

l'enjeu plancton

Maëlle Thomas-Bourgneuf
Pierre Mollo

L'enjeu plancton

L'écologie de l'invisible

Préface d'Isabelle Autissier

Éditions Charles Léopold Mayer
38, rue Saint-Sabin Paris (France)

Remerciements

Les Éditions Charles Léopold Mayer, fondées en 1995, ont pour objectif d'aider à l'échange et à la diffusion des idées et des expériences de la Fondation Charles Léopold Mayer pour le progrès de l'homme (FPH) et ses partenaires. Les ECLM sont membres de la Coredem, une confédération de sites ressources pour une démocratie mondiale qui rassemble des partenaires autour d'une charte, d'un moteur de recherche et d'un wiki : www.coredem.info

Les auteurs

*D'abord enseignante, **Maëlle Thomas-Bourgneuf**, devient responsable de la mission « Emploi-Conseil en environnement » à La Direction régionale de l'Environnement (DIREN) de Bretagne, activité qu'elle poursuit depuis 2000 dans sa propre structure, à la fois en tant que chargée d'études et comme documentariste. Elle a mis son expérience associative de militante en environnement au service de son métier, notamment dans la construction des sites web et l'écriture de scénarios de films documentaires qu'elle réalise avec des professionnels de l'audiovisuel.*

*Homme de terrain, **Pierre Mollo** commence sa carrière de biologiste par la construction d'une écloserie de homards avec les pêcheurs d'Houat. Devenu enseignant-chercheur, il est chargé de transmettre son savoir-faire et ses connaissances sur le plancton aussi bien auprès des étudiants et des professionnels que du grand public. Il développe des coopérations internationales (Bénin, Cambodge, Vietnam, Ukraine) et s'engage, avec des associations bretonnes, auprès des différents acteurs (agriculteurs, pêcheurs, conchyliculteurs...) dans la gestion littorale et la préservation du plancton. Pour témoigner de ces aventures collectives et de sa connaissance du plancton, il réalise vingt-cinq films et vidéos, rédige de nombreux articles, participe à des conférences et crée un site internet www.plancton-du-monde.org avec le soutien d'Océanopolis à Brest et celui de la Fondation Charles Léopold Mayer.*

Vous trouverez des compléments d'information, des photos, des vidéos, sur le site Plancton du monde, www.plancton-du-monde.org

Nous tenons à remercier :

L'équipe de la Fondation Charles Léopold Mayer pour le progrès de l'homme, notamment Pierre Vuarin, pour le soutien qu'ils nous ont accordé dans le projet de rédaction de cet ouvrage dont le sujet peut surprendre.

Les Éditions Charles Léopold Mayer, spécialement Aline Jablonka pour sa confiance et Isabelle Yafil pour son suivi.

Éric Hussenot et Philippe Coyault, d'Océanopolis, pour leur aide et leur soutien précieux.

Tous les professionnels et militants qui ont nourri notre réflexion.

La mise à disposition des locaux et du personnel par l'entreprise 2 MB International (Jean-Yves Mollo, Éric et Corinne, ses enfants).

Nos familles qui nous ont soutenus, supportés (dans les deux sens du terme) et conseillés.

Et enfin nos amis, dont les encouragements et les conseils nous ont portés.

Maëlle Thomas-Bourgneuf
et Pierre Mollo

Préface

par Isabelle Autissier

Lorsque l'on parle de protection des mers et des animaux marins, tout le monde pense aux baleines, aux phoques et aux espèces commerciales dont la diminution est visible et préoccupante. Peu de gens se soucient de la base qui permet à tous ces animaux supérieurs de vivre : le plancton. Bien sûr, le sujet est moins enthousiasmant, il est plus difficile d'en faire des peluches ou des couvertures de magazines. Loin de moi l'idée qu'il ne faut pas s'intéresser à ces grands animaux qui sont un des fleurons de notre biodiversité marine. Mais sans plancton ou avec un déséquilibre dans les espèces qui le composent, c'est l'ensemble de la vie dans la mer qui est menacé.

L'océan nous semble immense, il est longtemps apparu impossible que l'homme puisse étendre ses agissements sur toute sa surface. Nous avons compté sur cette immensité pour nous fournir toujours plus à pêcher, pour absorber toujours plus de déchets et proposer toujours des territoires vierges capables de résister aux agressions. Les dernières décennies nous ont progressivement prouvé qu'il n'en est rien. La puissance d'action humaine est devenue telle qu'aucun endroit des mers, le plus reculé soit-il, de l'équateur aux pôles, de la surface aux grandes fosses océaniques, n'est plus à l'abri. Plus problématique encore, l'océan est loin d'être

uniforme, les zones favorables à la vie dépendent souvent de la lumière, des nutriments et se concentrent donc à proximité des côtes. Ces mêmes côtes qui sont de plus en plus occupées par l'homme et où de multiples activités viennent perturber l'environnement.

Pour autant, la mer reste une formidable chance pour la survie des humains. Elle peut continuer à nous procurer nourriture et espace, qui nous sont indispensables. À nous de faire en sorte que notre développement soit suffisamment harmonieux pour que les écosystèmes, et particulièrement le plancton qui est à la base de tout, gardent leurs marges d'existence. Nous n'en avons pas pris le chemin. Partout dans le monde, les problèmes sont de plus en plus lourds et explicites. Face à une humanité encore en croissance, à des besoins toujours plus importants, à des comportements toujours plus irrationnels, le saccage ne fait que s'étendre et des populations de plus en plus importantes en paient les conséquences.

Face à cela, des hommes, des femmes se mobilisent pour accroître et mutualiser nos connaissances qui sont encore dramatiquement insuffisantes et ne permettent pas d'éclairer assez les décisions ; pour engager des politiques de protection et d'aménagement, voire de restauration, qui permettent à la nature de continuer à jouer son rôle ; pour former, faire prendre conscience, éduquer et engager la concertation entre les différents acteurs. Ce dernier point est crucial. Le milieu vivant ne peut pas être confisqué par un groupe, un métier, une entreprise, ni même un pays. L'action de chacun retentit sur la vie de tous. Il ne sert à rien de jeter des anathèmes, mais il est urgent que chacun s'approprie une vision globale, comprenne l'importance des enjeux.

Parmi ceux qui, inlassablement, poursuivent ce travail d'alerte, de formation et de débats, Pierre Mollo et Maëlle Thomas-Bourgneuf ont été, chacun dans leur domaine, des pionniers. Bien avant que l'on ne parle de développement durable, ils se sont penchés sur ces questions, Pierre en les appliquant à cette brique initiale de la vie marine qu'est le plancton, Maëlle en mettant

ses compétences au service de l'emploi en environnement. De nombreuses initiatives ont vu le jour grâce au travail de Pierre. Maëlle lui a fait partager ses connaissances de terrain, et tous les deux ont mis en complémentarité leurs expériences du littoral qu'ils nous font vivre à travers ce livre. Car non contents d'organiser les choses en Bretagne Sud, ils nous font connaître les projets qu'ils ont accompagnés aux quatre coins du monde, en Afrique, en Asie, en Amérique latine et en Crimée.

