiacés (*Meganyctiphanes norvegica* dans les eaux boréales et *Euphausia superba*

dans les eaux australes) – sont indispensables à la vie de nombreux animaux: mammifères marins (la baleine en mange plusieurs tonnes par jour), oiseaux, poissons, calmars...

De plus, l'absence de krill, grand consommateur de phytoplancton, permet à d'autres animaux pélagiques phytophages et à fort taux de croissance et de multiplication de pulluler, en particulier les salpes, des animaux coloniaux gélatineux dont les chaînes dépassent parfois cinq à six mètres de longueur. Ces animaux contribuent à la gélification des océans au même titre que les méduses. Et comme ils renferment 90% d'eau, ils n'offrent aucun avantage alimentaire aux prédateurs supérieurs. Ils ont un autre inconvénient, majeur: ils colmatent les fanons des baleines, empêchant la filtration du plancton nourricier.

Outre la pêche, les stocks de krill s'effondrent aussi par un autre mécanisme plus complexe, faisant intervenir plusieurs niveaux du réseau trophique pélagique (l'ensemble des chaînes alimentaires de la mer). L'usage des pesticides dans l'agriculture intensive a un impact sur les organismes marins lorsque, par lessivage, ces produits toxiques se déversent en mer. Destinés à bloquer la mue des insectes, ils bloquent celle des

>

BESTIAIRE GÉLATINEUX

Tout ce qui flotte en mer n'est pas méduse ! Le plancton gélatineux – l'ensemble des organismes gélatineux qui flottent en pleine eau, entraînés par les courants – compte ainsi nombre d'autres organismes si divers qu'il est impossible de représenter leur classification.

Il comporte les siphonophores – telle la physalie –, souvent pris pour des méduses parce qu'ils présentent aussi des cellules urticantes ; les cténaires, telle la groseille de mer, dont les deux tentacules portent des cellules adhésives et non urticantes ; les thaliacés, telles les salpes, animaux coloniaux non urticants qui se nourrissent en filtrant le phytoplancton ; sans oublier les œufs des poissons. À elles seules, les méduses ont des caractéristiques si variées que même à leur échelle, la classification est un casse-tête. On en compte plus de 1 000 espèces, peu connues pour la plupart. On distingue tout de même quatre grands groupes. Les *Scyphozoa* ou « méduses vraies », dont on connaît 190 espèces, sont très variées : de quelques millimètres

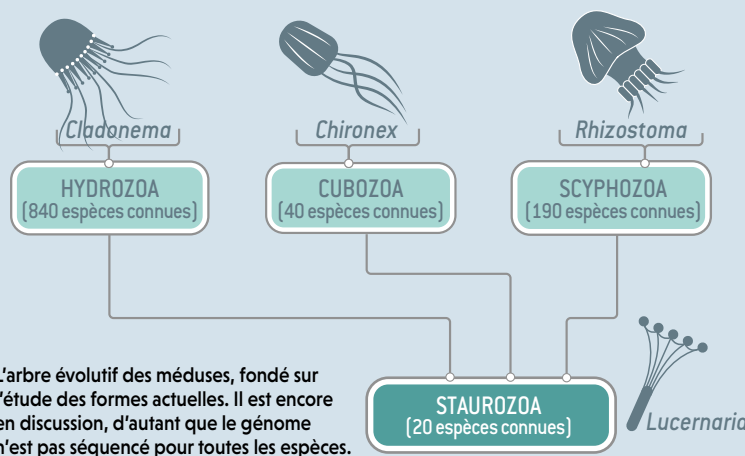


Groseille des mers



Physalie, vessie de mer ou galère portugaise

à deux mètres de diamètre, rondes, carrées, plates ou en dôme, lisses ou lobées, avec ou presque sans tentacules, avec des bras oraux lisses ou en chou-fleur. Comme les *Scyphozoa*, la plupart des *Hydrozoa* ont un stade fixé (polype) et un stade libre (méduse). On en dénombre 840 espèces, dont seulement 20 % ont un cycle de vie connu. Les *Cubozoa*, qui tirent leur nom de leur forme cubique, comptent 40 espèces. Enfin, les *Staurozoa* – 20 espèces – n'ont pas de stade libre. L'une d'elles, la très rare *Lipkea ruspoliana*, serait aux méduses ce que le coelacanth est aux vertébrés : un lointain ancêtre commun...



