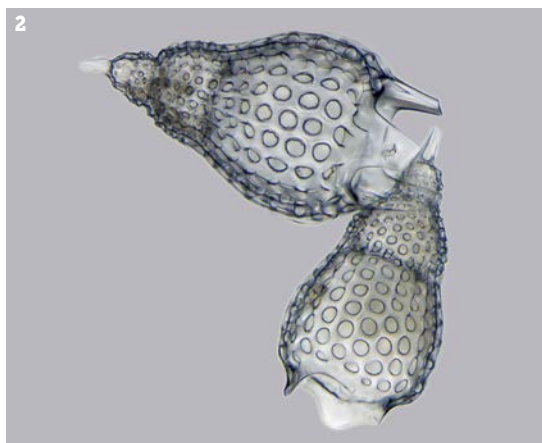




DES MONSTRES MINUSCULES

Il existe une grande variété de mixotrophes. Certains, comme *Tripes longipes* (1), sont capables de réaliser la photosynthèse par eux-mêmes. En revanche, d'autres, comme certaines espèces de l'ordre des *Nassellaria* (2), présentent des symbioses avec des organismes photosynthétiques. Les espèces du genre *Karlodinium* (3) fonctionnent comme *T. longipes*.

science-fiction. Les harpons et les pédoncles de *Dinophysis* rappellent, à plus petite échelle, les caractéristiques des plantes qui envahissent la Terre dans *Le Jour des triffides*, de l'auteur britannique John Wyndham. Dans ce roman paru en 1951, les triffides sont capables d'utiliser leurs racines pour extraire les nutriments du sol et pour se déplacer. Elles ont aussi des dards venimeux dont elles se servent comme des fouets pour aveugler ou tuer les humains, afin de se repaître de leurs cadavres.

J'ai entendu parler du plancton mixotrophe pour la première fois il y a un peu plus de dix ans, pendant mon doctorat qui portait sur le microzooplancton. À l'époque, les manuels décrivaient encore les mixotrophes comme d'étranges raretés des mers. Pourtant, avec la double capacité de chasser et de faire de la photosynthèse, combinée dans une seule cellule, les mixotrophes apparaissaient à mes yeux comme des organismes parfaits. L'évolution ayant tendance à favoriser l'efficacité, j'étais surprise que la mixotrophie ne soit pas plus répandue dans le règne du vivant.

En cherchant à approfondir le sujet, j'ai découvert toute une série d'articles fascinants de Diane Stoecker, une spécialiste du plancton au laboratoire Horn Point, à l'université du Maryland, aux États-Unis. Depuis les années 1980, cette chercheuse et d'autres

avaient montré que la mixotrophie était loin d'être négligeable dans le plancton océanique. Je l'ai contactée et les discussions que j'ai eues avec elle m'ont convaincue que les mixotrophes n'étaient pas rares dans la nature. Mais il restait à savoir combien ils étaient et quel était leur impact dans l'écosystème.

IL N'EXISTAIT AUCUN MODÈLE PRENANT EN COMPTE LES MIXOTROPHES

Je suis spécialisée dans le développement de modèles mathématiques et de simulations numériques qui décrivent les chaînes alimentaires afin de comprendre le comportement des divers organismes impliqués. Parmi les modèles d'écosystèmes océaniques existants, je n'en ai pas trouvé un seul capable de simuler les détails de la double vie des mixotrophes. À l'époque, l'idée de mettre au point un tel modèle intéressait peu les comités scientifiques. En l'absence de financement pour ce projet, j'y travaillais le soir avec mon mari, Kevin Flynn, spécialiste de biologie marine. Au printemps 2009, notre simulation fonctionnait et était capable de représenter différentes populations de mixotrophes, certaines davantage tournées vers la prédation, d'autres vers la photosynthèse. Nous avons publié nos résultats cette même année dans une revue spécialisée.

> Notre objectif était de montrer qu'un modèle incluant les mixotrophes simulait l'écologie marine de façon plus réaliste que les modèles qui ne distinguaient dans les populations océaniques que des prédateurs ou des plantes. Nous avons donc ajusté les caractéristiques des mixotrophes au sein du modèle jusqu'à ce que nos simulations se rapprochent au plus près des observations réelles des flux de nutriments au sein des chaînes alimentaires, mais aussi des interactions avec d'autres organismes du plancton tels que les bactéries et les copépodes (de minuscules crustacés). Ces dynamiques de la chaîne alimentaire différaient des modèles classiques sans mixotrophes.