De tout cela, ils ont tiré cet ouvrage qui est à la fois un point sur la situation, une explication des enjeux, des risques et des drames, mais aussi un carrefour de propositions et d'espoirs.

Pierre et Maëlle ont l'habitude de s'adresser à tous, qu'ils soient pêcheurs, ostréiculteurs, agriculteurs, mais aussi scientifiques, décideurs et industriels. Il en résulte un langage clair, illustré de nombreux exemples qui rendent palpables ces problématiques et font en quelque sorte vivre sous nos yeux ce plancton invisible et secret.

Ce livre est donc tout à la fois une source de connaissances et de réflexions sur ce que nous voulons faire de nos océans, sachant que le pire serait de continuer dans la logique actuelle qui risquerait de se payer très cher bientôt.

En souhaitant que cet ouvrage soit diffusé le plus largement possible et serve de base à nos actions futures, il faut les remercier tous les deux pour cet inlassable dévouement au service du plancton, donc de la mer, donc de l'homme.

Introduction

On parle souvent de « poussières d'étoiles », mais il existe aussi des « poussières de mer » qui, vues au microscope, ont des allures d'extraterrestres. Des millions d'entre elles errent dans la mer, à la fois essentielles et éphémères, translucides et frêles comme une ébauche de la vie. Sans ces poussières, dont la fragile existence ne tient qu'à quelques dixièmes de degrés, à une variation de sels minéraux ou de lumière, la vie marine n'existerait pas. Qu'elles soient végétales ou animales, elles constituent ce que l'on appelle le *plancton*.

Ce petit peuple de la mer s'agite et palpite, bat des cils, dessine des arabesques, des tableaux abstraits : le plancton est aussi beau que bon. Deux gouttes d'eau ne se ressemblent jamais. Chacune contient un concentré de vie. Les divers planctons se livrent des guerres incroyables dans un univers invisible. Or, si le plancton disparaît, l'humanité disparaît avec lui. Malheureusement, sa taille microscopique a fait de lui le parent pauvre de la biodiversité. Méconnu du grand public, il n'en est que plus fragile. C'est pourquoi il est nécessaire de se mobiliser autant pour lui que pour la survie de l'ours blanc.

Dans ce livre, nous souhaitons montrer l'importance du plancton entre « terre et mer » à travers l'histoire et le parcours de professionnels de la mer : les découvertes dans les écloseries, les pêcheurs d'Houat, les pêcheurs-conchyliculteurs de Sète et les

élèves et stagiaires de l'écloserie de Beg-Meil. Nous voulons aussi mettre en avant l'importance et les limites de l'aquaculture, le potentiel que représente un repeuplement des mers raisonné, le challenge qu'il exige en termes de formation des jeunes, aussi bien en Europe que dans d'autres pays du monde. Bien sûr, nous tenterons aussi d'expliquer les interactions entre le réchauffement climatique et les activités humaines.

La dégradation des ressources de la mer n'est pas uniquement imputable aux pêcheurs, que l'on cible trop facilement comme uniques responsables parce qu'ils surpêchent. Ce livre tend à démontrer que l'ensemble des activités humaines est en cause, au risque de voir disparaître le poisson, avec, en premier lieu, la base de la chaîne alimentaire marine, le plancton. Chaque chapitre apporte un approfondissement, un nouvel éclairage sur les questions concernant le réchauffement climatique, la biologie marine, l'aquaculture. Certains sont plus techniques, d'autres plus « littéraires » : tous ont en commun de « dire la mer »...

Terre et mer sont sources de nourriture pour l'homme. Nous avons un patrimoine commun avec les agriculteurs, les pêcheurs, les conchyliculteurs, que nous devons conserver. La terre nourrit la mer et réciproquement. Puissent-elles continuer à s'alimenter l'une l'autre de toute leur sève, planctonique ou non, pour que demain nous puissions tirer le meilleur de la mer. Nous avons le savoir-faire et l'intelligence. Avec un peu d'amour de la mer et un peu de solidarité entre les hommes, nous devrions y arriver.

Première partie

À la découverte du plancton

1. Qu'est-ce que le plancton ?

Le littoral s'enfonce sous les flots pour y créer un paysage en relief, inversé par rapport à celui de la terre, jusqu'aux abysses. Dans l'univers en trois dimensions de la mer, la vie est intense, les organismes sont divers et étonnants, les luttes incessantes. Les écologistes qui se sont penchés sur la vie océanique l'ont comparée à un immense écosystème. Au lieu de lui appliquer la taxinomie¹ classique, ils ont classé les espèces aquatiques en fonction de leur mode de vie, distinguant le benthos du pelagos.

La place du plancton dans les écosystèmes marins

Le benthos

À l'image du monde terrestre qui comprend le ciel et la terre, le monde marin se divise en deux parties : le benthos et le pelagos. Le benthos regroupe l'ensemble des organismes aquatiques qui colonisent le plancher océanique, des côtes aux abysses (voir schéma « Les communautés du benthos » p. 19). Il commence sur la partie littorale, là où, de la confrontation des vagues avec les côtes

1. Taxinomie (du grec *taxis*, « arrangement ») : classement par embranchements, classes, familles, ordres, genres, espèces et sous-espèces.

rocheuses, naissent les embruns qui saupoudrent de sel toute la côte. C'est le domaine des lichens.

Au-dessous de cette « zone des embruns » commence une zone battue deux fois par jour par les marées : l'estran. Les espèces présentes en permanence résistent toute leur vie pour ne pas être arrachées, même lors des plus violentes tempêtes, par la force de percussion des vagues déferlantes. Pour s'y maintenir, certaines se fixent solidement sur un support (patelles, anémones), d'autres s'accrochent aux rochers, comme les moules grâce à leur byssus ou les algues grâce à leurs crampons. En revanche, d'autres espèces se laissent porter par la marée et prennent leur retraite journalière dans des « flaques intertidales » pour une cure thermique dans l'eau tiède (crevettes, bernard-l'ermite, étoiles de mer, oursins, ascidies). On y rencontre parfois un grand mou avec deux cornes mais sans coquille : le lièvre de mer (aplysie), ou bien des crabes partant pour un jogging sur la plage ! Enfin, on rattache au benthos les animaux fouisseurs qui habitent le substrat, en particulier les vers, les bivalves (praires, palourdes, etc.) qui logent dans le sable ou la vase.

