



CONCOURS CORSICA 2019

# OCÉANS EN PÉRIL

Portefeuille de lecture



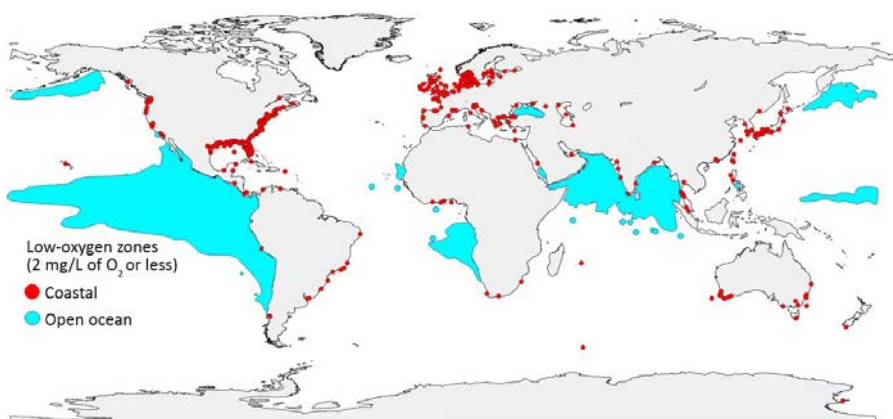
## L'océan mondial perd son souffle

D'après les recherches de Marilaure GRÉGOIRE (ULiège)

MAST Modeling for Aquatic Systems – Unité de Recherches FOCUS Freshwater and Oceanic science Unit of research.

Le groupe international de recherches GO<sub>2</sub>NE, dont sa vice-présidente Marilaure Grégoire, Ingénieure civil physicienne, Directrice de Recherches FRS-FNRS au sein de l'Unité de recherches FOCUS et spécialiste de la modélisation des océans, tire la sonnette d'alarme dans un article publié dans la revue Science : le taux d'oxygène des océans a atteint un niveau bas record. L'équipe internationale de scientifiques affirme que pour mettre un terme à ce déclin, le monde a besoin de limiter le changement climatique et la pollution des eaux par les nutriments.

Les océans, poumons de notre planète, se portent mal. Une étude menée par le GO<sub>2</sub>NE (Global Ocean Oxygen Network), un groupe de travail créé en 2016 par la Commission océanographique intergouvernementale des Nations Unies, vient d'aboutir à des résultats inquiétants. Dans leur rapport publié dans Science, les scientifiques annoncent qu'au cours des 50 dernières années, la quantité d'eau sans oxygène en haute mer a quadruplé et que pour les eaux côtières, y compris les estuaires et les mers, les sites à faible teneur en oxygène ont été multipliés par 10. « Nous nous attendons même à ce que le niveau d'oxygène continue de baisser même en dehors des zones étudiées, au fur et à mesure que notre planète se réchauffe, explique Marilaure Grégoire. De vastes régions de l'Océan Pacifique, déjà naturellement pauvres en oxygène, voient ainsi leur teneur en oxygène encore diminuer pour atteindre des seuils critiques, voire létaux, pour les organismes y vivant. »



Le nombre de zones à faible teneur en oxygène augmente dans le monde entier. Les points rouges marquent les endroits de la côte où l'oxygène a chuté à 2 milligrammes par litre ou moins, et les zones bleues marquent les zones présentant les mêmes niveaux d'oxygène bas en haute mer.

Au niveau des océans, les eaux de surface sont bien oxygénées par la dissolution de l'oxygène atmosphérique et la photosynthèse. En profondeur, l'oxygène est consommé par la respiration et son renouvellement dépend de l'existence de mécanismes capables d'amener les eaux de surface bien oxygénées en profondeur, c'est ce que l'on appelle la ventilation des eaux. « *Les changements climatiques sont en train de perturber cet équilibre. Le réchauffement des eaux de surface réduit en effet l'intensité de la ventilation des eaux et la solubilité de l'oxygène, reprend Marilaure Grégoire. Et dans les eaux côtières, c'est la pollution par les nutriments provenant des terres qui crée des proliférations algales qui consomment énormément d'oxygène lorsqu'elles meurent et se décomposent.* »

Dans les « zones mortes » traditionnelles, comme celles de la Baie de Chesapeake (sur le côté Est des Etats-Unis) et de la mer Baltique, le niveau d'oxygène peut atteindre des niveaux si bas que beaucoup d'animaux meurent asphyxiés. En mer Noire, en dessous de 100 m de profondeur on ne trouve que des bactéries en raison de l'absence d'oxygène et de la présence de vastes quantités de sulfure d'hydrogène. Comme les poissons évitent ces zones, leur habitat se réduit et ils se retrouvent plus exposés aux prédateurs et à la pêche. Dans leur rapport, les scientifiques font également remarquer que le problème dépasse de loin le seul phénomène des « zones mortes ». « *Même de plus petites baisses en oxygène peuvent freiner la croissance des espèces, entraver leur reproduction et entraîner des maladies voire la mort.* » Le changement des niveaux d'oxygène peut aussi déclencher la production de substances chimiques dangereuses telles que le protoxyde d'azote, un gaz à effet de serre jusqu'à 300 fois plus puissant que le dioxyde de carbone, et le sulfure d'hydrogène toxique. Si certaines espèces peuvent effectivement prospérer dans ces zones, il n'en est pas de même de la biodiversité dans son ensemble. « *Pour donner un exemple, poursuit Marilaure Grégoire, aux Philippines, la mortalité de poissons due à la désoxygénation dans les bassins aquacoles d'une seule ville coûte plus de 10 millions de dollars. Les récifs coralliens, qui sont une attraction touristique majeure pour de nombreux pays, sont également menacés par le manque d'oxygène.* »



*Le manque d'oxygène cause la mort de ces coraux et d'organismes vivants autour comme à Bocas del Toro (Panama) où des crabes vivants dans les récifs ont succombé au manque d'oxygène.*

*Crédit: Arcadio Castillo/Smithsonian*

## **Des recommandations en 3 points**

Pour faire face à la désoxygénation des océans, les scientifiques estiment que le monde doit adopter une approche tenant en trois points :

### **1. S'attaquer aux causes**

C'est-à-dire à la pollution par les nutriments et le changement climatique, en réduisant de façon drastique l'utilisation d'engrais agricoles et les émissions de gaz à effet de serre. Bien qu'aucune de ces problématiques ne soit simple ou facile à enrayer, réfléchir à la mise en place de meilleurs systèmes septiques et d'assainissement peuvent protéger la santé humaine et éviter la pollution de l'eau.

### **2. Protéger les espèces marines les plus vulnérables et les ressources océaniques**

Bien que l'augmentation du nombre de zones à faible teneur en oxygène semble inévitable dans certaines régions, il est crucial de protéger les pêcheries à risque de facteurs de stress supplémentaires. Selon l'équipe de GO2NE, cela se traduirait par la création d'aires marines protégées ou de zones de pêche interdite, précisément dans les zones où la faune se réfugie pour échapper à la baisse d'oxygène dans son habitat d'origine ; ou bien pêcher des espèces qui ne sont pas aussi menacées par la désoxygénation.

### **3. Améliorer la surveillance et la prédiction des niveaux d'oxygène à travers le monde**

Les scientifiques savent à peu près quelle quantité d'oxygène l'océan pourrait perdre à l'avenir, mais pas où ces zones de désoxygénation se situeront exactement. Une surveillance renforcée, particulièrement dans l'hémisphère sud, des travaux expérimentaux pour mieux comprendre les processus responsables et affectés par la désoxygénation, ainsi que le développement de modèles numériques et avancés aideront à déterminer les points géographiques les plus à risque, et à identifier les solutions les plus efficaces.

Les résultats présentés dans cet articles par les scientifiques du GO<sub>2</sub>NE et les activités associées à cette initiative contribuent à la Décennie des Nations Unies des sciences océaniques pour le développement durable. Approfondir les connaissances sur les menaces que constituent la désoxygénation, le réchauffement, l'acidification ainsi qu'une multitude d'autres facteurs de stress d'origine humaine sera la clé d'une gestion durable des océans et des mers.

#### **GO<sub>2</sub>NE**

Créé en 2016 par la Commission océanographique intergouvernementale, le Réseau mondial sur l'oxygène océanique (GO<sub>2</sub>NE) est un groupe de travail scientifique qui fait partie de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO). Le groupe est composé de scientifiques du monde entier qui se sont engagés à fournir une vision globale et multidisciplinaire de la désoxygénation, conseillant les décideurs politiques sur la lutte contre la faible teneur en oxygène et la préservation des ressources marines.

#### **RÉFÉRENCE SCIENTIFIQUE**

*'Declining oxygen in the global ocean and coastal waters'*, Science, online on January 4th, 2018, Science. Breitburg D., Levin L., Oschlies A., Grégoire M., Chavez F., Conley D., Garçon V., Gilbert D., Gutiérrez D., Isensee K., Jacinto G., Limburg K., Montes I., Naqvi W., Pitcher G., Rabalais N., Roman M., Rose K., Seibel B., Telszewski M., Yasuhara M. and Zhang J.



## L'ULiège participe à l'expédition scientifique Tara Pacific

D'après les recherches de Stéphane ROBERTY, Van DANG, Félix VEGA de LUNA et Pierre CARDOL (ULiège)

Laboratoires d'écophysiologie animale et de Génétique et physiologie des microalgues - Unité de Recherches InBios.

**Des chercheurs des Laboratoires d'écophysiologie animale et de Génétique et physiologie des microalgues (UR InBios) ont participé à l'Expédition Tara Pacific qui vient d'arriver à son terme. Si la goélette va définitivement accoster au port de Lorient, les chercheurs quant à eux vont entamer le travail d'analyse dans le but de comprendre les mécanismes d'acclimatation et d'adaptation de certains coraux face aux changements climatiques.**

Craints par les explorateurs aux 16<sup>e</sup> et 17<sup>e</sup> siècles, curiosités de la nature pour les premiers chercheurs ou encore écosystèmes emblématiques des eaux tropicales pour nos contemporains, les récifs coralliens nous fascinent depuis des millénaires. Riches en espèces et hautement productifs, ces écosystèmes marins n'ont d'égal sur Terre que les forêts tropicales humides. S'ils constituent une source principale de nourriture pour des millions de personnes vivants dans les pays tropicaux, les récifs coralliens protègent surtout le littoral d'une population encore bien plus importante et représentent une source de revenus non négligeable pour les pays qui ont la chance d'en posséder. Cependant, en raison des perturbations climatiques globales qui se multiplient depuis les années 1980, les récifs coralliens ne cessent de décliner et l'image de carte postale qu'ils véhiculent pourrait bientôt faire partie du passé. C'est dans ce contexte que s'est mise sur pied l'expédition Tara Pacific – à laquelle ont participé des chercheurs des Laboratoires d'Écophysiologie animale et de Génétique et physiologie des microalgues dont l'objectif est d'étudier la biodiversité et l'évolution des coraux récifaux face aux changements climatiques et aux pressions anthropiques.

Après avoir parcouru plus de 100.000 km, traversé 7 mers et océans, visité plus de 30 pays et 40 archipels, la goélette Tara, un bateau destiné à la fois à la recherche scientifique et à la défense de l'environnement, accostera à Lorient en France mettant ainsi un terme définitif à l'expédition Tara Pacific. Riche de l'expérience des 70 chercheurs qui sont montés à son bord, l'expédition aura permis de récolter plusieurs dizaines de milliers d'échantillons afin d'étudier de manière inédite les récifs coralliens de l'Océan Pacifique.

Stéphane Roberty, Van Dang, Félix Véga de Luna et Pierre Cardol, chercheurs à l'Université de Liège, ont pris part à l'expédition au mois de janvier 2018 lors de l'escale du bateau à Palau, en Micronésie. Ils ont rejoint leurs collaborateurs du Centre Scientifique de Monaco, de l'Université Bar Ilan (Israël), du Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (France) et de l'Institut de Recherche sur le Cancer et le Vieillessement de l'Université de Nice-Sophia Antipolis (France). Pendant une quinzaine de jours l'ensemble de l'équipe a effectué de nombreux

prélèvements et une série de mesures sous l'eau, en dehors et au labo afin de mieux comprendre les mécanismes d'acclimatation et d'adaptation des coraux de Palau face à l'acidification des océans et au réchauffement climatique. En effet, cet archipel de plus de 500 îles situé dans l'ouest de l'Océan Pacifique constitue un véritable laboratoire à ciel ouvert car il possède des zones récifales naturellement plus acides (pH 7.8) que la normale (pH de 8.2) où la population corallienne est importante, très diversifiée et plutôt résiliente à l'augmentation de la température de l'eau.

Durant cette mission, l'équipe Liégeoise était responsable des mesures liées à l'activité photosynthétique des microalgues qui vivent en symbiose avec les coraux. L'objectif était de déterminer si les capacités d'adaptation des coraux à ces nouvelles conditions environnementales étaient liées d'une part à des variations au niveau des mécanismes de fonctionnement de la photosynthèse et d'autre part, à des différences génétiques dans les populations de microalgues en symbiose. Ces résultats permettront de mieux comprendre et d'appréhender les capacités de résiliences des coraux face aux changements climatiques en cours. À l'heure actuelle les échantillons collectés à Palau sont toujours en cours d'analyse et le traitement de certaines données obtenues nécessitera un peu de temps car celles-ci seront intégrées aux analyses génétiques et biochimiques réalisées en parallèle par les collaborateurs étrangers.



## A propos de la Fondation Tara

La Fondation Tara Expéditions, première fondation reconnue d'utilité publique consacrée à l'Océan, développe, grâce à la goélette Tara, une science de l'Océan ouverte, innovante et inédite devant permettre de prédire et mieux anticiper l'impact du changement climatique. Elle utilise cette expertise scientifique de très haut niveau pour sensibiliser et éduquer les jeunes générations mais aussi mobiliser les décideurs politiques et permettre aux pays en développement d'accéder à ces nouvelles connaissances. La Fondation Tara est Observateur spécial à l'ONU et participe activement aux Objectifs du Développement Durable de l'Agenda 2030 de l'ONU. Nous souhaitons de faire de l'Océan une responsabilité commune.