Toutefois, nous avons besoin d'aller au-delà des simulations. Nous devons rassembler des preuves permettant d'appuyer notre hypothèse selon laquelle les mixotrophes jouaient un rôle clé dans les flux de nutriments en milieu océanique et au sein de tous les organismes qui y vivent. Suite à ces travaux, plusieurs congrès ont permis aux chercheurs qui travaillaient sur les mixotrophes, sur le terrain et en laboratoire, de partager leurs connaissances.

Lors d'un congrès, en 2011, notre groupe (que nous avions surnommé «l'équipe mixotrophe») a dressé une liste de toutes les espèces planctoniques connues à la fois pour ingérer d'autres organismes et pour pratiquer la photosynthèse.

Au fil des décennies, les scientifiques avaient identifié des espèces mixotrophes dans des échantillons d'eau prélevés dans tous les systèmes marins, des milieux côtiers jusqu'aux zones situées en plein océan, des pôles jusqu'à l'équateur. Ils ont mené des expériences dans des laboratoires embarqués sur des navires de recherche et ont parfois ramené du plancton dans leurs instituts respectifs pour réaliser des études complémentaires. Ils ont exposé les mixotrophes à divers nutriments, proies et intensités lumineuses pour comprendre comment ces organismes se comportent dans différentes conditions.

DES FORMES DE VIE FRÉQUENTES DANS LES OCÉANS

Avant que l'«équipe mixotrophe» ne commence à rassembler ces observations, la plupart des chercheurs pensaient qu'ils avaient affaire à des cas particuliers et non à une forme de vie commune dans tous les océans du globe.

La compilation de toutes ces données nous a fait constater que la mixotrophie est fréquente dans les mers et qu'elle est essentielle sur le plan écologique. Par exemple, Per Juel Hansen, écophysiologiste à l'université de Copenhague, et ses collègues ont montré que sans un nombre suffisant de cryptophytes (les proies roses mentionnées en début d'article), la population de *Mesodinium* serait incapable

d'acquérir des chloroplastes et finirait par disparaître. Diane Stoecker et son équipe, ainsi que Hae Jin Jeong et ses collègues de l'université de Séoul, ont montré que lorsque les mixotrophes ont une activité photosynthétique, ils se nourrissent de davantage de plancton que si la photosynthèse n'est pas active. Ainsi, un processus renforce l'autre. Et lorsque la lumière et les nutriments sont présents en abondance, ces mêmes mixotrophes prolifèrent bien plus rapidement que le plancton ne faisant appel qu'à un seul processus.

En 2012, nous avons voulu aller plus loin que la constatation de la présence de ces orga-



Une grande activité mixotrophe augmente la capacité des océans à capturer le CO₂



nismes dans les écosystèmes marins. Nous avons commencé à identifier divers groupes en fonction de la nature de leur alimentation, de la manière dont ils se nourrissent et de celle dont ils réalisent la photosynthèse. Nous avons ainsi mis en évidence quatre groupes distincts, chacun occupant une place spécifique au sein d'un spectre de comportements.

Le premier critère de distinction était l'origine des capacités photosynthétiques (voir l'encadré ci-contre). Celles-ci sont-elles inhérentes, ou l'organisme doit-il se procurer les organites photosynthétiques des proies? Nous avons nommé mixotrophes constitutifs le groupe doté du matériel génétique permettant de produire et maintenir les photosystèmes.

Ce groupe comprend de nombreux membres inoffensifs mais cruciaux au sein des chaînes alimentaires océaniques. Il inclut cependant aussi des fauteurs de troubles capables de produire des efflorescences algales destructrices lorsque leur prolifération devient hors de contrôle. Par exemple, le mixotrophe *Karlodinium* est connu pour tuer fréquemment de grands nombres de poissons partout dans le monde, de la baie de Chesapeake, aux États-Unis, aux eaux côtières de la Malaisie. Un autre mixotrophe constitutif, *Prymnesium*, a provoqué à plusieurs reprises la mort de poissons au large >