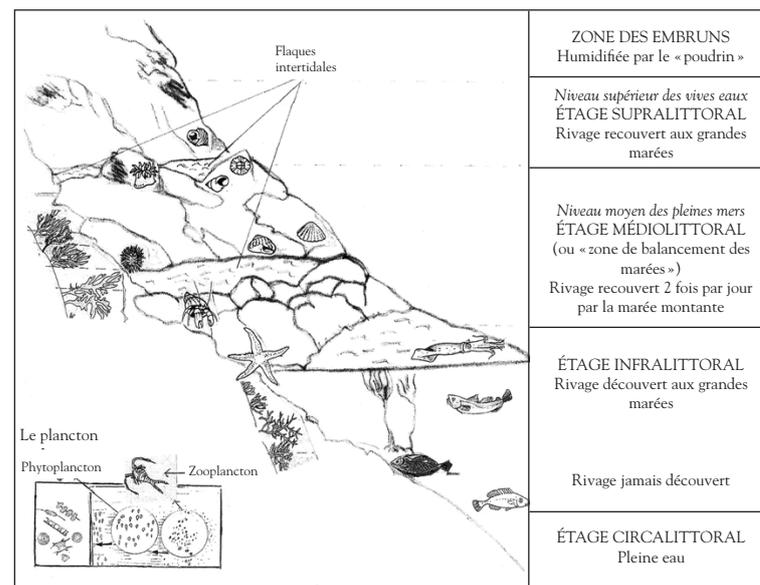
Contrairement à ce que l'on peut imaginer, ces animaux ne supportent pas la sécheresse. Ils s'enferment alors dans leur « maison » pour rester mouillés ou pour ne pas laisser entrer la chaleur. Les uns ferment hermétiquement leur coquille (moules, huîtres), parfois grâce à un opercule corné (littorines, bulots), ou se scotchent littéralement au rocher (patelles). Certains plus astucieux comme les balanes changent de mode de respiration et passent d'un mode aquatique (branchies) à un mode aérien (trachées). Un changement climatique sur cette zone (de pêche à pied notamment) aurait de graves conséquences pour la vie qui y prolifère.

Plus bas (étages infralittoral et circalittoral) vivent en « pleine eau » des animaux et des plantes qui s'accrochent au fond (algues), s'y fixent (coraux, gorgones), s'y enfouissent pour se camoufler comme certains poissons plats (raies, soles, plies, turbots, etc.) ou

rampent tout simplement (pieuvres, homards, langoustes). Ils bénéficient de la lumière du soleil qui pénètre jusqu'à 150 ou 200 mètres de profondeur selon la turbidité² de l'eau.

Ces créatures ou plantes termineront toutes leur vie d'adulte sur le benthos après avoir été plancton pendant leur enfance.

Les communautés du benthos



Source : Maëlle Thomas-Bourgneuf

Le pelagos : necton et plancton³

Le pelagos désigne l'ensemble des organismes qui occupent la tranche d'eau supérieure, du fond à la surface. Il est constitué d'organismes pouvant vaincre les courants marins, appelés necton, et d'autres trop petits pour s'y opposer, qui constituent le

2. Turbidité : état d'un liquide trouble.

3. Pour voir des images de plancton, découvrez les films en ligne sur les sites www.eclm.fr et www.plancton-du-monde.org

plancton. Le necton correspond aux animaux nageurs, qu'ils soient de l'immense variété des poissons, mais aussi des cétacés, des mammifères marins, des tortues ainsi que certains mollusques comme le calmar.

Le mot « plancton », anciennement « plankton », vient du grec ancien *planktós* ou « errant ». Il désignait chez Homère les animaux errant à la surface des flots.

L'océanographe Anita Conti en donne une très belle définition :

Né de comparaisons très anciennes faites entre la marche des planètes, apparemment errantes, à travers le dessin des constellations célestes et la flottaison des créatures vivantes à travers la mer, le terme plancton est entré de nos jours dans le vocabulaire courant. Il ne définit pas les êtres dont il suggère la présence, mais il en caractérise le comportement puisqu'il évoque un état physique, l'errance, que nous plaçons dans un milieu connu, l'océan. Ainsi, toute créature qui vit et flotte sans avoir une vigueur de nage volontairement et énergiquement dirigée fait partie de ce plancton⁴.

Les deux règnes du plancton

Si leurs mouvements propres (quand ils existent) n'ont pas une ampleur suffisante pour leur permettre de surmonter ceux des eaux qui les portent, les organismes constituant le plancton sont toutefois capables de déplacements verticaux. On observe une ascension du plancton à la nuit tombée et un mouvement inverse à l'aube (ces oscillations peuvent atteindre 1 000 mètres d'amplitude). De natures très diverses, ces organismes ont des tailles variant de 0,2 micromètre (μm) à plusieurs centimètres, voire plusieurs mètres pour les plus grands (méduses). Ces différences de taille permettent à chaque espèce planctophage de trouver de la nourriture à la taille de sa bouche et aux animaux vivant en eau profonde de se nourrir d'espèces de surface. Parmi ces « créatures »

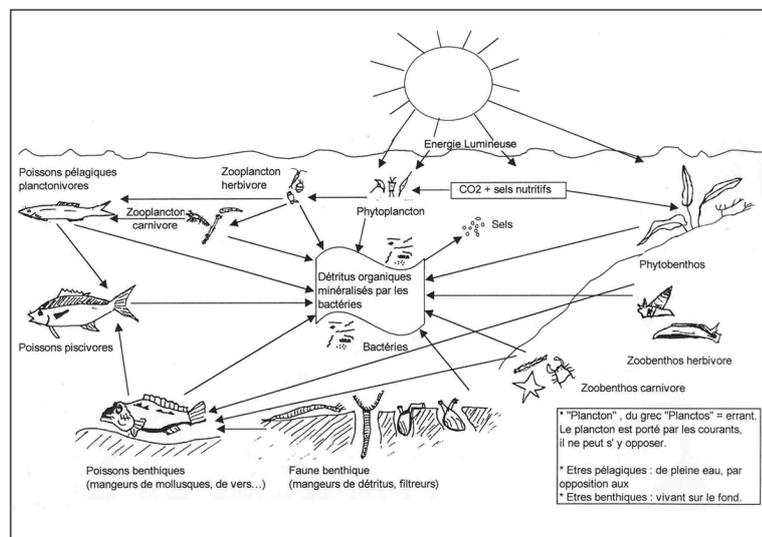
planctoniques dont parle Anita Conti, on distingue le phytoplancton d'ordre végétal et le zooplancton d'ordre animal.

Le phytoplancton

Le plancton végétal ou phytoplancton (microalgues) est le point de départ de toute l'activité biologique de la mer, à la base de toutes les chaînes alimentaires aquatiques. Comme dans les écosystèmes terrestres, il utilise l'énergie solaire pour fabriquer de la matière organique. Il détermine sa position, en surface ou entre deux eaux, en fonction de la quantité de lumière qu'il peut capter, indispensable à sa photosynthèse. Il est constitué d'algues microscopiques, formées d'une seule cellule ou de cellules réunies en chaînes, se multipliant par division cellulaire grâce à la lumière, au CO_2 et aux sels nutritifs. Elles produisent de grandes quantités d'oxygène nécessaire à la vie dans l'eau, mais aussi, par les échanges gazeux, participent à l'oxygénation de la planète. Le phytoplancton est absorbé par les animaux de petites tailles (100 à 200 μ). C'est un aliment de choix pour de nombreuses espèces, comme les huîtres, les moules, etc., à leur stade larvaire et durant toute leur vie d'adulte. Pour se multiplier, il a besoin non seulement de soleil et de gaz carbonique, mais aussi d'une alchimie d'éléments minéraux et d'oligoéléments variés et complexes, en particulier le phosphore et l'azote. Ces éléments proviennent de la décomposition, par les bactéries, des déchets organiques.