### EN SAVOIR +

<https://oceans.taraexpeditions.org/>

Crédits photos : © David Monmarché - Fondation Tara Expéditions / Stéphane Roberty - Université de Liège



## Les micro-plastiques dans les estomacs de poissons

D'après les recherches de France COLLARD et François REMY (ULiège)

Laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et Evolutive et Océanologie biologique - Unité de Recherches FOCUS.

Les recherches menées par France Collard, chercheuse au laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'Université de Liège, s'intéressent à la présence des micro-plastiques dans le système digestif de trois espèces de poissons commerciaux évoluant respectivement en mer du Nord, Manche, et Méditerranée, à savoir le hareng, la sardine et l'anchois. Les recherches ont été centrées sur l'expérimentation d'une nouvelle méthode de détection et d'isolation de ces particules de plastique dans les estomacs des poissons. Une prochaine étape viendra renforcer les résultats de cette étude en identifiant précisément le type et le nombre de micro-plastiques ingérés ainsi que la manière dont les poissons les avalent. Pour l'heure, la méthode proposée par France Collard offre une amélioration considérable de la recherche sur la détection de la pollution marine par les micro-plastiques (1). Avec en prime un résultat étonnant : dans l'estomac des poissons, on trouve davantage des fibres de cellulose que de plastique !

La production mondiale de plastique a été estimée à 299 mégatonnes en 2013. On considère que 10% de ces plastiques terminent dans les mers et les océans. La pollution marine par le plastique est une problématique désormais connue du grand public. Cela d'autant plus que cette dégradation de l'environnement marin peut prendre une apparence spectaculaire et monstrueuse : l'ensemble des plastiques correspondrait à un « **septième continent** ». En plus de déchets visibles à l'œil nu, il faut aussi compter ceux qui restent invisibles. Enfin, il faut considérer que si cet état de fait est déjà très préoccupant, on doit lui ajouter la problématique de l'ingestion de ce plastique par les espèces animales marines (mammifères, poissons, tortues, oiseaux). Cette question reste très peu fouillée en ce qui concerne les poissons, ce qui peut paraître surprenant si l'on songe au fait que les premiers plastiques industriels remontent aux années 50. Il est vrai que les préoccupations d'ordre environnemental sont, elles, beaucoup plus récentes. Toujours est-il qu'en débutant sa thèse, il y a trois ans, France Collard, chercheuse au laboratoire de Morphologie Fonctionnelle et Evolutive et au laboratoire d'Océanologie biologique de l'Université de Liège, ne pouvait s'appuyer que sur « *sept ou huit études dans le monde sur l'ingestion de plastiques par les poissons. J'ai choisi d'étudier la relation **micro-plastiques/poissons** car, malgré l'importance économique et écologique des poissons, on ne connaissait quasiment rien de cette relation. On ne savait pas en premier lieu s'ils ingéraient même du plastique, si cela les impactaient, s'ils choisissaient de le faire ou s'ils étaient leurrés et croyaient que c'était des proies classiques* ». Beaucoup de questions restent ainsi actuellement sans réponse ou font l'objet d'hypothèses. Par exemple, que deviennent les plastiques une fois ingérés ? Sont-ils digérés ou non ? « *Au vu de ce que j'ai vu dans les*

estomacs, je peux dire qu'il y a peu de plastiques ce qui me fait dire qu'ils ne seraient pas digérés et seraient excrétés naturellement. Bien sûr, si le plastique est trop gros, il peut obturer le conduit digestif. Cela n'a pas été démontré chez les poissons mais plutôt chez les mammifères marins, les tortues, les oiseaux. » Mais le problème ne se limite pas seulement au mécanisme de digestion. En effet, le plastique est une matière qui fait office d'aimant pour les polluants comme les **PCB** et **DDT**. « Quand le poisson ingère le plastique, il ingère aussi les polluants et une fois dans le système digestif, ceux-ci peuvent se détacher de ce plastique et éventuellement passer dans les tissus et organes du poisson. En ce qui concerne les **PBDE**, il a été montré que chez une espèce de poisson en particulier, ces PBDE une fois avalés se retrouvaient dans les muscles ou autres tissus du poisson. »

Mais avant de parvenir à ce stade d'analyse, il faut d'abord prouver que les particules retrouvées sont bien du plastique. Cela est d'autant plus difficile qu'il s'agit en l'occurrence de micro-plastiques, de moins de cinq millimètres. L'observation à l'œil nu paraît par conséquent hasardeuse et pourtant c'est cette méthode qui s'avère être la plus utilisée par les scientifiques jusqu'à présent. « C'est un problème. Certains scientifiques agissent par facilité. S'ils voient des couleurs ou des formes un peu particulières, ils classent cela dans les micro-plastiques. D'un autre côté, il est vrai qu'il est difficile d'analyser des choses aussi petites. » Difficile ou pas, France Collard a travaillé sur la mise au point d'une méthode efficace de détection et d'isolation des micro-plastiques dans les estomacs de poisson et elle a pleinement réussi. Il fallait pour cela parvenir à dégrader toutes les matières organiques de l'estomac pour qu'il ne reste que les particules suspectes. Celles-ci ont ensuite été analysées chimiquement afin de déterminer s'il s'agissait bien de plastique.

## Un procédé ingénieux

Le procédé employé est simple mais il fallait y penser : « un mélange d'eau de Javel et d'acide fort » avec lequel le contenu de l'estomac est traité. Cette réussite est le fruit d'une étroite collaboration entre des biologistes comme France Collard et des chimistes comme Bernard Gilbert et Gauthier Eppe, du département de chimie de l'ULg. Néanmoins, le travail en amont a été particulièrement ardu car il fallait en premier lieu identifier ce que les poissons mangent afin de savoir ce qu'il allait falloir « digérer » chimiquement, et en fonction, décider des substances adéquates. « De fil en aiguille, j'ai trouvé que la solution la plus adaptée et qui agit le plus rapidement c'est la Javel. Là où la Javel prend une nuit pour tout décomposer et dégrader, d'autres composants comme l'hydroxyde de potassium prennent 3 semaines. » L'autre avantage de la javel est bien sûr son prix et la facilité avec laquelle on la trouve dans le commerce.

Quant aux résultats, ils ont réservé quelques surprises. Rappelons en effet que l'un des objectifs de départ de la thèse est de constater si les poissons ingèrent du plastique. Si oui, lesquels ? Répondent-ils à certains critères de taille, de forme, de couleur ? Or, au bout du compte, France Collard a trouvé surtout des fibres de cellulose dans les estomacs. Ceci montre bien la faiblesse de l'observation visuelle qui biaise les résultats. « Nous avons mis en évidence que beaucoup de particules que l'on pensait être du plastique n'en sont pas. En fait, il y a plus de fibres que toutes autres formes de pollution causées par les activités humaines. » La cellulose existe à l'état naturel et cela aurait pu en être si les fibres n'avaient pas été colorées. Ces teintures étant obtenues avec des colorants artificiels, il n'y a par conséquent aucun doute possible sur l'origine de ces fibres de cellulose (des fibres textiles par exemple). De plus, au cours de sa thèse, France Collard a pu remarquer le même phénomène chez certains crustacés (2). Le plastique est donc supplanté par les fibres de cellulose artificielle. Il est vrai qu'il a été prouvé scientifiquement qu'avec un seul lavage en machine classique, on pouvait larguer « plus de 1900 fibres dans l'eau » !

## GLOSSAIRE

### Le septième continent

Nom donné au vortex de déchets du Pacifique Nord, découvert en 1997 par l'océanographe Charles J. Moore. Ce « continent » est translucide et se situe sous la surface de l'eau. Il n'est donc pas détectable sur images satellites. Une étude internationale parue dans la revue PLOS ONE estime qu'au total il y aurait environ 269.000 tonnes de plastiques flottants. Cette immense décharge (de la taille du Texas) tourne sur elle-même et est constamment alimentée par de nouveaux déchets apportés là via les courants venus du Japon.

### micro-plastique

Désigne les particules de plastique ayant une taille inférieure à 5 millimètres, par opposition aux macro-plastiques qui font 5 millimètres ou plus. Les micro-plastiques sont moins connus car ils sont plus difficiles à prélever. Identifiés depuis les années 1970, il a fallu attendre les années 2000 pour qu'ils soient étudiés minutieusement, lorsqu'il a été établi que la majorité des plastiques se trouvant dans le Pacifique Nord étaient des micro-plastiques et que ceux-ci



semblaient avoir un impact sur l'environnement

## **PCB**

Les PCB ou polychlorobiphényles sont une famille des 209 composés **organochlorés**, à forte odeur aromatique. Ce sont des composés très stables qui ne se décomposent qu'à des températures supérieures au 1.000°C. Les PCB sont des polluants qui peuvent être persistants (durée de vie entre 94 jours et 2700 ans, selon la molécule) et qui sont susceptibles de se bioaccumuler dans les graisses des animaux et notamment des humains, y compris dans le lait maternel. Autrefois largement utilisés, principalement dans le matériel électrique, les PCB ont été interdits dans de nombreux pays à la fin des années 70. Mais comme ils sont très stables, ils restent présents dans l'environnement aujourd'hui.

## **Organochloré**

Se dit d'un composant organique de synthèse, composé au moins d'un atome de chlore et utilisé comme pesticide, insecticide, solvant, fongicide ou molécule intermédiaire de synthèse en pharmacie et en chimie. Les plus connus sont les pesticides comme le DDT, les PCB et les dioxines.

## **DDT**

Dichlorodiphényltrichloroéthane, substance cristalline incolore, pratiquement insoluble dans l'eau mais très soluble dans les graisses et les solvants organiques. Il a été synthétisé pour la première fois en 1874 mais ses propriétés d'insecticide n'ont été découvertes qu'en 1939. Il sera alors abondamment utilisé par les militaires, notamment en Italie, pour combattre les insectes porteurs du paludisme et de typhus. Après la guerre, il est couramment utilisé dans l'agriculture. L'OMS (Organisation mondiale de la Santé) en fait le fer de lance de son programme mondial d'éradication du paludisme en 1955. C'est aussi dans les années 1950 qu'apparaissent les premiers doutes sur ses effets sur l'environnement (décès d'oiseaux et de poissons après épandage de DDT). Son usage dans l'agriculture sera petit à petit interdit dans les pays développés au cours des années 1970 et 1980. L'utilisation du DDT est aujourd'hui largement limitée, mais comme les PCB, il s'agit d'une molécule très stable. On en retrouve encore beaucoup dans l'environnement, notamment dans la mer.

## **PBDE (polybromodiphényléther)**

Ce sont des produits chimiques qui agissent notamment comme retardateurs de feu. Ils sont utilisés pour protéger les matières plastiques mais aussi les textiles. On les trouve donc en grande quantité même dans les foyers domestiques. Ils ont été très utilisés dans les années 1970 et 1980 pour l'extraction pétrolière. Ils ne se dissolvent pas dans l'eau mais bien dans les graisses, ils sont très volatils. Biodégradables mais sur une période de deux ans ou plus, ils sont fortement présents dans le réseau trophique.

## **RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES**

(1) *Detection of anthropogenic particles in fish stomachs : an isolation method adapted to identification by Raman spectroscopy*, Collard France, Bernard Gilbert, Gauthier Eppe, Eric Parmentier, Krishna Das, 20 août 2015, in Archives of Environmental Contamination & Toxicology.

(2) *When microplastic is not plastic : ingestion of artificial cellulose fibers by macrofauna living in seagrass macrophytodebris*, Collard France, Remy François, Gilbert Bernard et al., in American Chemical Society.



## La Méditerranée souffre

D'après les recherches de Sylvie GOBERT et Marc BINARD (ULiège) et Pierre LEJEUNE (STARESO)

Laboratoire d'Océanologie biologique - Unité de Recherches FOCUS.

2015 : des observations biologiques exceptionnelles, des événements météorologiques particuliers répertoriés à partir de la STARESO (La Station de Recherches sous-marines et océanographiques). En Baie de Calvi (Corse), 2015 a été une année particulière à plus d'un titre: une floraison exceptionnelle de l'herbier de posidonies, une tempête liée à une dépression subtropicale, des mortalités massives de mérrou suite à un virus, une nouvelle espèce invasive,... ces événements observés à partir de STARESO sont probablement à mettre en relation avec les effets de changements climatiques alliés à la pression anthropiques croissante en Méditerranée. La Grande Bleue souffre... ?

### 1. Un herbier complètement fleuri

La posidonie (*Posidonia oceanica*) est une des rares plantes à fleur qui a colonisé le milieu marin. Cette plante qui réalise la photosynthèse comme les autres plantes, est essentielle pour le maintien de l'équilibre des côtes méditerranéennes car elle joue, en mer, les mêmes rôles que la forêt sur terre (production d'oxygène, stabilisation des sédiments, abris, habitat, source de nourriture pour des milliers d'espèces...). La posidonie forme des herbiers entre la surface et 40m de profondeur.

La posidonie est parfaitement adaptée au milieu marin mais elle a également gardé des caractéristiques des plantes à fleur terrestres. Elle peut se multiplier de façon végétative (reproduction asexuée : formation de jeunes faisceaux sur un rhizome formant ainsi des clones) et elle réalise également la reproduction sexuée dans l'eau (à partir de fleur fécondée par du pollen qui produisent des fruits et ensuite des graines). La multiplication des clones et la reproduction sexuée permettent à l'espèce d'élargir la surface colonisée et de maintenir la population par remplacement des faisceaux âgés.

Contrairement aux plantes terrestres, les posidonies ne fleurissent pas chaque année et le nombre de faisceau qui produit des fleurs (Indice de floraison) est très variable d'une année à l'autre. De plus, la présence de fleurs n'amène pas forcément à l'élaboration d'une graine, la fécondation n'a pas toujours lieu, les fruits peuvent avorter avant d'être à maturité, les graines font l'objet de prédation (par les oiseaux ou les poissons), les graines avant ou après germination peuvent être emportées par les courants dans des zones qui ne permettent pas l'enracinement..