L'arbre évolutif des méduses, fondé sur l'étude des formes actuelles. Il est encore en discussion, d'autant que le génome n'est pas séquencé pour toutes les espèces.

concentration telle que les excès sont rejetés dans les urines et ne sont pas retenus par les stations d'épuration, non équipées pour filtrer ces molécules. Arrivés en mer, ces hormones et d'autres perturbateurs endocriniens ont le même effet sur les organismes marins que sur le corps humain : blocage de la reproduction sexuée et féminisation. Toutefois, ces produits épargnent les espèces qui, comme les salpes et les méduses, ont d'autres voies de reproduction. Cette explication de la gélification des océans est très probable à cause du rendement de ce mécanisme de multiplication, mais doit encore être confirmée.

Le cycle de vie des méduses préoccupe d'ailleurs particulièrement les biologistes. Contrairement aux salpes, qui effectuent tout leur cycle de vie en pleine eau, la plupart des méduses ont un stade fixé à un support, le polype. Ce stade correspond à la forme de résistance des méduses qui restent ainsi tant que la température de l'eau n'augmente pas. Il est difficile de localiser les polypes à cause de leur petite taille. Or ils sont à l'origine des pullulations de méduses : lorsque la température de l'eau est suffisamment élevée, ils bourgeonnent abondamment.

En général, l'œuf des méduses évolue en larve qui se fixe et se transforme en polype. Deux types de bourgeons se forment : les uns, identiques au polype, restent reliés à lui et forment une colonie nommée hydraire. D'autres s'évadent des polypes. Ce sont alors des méduses qui naissent, grandissent et se reproduisent. Mais les conditions du milieu modifient ce schéma. Certaines méduses émettent des œufs de résistance. C'est le cas de *Margelopsis haeckeli* qui conserve dans ses tissus un œuf plein de réserves pour survivre dans le froid et la nuit polaires. De plus, toutes les méduses ont la capacité de résorber leurs cellules sexuelles déjà formées en cas de disette et de les utiliser comme produits de réserve, puis de reprendre leur croissance quand les conditions s'améliorent. On voit là toutes les stratégies adaptatives sélectionnées au fil de l'évolution et permettant à ces animaux de survivre si les conditions du milieu sont perturbées.