4. Anita Conti, *L'Océan, les bêtes et l'homme*, Payot et Rivages, 2002.

Cycle général de la matière dans les océans



Source : Isabelle Cancre

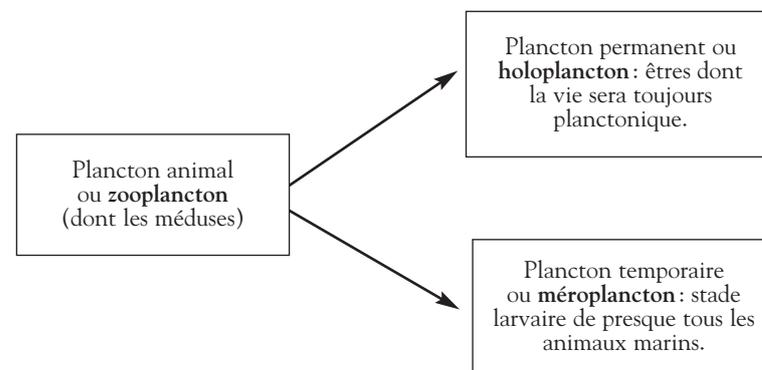
C'est le brassage constant des courants marins verticaux (*upwelling*) qui approvisionne les couches océaniques superficielles. À chaque composition chimique correspond le développement d'une algue planctonique. De chaque espèce découle un réseau trophique (cycle alimentaire) de zooplancton qui sert à son tour aux petits crustacés et ensuite aux poissons de plus grande taille.

Parmi ces algues, les diatomées forment le groupe dont les espèces sont les plus nombreuses (près de 10 000) et sans doute les plus abondantes. Puis viennent les algues porteuses de flagelles⁵, les dinoflagellées. Enfin, ce que l'on appelle les algues calcaires (que l'on connaît sous forme de craies formant les falaises d'Étretat), les coccolithophoridées.

5. Flagelle : filament mobile servant d'organe locomoteur.

Le zooplancton

Le zooplancton ou plancton animal est composé de deux groupes : l'holoplancton et le méroplancton. D'après le cycle biologique des organismes, l'holoplancton ou plancton permanent se reproduit par accouplement et se multiplie. À chaque stade de sa croissance, sa petite taille fait de lui une proie facile pour les



espèces prédatrices supérieures. Son cycle vital se déroule intégralement en pleine eau.

Le méroplancton ou plancton temporaire (premier stade de la vie, par exemple larve nauplius puis zoé de la crevette avant qu'elle devienne juvénile) concerne, lui, de très nombreuses espèces marines telles que les homards, les crevettes, les huîtres, les moules, les bars, les turbots, etc., qui, à un moment donné de leur vie, passent par des stades larvaires très complexes et sont à leur tour des proies de choix pour les espèces plus grandes.

Les crustacés copépodes composent l'élément dominant du zooplancton (plus de 80%) et jouent de ce fait un rôle fondamental dans le cycle biologique des mers. Une rupture dans la chaîne alimentaire au niveau des copépodes aurait comme incidence la diminution des stocks, la surpêche n'étant pas l'unique cause de la disparition des poissons.

Une modification, même infime, des compositions chimiques du milieu provoque un déséquilibre qui laisse la place à des espèces phytoplanctoniques parfois toxiques, mortelles pour les coquillages (*Gymnodinium*), ou entraînant des troubles gastro-intestinaux chez le consommateur de coquillages (*Dinophysis*, *Alexandrium*). Modifications et perturbations du plancton participent aussi à la raréfaction de certaines espèces et déséquilibrent les chaînes alimentaires de la pyramide de la vie marine⁶.

L'invasion des méduses (cnidaires)

Les méduses font partie de la famille des planctons dans la mesure où, comme eux, elles errent au gré des courants. Elles sont très belles quand leurs ombrelles palpitent comme des cœurs, mais peuvent provoquer bien des dégâts. Elles prolifèrent lorsqu'elles ont à la naissance les conditions favorables pour leur développement : une température d'eau qui se réchauffe, une nourriture abondante en zooplancton (en particulier les copépodes qu'elles apprécient particulièrement, ne laissant rien aux alevins de poissons qui vont éclore...), des courants propices à leurs déplacements mais qui sont également favorables à la concentration du zooplancton. Les pollutions apportant des nutriments en excès (nitrates, phosphates) et le beau temps sont à l'origine du *bloom*⁷ de phytoplancton. Les méduses, une espèce opportuniste, en profitent indirectement grâce à la profusion de zooplancton qui en découle.

La mer Rouge et la Baltique, dans leurs parties les plus polluées, ressemblent à des soupes de méduses. En mer Noire, au début des années 1980, on n'en trouvait pratiquement pas. En moins de dix ans, la biomasse gélatineuse a grimpé jusqu'à un demi-million de tonnes. On suppose que la surpêche, ayant diminué le stock de

6. Voir schéma p. 82.

7. *Bloom* : terme anglais très usité pour parler de la prolifération ou efflorescence du plancton, c'est-à-dire d'une augmentation relativement rapide de la concentration d'une ou de quelques espèces de phytoplancton dans un système aquatique. Celle-ci se traduit généralement par une coloration de l'eau (rouge, brun-jaune ou verte). Ce phénomène peut concerner des eaux douces ou marines.

harengs, d'anchois, de sardines qui se nourrissent comme elles de zooplancton, a engendré leur prolifération. Quand leur population explose, on en trouve 1 000 au mètre cube. Elles sont capables d'anéantir un élevage aquacole, comme par exemple en Irlande⁸ où, en une nuit, un banc de méduses de 25 km² sur 13 mètres de profondeur a « attaqué » deux élevages, l'un de 100 000 saumons adultes et l'autre de 140 000 juvéniles d'un an !

Leur taille peut être gigantesque (*Chrysaor*, ombrelle de 2 mètres de diamètre et tentacules de 18 mètres). Elles sont si attirées par l'eau tiède qui sort des circuits de refroidissement qu'elles vont même jusqu'à boucher les filtres des canalisations de centrales électriques, d'usines de dessalement, voire de centrales nucléaires.