Etudié depuis 1975 par l'Université de Liège et STARESO, l'herbier de la baie de Calvi semble exprimer les effets des changements climatiques. Alors que la floraison était un phénomène extrêmement rare et de faible intensité

jusque dans les années nonante, depuis ces 20 dernières années le rythme mais aussi l'intensité des floraisons augmentent. Depuis septembre 2015 (la posidonie fleurit en hiver), on assiste à un phénomène exceptionnel où l'herbier est en fleur depuis la surface jusqu'à 25m de profondeur avec une intensité, jusque là jamais mesurée (30 à 40% des faisceaux sont fleuris).

Cette modification de la fréquence et de l'intensité de floraison des herbiers de posidonies n'est pas sans conséquence car si la reproduction sexuée maintient une diversité génétique et augmente aussi les chances de recolonisation des zones qui ont été altérées par l'activité humaine, elle induit aussi des modifications morphologiques et physiologiques de la plante.

En effet, les études menées en Baie de Calvi par le Laboratoire d'Océanologie, sur les floraisons précédentes ont montré que non seulement, la posidonie qui fleurit « investit » dans la floraison au détriment de la production du nombre de ses feuilles et aussi qu'elle a besoin de plus de nutriments (or ces plantes vivent dans un milieu très oligotrophe c-à-d qui est extrêmement pauvre en nutriments), ce qui l'oblige à puiser dans les réserves stockées pour amorcer la future croissance printanière.

Des prélèvements sont en cours afin de tenter de vérifier si ces floraisons répétées n'épuisent pas l'herbier.

## 2. Une tempête liée à une dépression subtropicale

Début octobre 2015, STARESO est au centre d'une dépression avec des vents atteignant 110 km/h (Force 8 à 9 sur l'échelle de Beaufort).

Dans la nuit du 30 septembre au 1er octobre 2015, une dépression subtropicale (à coeur chaud) s'est développée sur les côtes de l'Afrique du Nord. Ce centre dépressionnaire est ensuite remonté vers l'est de la Corse puis a franchi l'île de beauté avant de se retrouver entre la Corse et le continent dans l'après-midi du 2 octobre (carte). Des rafales de vent tempétueuses atteignant 100 à 130 km/h sur le littoral et en montagne voire 150 à 160 km/h au Cap Corse ont été enregistrées.

## 3. Echouage de mérours

merou-STARESO Durant cette même période de début octobre, 6 mérours *Epinephelus marginatus* s'échouent en Baie de Calvi, les individus ont les yeux vitreux, la peau abimée et la vessie natatoire gonflée (des poissons ayant au moins 10 ans).

Les résultats des analyses anatomopathologiques démontrent la présence d'un nodavirus responsable d'une encéphalopathie et de rétinopathie (atteignant le cerveau et les yeux). Un mois plus tard, alors qu'une analyse dans un des mérours de Calvi échoué en octobre confirme l'infection par le nodavirus (Unité de pathologie virale des poissons, Plouzané-France), 16 autres individus sont morts présentant les mêmes symptômes.



## 4. Espèce invasive

Le 20 juillet 2015, un petit crabe étrange est ramassé à faible profondeur aux abords de STARESO. Sa détermination nous révèle qu'il s'agit de l'espèce *Percnon gibbesi*. Introduit en Méditerranée il y a une quinzaine d'années, il est actuellement répertorié comme une espèce invasive que nous signalons ainsi pour la première fois sur la côte occidentale corse.

### Conclusions

Pris séparément, ces évènements ne sont que des curiosités scientifiques, des « faits divers » mais:

- la **floraison de posidonies** est liée à une plus grande quantité de lumière et/ou à une augmentation de température,
- le **Nodavirus**, suspecté de s'exprimer particulièrement lors d'épisodes chauds, est transmissible à d'autres espèces de poisson, les poissons ayant survécu restent porteurs de l'infection,
- la **violence de la dépression** a été alimentée par des températures de surface de l'eau de mer anormalement élevée,
- la **Méditerranée**, hotspot de la biodiversité, est soumise à une pression croissante de nouvelles espèces introduites (amenées par les bateaux, l'aquaculture, la canal de Suez...) qui peuvent devenir envahissantes...

Ces évènements semblent être liés aux changements climatiques. Conscients de ces modifications, les océanographes de l'Université de Liège et STARESO ont lancé depuis 2010, un programme multidisciplinaire qui s'appuie sur la base de données acquises à STARESO (débutée dès 1970) et le caractère exceptionnel du site. Ce projet STARE-CAPMED (STation of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts) a pour objectif d'établir sur ce site reconnu comme référence, un site atelier à long terme pour la compréhension, par la recherche fondamentale, des processus de l'évolution des écosystèmes méditerranéens côtiers (et proche large) en réponse aux changements actuels, locaux et globaux, des pressions anthropiques. Il doit permettre, à la fois la mise au point ou la vérification d'indicateurs pertinents d'évaluation, de méthodologie de recherches nouvelles et l'établissement d'une base de référence à visée opérationnelle en temps réel afin de fournir des données et une expertise scientifique permettant d'aider à la gestion des eaux côtières.

## RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES

(1) *Anthesis effects on Posidonia oceanica (L.) Delile phenology in the Bay of Calvi (Corsica, Mediterranean Sea)*, Gobert Sylvie, Defawe Olivier, Lepoint Gilles, Demoulin Vincent et Bouquegneau Jean-Marie, Hydrobiologia .

(2) *C, N, P concentrations and requirements of flowering Posidonia oceanica shoots*, Gobert Sylvie, Lejeune Pierre, Lepoint Gilles et Bouquegneau Jean-Marie, Hydrobiologia .

(3) *RACE Data Base : Rapid Assessment of the Coastal Environment*, Binard Marc et Al.

(4) *Multiparametric observations and analysis in the Bay of Calvi (Corsica), an ideal site for studying the human activity effects and climate changes in the Mediterranean Sea*; STARESO, Gobert Sylvie et al., mai 2010

(5) STARECAPMED (STation of Reference and rEsearch on Change of local and global Anthropogenic Pressures on Mediterranean Ecosystems Drifts) - Année 2014. Rapport de recherches., 30 juil 2015.



## La Méditerranée, toxique pour les baleines

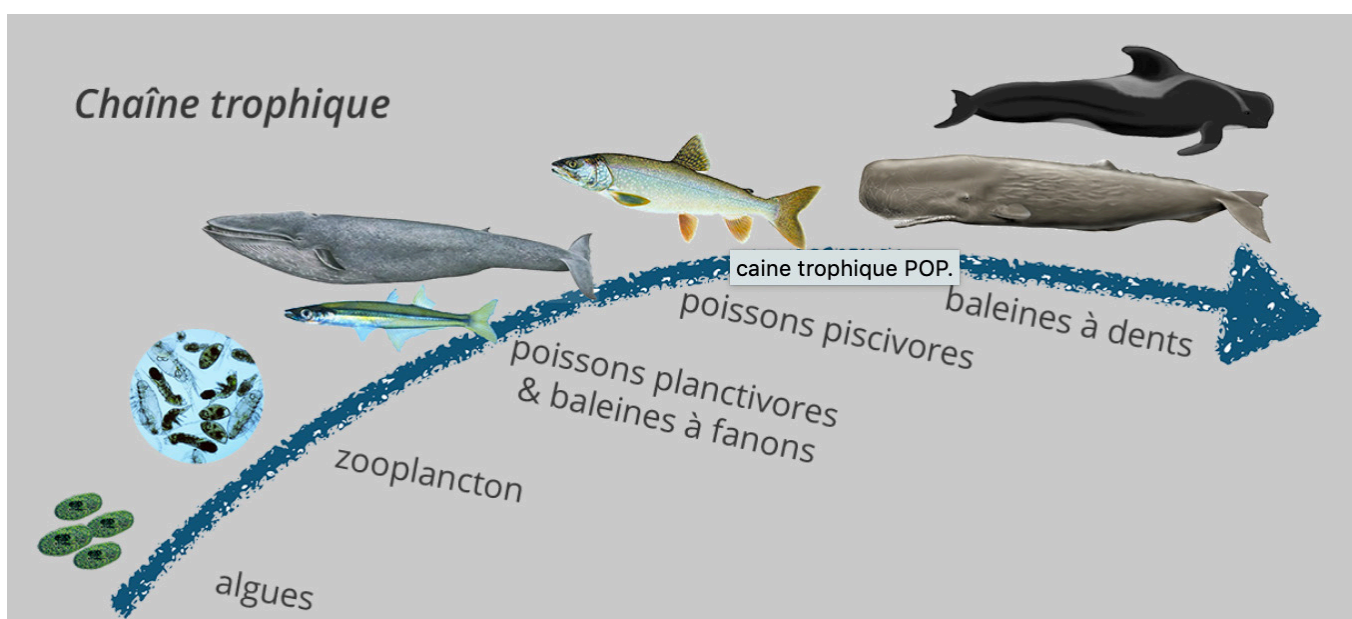
D'après les recherches de Marianne PINZONE et Krishna DAS (ULiège)

Laboratoire d'Océanologie biologique - Unité de Recherches FOCUS.

La Méditerranée, carrefour des civilisations et lieu de villégiature privilégié, est aussi un gigantesque dépotoir dans lequel une large gamme de polluants se mélange à la faune et à la flore marines. Une vaste étude, dont les résultats viennent d'être publiés (1), menée entre 2006 et 2013 par l'Université de Liège et le WWF notamment(2), a révélé un degré alarmant de contamination à certains polluants lipophiles de trois espèces de baleines évoluant en Méditerranée, à savoir le globicéphale ou baleine-pilote, le cachalot, et le rorqual. Cette étude est remarquable et inédite tant par son ampleur que par son objet et par la méthode utilisée pour prélever les échantillons. En effet, ce sont au total 70 polluants organiques persistants qui ont été recherchés (et détectés) dans pas moins de 180 prélèvements de peau et de blanc de baleine issus de 61 cachalots (*Physeter Macrocephalus*, 14 femelles et 47 mâles), 49 globicéphales (*Globicephala Melas*, 23 femelles et 26 mâles), et 70 rorquals (*Balaenoptera Physalus*, 35 femelles et 35 mâles). Un tel dépistage sur une aussi large palette de polluants est inhabituel. Par ailleurs, l'étude se distingue par la méthode de prélèvement utilisée puisque les échantillons proviennent de sujets vivants en lieu et place des habituelles carcasses échouées. Les résultats obtenus viennent souligner la nécessité cruciale de poursuivre les efforts dans la lutte pour l'interdiction de ces polluants rémanents et le contrôle du respect des législations allant dans ce sens.

On ne saurait aborder les baleines de Méditerranée et leur intoxication par des polluants lipophiles (non solubles dans l'eau) rémanents (polluants organiques persistants ou POPs) sans évoquer en premier lieu leur environnement particulier : la mer Méditerranée. Historiquement, l'Université de Liège et son Laboratoire d'océanologie ont depuis longtemps développé des recherches dans cette zone, notamment grâce à la station océanographique STARESO, située en Corse. « Il y a toujours eu un attrait pour la Méditerranée car c'est une mer et en même temps un petit océan qui connaît des circulations particulières. Au niveau océanographique, c'est un site vraiment très important qui suscite énormément de questions scientifiques », explique Krishna Das, Maître de Conférence à l'Université de Liège, chercheur qualifié au FRS – FNRS et membre du Laboratoire d'océanologie de l'ULiège. La Méditerranée se distingue également par sa situation géographique particulière puisque sans être une mer intérieure, elle n'en reste pas moins entourée de terres. Ce sont en effet « vingt-et-un pays qui bordent la Méditerranée et qui y ont des activités économiques plus ou moins polluantes. C'est ce qui rend l'étude de cette

mer aussi pertinente sur le plan des écosystèmes et de la lutte contre la pollution », précise Marianna Pinzone, premier auteur de l'étude, et chercheur en écotoxicologie marine à l'ULiège. Or, parmi ces 21 pays, on relève des législations radicalement différentes sur le plan de l'utilisation des polluants examinés ici. En effet, la plupart des pays d'Europe ont interdit l'usage des PCB en particulier depuis environ quarante ans. D'une façon plus générale, la plupart des Etats dans le monde ont souscrit à cette interdiction avec la ratification et la mise en application de la Convention de Stockholm. Cependant, des pays rechignent encore comme l'Italie, seul membre de l'Union européenne et seul Etat européen dans ce cas. « Au niveau mondial, beaucoup de pays ne se sont pas engagés non plus. Par exemple, en Asie, au Cambodge, on utilise encore le DDT, un pesticide qui n'est plus autorisé en Europe depuis des décennies, car c'est un moyen efficace de lutter contre la malaria. Il existe des dérogations. » Le même phénomène s'observe autour de la Méditerranée avec au nord des pays industrialisés de longue date, portant un lourd historique de recours à des substances chimiques industrielles, et au sud des pays dits émergents dans lesquels la prise de conscience touchant le respect de l'environnement n'en est encore qu'à ses débuts. En outre, les côtes de la Méditerranée se caractérisent par un fort taux d'urbanisme. On estime qu'elles seront peuplées de près de 530 millions d'habitants à l'horizon 2025. L'ensemble de ces considérations permet de comprendre en quoi la Méditerranée constitue un véritable bouillon de culture peu ragoûtant pour ses occupants, dont les globicéphales ou baleines-pilotes, les cachalots et les rorquals.