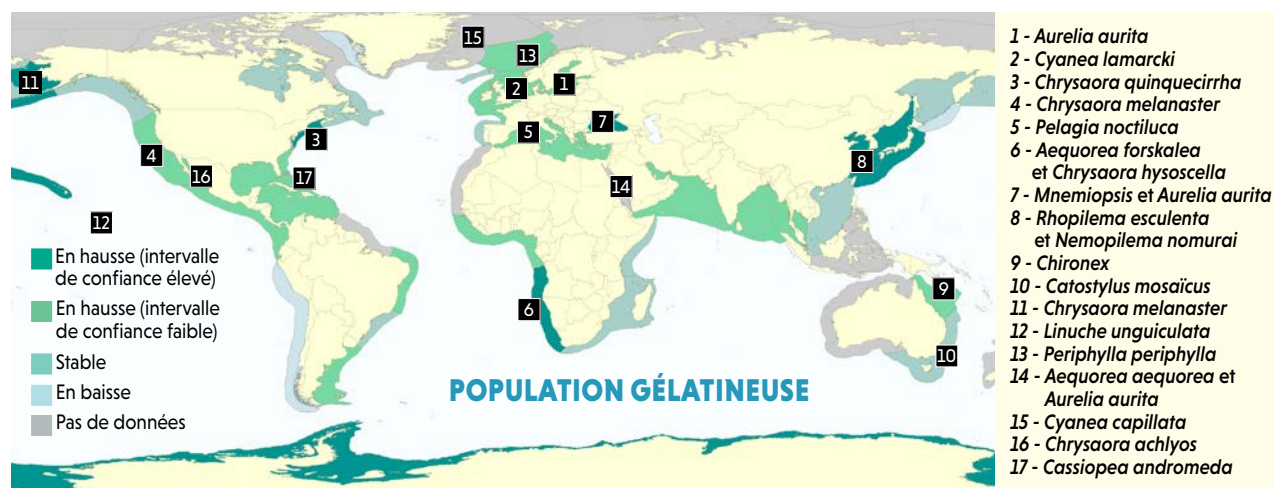
DES ENVAHISSEURS IMMORTELS

En combinant ces réactions des méduses aux modifications de l'environnement, on comprend comment des organismes d'apparence aussi fragile transforment la mer en « gelée ». Cette résistance expliquerait comment ces animaux ont traversé toutes les vicissitudes des ères géologiques depuis plus de 600 millions d'années, âge du gisement d'Ediacara, en Australie, où ont été récoltés leurs premiers fossiles.

À cela s'ajoute l'étonnante immortalité des méduses, qui a fait la joie des médias du monde entier avec l'exemple de la petite méduse *Turritopsis nutricula*, dont les élevages ont mis en évidence la capacité à revenir à un stade antérieur de développement. Ce phénomène, qu'un

- > crustacés, également des arthropodes, qui n'atteignent plus le stade adulte. C'est ce qu'ont montré notamment Rabin Sen Gupta, de l'Institut océanographique indien, à Dona Paula, et ses collègues en 1996. Des pans entiers de la biologie marine sont touchés, notamment les krill, ce qui favorise encore la prolifération des salpes et d'autres organismes gélatineux phytophages.

Et comme si ce scénario ne suffisait pas, il faut encore lui ajouter l'effet indirect des résidus médicamenteux sur la gélification des océans. Les hormones de substitution sont ingurgitées en



La gélification des océans est un phénomène mondial, comme le montre cette carte, fruit d'une méta-analyse réalisée en 2012 sur les écosystèmes marins le long des côtes. Les méduses impliquées, dont certaines sont indiquées ici, diffèrent selon les mers. Sur le millier d'espèces connues, toutes ne pullulent pas. Moins d'une vingtaine sont problématiques.

naturaliste suisse, Pierre Tardent, a qualifié de réversion en 1980, consiste en une inversion du cycle de vie et avait été décrit dès 1844 par le biologiste belge Édouard Van Beneden. De nombreux auteurs se sont étonnés de ces réversions et les ont attribuées aux mauvaises conditions d'élevage. Elles traduisent surtout l'exceptionnelle capacité des méduses à résister dès que le milieu se dégrade. Certaines peuvent même s'enkyster, telles ces méduses d'eau douce *Craspedacusta sowerbyi* qui ont survécu sous cette forme de kyste pendant plus de 40 ans.

Tous les polypes n'émettent pas leurs méduses au même rythme. Seules une vingtaine d'espèces bourgeonnent avec une intensité telle que le milieu est vite envahi. C'est le cas de la méduse-lune *Aurelia aurita*, très répandue sur la côte atlantique, dont le polype se segmente à une cadence exceptionnelle d'environ une éphyrule par jour en été. À l'inverse, les méduses australiennes – les redoutables cuboméduses – ont un polype qui reste isolé et qui se métamorphose en une seule méduse, ce qui limite leur pouvoir de pullulation. Heureusement, car elles sont parmi les animaux les plus toxiques et certaines sont même mortelles.