En mer du Japon, elles sont parfois des centaines de millions, dont certaines de 200 kilogrammes chacune. Elles font chuter la pêche car elles mangent les larves des poissons, obstruent les filets ou contaminent les poissons dans les chaluts. Leur venin peut être mortel, comme *Chironex fleckeri* qui tue en moins de trois minutes (une victime par an en Australie, entre vingt et quarante aux Philippines). C'est surtout leur prolifération spectaculaire, qu'elle soit normale (saisonnière) ou phénoménale, qui pose problème. Ce n'est pas seulement le réchauffement climatique qui en est la cause. « Les pilules contraceptives et les traitements de la ménopause sont une cause probable de leur prolifération », affirme Jacqueline Goy⁹. Les hormones qu'ils contiennent, notamment l'œstradiol, sont évacuées par les urines et, n'étant pas éradiquées par les stations d'épuration qui ne sont pas prévues à cet effet, se retrouvent dans la mer. Elles risquent de féminiser les poissons, mais chez certaines méduses comme l'Aurélie, la disparition des mâles n'a pas d'importance car elles peuvent se reproduire par bourgeonnement. Avec l'augmentation de la température de l'eau, cela accentuerait leur prolifération. De plus, leurs

8. C. Labbé et O. Recasens, « La revanche des méduses », *Le Point*, 31 janvier 2008.

9. Spécialiste mondiale des méduses, chercheuse à l'Institut océanographique de Paris.

principaux prédateurs, la tortue et le thon rouge en mer Méditerranée, sont en grand danger d'extinction. Dans 400 régions océaniques considérées comme biologiquement mortes, pour cause de pollutions diverses, plus grand-chose ne vit... sauf les méduses¹⁰ !

Recherche fondamentale et évolution de la pensée scientifique

Au XIX^e siècle, l'océanographie, l'étude et la connaissance du plancton ainsi que la création des stations biologiques marines sont intimement liées à l'évolution de la pensée scientifique (le darwinisme), à l'apparition de nouveaux moyens de transport (le chemin de fer) et à la découverte de nouveaux instruments d'analyse (le microscope).

Comme l'écrit Anita Conti :

L'océanographie est une science nouveau-née qui n'a pu se développer qu'après toutes les autres, puisqu'elle a recours à toutes les autres pour son outillage, mais l'océan ne peut plus se défendre. Il tient 70 % de notre surface planétaire et en altitude, il remplit en ses fosses extrêmes plus de dix kilomètres d'épaisseur. Pourtant, dans le formidable volume de cet élément inhumain, quelques hommes sont tout de même entrés ; ils ont suivi la lumière, son étrange modification à travers les couches d'eau qui sont des filtres, et ils sont revenus à notre existence quotidienne avec des regards de songe et la nostalgie d'un corps délié des lois aériennes de la pesanteur¹¹.

10. La National Science Foundation américaine a mis en ligne un site consacré aux méduses : http://www.nsf.gov/news/special_reports/jellyfish/index.jsp, sur lequel on trouve tous les renseignements à leur sujet. Voir aussi le livre de Jacqueline Goy, *Les Miroirs de Méduse : biologie et mythologie*, Rennes, Apogée, 2002.

11. In Nadine Lefébure, *Femmes océanes : les grandes pionnières maritimes*, Grenoble, Glénat, 1995.

Une petite histoire de la pensée scientifique

Mis à part l'éphémère station créée en 1783 près de La Spezia¹², la première « vraie » station biologique marine est née à Ostende (Belgique), en 1843, grâce au zoologiste Pierre Van Beneden, qui s'est consacré surtout aux invertébrés, et particulièrement aux crustacés. En effet, l'un des domaines les plus étudiés au XIX^e siècle est celui des invertébrés marins dont le nombre d'espèces connues augmente considérablement, notamment grâce aux longues expéditions d'exploration des mers, dont la plus célèbre est celle du *Challenger* (de 1872 à 1876). Ces navires sont de véritables « laboratoires flottants » qui précèdent la création des stations biologiques marines. Celles-ci répondent au souhait des universitaires de montrer à leurs étudiants des animaux vivants (prélevés aux abords de la station ou élevés en aquarium) et de développer la recherche fondamentale sur le benthos. Le chemin de fer favorise cette révolution pédagogique en leur permettant d'emmener leurs étudiants sur n'importe quel site. Il profite aux sciences en général (archéologie, paléontologie...), et à l'océanographie en particulier. Par ailleurs, les moyens techniques de recherche se perfectionnent, comme le microscope qui, depuis le milieu du XVIII^e siècle, n'a plus le défaut d'aberration chromatique des microscopes composés.

On assiste également à une véritable révolution sur le plan intellectuel. Les bases de la théorie moderne de l'évolution des espèces proposée par Darwin en 1859 sont posées mais loin d'être adoptées par le monde scientifique pendant ces « Trente Glorieuses de la recherche biologique marine¹³ ». Les tenants de la « génération spontanée » (que l'on peut rattacher de nos jours aux « créationnistes » ou à l'« Intelligent Design ») s'opposent aux « évolutionnistes », qui adhèrent à la théorie de Darwin. Celle-ci prône une évolution par la sélection naturelle, autrement dit, soutient que

12. La Spezia est une ville de Ligurie, dans le nord-ouest de la péninsule italienne.

13. Michel Glémarec, *Qu'est-ce que la biologie marine ? De la biologie marine à l'océanographe biologique*, Vuibert/Adapt-Snes, 2007.

seuls les animaux (dont l'homme) les plus adaptés à leur milieu survivent. Ces « survivants » auraient plus de chances de se reproduire, et donc de transmettre leurs gènes. Un animal pourvu d'une anomalie génétique, par exemple plus poilu que les autres, aura plus de chances de survie dans un environnement froid et pourra transmettre cette « anomalie positive » ou « variation avantageuse » à sa descendance. Cette « mutation » se répandra plus ou moins facilement aux nouvelles générations de cette espèce en fonction du contexte environnemental (prédateurs, agents pathogènes, aptitude à se défendre, à se nourrir...). Certains survivent, arrivent à maturité et se reproduisent. D'autres disparaissent. C'est le « fruit à la fois du hasard et de la variabilité¹⁴ », que la génétique démontrera au XX^e siècle.

On peut imaginer sans peine qu'une telle théorie ait pu engendrer des brouilles entre scientifiques. Ainsi Henri de Lacaze-Duthiers, grand anatomiste « fixiste », donc opposé au darwinisme et créateur de la station de Roscoff, a-t-il qualifié son ancien préparateur, Alfred Giard, premier évolutionniste français, de « gremlin de Lille¹⁵ ». Il faut savoir qu'à l'époque, être évolutionniste pouvait engendrer la réduction, voire la suppression pure et simple, des financements d'un laboratoire !