Nous disons bien « ses » occupants car justement les baleines de Méditerranée sont différentes génétiquement de leurs congénères d'Atlantique, ce qui rend ces populations de mammifères uniques au monde. « La conservation des mammifères marins en Méditerranée est une problématique à part, explique Krishna Das. Il y a peu de transferts de gènes avec les espèces de l'Atlantique. Cela amène beaucoup de questions sur leur devenir, leur exposition aux polluants en mer, leur conservation et leur préservation. D'ailleurs, par rapport à l'Atlantique, il y a moins de renouvellement des eaux en Méditerranée. » Aussi, au-delà du constat de la contamination, l'objectif de l'étude était de réaliser une véritable analyse écotoxicologique de la baleine-pilote (ou globicéphale), du cachalot et du rorqual afin de comprendre comment l'écologie particulière à chacune de ces espèces influence le modèle de contamination. Pour cela, il est nécessaire de revenir sur les caractéristiques propres à ces cétacés. « Nous avons cherché à lier le profil de contamination de ces trois espèces avec leur écosystème, leur répartition dans la Méditerranée, leur régime alimentaire. Nous n'avons pas accès à leur estomac. Il a fallu utiliser un plan B, c'est-à-dire avoir recours à des marqueurs d'alimentation que l'on peut analyser dans la peau et qui nous permettent d'identifier la position de l'animal dans la chaîne trophique. Ce sont ces marqueurs qui ont été analysés chez ces trois espèces », précise Marianna Pinzone. Comment ? Avec l'aide d'une arbalète (outil du WWF) munie d'une flèche creuse qui vient se planter dans la graisse de baleine. Cet embout se trouve au bout d'une corde reliée au biopseur à l'avant du bateau. La baleine ne sent absolument rien lorsque la flèche l'atteint. La sensation est comparable à celle d'une piqûre de moustique pour nous. Pour être certain de ne pas pratiquer plusieurs analyses sur le même animal, les chercheurs prennent de nombreuses photographies pendant l'opération. Le photographe doit s'appliquer à prendre l'aileron dorsal gauche et droit ainsi que la caudale comme il doit également se concentrer sur tous les détails propres à chaque cétacé (marques spécifiques, blessures).

## Contamination plus élevée

La place du mammifère dans la chaîne trophique est essentielle à identifier du fait de la nature même des polluants dépistés. En effet, les polluants organiques persistants sont lipophiles, ce qui signifie qu'ils ne se dissolvent que dans les corps gras, dans tout ce qui est matière organique, y compris de grande profondeur. *« Même les animaux de l'Antarctique sont contaminés par les PCB ! Ils arrivent là par le biais des circulations atmosphériques et océaniques. Tous les compartiments de la Terre sont affectés, un peu moins en Antarctique mais les baleines de l'Antarctique sont elles aussi contaminées. »* Une fois plongés dans l'eau de mer, les polluants vont donc d'abord être absorbés par le plancton ou à d'autres minuscules organismes similaires. Ces organismes pollués sont ensuite ingurgités par des espèces marines plus grandes. Et selon la logique de la chaîne alimentaire, ce sont les mammifères qui se trouvent au bout de celle-ci qui vont accumuler dans leurs tissus toutes ces réserves de graisse lourdement contaminées par des actifs chimiques toxiques qui ne se seront jamais dissous. Les polluants se retrouvent alors surtout dans le blanc de baleine, un tissu très dynamique qui se rompt au cours des périodes de faim. Lorsque cela se produit, les polluants se trouvent alors libérés dans le sang. Comparés à ce schéma, les résultats obtenus ne sont pas surprenants. Le rorqual, qui se nourrit de plancton et qui est donc plus bas au niveau trophique, est moins contaminé par les PCB, DDT et autres que le globicéphale ou le cachalot. Ces deux mammifères, à l'inverse, sont fortement intoxiqués. Ceci peut s'expliquer par leur régime alimentaire, de type pélagique, puisque tous deux consomment des céphalopodes. Le cachalot en particulier ne mange qu'un certain type de céphalopodes et semble avoir une alimentation très spécifique alors que le globicéphale peut se nourrir de certains poissons en plus des céphalopodes. C'est peut-être ce qui explique que ce sont les globicéphales et les cachalots, les plus hauts dans la chaîne alimentaire par rapport au rorqual, qui sont les plus atteints par les polluants de type PCB. En revanche, les résultats comportent quelques surprises concernant la présence de DDT dans les tissus. Ainsi, le cachalot enregistre un taux beaucoup plus fort de contamination aux DDT que le globicéphale. *« Cela est peut-être lié au fait que les cachalots (mâles en particulier) bougent, migrent en Méditerranée jusqu'à proximité des côtes où ces DDT sont encore en usage. »* Il semblerait que les jeunes mâles en particulier se rendent au cours de migrations saisonnières dans le bassin oriental de la Méditerranée, là où de fortes quantités de DDT sont encore déchargées dans l'environnement. La contamination de PCB jusqu'à 95 fois supérieure à celle du globicéphale de Tasmanie. Même constat avec le cachalot, chez qui les taux de PCB sont deux fois plus hauts que ceux des cachalots d'Atlantique. Quant au rorqual, il n'est pas en reste puisqu'il est quatre fois plus intoxiqué par les PCB que le rorqual de l'Atlantique, il y a vingt ans !



### ÉCHANTILLONNAGE

- 1 - Echolocalisation
  - 2 - Stérilisation avant flèche
  - 3 - 7mm de diamètre 25/40mm de long
  - 4 - Stockage à bord à -20°C
- Photos ©F.Bassemayousse/WWF

Pour l'heure, ces résultats démontrent que le profil de contamination de ces mammifères ne dépend pas exclusivement de leur place dans la chaîne alimentaire. Il faut aussi confronter ces données au sexe et à l'âge. Si les analyses reflètent que d'une manière générale, ce sont plutôt les mâles qui sont victimes des polluants organiques persistants, l'étude révèle par ailleurs que ce sont les plus jeunes qui ont à en souffrir le plus, parfois même jusqu'à l'issue tragique. *« Le problème avec la population juvénile est qu'il y a un transfert très important de ces molécules (NDLR : PCB, DDT, et autres) vers la progéniture, aussi bien par voie placentaire, pendant les 12 ou 13 mois de grossesse des mères, que par la lactation »,* explique Krishna Das. *« C'est encore plus efficace par la lactation car elles émettent un lait qui est très riche en lipides, très dense et donc le transfert est favorisé. Chez certaines espèces de dauphins, certains auteurs ont émis l'hypothèse que le taux de transfert de la mère à son premier né est tel que cela peut occasionner la mort du fœtus. C'est avec le premier né que la mère se décharge d'un maximum de polluants, pouvant aller jusqu'à 80% de la charge totale. Les transferts s'amenuisent ensuite avec les suivants. »* Les conséquences possibles à court terme de la nature rémanente des polluants organiques persistants sont graves et nombreuses : augmentation du taux de mortalité, fausses couches, maladies, morts à la naissance, malformations et difformités de la progéniture, affaiblissement des défenses immunitaires et augmentation du risque de maladie. A long terme, il est probable que cela constitue une entrave à la reproduction. D'ailleurs, ainsi que nous le rappelle Krishna Das, *« les populations ont déjà baissé depuis le stock recensé au XVIIIe siècle. Il faut se dire que ces populations de baleines ont une histoire lourde ! Il y a d'abord eu les captures par les industries baleinières qui ont fortement impacté un grand nombre d'espèces. Les cachalots étaient régulièrement chassés. Les populations étaient déjà alors sous leur effectif d'il y a 200-300 ans. A cela sont venus se rajouter d'autres maux parmi lesquels la pollution chimique mais il y en a encore bien d'autres (pollution sonore, capture en filet, perturbations dues à la navigation). Autant de facteurs de stress qui peuvent à long terme mettre en péril la survie des espèces, ou en tout cas leur bien-être. »* Au-delà des mammifères marins, on sait maintenant que ces polluants lipophiles constituent un réel danger pour l'homme également puisqu'il s'agit de perturbateurs endocriniens qu'à l'instar des baleines nous avons dans nos tissus. *« Ils peuvent affecter la puberté chez les adolescents. Ces polluants sont également considérés comme obésogènes. »*

## Quelles solutions ?

Face à ce constat, des parades doivent impérativement être mises sur pied. L'interdiction progressive un peu partout dans le monde des PCB et DDT, les deux polluants lipophiles dominants en terme de concentration dans l'espace maritime, a contribué à améliorer significativement la situation. *« Auprès des espèces, il est difficile de comparer les niveaux de pollution d'une époque à l'autre car les techniques analytiques ont beaucoup évolué. Les niveaux sont cependant beaucoup plus bas. Chez certaines espèces utilisées comme sentinelles, on constate une diminution sur les 40 ans qui ont suivi l'interdiction des PCB »* mais le problème est qu' *« on a désormais atteint un plateau et que pour pouvoir incurver encore ce plateau il faut davantage d'efforts. »* Il faudrait notamment un meilleur contrôle des sources. La législation, même si elle existe, a peu de chances de faire évoluer les choses si en aval il n'est prévu aucun mécanisme de contrôle. *« Les PCB sont toujours présents dans l'environnement ; ils ne sont plus autorisés mais il y a toujours l'utilisation de vieux équipements qui en contiennent dans les pays émergents. Au Brésil, on vole des stocks de vieux PCB dans les usines. Donc si on les vole, c'est qu'il y a une demande, probablement via le marché noir. »* Ces polluants font donc l'objet d'une utilisation souterraine qu'il faudrait absolument pouvoir endiguer.

D'autant que les PCB et DDT ne sont pas les seuls polluants à devoir être mis en cause. Beaucoup de rejets en mer et dans l'atmosphère sont diffus. Les composés apparentés aux dioxines par exemple, la dioxine et le furane, sont également pointés du doigt. Les niveaux en tant que tels sont relativement faibles mais sont liés à toute activité de combustion. *« Quand on brûle des déchets dans son jardin, on émet des dioxines et des furanes et les feux de forêt en sont des sources naturelles. »* D'autres sources ne sont quant à elles pas du tout naturelles et rappellent que si l'on souhaite une législation efficace, il faut agir aussi bien en aval qu'en amont, ce qui signifie qu'il faudrait pouvoir anticiper l'apparition sur le marché de nouveaux polluants venus remplacer ceux qui sont interdits. A cet égard, l'étude réalisée par Marianna Pinzone et ses collègues a été la plus exhaustive possible en recherchant des polluants qui ne sont pas interdits et toujours utilisés. *« On a interdit les PCB mais de nouvelles molécules ont été créées, qui ressemblent curieusement aux anciennes et ont donc des actions comparables. Les retardateurs de flamme par exemple (PBDE soit les polybromodiphényléther) ont été analysés. Il y en a beaucoup disséminés un peu partout dans les foyers (mobilier, tissus, etc). »* Cela dit, le groupe de polluant principal en termes de concentration reste les PCB suivi des DDT. Mais tous les autres sont détectables et ont été détectés. *« Nous sommes actuellement face à un cocktail. Or justement ce que l'on connaît moins bien ce sont les effets combinés de ces polluants entre eux. »*

L'étude et la préservation des mammifères marins représentent donc un véritable enjeu pour l'avenir. Ces espèces sont emblématiques et rappellent que la santé de l'homme est intrinsèquement liée à celle de son environnement



## GLOSSAIRE

### polluants organiques persistants (POP)

Ensemble de substances organiques qui présentent quatre propriétés différentes. Elles sont persistantes ce qui veut dire qu'elles se dégradent lentement. Elles sont bioaccumulables c'est-à-dire qu'elles s'accumulent au sein des êtres vivants et ne peuvent se dissoudre dans l'eau. Elles sont toxiques et enfin elles sont mobiles sur de grandes distances. On en trouve jusqu'en Antarctique. Certains sont maintenant interdits dans la plupart des pays du monde. C'est le cas des PCB et des DDT. D'autres ne le sont pas encore. Il s'agit de pesticides, de substances chimiques industrielles, ou de sous-produits involontaires des procédés industriels ou d'autres processus. Douze d'entre eux ont été reconnus par les Nations Unies comme des substances chimiques très dangereuses car leur effet sur la santé humaine et animale est considérable. Les POPs sont notamment à l'origine de lésions du système nerveux central et périphérique, de troubles des fonctions reproductives et de dérèglements du système immunitaire.

## RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES

(1) *POPs in free-ranging pilot whales, sperm whales and fin whales from the Mediterranean Sea: Influence of biological and ecological factors*, M. Pinzone et al. Environmental Research, 2015.

(2) L'étude a été menée conjointement par trois laboratoires liégeois d'une part, le Laboratoire d'Océanologie, le Laboratoire de Spectrométrie de Masse (Pr. Gauthier Eppe, le Laboratoire d'Ecologie Animale et d'Ecotoxicologie (Pr. Jean-Pierre Thomé, et par trois organismes français d'autre part : l'Université de Bordeaux (Institut des sciences moléculaires et le Laboratoire de physico et toxico-chimie de l'environnement) et le CNRS EPOC (Environnements et Paléo-environnements Océaniques et Continentaux).



## Dauphins, baleines et pollution humaine

D'après les recherches de France DAMSEAUX et Krishna DAS (ULiège)

Laboratoire d'Océanologie biologique - Unité de Recherches FOCUS.

### **Les dauphins du parc national des Everglades moins impactés par les polluants organiques que leurs congénères des côtes sud de Floride. Mais beaucoup plus contaminés par le mercure !**

Le parc national des Everglades, inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO en 1979, est également classé zone humide d'importance internationale depuis 1987. Il abrite un grand nombre d'espèces parmi lesquelles le grand dauphin, *Tursiops truncatus* (Flipper !). Ce mammifère occupe une position élevée dans les réseaux trophiques, c'est un top-prédateur ! Par conséquent, il accumule malheureusement dans ses tissus des concentrations élevées en polluants toxiques (e.g. mercure et polluants organiques persistants – POPs- comme par exemple les PCBs). Qu'en est-il des dauphins de Floride ?