Cependant, une autre préoccupation se dessine: restreintes pour l'instant à la zone tropicale indo-pacifique, les aires de répartition de ces cuboméduses pourraient s'étendre. Les océanographes redoutent que l'augmentation de la température des eaux de surface dilate la zone tropicale vers le nord et vers le sud. Sa limite dépasserait alors le cap de Bonne-Espérance, permettant à ces espèces très dangereuses de coloniser l'océan Atlantique. D'ailleurs, un autre moyen d'expansion existe déjà, plus pernicieux encore, car incontrôlable: le transport par les ballasts de bateaux. Ses effets peuvent être dévastateurs, comme ce fut le cas en mer Noire, dans les

années 1990, avec l'introduction fortuite du cténaire *Mnemiopsis leidyi*. L'animal s'est développé à une telle vitesse qu'en quelques années, il est devenu le plancton majoritaire, détrônant *Aurelia aurita* et achevant l'effondrement des stocks de poissons qu'elle avait entamé dans les années 1980, à la faveur de la pollution.

La liste n'est pas close de tous les mécanismes qui favorisent les méduses, d'autant que le cycle de vie n'est connu que pour 20% du millier d'espèces recensées. Rien ne semble arrêter leur résistance et leur prolifération.

LE RADEAU DE LA MÉDUSE EN PLASTIQUE

Si la phase fixée sous forme de polypes préoccupe tant, c'est surtout parce que les polypes se fixent en priorité sur les supports en plastique. Une expérience réalisée en 1965 dans la rade de Villefranche-sur-Mer a montré que des plaques de polystyrène sont immédiatement colonisées par des polypes de méduses, qui créent vite une sorte de chevelure dense empêchant tout autre fixation. Jennifer Purcell, de l'Université de Washington Ouest, est parvenue à la même conclusion en 2007 en étudiant les préférences de substrat du polype d'*Aurelia labiata*; elle recommande l'abandon de ce matériau dans les constructions portuaires ou littorales. Quand on connaît l'étendue du 7^e continent – ces îlots de nos déchets plastiques qui dérivent dans les grands gyres océaniques –, on ne peut que s'inquiéter.

En fabriquant ce nouvel écosystème, cet inquiétant plastisphère, l'homme n'a-t-il pas joué à créer un nouveau *pelagos*, un monde destiné à dériver éternellement à la surface des flots? Toutefois, à l'inverse des dieux grecs, il ne domine pas sa création, qui risque fort de perturber à jamais la quiétude des océans. ■

BIBLIOGRAPHIE

R. CONDON ET AL. (éd.), *Jellyfish bloom research: advances and challenges*, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, vol. 591, 2018.

R. CALCAGNO ET J. GOY, *Méduses. À la conquête des océans*, Éditions du Rocher, 2014.

K. A. PITT ET C. H. LUCAS (éd.), *Jellyfish Blooms*, Springer, 2014.

PH. CURY ET D. PAULY, *Mange tes méduses!*, Odile Jacob, 2013.

L.-A. GERSHWIN, *Stung!*, *Univ. of Chicago Press*, 2013.

J.-CL. BRACONNOT, Les salpes, reines du plancton marin, *Pour la Science*, n° 419, pp. 36-43, 2012.

Et pourtant, elle monte

La hausse du niveau marin est une des nombreuses conséquences du dérèglement climatique lié aux émissions de gaz à effet de serre. L'ampleur du phénomène dépend de notre capacité à réagir. Ce sont donc plusieurs scénarios (notés RCP pour *representative concentration pathway*) qui ont été

élaborés : par exemple, le RCP 8,5 correspond à l'absence de réduction des émissions de gaz à effet de serre ; dans le RCP 4,5, la réduction est modérée. Selon le premier, le niveau marin s'élèvera d'environ un mètre d'ici à 2100 et de près de 13 mètres en 2500 contre

32 centimètres et 5 mètres dans le deuxième scénario (RCP 4,5). À quoi ressembleront les continents ? Illustration par quelques exemples locaux, tirés de la carte interactive d'Alex Tingle, fondée sur les données de la Nasa : <http://flood.firetree.net>

Pourquoi la mer monte ?

Changements dans le stockage d'eau terrestre, les prélèvements d'eaux souterraines, le ruissellement en surface, les infiltrations dans les aquifères.