En province les « évolutionnistes », à Paris les caciques conservateurs

C'est dans cette période de bouillonnement scientifique, après la guerre de 1870 et jusqu'à la Première Guerre mondiale, que va naître ce qu'on pourrait appeler la pensée écologique, initiée grâce à la forte personnalité de certains savants qui apporteront chacun une pierre à l'aquarium. Ainsi, Henri de Lacaze-Duthiers, qui est aussi un adversaire des théories de Claude Bernard, considère que celui-ci veut reléguer les sciences naturelles à une simple liste d'espèces et de descriptions anatomiques. Selon lui, « la zoologie

14. Pascal Picq « Darwin a révolutionné la pensée occidentale », *Ouest-France*, 12 février 2009.

15. Michel Glémarec, *Qu'est-ce que la biologie marine ?*, *op. cit.*

n'est plus une simple étude des formes, elle devient expérimentale, c'est-à-dire qu'elle se fonde sur l'observation des animaux vivants dans des aquariums correspondant aux conditions fixées par l'expérimentateur¹⁶ ». Il instaure là les bases des stations biologiques, dont celle de Naples donne l'exemple. Quant à Alfred Giard (son ancien préparateur), bien qu'ayant fait de nombreuses découvertes chez les animaux marins, il est surtout connu comme le fondateur du mot « éthologie » (qui recouvre aujourd'hui les mœurs des animaux), qu'il définit comme une « histoire des rapports qui relient les animaux aux êtres qui les entourent et au milieu qu'ils habitent¹⁷ ». Autour de lui, à la station de Wiremeux, se rassemble la « phalange » des biologistes qui adhèrent aux idées de Darwin, Lamarck et Wallace. Parmi eux, le Belge Pelseneer, mis à l'écart dans son pays à cause de ses opinions (il rénove les principes de Lamarck), auquel se joint Antoine-Fortuné Marion, qui a fondé en 1869 à Marseille le premier laboratoire de zoologie et de biologie marines de province.

Un bouillonnement scientifique, prélude à la pensée écologique

Grâce à ces idées qui révolutionnent les sciences, l'anatomie comparée des invertébrés et l'embryologie (ou embryogénie) progressent rapidement. D'autant plus qu'en 1866, Ernst Haeckel, biologiste allemand qui fait la promotion du darwinisme en Allemagne, a proposé sa classification phylogénétique de l'ensemble du règne animal. Son arbre généalogique, dit « arbre de Haeckel », montre les relations ou filiations entre les grands embranchements des organismes vivants, que la génétique confirmera et développera au XX^e siècle. Après avoir créé le terme « phylogénie¹⁸ », il crée le terme « écologie » en 1866, qu'il écrit

16. *Ibid.*

17. Ce qui à notre époque est la définition de l'écologie.

18. Phylogénie ou phylogénèse : recherche des relations et filiations existant entre les différents embranchements (phylums). Les enchaînements sont proposés d'abord par des anatomistes, puis par des embryologistes, ce qui se traduit par l'établissement d'un arbre phylogénétique ou phylétique.

« œcologie¹⁹ ». Il est aussi le père de la « chorologie²⁰ ». On ne peut terminer sans parler du fondateur de l'écologie benthique, Karl Möbius, zoologiste à l'université de Kiel, qui introduit le terme de « biocénose²¹ ». Il reste évidemment Victor Hensen, physiologiste dans la même université, qui donne le nom de « plankton » à tous les organismes dérivant dans l'eau. Il met au point des méthodes pour calculer le nombre d'œufs des poissons afin d'évaluer les stocks à venir. Il est reconnu comme le père de l'« écologie pélagique quantitative ». Friedrich Dahl parachève son travail par une méthode quantitative d'estimation des populations (tamisage, tri, identification, comptage) qui donne naissance à l'« écologie benthique quantitative » avec laquelle on travaille encore aujourd'hui.

Exemples de classification simple des animaux marins sur les côtes atlantiques

Annélides (d'*annulus*, « anneau ») : vers errants ou sédentaires.

Arthropodes (d'*arthron*, « articulation », et de *podos*, « pied ») : crustacés (de *crusta*, « croûte ») : cloportes des mers, balanes, anatifes, crabes, homards, crevettes.

Cnidaires (de *cnide*, « ortie ») : anémones, méduses, coraux.

Échinodermes (d'*echinos*, « oursin », et de *derma*, « peau ») : oursins, étoiles de mer, ophiures.

Mollusques :

– bivalves (de *bi*, « deux », et de *valvae*, « battants de porte ») : moules, huîtres, coques, coquilles Saint-Jacques ;

19. En effet, en Grèce, à l'époque archaïque, chaque personne était rattachée à un *oikos* (maison), un ensemble de biens et d'hommes formant une maison-née. L'œcologie désigne donc pour lui les relations unissant les organismes vivants, leurs rapports avec leur environnement biotique et physicochimique, en incluant plus tard l'économie de la nature.

20. Chorologie : discipline de la biogéographie expliquant les origines de la répartition géographique des organismes vivants.

21. Biocénose : ensemble des organismes vivant dans des conditions de milieux déterminées et unis par des liens d'interdépendance.

– gastéropodes (de *gaster*, « estomac », et de *podos*, « pied ») : bigorneaux, patelles, nudibranches ;
– céphalopodes (de *kephalé*, « tête », et de *podos*, « pied ») : seiches, calmars, poulpes.
Tuniciers (de *tunica*, « tunique ») : ascidies.
Spongiaires (de *spongia*, « éponge ») : éponges.

Naissance des stations biologiques marines

Il n'est pas inutile de rappeler que la création des stations biologiques marines est née de l'obstination de certains savants qui, contre vents et marées, vont lever des fonds pour leur construction et leur fonctionnement, se copier et s'entraider, et finalement poser les bases de la recherche fondamentale européenne en aquariophilie. Ce brassage d'idées, de chercheurs et de recherches fondamentales a inspiré les créateurs des stations, qui seront d'ailleurs toutes construites sur le même modèle. Les stations essaient, à l'instar de la nouvelle théorie de l'évolution. On s'attachera ici à l'histoire de quatre d'entre elles, particulièrement emblématiques du climat d'émulation et de l'état d'esprit des chercheurs au XIX^e siècle.

Concarneau²², première station biologique marine consacrée à l'aquaculture

Le P^r Coste, médecin de l'empereur Napoléon III, devient à Concarneau le spécialiste de l'élevage des poissons d'eau douce, autrement dit, l'un des initiateurs de la pisciculture moderne. Grâce à Étienne Guillou, pilote local très réputé, il procède à des pêches planctoniques et à des dragages destinés à étudier la faune des eaux et des fonds de la baie de Concarneau, plus connue en France à cette époque pour sa pêche de la sardine. Comme il est

22. En août 2009, à l'initiative d'Yves Le Gal, ancien directeur de ce laboratoire, le plancton a été l'invité d'honneur du laboratoire de biologie marine de Concarneau, qui a fêté les cent cinquante ans de sa création.

aussi inspecteur général des Pêches, il saura trouver les fonds nécessaires à la construction de la station en 1859 et pourra être aidé par des bateaux militaires pour ses dragages.

Le bâtiment de la nouvelle station biologique est surtout intéressant pour « ses réservoirs, établis en escaliers, afin que l'eau et l'air soient toujours renouvelés et maintiennent les poissons dans un habitat aussi sain que possible²³ ». Ces procédés s'avéreront par la suite incontournables en aquaculture. Les zostères de la baie de la Forêt et, à quelques milles, l'archipel de Glénan offrent aux chercheurs qui viennent travailler à la station en été un « paradis pour naturalistes ».