Cette question a fait l'objet d'une recherche internationale à laquelle collabore plusieurs chercheurs de l'Université de Liège, parmi lesquels Krishna Das, Maître de Recherche au F.R.S-FNRS (Laboratoire d'Océanologie de l'Université de Liège). Ces résultats viennent d'être publiés dans la revue *Environmental Pollution* (1) en collaboration avec notamment, la Florida International University Pr. J. Kiszka) et l'Université de Groningen (Pr. M. Fontaine). Le premier auteur de l'article est France Damseaux, aspirante FNRS au sein du Laboratoire d'Océanologie, qui avait réalisé un mémoire de master en biologie sur le sujet. Cette recherche visait à déterminer les concentrations en mercure total (T-Hg) et en certains polluants organiques chez les grands dauphins du sud de la Floride. Des biopsies de peau et de lard ont été réalisées chez des dauphins du parc national des Everglades et à Key West (dans les Keys - petites îles au sud de la Floride) afin de comprendre l'influence de leur habitat sur leurs niveaux et leurs profils de contamination.

Comme on pouvait s'y attendre, les dauphins échantillonnés au large des Keys présentent des concentrations en PCBs trois à quatre fois supérieures aux dauphins échantillonnés dans le parc national des Everglades. L'impact de la pollution sur l'environnement des Keys n'est pas à négliger. En effet, l'activité industrielle, la pollution atmosphérique, le tourisme etc. y sont fortement présents. Bonne nouvelle quand même, ces concentrations sont néanmoins inférieures à celles quantifiées chez d'autres populations de grands dauphins dans le sud-est des Etats-Unis, plus proches de grands centres industriels. Rappelons que diverses mesures d'assainissement ont également été mises en œuvre en 2000 afin de protéger les écosystèmes des Everglades et des Keys.

Cependant, contrairement aux polluants organiques, les concentrations en mercure total dans la peau étaient plus de trois fois supérieures chez les dauphins des Everglades par rapport aux dauphins des Keys. A notre connaissance,

ces concentrations sont parmi les plus élevées jamais enregistrées chez les grands dauphins, et peuvent s'expliquer par la biogéochimie des mangroves des Everglades et la contamination historique de ce site maintenant protégé (la mangrove contient beaucoup de matière organique dont les bactéries absorbent et retiennent le mercure qui est, notamment, rejeté par les centrales à charbon).

## Les baleines à bosse des eaux chaudes de l'Océan Indien révèlent la pollution de ... l'Antarctique !

Les baleines à bosse sont de très grandes voyageuses ! Elles peuvent être aperçues dans toutes les mers du globe en ce compris l'Océan Indien. Elles profitent des eaux chaudes de l'île de la Réunion entre les mois de juin et de novembre dans lesquelles elles viennent mettre bas et allaiter leur petit. Le reste de l'année, les baleines sont présentes au large de l'Antarctique à plus de 8000 km de l'île de la Réunion ! C'est dans ces eaux froides que les baleines vont se nourrir, majoritairement de krill, une petite espèce de crustacé très appréciée de ces grands mammifères ! Krishna Das en collaboration avec notamment le Groupe Local d'Observation et d'Identification des Cétacés (GLOBICE, Dr. V. Dulau) et le Toxicological Centre de l'université d'Anvers (Pr. A. Covaci) se sont intéressés à l'exposition aux polluants des baleines à bosse échantillonnées autour de l'île de la Réunion (2).

Comme les baleines à bosse se nourrissent majoritairement dans les eaux australes (et pas dans l'Océan Indien), elles accumulent dans leurs tissus les polluants présents en Antarctique. Et oui, malgré le fait que l'Antarctique soit éloigné des activités humaines, on peut tout de même détecter chez de nombreuses espèces marines des polluants industriels et des pesticides produits et utilisés à plusieurs milliers de kilomètres de là.

Et les baleines à bosse de l'Océan Indien ne sont malheureusement pas épargnées ! Les chercheurs ont retrouvé dans leur lard des concentrations détectables de pesticides, mais également des molécules à usage industriels (polychlorobiphényles, PCBs) et des retardateurs de flamme (polybromodiphényléthers, PBDEs), utilisés pour leur propriété ignifuge ! L'utilisation de ces polluants est interdite mais ces molécules organiques comme sont très résistantes, ne se dégradent pas et s'accumulent dans les organismes vivants.

Les baleines à bosse de l'Océan Indien sont toutefois moins contaminées que leurs congénères de l'hémisphère nord car elles consomment majoritairement du krill et occupent par conséquent une position plus basse dans le réseau trophique (les baleines du nord mangent aussi du poisson !) En outre, les baleines à bosse de l'hémisphère sud, sont plus éloignées des activités humaines majoritairement localisées dans l'hémisphère nord.

Autre fait intéressant : la variabilité des concentrations en polluants chez les baleines de l'hémisphère sud. En comparant les résultats avec plusieurs études précédentes, les chercheurs se sont aperçus que malgré une contamination plus faible des écosystèmes antarctiques, certaines baleines pouvaient présenter des niveaux relativement élevés. Les raisons sont multiples : âge, sexe, régime alimentaire, redistribution des polluants organiques lors de leur migration et lors de la mise-bas et de l'allaitement. Les baleines à bosse de l'hémisphère sud ne se nourrissent pas ou peu durant leur séjour à l'île de la Réunion et leurs trajets aller et retour. Un vrai défi physiologique et un modèle toxicologique assez unique !



*Arbalète et fléchettes utilisées pour la biopsie des baleines à bosse, au large de La Réunion*

## RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES

(1) *Spatial variation in the accumulation of POPs and mercury in bottlenose dolphins of the Lower Florida Keys and the coastal Everglades (South Florida)*, Damseaux F. et al. Environmental Pollution, Jan. 2017.

(2) *Linking pollutant exposure of humpback whales breeding in the Indian Ocean to their feeding habits and feeding areas off Antarctica*, Das K. et al. Environmental Pollution, Jan. 2017.



## Les phoques boivent la tasse

D'après les recherches de Krishna DAS (ULiège)

Laboratoire d'Océanologie biologique - Unité de Recherches FOCUS.

Le scénario ressemble à celui d'un épisode des Experts. A la petite différence que les acteurs en blouse blanche s'intéressent ici à des cas d'intoxication des gros mammifères marins de mer du Nord. Ce sont principalement les phoques gris et les phoques communs qui sont visés. Pourquoi ? Parce que situés au sommet de la chaîne alimentaire, ils sont les animaux les plus exposés aux effets délétères de nombreux polluants comme le mercure ou les polluants organiques persistants qui agiraient notamment comme perturbateurs endocriniens, s'attaqueraient au système immunitaire et altéreraient la reproduction. Mais beaucoup de questions restent encore sans réponse. Cerner les risques d'intoxication à ces polluants et établir leurs liens avec des maladies est une opération particulièrement complexe. Depuis une quinzaine d'années, des chercheurs de l'Université de Liège, en collaboration avec bon nombre d'universités belges et étrangères, tentent de percer les mystères de ce phénomène global. Pour y parvenir, ils articulent des disciplines aussi variées que la médecine vétérinaire, l'océanologie, l'écotoxicologie, la chimie, la biologie cellulaire et l'étude de biomarqueurs comme en témoignent plusieurs études récentes (1).

De nombreux polluants organiques et inorganiques présents dans nos océans représentent un enjeu écologique majeur. On parle souvent de métaux lourds lorsqu'on pense au mercure ou au cadmium. L'appellation n'étant cependant pas tout à fait correcte chimiquement, les termes « éléments-traces » seront privilégiés. Malheureusement, de nombreux autres polluants peuvent s'accumuler dans les organismes marins. Les polluants organiques persistants sont longues molécules assemblées autour de chaînes de carbone, le plus souvent synthétisées par l'homme. C'est le cas de certains pesticides, ou encore des PCB. Ces composés industriels interdits il y a plus de trente ans sont tellement stables qu'ils restent à l'heure actuelle présents et actifs. Enfin, le polluant le plus familier du grand public reste le mercure. « *Il existe à l'état naturel*, précise Krishna Das, Maître de recherche FNRS et membre du Laboratoire d'océanologie de l'Université de Liège, *mais les activités humaines ont multiplié les émissions atmosphériques en moyenne par trois, comparé à l'époque pré-industrielle. Cette exposition accrue pose bien évidemment question* ». Le mercure, sous l'influence d'une activité bactérienne, s'assemble à d'autres composés pour former le méthylmercure. Une molécule organique qui, comme de nombreux polluants, se révèle particulièrement toxique. Toute la chaîne trophique en est affectée. Pour appréhender ces niveaux d'intoxication et quantifier leurs conséquences sur la santé et les comportements animaux, des recherches mêlant campagnes en mer, études en laboratoires, culture in vitro ou encore analyse de biomarqueurs sont nécessaires. L'évolution de

la santé animale dépend en effet de tellement de facteurs aux origines diverses qu'il est difficile de rattacher une évolution particulière à un phénomène ou à un autre. Les réponses de la vie animale à son environnement relèvent d'un caractère global. Pour les cerner, les approches doivent être multiples.

## Une exposition aux polluants peu enviable

C'est à cette tâche pharaonique que Krishna Das et ses collaborateurs s'attèlent depuis une quinzaine d'années, s'intéressant aux mammifères marins comme les dauphins, les baleines à bosse, et plus particulièrement le phoque gris et le phoque commun. Deux espèces en haut de la chaîne alimentaire en mer du Nord. En tant que prédateurs, ils sont les plus exposés aux polluants organiques persistants tels que les polychlorobiphényles ou PCBs. Ces polluants industriels sont ingérés et assimilés par toutes les espèces de la chaîne trophique, mais sont peu éliminés par les reins ou par voie fécale. Lipophiles, ils s'accumulent préférentiellement dans les tissus adipeux. On observe un transfert efficace de la proie vers les tissus des prédateurs, depuis le plancton jusqu'au phoque. *« On estime que les concentrations de plusieurs polluants sont multipliées environ par dix à chaque niveau trophique, processus qu'on appelle la biomagnification. »* Ce processus n'explique pas à lui seul leur haute concentration en polluants. Le phoque est un mammifère et doit maintenir une température corporelle à 37°C, et ce, dans un milieu où les dissipations de chaleurs sont importantes. Pour compenser, il doit manger énormément, plus de 6 % de son poids par jour (variable en fonction notamment des espèces, de la saison, de leur stade de croissance et de leur statut physiologique), sachant qu'un phoque gris peut atteindre 200 kg. Ils possèdent de surcroît une épaisse couche de graisse, qui favorise l'accumulation des polluants lipophiles. Des caractéristiques qu'ils cumulent avec malchance. Mais ces particularités en font aussi des modèles toxicologiques fascinants.

## L'accumulation d'indices toxicologiques

*« Au début des années 2000, on a observé davantage d'échouages de marsouins et phoques sur les côtes belges, se souvient Krishna Das. Les scientifiques ont cherché à en comprendre les causes de mortalité. J'ai bénéficié d'échantillons prélevés par Thierry Jauniaux, de la Faculté de médecine vétérinaire qui étudiait les causes de mortalités chez ces mammifères marins, et j'ai commencé à observer les concentrations de ces éléments-traces. Je cherchais à comprendre ce qui conduisait un animal à être contaminé ou non. Son âge, par exemple, ou son régime alimentaire, son état de santé, ou encore s'il était possible d'établir des liens entre les maladies observées et les niveaux de concentration des polluants. Cette approche de type épidémiologique, où nous établissions des corrélations statistiques entre éléments toxiques et maladies, a fait l'objet de ma thèse de doctorat. »* Un premier volet de la recherche intéressant. Les échouages offrent un accès à énormément de tissus sans pour autant devoir capturer de gros mammifères dans leur milieu naturel. Mais cette approche montrait rapidement ses limites. *« En étudiant uniquement les marsouins et les phoques échoués, nous n'avons aucune mesure sur une population de contrôle. Nous ne pouvons observer que des individus malades. Et puis ces corrélations statistiques ne signifient pas obligatoirement un lien de cause à effet. Il fallait d'autres preuves, et donc d'autres méthodes pour compléter ces recherches. »* Or, une grande difficulté restait liée à l'objet. L'approche toxicologique traditionnelle voudrait déterminer un groupe de contrôle et un groupe test, en laboratoire, sur lequel seraient administrés des polluants. Le développement de maladies s'inscrirait dans un rapport de causalité directement observable. Mais ce qui fonctionne pour des rats de laboratoire ne fonctionne pas pour de gros animaux sauvages, évoluant en pleine nature et montrant des variabilités interindividuelles importantes. Une telle démarche rencontrerait en effet de nombreux obstacles et poserait de belles questions éthiques. Il fallait donc développer d'autres types d'approches. Chacune ayant ses failles et ses limites, amenant tout de même de nouvelles pistes, débusquant de nouveaux indices, l'accumulation finissant par faire acte de preuve.

## Des échouages aux campagnes de captures

Une approche complémentaire à l'étude des individus échoués résulte donc des captures d'animaux dans leur milieu naturel, qui n'est possible qu'en développant un réseau international. Dans le cas des phoques communs, l'espèce a subi plusieurs. Un phénomène qui a poussé des chercheurs allemands (Prof. Ursula Siebert, Institute for Terrestrial and Aquatic Wildlife Research (ITAW) University of Veterinary Medicine Hannover) à s'intéresser de très près à leurs populations, importantes dans leurs eaux. *« Deux fois par ans, ils organisent des campagnes de capture en mer du Nord. L'infrastructure et les moyens logistiques déployés sont colossaux. Les phoques capturés sont alors pesés, mesurés, on leur prélève du sang, des poils, de la salive, c'est une approche assez holistique, dont l'enjeu principal est de comprendre l'état de la population. Les prélèvements sanguins permettent la culture cellulaire et l'analyse des polluants de manière assez approfondie, mais dans un rapport instantané à la vie de l'animal. L'étude des poils permet une observation de l'évolution de santé sur un laps de temps beaucoup plus long. Car les éléments-traces sont intégrés pendant toute la croissance du poil, ce qui représente parfois plusieurs mois. »* Par contre, les phoques communs sont des animaux particulièrement craintifs. Toutes les précautions pour limiter le caractère invasif de l'opération sont prises et les captures ont lieu en mai et en septembre, et évitent les périodes de mise bas. La mère, en état de

panique, pourrait fuir et abandonner son petit.