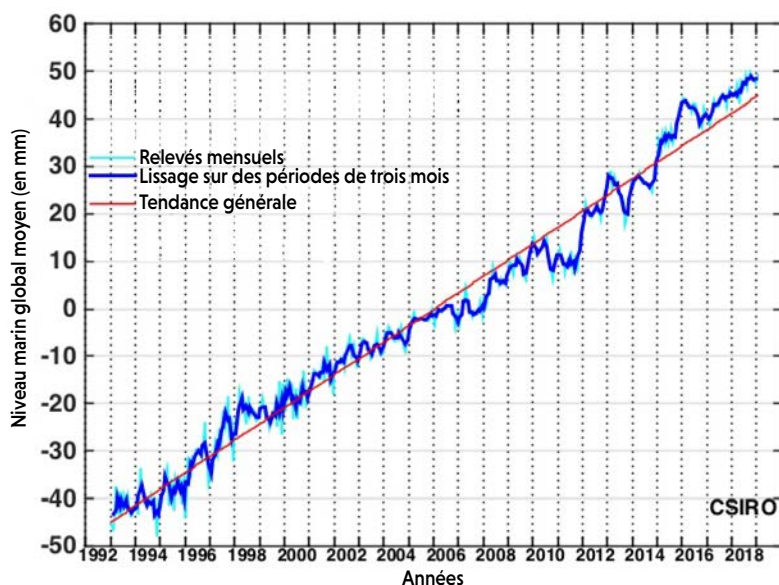
Modification de la circulation océanique en surface et en profondeur.

Affaissements de terrain dans les deltas, érosion accrue du littoral, tectonique des plaques.

Dilatation des océans sous l'effet du réchauffement

Transfert d'eau des glaciers et des calottes polaires vers les océans.

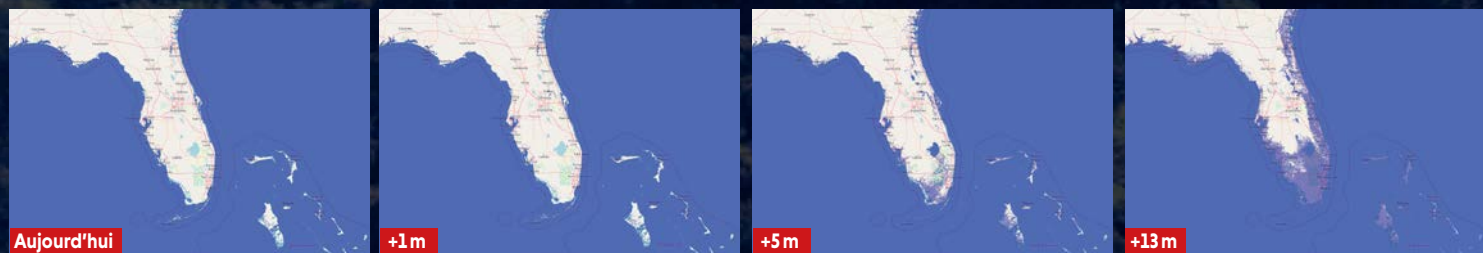
La hausse du niveau marin, liée au réchauffement climatique, passe par plusieurs types de phénomènes.



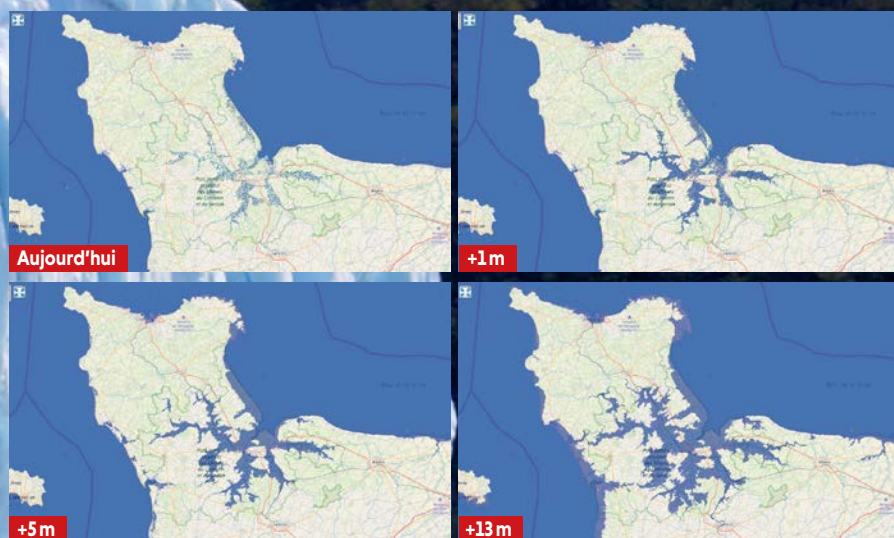
Une hausse inexorable ?