Coste met au point dans de vastes viviers la culture des salmonidés²⁴. Il récompense les marins qui lui apportent, vivantes, des espèces rares, et se penche sur la question du « repeuplement des mers ». En effet, lorsqu'en 1852 la baie est frappée par un appauvrissement en huîtres, il réussit à protéger la croissance des huîtres naissantes en les faisant grandir sur des supports artificiels : l'ostréiculture moderne est née. Il se penche aussi sur les sautes d'humeur de la sardine qui apparaît et disparaît inexplicablement dans la baie.

Quand les chercheurs d'autrefois mettent au point la méthodologie d'aujourd'hui

Après la mort de Coste, le laboratoire continue ses activités tant bien que mal, grâce à des chercheurs comme Georges Pourchet, qui décrit le premier le *Dinophysis*, algue planctonique toxique, ou Laurent Chabry, fondateur de l'embryologie expérimentale. En 1885, Paul-Louis Fabre-Domergue met au point les premières techniques d'élevage d'un poisson marin, la sole. Mais la maîtrise du cycle biologique de la sole ne signifie pas la maîtrise de l'élevage car il faut chaque jour aller au large prélever du plancton. Cette difficulté sera contournée en 1906 grâce au bateau

23. Revue *Ar Men*, voir bibliographie.

24. Salmonidés : groupe de poissons osseux, marins et fluviaux, comprenant les saumons, les truites, les ombres et les omble, ainsi que les corégones.

Le Petrel, mis à la disposition du laboratoire. Face à l'inconstance de la sardine, Fabre-Domergue invente un appât artificiel. Avec Legendre, il met au point la méthode de purification sanitaire des huîtres (il les fait jeûner trois semaines dans de l'eau de mer circulant en circuit fermé et débarrassée de ses bactéries).

La station de Naples, modèle de référence

Le naturaliste allemand Carl Vogt ambitionnait déjà de créer une station en Méditerranée, à Villefranche, mais son idée ne sera réalisée que par un autre chercheur allemand, Anton Dohrn, qui ouvre en 1872 une station à Naples, grande ville touristique. Avec un sens « commercial » plus affûté que les autres chercheurs, il a l'idée de génie de coupler le laboratoire scientifique à un aquarium public. Le public, fasciné par ce qu'il voit dans les aquariums, va financer plus facilement la recherche. Il loue ensuite les salles des laboratoires à quinze pays qui ne possèdent pas de stations, ce qui leur permet de mener malgré tout leurs propres recherches.

Il trouve, pour compléter son financement, ce qu'on appelle aujourd'hui des « sponsors », privés et publics. La station de Naples deviendra un modèle de référence pour les autres, excepté pour les stations anglaises, dont l'objectif est plutôt de soutenir l'industrie de la pêche de leur pays. Il est à noter que l'architecture de style classique des stations les fait se ressembler, quel que soit le pays où elles se trouvent, au XIX^e siècle comme au XX^e siècle, jusqu'à Nha Trang au Vietnam.

La station de Sébastopol, mémoire du plancton

L'histoire de la station biologique de Sébastopol, créée comme son nom l'indique sur les bords de la mer Noire, en Crimée, montre à quel point le monde scientifique, au XIX^e siècle, échange facilement le fruit des recherches en cours et combien les naturalistes de tous les pays suivent les travaux des uns et des autres. Elle s'appuie sur le même modèle que les autres stations de l'époque, que son fondateur, Alexandre Kowalevsky, connaît parfaitement. Elle est cependant particulièrement intéressante pour deux raisons.

D'abord, parce que de nombreux zoologistes russes qui y sont formés travailleront ensuite dans les autres stations ou seront à l'origine de la création de la station de Villefranche. Ensuite, parce que les débuts de cette station sont attachés à la personnalité de Sophia M. Pereïaslawzena, qui assume pendant les dix premières années la direction du laboratoire, sans en avoir ni le titre ni les émoluments, parce qu'elle était une femme... Célèbre pour la découverte de 200 espèces animales en baie de Sébastopol, elle occupe une place reconnue parmi les pionniers des études biologiques (développement de l'embryon des vers plats et des crustacés). À l'IBSS (Institute of Biology of the Southern Seas, nouveau nom de la station biologique de Sébastopol), personne n'a oublié avec quelle ténacité elle s'est battue pendant dix ans pour fournir au laboratoire du matériel aussi divers que des engins de pêche ou des microscopes.

Villefranche, la station russe qui devint française

Le cas de la station de Villefranche est étonnant. Ce n'est pas la ville, mais la richesse planctonique de sa baie et de la « mer de Nice » qui est remarquée par les chercheurs, surtout par Carl Vogt, qui passe dix ans de sa vie à l'étudier. La baie de Villefranche est un véritable « piège à plancton », à cause de ses courants qui dérivent les organismes vers la côte.

En 1860, le comté de Nice redevient français, mais l'ancien bague des rois de Sardaigne est toujours utilisé par la marine russe comme dépôt de charbon pour sa flotte en mer Noire. C'est dans ce curieux bâtiment de galériens qu'un professeur de Kiev, Alexis de Korotneff, persuadé par Kowalewsky, va créer en 1885 la station zoologique de Villefranche, avec ses propres fonds et l'absolution de Vogt qui lui offre même sa propre bibliothèque. Il profite pendant trente ans du contexte social et politique de Nice où il est protégé par l'importante colonie russe. Beaucoup de chercheurs de Sébastopol y séjournent. La guerre de 1914 et la révolution russe en font un lieu d'accueil pour des réfugiés comme Grégoire Trégouboff en 1915.

Très connu alors pour ses études sur les peuplements planctoniques, après quatre ans de tractations, le laboratoire est affecté officiellement au ministère de l'Éducation nationale français en 1932. Il est mis à la disposition de l'Université de Paris et rattaché au laboratoire Arago, à Banyuls-sur-Mer. Grégoire Trégouboff, qui en devient le sous-directeur résident, et Maurice Rose compileront les connaissances sur le plancton dans un *Manuel de planctologie méditerranéenne* réédité en 1978, qui reste aujourd'hui encore la référence incontournable dans ce domaine.

Dates de création des principales stations biologiques marines

1843 : station d'Ostende.
 1859 : station de Concarneau.
 1871 : station de Sébastopol (Russie).
 1872 : stations de Naples, Roscoff.
 1874 : station de Wiremeux près de Boulogne-sur-Mer.
 1879 : station de Sète.
 1885 : station de Villefranche.
 1887 : station de Misaki (Japon).
 1888 : station de Plymouth (Angleterre).