À l'inverse, les captures des phoques gris, organisées en Ecosse avec l'Université de Saint Andrews (Dr. Paddy Pomeroy, Sea Mammal Research Unit, Scottish Oceans Institute University of St Andrews), se font uniquement sur les femelles, au moment où elles reviennent à terre pour allaiter. *« Elles sont un peu moins craintives que les phoques communs. Quant aux mâles, ils sont gros et assez agressifs, on évite généralement de les approcher ! Mais d'un point de vue scientifique, ces études sont complémentaires aux captures des phoques communs et particulièrement intéressantes pour la compréhension du transfert d'énergie entre la mère et son petit. Au moment de l'allaitement, les mères vont jeûner pendant trois semaines et produire un lait contenant quasi 50% de matière grasse. Beaucoup de polluants passent ainsi au nouveau-né. D'ailleurs, chez de nombreuses espèces de mammifères marins, on peut observer une décroissance des concentrations chez les femelles (en fonction du nombre de grossesses et d'évènements de lactation) alors ces niveaux ne cessent d'augmenter chez les mâles. Ce transfert mère-petit est maximum chez le premier né. »*

Le prélèvement de poils, de sangs, de lait, tant chez le nouveau-né que chez la mère permet de quantifier ce transfert de polluants associés aux lipides, et donc très présents dans le lait. Mais lors de sa première tétée, l'enfant a déjà été exposé aux polluants depuis bien longtemps. *« En prélevant du sang chez des jeunes qui venaient de naître, nous avons également constaté qu'ils étaient déjà fortement intoxiqués à certains polluants, notamment au mercure. Ce qui signifie que le transfert placentaire est également très efficace pour certains éléments-traces. On l'étudie également par le prélèvement du lanugo, un duvet que les petits synthétisent pendant la vie utérine et qu'ils perdent très rapidement. Ce lanugo contient d'importantes concentrations en éléments toxiques. »*

### **L'effet du mercure sur les globules blancs**

Afin de mieux comprendre l'effet immunotoxique du méthylmercure, une approche in vivo, a été tentée, en collaboration avec l'Allemagne (prof. Ursula Siebert) et le Pr. Marie-Claire Gillet (Mammalian Cell Culture Laboratory, ULiège). Les globules blancs, principalement des lymphocytes T, ont été isolés à partir de sang de phoques communs, isolés et mis en culture pour étudier in vitro leur réponse immunitaire à une exposition toxique. Ces cellules, en culture, ne survivent généralement pas plus de 72 heures, ce qui est peu, mais elles sont les ouvrières du système immunitaire. *« Lors d'un projet de doctorat, développe Krishna Das, nous nous sommes penchés plus spécifiquement sur les effets du méthylmercure. Présent dans les poissons, ce méthylmercure contamine abondamment les phoques. La finalité n'était pas de déterminer la toxicité aiguë du méthylmercure, qui est connue depuis longtemps : la molécule affecte gravement le système nerveux, le système immunitaire et le développement embryonnaire. Ce qui nous intéressait était d'exposer les lymphocytes à des concentrations qui reflétaient celles que l'on retrouve chez l'animal en mer du Nord pour observer la gravité des effets à ce niveau d'intoxication. »*

Les observations au microscope électronique allaient confirmer les doutes des chercheurs. Le polluant affectait grandement les mitochondries des phoques communs, un contact hautement toxique qui conduisait les lymphocytes à l'apoptose, la mort cellulaire. *« Il faut toutefois rester prudent dans nos conclusions. Une étude in vitro ne reflète pas ce qui se passe chez tout le phoque. Une fois dans le sang, le méthylmercure suit un parcours complexe et finit dans le foie où, étonnamment, il ne se trouve plus sous forme méthylée. Une observation qui remonte aux années 1980, et qui tend à montrer que le phoque est capable, en bout de course, de neutraliser en partie la toxicité du mercure grâce au sélénium. »*

### **A la recherche de biomarqueurs**

Les biomarqueurs sont des réponses d'un organisme face à un stress. En sciences, la finalité est de les identifier et de déterminer leur lien causal avec une maladie. L'intérêt est double. Non seulement, les démarches peuvent se révéler moins invasives (un prélèvement sanguin suffit pour orienter un diagnostic), mais surtout, ces réponses apparaissent souvent très tôt, parfois bien avant la déclaration d'une maladie. *« Ce type d'approche a été développé dans les milieux hospitaliers, explique la chercheuse. Tout un pan de la lutte contre le cancer, notamment, a contribué à débusquer dans les analyses sanguines des biomarqueurs prédictifs. C'est le cas de certaines protéines, dont la carence ou à l'inverse l'accroissement de la concentration augmentent la probabilité de contracter certains types de cancers. »* La méthode est sortie des cliniques pour compléter l'arsenal d'autres disciplines, comme l'écotoxicologie. *« En ce qui concerne la question de l'intoxication des phoques, ce volet de la recherche reste encore à un niveau préliminaire mais se révèle prometteur. Des collègues allemands ont par exemple mis en relation certains éléments-traces avec une variation de la sécrétion de l'interleukine 10, une cytokine anti-inflammatoire, un processus qui perturbe la réponse immunitaire. Nous devons encore développer plus en avant l'identification de ces biomarqueurs et la compréhension des mécanismes impliqués »*

## Les comportements alimentaires au-delà de la toxicité

Plus globalement, une autre question à laquelle les chercheurs s'intéressent aujourd'hui est celle de la place que prennent les phoques dans la chaîne alimentaire. « *La question est importante, précise l'océanologue, notamment en termes de gestion des stocks. Les phoques sont des animaux qui mangent énormément, et leur alimentation, principalement constituée de poissons, varie en fonction de l'âge, du sexe, de l'endroit où ils se trouvent. L'évolution de leur démographie peut avoir des incidences importantes, notamment sur la rentabilité des pêches.* » Mais ce n'est pas là le seul intérêt de mieux comprendre leurs comportements alimentaires. « *Plusieurs scientifiques ont récemment observé un nouveau comportement chez les phoques gris, qui pourrait résulter d'une compétition émergente avec les autres mammifères marins. Plusieurs études poussent en effet à croire que les phoques gris sont susceptibles d'attaquer les phoques communs et les marsouins.* »

La mort violente de phoques communs avait déjà été observée, mais les coupables présumés restaient jusqu'ici les hélices de bateaux. Depuis deux ans, les preuves à charge de leurs principaux rivaux se sont pourtant accumulées. « *des séquences filmées existent dans lesquelles on peut voir des phoques gris attaquer les phoques communs. Ensuite, l'autopsie de victimes permettait aux vétérinaires de conclure qu'elles avaient été pelées comme des pommes (Lire l'article Quand les phoques gris deviennent des tueurs). Or, certains phoques sont particulièrement friands de la peau et du lard de leurs proies, parties les plus riches en énergie.* » Des traces d'ADN de phoques gris ont été identifiées dans les plaies par Thierry Jauniaux. Un projet de doctorat initié en octobre 2015 et financé par le FNRS (France Damseaux) vise à utiliser les isotopes stables et les éléments traces pour comprendre le rôle des phoques gris et des autres espèces de mammifères marins dans les réseaux trophiques de la mer du Nord. « *L'analyse des rapports isotopiques est l'une des spécialités du Laboratoire d'Océanologie de l'Uiège. En fonction de ce qu'on mange, la variation des isotopes stables du carbone et de l'azote pourra être observée dans la peau ou dans les poils des animaux étudiés. Ce qui permet de différencier certaines espèces par cette seule étude, mais aussi d'étudier les évolutions de leur régime alimentaire sans devoir tuer un individu pour prélever son estomac.* » En fonction des tissus, on peut de surcroît remonter assez loin en arrière dans l'analyse du régime du spécimen. Comparer les rapports isotopiques d'un maximum de phoques gris permettra de déterminer si l'attaque des phoques communs devient une habitude collective ou si elle reste la spécialité de quelques individus plus agressifs et aventureux.

Le phénomène est inédit en mer du Nord, mais avait déjà été remarqué au Canada. « *Était-ce un manque d'attention de notre part, ou est-ce une récente évolution dans nos eaux ? Est-ce lié à une augmentation de la population qui réduirait leurs proies et les pousseraient à la compétition ? On peut aussi se demander s'il s'agit de comportements isolés ou plus coutumiers. Pour résumer, beaucoup de questions nous poussent à nous y intéresser de plus près.* » Car cette histoire apparemment très éloignée de l'intoxication aux éléments-traces et des polluants organiques persistants a toutes les raisons de titiller la curiosité de Krishna Das et de ses collaborateurs. « *Jusqu'ici, nous savons que le régime alimentaire des phoques se cantonne principalement aux poissons. S'il s'avère que les phoques gris se spécialisent dans la capture de mammifères marins, cela signifierait qu'ils sautent un niveau trophique et seront d'autant plus contaminés par les polluants lipophiles. Dans ces domaines de recherche, tout est lié, s'amuse la chercheuse. Il y a encore tant d'aspects que nous ne comprenons pas, comme certains aspects du cycle du mercure, ou l'effet cocktail des polluants. Pour le moment, nous étudions les polluants séparément. Mais ils peuvent agir en synergie dans le corps de l'animal. C'est l'un des nombreux aspects que nous souhaitons approfondir dans nos prochaines recherches.* »

## RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES

- > *Xenobiotic and Immune-Relevant Molecular Biomarkers in Harbor Seals as Proxies for Pollutant Burden and Effects?*
- > *Effects of Methylmercury on Harbour Seal Peripheral Blood Leucocytes In Vitro Studied by Electron Microscopy*
- > *Absence of selenium protection against methylmercury toxicity in harbour seal leucocytes in vitro.* Mar. Pollut. Bull.
- > *Seasonal Variation of Harbor Seal's Diet from the Wadden Sea in Relation to Prey Availability*
- > *Relationships between in vitro lymphoproliferative responses and levels of contaminants in blood of free-ranging adult harbour seals (Phoca vitulina) from the North Sea*
- > *Changes in trace elements during lactation in a marine top predator, the grey seal*
- > *Selective transfer of persistent organic pollutants and their metabolites in grey seals during lactation*
- > *Concentrations of chlorinated and brominated contaminants and their metabolites in serum of harbour seals and harbour porpoises*
- > *Marine mammals from the southern North Sea: feeding ecology data from delta C-13 and delta N-15 measurements*
- > *Inter-species differences for polychlorinated biphenyls and polybrominated diphenyl ethers in marine top predators from the Southern North Sea: Part 1. Accumulation patterns in harbour seals and harbour porpoises*
- > *Biomagnification of naturally-produced methoxylated polybrominated diphenyl ethers (MeO-PBDEs) in harbour seals and harbour porpoises from the Southern North Sea*
- > *Mercury immune toxicity in harbour seals: Links to in vitro toxicity*
- > *Tissue distribution of perfluorinated chemicals in harbor seals (Phoca vitulina) from the Dutch Wadden Sea*



## Ecouter les herbiers de posidonies

D'après les recherches de Alberto BORGES, Sylvie GOBERT et Willy CHAMPE-NOIS (ULiège)

Laboratoire d'Océanologie biologique et d'Océanologie chimique - Unité de Recherches FOCUS.

**L'étude des variations de la production d'oxygène au sein des herbiers de posidonies permet d'évaluer leur état de santé. Des recherches de grande importance puisque ces écosystèmes du littoral méditerranéen préservent une grande biodiversité, jouent un rôle contre l'érosion des fonds marins et des plages, produisent de l'oxygène et stockent de grandes quantités de CO<sub>2</sub>. Sans compter que ces herbiers sont des indicateurs environnementaux. Une nouvelle méthode de détection de la production d'oxygène a été testée à la station STARESO de l'Université de Liège à Calvi, en Corse. Un système acoustique qui permet d'analyser les variations de la vitesse de propagation du son dans ces herbiers et de les corréliser à la présence plus ou moins importante d'oxygène à l'état gazeux sous forme de bulles. Il rejoint une batterie de dispositifs déjà robustes pour contribuer à comprendre l'évolution de ces écosystèmes aussi fragiles que primordiaux.**

L'étude des sons et de leur propagation dans les milieux aquatiques revêt des intérêts scientifiques bien différents. Certains se révèlent pour le moins originaux. C'est le cas d'une étude récente (1) au cours de laquelle des physiciens et des océanographes ont enregistré et « écouté » la production d'oxygène au sein des herbiers de posidonies. Le but de la manœuvre était d'apporter de manière pluridisciplinaire de nouvelles techniques d'analyse des variations de la production d'oxygène. Des variations qui dépendent directement de l'activité photosynthétique et donc de l'état de santé de l'écosystème. L'approche semble surprenante. Elle amène pourtant de nouvelles connaissances, qui confortent les données récoltées par les techniques habituellement déployées.

« L'article a été rédigé dans le cadre d'un projet européen de réseautage (ESF COST Action 0906), organisé en 2011 à la station STARESO, dans la baie de Calvi en Corse, contextualise Sylvie Gobert, chargée de cours et chef de laboratoire au Laboratoire d'Océanologie de l'Université de Liège. Une vingtaine de chercheurs de plusieurs pays s'y sont retrouvés pour étudier l'herbier de posidonies sous toutes ses formes, depuis son niveau cellulaire jusqu'à l'écosystème en entier. » Ces quelques jours de recherches tous azimuts ont permis une belle synergie, générant de nouvelles connaissances. Le choix de la baie de Calvi était une évidence. La zone est peu atteinte par la pollution et ne souffre pas des dommages causés par une fréquentation humaine importante. Les eaux y sont claires, stables, et la lumière y pénètre profondément (2). Des conditions propices au développement d'herbiers de posidonies sains, et à une activité photosynthétique optimale.