Les mesures faites par les satellites TOPEX/Poseidon, Jason-1, Jason-2 et Jason-3 montrent une montée constante de la mer, de janvier 1993 à janvier 2019. Les variations qui apparaissent sur les mesures mensuelles (en bleu clair) ont été lissées (en bleu foncé) pour plus de clarté. La tendance (en rouge) est de 3,4 millimètres par an.

La Floride est réduite de moitié

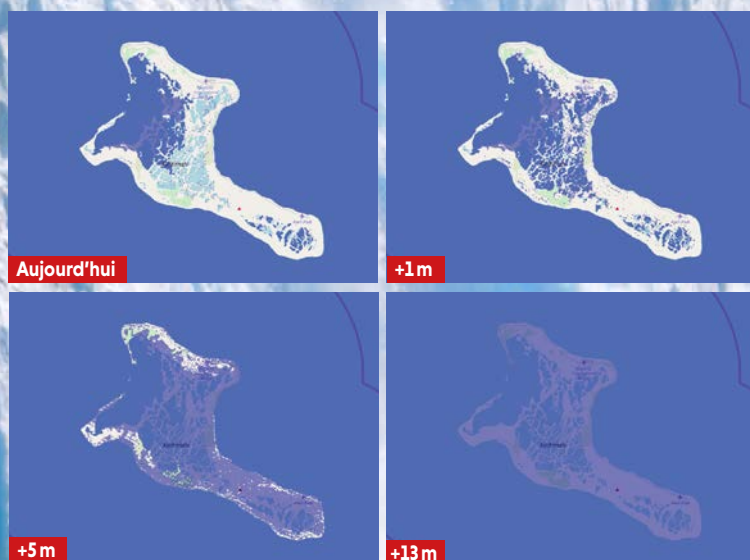


La Manche devient une île



© Cartes: Alex Tingle

Les Kiribati disparaissent



Les fonds des océans font grise mine

De grandes quantités de métaux jonchent les grands fonds océaniques et n'attendent que d'être récupérés. Mais cette exploitation, imminente, serait néfaste pour l'environnement. Peut-on limiter les dégâts ?

F

évrier 2018, à 50 kilomètres au large de San Diego, en Californie. Le navire océanographique *Sally Ride* flotte au-dessus de 1000 mètres d'eau. À son bord, huit conteneurs grands comme une voiture familiale sont remplis de sédiments dragués au fond du Pacifique. Ils seront mélangés avec de l'eau de mer dans un énorme réservoir, puis réinjectés à 60 mètres de profondeur grâce à une conduite d'évacuation. Là, ils formeront un gros nuage de boue. Drôle d'idée !

L'objectif est de décrire la forme et la dynamique de ce nuage à l'aide d'un réseau de capteurs reliés au navire. Dans quel but ? Les données recueillies aideront à nourrir une réflexion générale sur l'exploitation minière en mer, une nouvelle industrie qui pourrait bientôt bouleverser les océans.

Depuis des années, plusieurs États et entreprises prospectent les grands fonds marins à la recherche de nickel, de cuivre, de cobalt et d'autres métaux de valeur. Parmi les différents types de gisement, les plus intéressants consistent en des accumulations, à plusieurs milliers de mètres de profondeur, de concrétions rocheuses de la taille du poing et riches en métaux : ce sont les nodules polymétalliques. >