## Un enjeu environnemental

Aujourd'hui, les herbiers de posidonies font l'objet de nombreuses recherches, ancrées dans un mouvement politico-scientifique autour de la problématique du carbone bleu. Des initiatives qui visent à préserver les systèmes océaniques à haute production photosynthétique. Une préservation qui va jusqu'à des tentatives de recolonisation et de redéveloppement des écosystèmes dégradés par l'activité humaine

La problématique relève d'une certaine urgence. La posidonie se développe exclusivement en Méditerranée, entre 5 et 40 mètres de profondeur. C'est donc une plante de littoral, première zone affectée par l'activité humaine autour de nos mers et océans. Plusieurs causes directes de la dégradation de ces plantes peuvent être énumérées. Il y a par exemple le développement des ports et des marinas. Un apport accru de nutriments en tous genres, qui profitent aux algues épiphytes, plus promptes à se développer. Elles se multiplient, recouvrent les posidonies et les occultent de la lumière nécessaire à la photosynthèse. Un autre phénomène ravageur est l'augmentation de la turbidité de l'eau. Elle empêche la lumière de passer et limite la profondeur à laquelle les posidonies peuvent se développer. Bien souvent, elles ne s'aventurent plus au-delà de 15 à 25 mètres sous la surface. Un dommage écologique important. *« Ce sont de véritables forêts sous la mer, décrit Sylvie Gobert. Elles permettent à d'autres végétaux et animaux de vivre et augmentent la biodiversité. Mais en plus, elles ralentissent l'érosion et stabilisent les sédiments, leurs longues feuilles ralentissent les courants et protègent les plages, elles produisent de l'oxygène et constituent un puit de carbone de première importance ».*

Pour la comparaison, une forêt emmagasine 8 grammes de carbone par mètre carré par an. A surface égale et sur la même période, un herbier de posidonies pourra en absorber 200 à 300 grammes. Sa capacité d'enfouissement est 20 à 30 fois supérieure à celle d'une forêt. *« Ces écosystèmes ont des surfaces qui ne sont pas comparables aux forêts européennes, africaines ou d'Amazonie, relativise Alberto Borges, directeur de l'Unité d'océanographie chimique de l'ULiège. Mais ils constituent des puits de carbone non négligeables. Alors on peut aussi voir le problème dans l'autre sens. Si ces systèmes disparaissent, non seulement on perd une capacité d'enfouissement de CO<sub>2</sub>, mais en plus, le carbone stocké sera à nouveau mobilisé et relâché dans l'atmosphère. »*

## La sédimentation comme moyen de stockage

Le mécanisme qui fait de ces herbiers des puits de CO<sub>2</sub> transforme également leur disparition en une véritable épée de Damoclès environnementale. *« Les feuilles des posidonies peuvent faire jusqu'à un mètre de haut, développe Willy Champenois, chimiste et doctorant en océanographie. Leur grande taille et leur organisation en faisceaux ralentissent les courants. Or, ces courants sont chargés de sédiments. Quand ils ralentissent, les sédiments tombent et recouvrent le sol. Si les posidonies n'avaient pas un système pour pallier cet inconvénient, elles finiraient complètement enterrées. »* Ces feuilles poussent depuis un réseau de rhizomes, de tiges souterraines et horizontales. Mais pour lutter contre ce phénomène de recouvrement, ces tiges peuvent également pousser verticalement. Par ce mécanisme, le fond de l'herbier monte d'un millimètre par an en moyenne. *« Sur 1000 ans, l'herbier aura monté d'un mètre. Dans ce mètre de sédiments, une couche anoxique nommée la matte, les anciens rhizomes, les anciennes racines, et toutes formes de détritiques sont capturés à un état presque fossile. Ils ne se décomposent pas et le carbone organique, dont ils sont en partie constitués, reste prisonnier. »*

Si la plante meurt et disparaît, elle ne pourra plus ni protéger le sol, ni ralentir le courant. L'hydrodynamisme va progressivement creuser la matte en surface et relâcher à l'extérieur la matière organique qui y était enfouie. Cette matière va alors se dégrader. Le carbone jusqu'alors stocké va entrer en contact avec un milieu aérobie et être dégagé sous forme de CO<sub>2</sub>. *« On a répertorié des endroits où la matte était épaisse de six à sept mètres. Il y a là un stockage de carbone de six à sept mille ans, qui remonte à peu de temps après la dernière glaciation. Ça laisse imaginer la concentration de carbone relâchée dans l'atmosphère si ces herbiers venaient à disparaître complètement. »* *« Et si l'accroissement vertical des communautés de posidonies est d'un millimètre par an, poursuit Alberto Borges, leur accroissement horizontal sur une même période est d'un ou deux centimètres. Elles prennent un temps considérable pour s'étendre. Et quand par exemple, en remontant l'ancre d'un voilier, on arrache un mètre carré d'herbier, c'est un siècle de croissance qui est détruit. »*

## L'émission d'oxygène indique l'état de santé de l'écosystème

La production de matière organique d'un herbier est liée à son activité photosynthétique. L'intensité de cette activité est quant à elle dépendante de son état de santé. Et plus elle produit de la matière, plus elle émet de l'oxygène. On peut donc conclure que plus elle émet de l'oxygène, plus elle est en bonne santé. Un des enjeux de la recherche autour des posidonies est donc de parvenir à mesurer cette production d'oxygène. Depuis une dizaine d'années, un tel recensement a été facilité par la commercialisation d'optodes. Des petits appareils qui par

un système optique sont capables de mesurer et d'enregistrer la quantité d'oxygène dissous dans l'eau. Donc la quantité d'oxygène produit par un écosystème. « *Nous utilisons cette technologie à la station STARESO depuis bientôt 8 ans, expliquent les océanographes. Depuis, tous les jours, nous obtenons des données sur le taux d'oxygène dans la baie de Calvi. Des données sans précédent qui nous permettent de mesurer les variations d'oxygène et de comprendre comment l'herbier peut évoluer. C'est un outil comparatif incroyable, notamment si on veut observer l'état de santé d'herbiers en souffrance* ».

Avant l'arrivée des optodes, la production d'un herbier était calculée en fonction de la variation de sa biomasse. Une méthode qui présentait plusieurs inconvénients. « *Observer l'évolution de la production primaire d'un herbier est quelque chose de laborieux, explique Alberto Borges. Pour prendre un exemple plus simple, si nous voulons mesurer la production primaire de notre gazon, nous allons le tondre chaque semaine, peser cette tonte, et le tour sera joué. Dans l'eau, c'est plus compliqué. On ne peut pas tondre l'herbier de posidonies. Jusqu'il y a peu, il fallait plonger tous les jours, et développer des techniques d'échantillonnage assez complexes* ». En plus, l'étude de la biomasse ne permet pas de rendre compte de toute la production de l'herbier. « *Un herbier de posidonies produit jusqu'à 600 grammes de matière sèche par an par mètre carré, explique Willy Champenois. C'est ce qu'on mesurait jusqu'il y a peu. Mais si on s'arrête là, on passe à côté de tout un ensemble de matières organiques également produites lors de la photosynthèse, mais directement dissoutes dans l'eau, et qui ne s'expriment pas dans la biomasse. Par contre, la production d'oxygène dépend aussi de cette matière dissoute. On peut donc quantifier cette matière en étudiant l'oxygène, là où elle n'est pas comptabilisée si on étudie la seule matière sèche.* » Enfin, les optodes tiennent compte de l'activité et de la production de l'ensemble de l'écosystème. L'herbier, s'il est en forme, est autotrophe. Ce qui signifie qu'il produit plus qu'il ne consomme. « *Ces excédents d'oxygène et de matière organique permettent à toute une faune hétérotrophes de vivre. Cette biodiversité a aussi un impact sur l'écosystème, impact également calculé au moyen des optodes* ».

## Plusieurs cycles de variation de l'émission d'oxygène

L'étude des variations de la production d'oxygène est déterminante pour comprendre les évolutions de l'écosystème et plus largement de notre environnement. Les données récoltées ces 8 dernières années ont permis de mesurer ces cycles à plusieurs échelles de temps. La première variation était journalière. Le jour, la lumière permet la photosynthèse, et la production d'oxygène est plus importante que la nuit. Un deuxième cycle était saisonnier. « *L'écosystème est moins exposé au soleil en hiver qu'en été, et produit donc moins d'oxygène. Son taux le plus bas, au mois de février, atteint un peu plus de 5 grammes par jour par mètre carré. En été, la production d'oxygène dépasse les 25 grammes. C'est trois fois plus que la production d'une forêt. Et puis à l'automne, les feuilles tombent, l'activité photosynthétique diminue, et le cycle recommence* ». Il y a enfin les cycles inter-annuels. La variation de la production d'année en année est extrêmement importante. Ces cycles sont placés en perspective avec d'autres données, dont les données météorologiques.

Bien évidemment, les échelles sont encore trop petites pour souligner des tendances générales, dans lesquelles l'activité humaine aurait un impact. « *Nous sommes encore loin des climatologues, qui récoltent les variations de la température de l'air depuis près de deux siècles. A de si grandes échelles, même si d'année en année la température peut monter et chuter, il est possible de dégager une tendance qui témoigne du réchauffement climatique. C'est la finalité de nos études, de pouvoir établir des séries de mesures suffisamment longues pour décrire les variabilités naturelles et en extraire les données causales de l'activité humaine. Nous maintiendrons un tel observatoire autant que possible pour pouvoir mesurer des tendances à long terme. Pour le moment, les variations inter-annuelles sont déjà très intéressantes. On essaie de les comprendre, et peut-être déjà de percer des causalités anthropiques* ».

## L'acoustique pour détecter l'oxygène gazeux

Le système d'optodes est donc l'une des méthodes les plus robustes pour mesurer l'oxygène d'un écosystème. Et les données qu'il a récoltées ont contribué à mettre en place une nouvelle méthode de mesure d'oxygène, née de la rencontre entre plusieurs groupes de recherche à la station STARESO. Car c'est en pouvant comparer leurs résultats à ceux d'un système aussi fiable que celui des optodes que des physiciens portugais ont pu mener à bien leur recherche. Cette fois-ci, il ne s'agissait plus d'optique, mais d'acoustique. Et la méthode, si elle n'est pas encore calibrée, pourrait se greffer en parallèle aux optodes, apportant des observations complémentaires dans une logique de multidisciplinarité.

Le dispositif est assez simple à comprendre. La vitesse théorique du son émis dans les eaux étudiées est calculée, tout en tenant compte de mesures réalisées simultanément. Elles envisagent toute une série de données propres au milieu, qui influencent la vitesse de propagation du son (densité, température de l'eau, salinité, pression, qui dépend de la profondeur, et le vent en surface). Parallèlement, un émetteur, ainsi que trois récepteurs (des hydrophones) sont placés sous l'eau à une distance de 122 mètres les uns des autres. Les hydrophones étant regroupés sur un même front, à des profondeurs différentes. L'émetteur diffuse des sons à différentes fréquences et les hydrophones les enregistrent.

En confrontant ce qu'ils ont mesuré à l'aide de leur dispositif aux données théoriques, les chercheurs ont observé que le son se propageait plus lentement dans la pratique, avec des variations de vitesse. « *Ces variations coïncidaient avec nos mesures de densité d'oxygène*, illustrent Alberto Borges et Willy Champenois. *Plus nous observions un taux d'oxygène élevé, plus la vitesse était ralentie. Pourtant, l'oxygène dissous dans l'eau n'influence pas la vitesse du son. Par contre, ce qui peut l'influencer, c'est une présence d'oxygène à l'état gazeux dans la colonne d'eau. Donc une présence de bulles.* » C'est une propriété physique liée à une question de densité de la matière. Plus il y a de l'espace sur le trajet du son, plus il est ralenti. Donc, moins un environnement est dense, plus la propagation du son est lente. La vitesse du son est plus lente dans l'air que dans un liquide, et elle l'est encore plus dans un liquide que dans un solide. L'apparition d'oxygène en phase gazeuse constitue donc une barrière qui ralentit la propagation du son plus ou moins fortement selon sa concentration dans la colonne d'eau. « *Nous avons été surpris par ces résultats. Notre système ne permet pas de détecter l'oxygène à l'état de bulles, tout comme le système acoustique ne peut déceler l'oxygène dissous dans l'eau. Mais il a permis de mettre en évidence un phénomène que nous n'avions pas anticipé. Nous n'imaginions pas qu'il pouvait y avoir une quantité aussi importante de bulles d'oxygène. Or, nous pensions être capables de dresser un bilan assez complet de la quantité d'oxygène produite et donc de la production primaire de cet écosystème. Cette nouvelle étude a montré que nous avons sous-estimé nos valeurs.* » Mieux encore, au levé du soleil, le dispositif acoustique remarquait une augmentation de la formation des bulles d'oxygène là où les optodes n'enregistraient pas encore l'accroissement de l'activité liée au cycle jours/nuit. Il était plus précis que les optodes pour déceler les moments où la photosynthèse se mettait en route.

## Une méthode encore embryonnaire

La synergie créée lors de la rencontre à Calvi a permis de mettre en parallèle les données acoustiques et les données obtenues par les optodes, et de remarquer une corrélation entre les variations des deux phénomènes étudiés. Elle permet de mettre en évidence que la production de l'écosystème est plus importante qu'initialement imaginée. Mais la plus-value acoustique présente encore de nombreuses limites. Notamment, elle permet d'observer de manière relative une plus ou moins grande présence de bulles d'oxygène, mais pas d'en calculer la quantité volumétrique d'un point de vue quantitatif, là où les optodes sont assez précis pour évaluer le taux d'oxygène dissous. Il faut encore remarquer que le système est difficile à mettre en place, puisqu'il nécessite la présence permanente de plusieurs physiciens et plongeurs pour placer les micros et récolter les données, ce qui est fort contraignant en regard de l'indépendance des optodes. Pour terminer, la méthode a rencontré des difficultés liées à la présence de nombreux bruits parasites qu'il a fallu discerner lors de l'analyse des enregistrements. Ces sons étaient liés aux courants ou étaient d'origine biologique. Beaucoup de bruits de poissons ont par exemple été enregistrés. L'environnement assez bruyant n'aidait donc pas à identifier l'évolution du son émis et à attribuer à cette variation la part de responsabilité des bulles d'oxygène. Toujours est-il que le dispositif acoustique, encore embryonnaire, apporte des informations complémentaires sur l'activité photosynthétique des herbiers de posidonie. « *Dans l'immédiat, concluent les chercheurs, cette technologie n'est pas applicable de manière aussi routinière que les optodes. Il faudrait avant tout éluder les problèmes liés à son indépendance et à la nécessité de quantifier les phénomènes observés. Mais elle nous permet d'écouter les posidonies, et donne à réfléchir à de nouvelles approches.* »

## GLOSSAIRE

### Carbone bleu

Le carbone bleu est le carbone capturé par les océans et les écosystèmes côtiers, et stockés dans la biomasse ou dans les sédiments. Les principaux écosystèmes stockant du carbone bleu sont les herbiers, les mangroves et les marais salants.

## RÉFÉRENCES SCIENTIFIQUES

(1) *Anthesis effects on Posidonia oceanica (L.) Delile phenology in the Bay of Calvi (Corsica, Mediterranean Sea)*, Gobert Sylvie, Defawe Olivier, Lepoint Gilles, Demoulin Vincent et Bouquegneau Jean-Marie, Hydrobiologia .

(2) *C, N, P concentrations and requirements of flowering Posidonia oceanica shoots*, Gobert Sylvie, Lejeune Pierre, Lepoint Gilles et Bouquegneau Jean-Marie, Hydrobiologia .

# Paroles de POISSONS



**Le pétilllement des anguilles** est bien connu. A contrario, les claquements de dents des poissons-clowns font partie des découvertes récentes.  
PHOTO LYNDA RICHARDSON, CORBIS

**Communication**  Où l'on découvre, grâce aux dernières techniques d'investigation sous-marine, le langage sonore du petit peuple de la mer. Feu le monde du silence.

**LIÈGE (BELGIQUE), envoyé spécial**  
On entend toujours plus de bavardages dans les bancs. C'est un fait, scientifique: le nombre de poissons connus pour communiquer par le son est en constante augmentation. Avec l'arrivée de procédés d'investigation à la fois moins chers et plus sophistiqués, la petite communauté des bioacousticiens spécialisés dans l'écoute des poissons a considérablement al- ●●●

●●● longé, ces dernières années, la liste des espèces productrices de messages sonores. Loin d'être une caractéristique de quelques bestioles plus ou moins exotiques, l'usage de signaux acoustiques s'avérerait relativement répandu parmi les poissons. Il se pourrait même qu'il soit parfois nécessaire à leur survie ! Feu le monde du silence, cher à Cousteau. Pour qui sait être tout ouïe, l'espace sous-marin est une nouvelle Babel.

**Grognelement du grondin.** Voilà certes longtemps que l'homme prête l'oreille au petit peuple de la mer. Grâce aux travaux d'Aristote et aux observations des marins de l'Antiquité, on sait depuis pas moins de 2 300 ans qu'une partie des bruits de la Grande Bleue est produite par les poissons. Le pétilllement de l'anguille, le grognelement du grondin et le grondement du maigre (encore pêché « à l'oreille » dans l'estuaire de la Gironde) sont de notoriété publique. Quelques-unes des manifestations les plus spectaculaires de cette production de décibels subaquatiques sont même restées gravées dans la mémoire des spécialistes, sinon dans l'Histoire : « On raconte que, durant la Seconde Guerre mondiale, lorsque les États-Unis devaient faire face aux attaques des sous-marins allemands, des truites de mer de la famille des Scianidae, qui s'étaient regroupées dans un port pour frayer ont fait tellement de bruit qu'elles ont fait exploser toutes les mines marines acoustiques qui y avaient été déployées », rapporte Jean-Paul Lagardère, retraité, ancien directeur de recherche du CNRS au Crema de l'Houmeau, près de La Rochelle (1). De fait, jusque dans les années 70, les militaires étaient les seuls à étudier les bruits de poissons, parasites des sonars de leurs sous-marins... Aujourd'hui, les biologistes du civil ont pris le relais des écoutes, et découvrent un nouveau monde de bruits. Si certains sont l'effet d'une activité physiologique, d'autres relèvent du langage. Certes, il n'a ni la richesse, ni la beauté du chant de mammifère-

res marins comme la baleine. Qu'il prenne la forme d'un « tac-tac-tac », d'un roucoulement ou d'un grondement de centrale électrique, il n'a pas de mélodie. Il est constitué simplement de la répétition, à vitesse variable, d'un même son et de plages de silence plus ou moins prolongées. « La différence de ce qui se passe chez des animaux comme l'oursin ou la crevette-pistolet dont les activités sont parfois bruyantes, ces signaux peuvent être produits dans l'intention de communiquer », atteste le biologiste Eric Parmentier dont les étonnants enregistrements sont en ligne sur Libelabo.fr.

Chercheur au laboratoire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'université de Liège (Belgique), il est l'un des rares spécialistes en Europe de ce domaine, qui intéresse aujourd'hui une petite dizaine de laboratoires dans le monde. Son travail ? Enregistrer, dans ses aquariums, les bruits émis par des spécimens de poissons qu'il a pris dans ses filets lors d'expéditions menées de la Polynésie à la Méditerranée. Et essayer de comprendre, par des expériences et des dissections, comment et pourquoi ces bêtes génèrent des sons. L'essentiel des études se déroule en laboratoire, l'observation en milieu naturel étant plus délicate. Celle-ci s'est longtemps heurtée à un obstacle majeur : comment repérer dans l'immensité de la mer, parmi un ensemble hétéroclite de poissons, l'origine d'un bruit ? A quel individu l'attribuer, faute le plus souvent d'être en mesure de le voir ? A quel moment de la journée enregistrer le son de telle ou telle espèce ? Mais depuis le début des années 2000, des progrès technologiques ont dopé ces recherches, en labo et en mer : la commercialisation d'hydrophones programmables sur des cycles de 24 heures et la mise au point de systèmes associant ces appareils à des caméras ont permis de mettre plus facilement les poissons sur écoute.

**Armée Rouge.** Résultat, la phonothèque ichtyologique compte aujourd'hui pas moins de 1200 sons répartis entre les 27 000 espèces connues de poissons. Ce corpus a déjà permis d'établir quelques-unes des caractéristiques générales de leur mode d'expression. On sait ainsi que ces sons sont propres à chaque espèce. Qu'ils sont émis dans une gamme de fréquences audible pour l'homme, le plus souvent produits à des moments fixes de l'année, généralement en période de frai. Qu'ils varient souvent suivant la taille et le sexe de l'individu. Et qu'ils présenteraient même parfois... des particularismes régionaux. Ainsi, l'équipe d'Eric Parmentier a récemment découvert que la demoiselle à trois points, un poisson exotique, s'exprime avec l'« accent » des mers qu'il fréquente : selon que ce *Pomacentridae* habite près des côtes de Tahiti ou de Madagascar, les périodes de silence de ses bruits de crécelle seraient plus ou moins allongées de 10 millisecondes !

Parallèlement, de nouvelles techniques ont permis d'étudier finement les organes qui permettent à ces animaux de s'exprimer, révélant une grande variété de mécanismes, et quelques surprises. Certains, comme les poissons-chats étudiés dans le laboratoire liégeois par Grégory Fabri, doctorant, produisent des sons de stridulation en déployant leur épine pectorale. D'autres, comme les poissons-clowns, popularisés par Disney dans le *Monde de Nemo*, émettent des claquements de dents... pour éloigner les intrus – une découverte présentée par Eric Parmentier en 2007 dans la revue américaine



## Une perception acoustique mieux connue

Pour entendre, les poissons sont équipés d'une oreille interne similaire à la nôtre. Elle est complétée par une série de capteurs groupés en ligne latérale sur leur tête et leurs flancs, qui détectent les mouvements de l'eau dans leur environnement proche. Depuis 1998, les scientifiques peuvent étudier la perception acoustique de ces espèces marines grâce à la technique « ABR » (*auditory brain response*). Une électrode placée derrière la tête est reliée à un appareil qui mesure l'activité cérébrale de l'animal soumis à divers sons. Les chercheurs ont ainsi établi que la plupart des poissons perçoivent les bruits dans une gamme de fréquence qui nous est accessible : de 20 à 3 000 hertz contre 20 à 20 000 pour l'humain. Toutefois, certains, comme l'aloïse, semblent détecter jusqu'aux ultrasons produits par les sonars des dauphins !

➔ V.TM.

### Banc de poissons-chats.

Certaines espèces de cette famille produisent des sons de stridulation en déployant leur épine pectorale.

PHOTO ARIEL FUCHS. JACANA

«A la différence de ce qui se passe chez des animaux comme l'oursin ou la crevette-pistolet, ces signaux peuvent être produits dans l'intention de communiquer.»

Eric Parmentier, biologiste

*Science* (2). Enfin, de nombreuses espèces délivreraient leurs messages sonores grâce à leur vessie natatoire, cette poche d'air que possèdent certains poissons à l'intérieur du corps pour se maintenir entre deux eaux. Les *Carapidae* l'utilisent pour produire un son de tambour, les poissons-crapaud et les maigres la compriment en rythme comme un ballon de baudruche, tandis que les anguilles et les harengs s'en servent pour expulser bruyamment de l'air : les premières par la bouche, les seconds... par l'anus. Les pétarades des harengs ont « mis en émoi la marine suédoise en mer Baltique durant deux ans », rapporte Jean-Paul Lagardère. « Les Suédois étaient persuadés d'avoir affaire à une forme furtive de sous-marins de l'Armée Rouge. » Reste à décrypter le sens de cette produc-

tion de sons, et démêler ce qui relève du langage. Des observations ont montré que certains de ces signaux sont émis pour attirer des femelles, d'autres pour chasser des intrus, d'autres encore pour se faire reconnaître. Mais les biologistes leur soupçonnent d'autres fonctions plus élaborées, comme l'établissement d'une hiérarchie entre les individus d'une même famille ou, en ce qui concerne les harengs, le rassemblement des bancs. Ils pourraient également répondre à un besoin vital : retrouver des congénères... dans le noir. Car si l'océan n'est plus le monde du silence, il est, incontestablement, celui des ténèbres. **Fosses marines.** « La visibilité dans une mer comme la mer du Nord ne dépasse pas les sept mètres en eau peu profonde, explique Pierre Vandewalle, le directeur du labora-



toire de morphologie fonctionnelle et évolutive de l'université de Liège. Et, quand on descend en dessous de 80 mètres, c'est l'obscurité totale.» Comment, alors, les poissons non bioluminescents qui vivent dans les fosses marines se repèrent-ils les uns les autres? Seraient-ils les émetteurs des mystérieux bruits détectés par les hydrophones dans ces profondeurs?

Pour éclaircir cette question, Eric Parmentier étudie aujourd'hui les ophidiiformes, un groupe de 400 espèces dont 90% vivent entre 500 et 3000 mètres en dessous du niveau de la mer. En disséquant des spécimens pêchés en Atlantique, il a récemment établi qu'une espèce des abysses comme la dicrolène possède des organes phoniques semblables à ceux de ses cousins qui vivent en surface, et dont les sons sont connus. Cette découverte permet de supposer que l'animal des grandes profondeurs communique lui aussi par signaux acoustiques. Les tam-tams, roucoulements, coassements, et autres stridulations pourraient donc être aussi, parfois, des appels de poissons perdus dans la nuit.

♦ VAHÉ TER MINASSIAN

(1) Centre de recherche en écologie marine et aquaculture, devenu Crela (centre de recherche sur les écosystèmes littoraux anthropisés), unité mixte de recherche CNRS, Ifremer, université de La Rochelle

(2) Science du 18 mai 2007.

**Technologies** ♦ La connaissance des sons émis ou perçus par les poissons servirait à les pêcher ou les protéger.

## Des chercheurs tout ouïe

La constitution d'une phonothèque des poissons, riche aujourd'hui de 1200 sons, a un intérêt fondamental, mais aussi pratique. A long terme, elle devrait permettre d'identifier «à l'écoute» les espèces présentes sur tel ou tel site sous-marin. En attendant, elle pourrait répondre à des besoins industriels. Ainsi, dans le secteur de la pêche, des études évaluent actuellement l'intérêt qu'il y aurait à faire appel à l'acoustique pour repérer les périodes de frai et déterminer ainsi les zones à protéger pour le renouvellement des stocks.

Dans le domaine de l'aquaculture, un système automatique d'alimentation basé sur la détection des bruits produits par les turbots a fait l'objet d'un dépôt de brevet par le CNRS. Mis au point au Cre-

ma-l'Houmeau par le groupe de Jean-Paul Lagardère, ce dispositif permettrait d'économiser jusqu'à 15% de la nourriture actuellement distribuée.

Plusieurs équipes s'intéressent également à la façon dont les poissons répondent aux bruits émis par l'homme. Grâce à des tests en bassin, on sait maintenant que certaines fréquences perturbent les poissons. Sur la base de cette observation, une société issue de l'université de Liège, ProFish Technology, commercialise un système de répulsion sonore qui tient les poissons migrateurs des rivières à l'écart des prises d'eau. Constitué de haut-parleurs aquatiques émettant dans la gamme des infrasons (1 à 20Hz), ce dispositif équipe depuis plus d'un an les pompes chargées de récupérer les eaux utilisées pour le refroidissement de la

centrale nucléaire de Tihange (Belgique). Résultat : une diminution de 80% du nombre de poissons piégés dans ces installations!

Autre question d'actualité : l'impact du bruit des éoliennes offshore et des hydroliennes. Cette année, pour la première fois, une équipe de chercheurs va tenter de l'évaluer. Dans le cadre du projet «Sabella» d'installation d'un de ces derniers équipements à Bénodet, en Bretagne, Marie-Laure Begout et Yves Le Gall (Ifremer de L'Houmeau et de Brest) étudient les effets de cette «pollution sonore» sur deux espèces habituées à remonter les fleuves : le saumon et l'alo-

♦ V.T.M.

 [www.libelabo.fr](http://www.libelabo.fr)  
Écoutez les poissons !