L'écloserie de Beg-Meil, un laboratoire pédagogique

Il existe en Bretagne une petite station biologique dont l'histoire est très particulière. Un enseignant de l'Éducation nationale, Robert Tessier, organise en 1967 au lycée agricole de Bréhoulou²⁵ les premiers stages de découverte du milieu marin pour des élèves, ce qui constitue en soi une grande innovation pédagogique. Ce centre prend le nom de CEMPAMA (Centre d'étude du milieu et de pédagogie appliquée du ministère de l'Agriculture) et, en 1973, s'installe à Beg-Meil, près de Quimper, dans les locaux de l'ancien Grand Hôtel. Il devient un lieu idéal

25. Dans le Finistère, Bretagne Sud.

pour une approche sensible du littoral (les métiers de la mer, la criée de Concarneau, le mareyage, la filière de commercialisation des produits, etc.). Les élèves découvrent de façon naturelle les métiers de la pêche, avec embarquement sur un côtier (bateau de pêche) et visite de parcs à huîtres. La pédagogie est très nouvelle pour l'époque : ils font des prélèvements sur l'estran, conservent les coquillages et les crustacés dans les aquariums, puis les observent. Ils cherchent ensuite dans les livres à quoi correspond ce qu'ils ont ramassé. Après quinze jours de classes de mer, ils restituent oralement ce qu'ils ont fait, confectionnent des panneaux pour une exposition.

En 1977, le CEMPAMA devient un établissement national. Jusqu'en 1986, cet établissement de formation et d'expérimentation, dont les compétences sont principalement l'aquaculture, l'agriculture, l'environnement et la pédagogie, participe aux adaptations du système éducatif et aux innovations dans le domaine de la pédagogie de l'enseignement agricole. Dépendant initialement de la Direction générale de l'enseignement et de la recherche du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, il est rattaché aujourd'hui à l'Agrocampus de Rennes. En 1986, Pierre Mollo en a fait un établissement dédié à la pédagogie et à la recherche appliquée, en y créant une éclosérie²⁶.

Un centre de formation continue pour enseignants

Avec le temps, la vocation du centre de Beg-Meil a un peu évolué. Aux stages de découverte pour les jeunes se sont greffés des stages pour des enseignants venant du ministère de l'Agriculture et de l'Éducation nationale qui se remettent à niveau ou approfondissent leurs connaissances, s'ouvrent à de nouvelles techniques pédagogiques qui ont pu évoluer grâce aux postes de biologistes, bien sûr, mais aussi de géographes (géographie littorale), d'économistes (économie des pêches) créés dès l'origine.

26. Pour plus de facilité de lecture, on nommera ce lieu dans les chapitres suivants « Beg-Meil ».

Depuis les années 1980, le centre s'est ouvert au monde de la pêche, à la demande du ministère de l'Agriculture (« stages préparatoires à l'installation »), et prépare au brevet professionnel agricole et maritime. En 1986, le directeur de l'époque met en place puis institutionnalise une formation continue pour adultes (600-800 heures), dans la mesure où les professionnels de la conchyliculture ne peuvent plus s'installer ni recevoir d'aides publiques s'ils ne sont pas formés un minimum à la biologie et à la gestion d'entreprise²⁷. Il crée alors une éclosérie comme soutien pédagogique à ces cours. L'éclosérie de Beg-Meil devient un outil pédagogique pour accompagner les lycées aquacoles dans la mise en place d'un cycle complet de formation²⁸. Une minorité poursuit des études supérieures. Aujourd'hui, il existe aussi des unités capitalisables : la valorisation des acquis expériences (VAE). Le concept est particulièrement favorable aux personnes n'ayant aucun diplôme. Avec une expérience professionnelle de vingt à trente ans, elles peuvent avoir accès à des équivalences. C'est enfin une reconnaissance du savoir-faire et du savoir-être de la profession.

Un atelier pédagogique

L'éclosérie de Beg-Meil est d'abord un atelier pédagogique. Au départ, l'idée n'était pas de se servir de l'aquaculture pour repeupler les mers, mais pour avoir un outil pédagogique « vivant », comme autrefois dans les stations biologiques. Les élèves, stagiaires ou étudiants en formation, sont sensibilisés à la fragilité et à la complexité du milieu aquatique, et sont initiés aux principales étapes de la reproduction d'animaux marins et de mollusques. Ainsi, ils sont plus à même de comprendre les difficultés des professionnels du monde marin.

Les techniques de l'aquaculture permettent de maîtriser la reproduction. Mais l'aquaculture n'est pas seulement un outil

27. Depuis, elle a été démultipliée dans huit établissements littoraux.

28. D'abord un brevet d'études professionnelles (BEP) aquacoles, puis un brevet de technicien aquacole (BTA, bac pro actuel) et enfin un brevet de technicien supérieur (BTS, bac + 2) aquacole.

productif. Elle sert aussi à bien connaître la biocénose, les biotopes, les écosystèmes, à mettre en adéquation le type de nourriture correspondant à chaque stade larvaire, etc. On fait « maturer » des géniteurs, c'est-à-dire qu'on amène un animal au stade où il est prêt à frayer. Les petits sont suivis à tous les stades larvaires jusqu'à leur maturité. L'écloserie est en permanence en prise directe avec le milieu, la baie de Concarneau, grâce à une pompe en mer qui apporte l'eau dans les bacs. Être en prise directe avec le milieu permet également de savoir immédiatement s'il y a un dysfonctionnement dans l'écosystème de la baie.

Qu'est-ce qu'une écloserie ?

On cultive le phytoplancton (qui nourrira le zooplancton) dans une salle dont la température n'excède pas 18 à 20 °C, dans de gros ballons en verre. On reconnaît chaque plancton à sa couleur : vert pomme, brune, en passant par tous les dégradés du jaune au marron. Les cultures reçoivent une lumière artificielle diffusée par des tubes fluorescents. L'énergie lumineuse est fournie 24 heures sur 24 pour maximiser la production photosynthétique, et l'eau de mer utilisée est filtrée. La salle est alimentée par un circuit d'air enrichi en dioxyde de carbone pour favoriser la croissance des algues. Le plancton, quand il est « à point », est donné ensuite aux larves, qu'on élève dans une salle adjacente, à l'intérieur de grands tripodes blancs alimentés en oxygène. Les gargouillements de l'eau qui coule aux jets pour alimenter les bacs chuintent sans discontinuer.

La salle appelée « écloserie » est une sorte de nurserie où des bassins de toutes tailles accueillent des géniteurs : des turbots, des araignées de mer, des poulpes et d'autres coquillages ou crustacés en phase d'étude, avant qu'ils aillent repeupler la mer. Certains, comme le tilapia (une espèce de poissons tropicaux vivant en eau douce), ne sont là qu'à titre expérimental et en aucun cas ne peuvent être relâchés en mer bretonne. D'autres ont des grillages pour ne pas s'échapper, comme le poulpe, ou des morceaux de

pots de fleurs pour abriter leurs angoisses, comme celles du homard quand il mue.

L'écloserie jouxte le laboratoire. On y trouve dans un coin un gros microscope couplé à une caméra elle-même reliée à un écran de télévision. Sur les paillasses, les éprouvettes, pipettes et erlenmeyers²⁹ côtoient les aquariums et les microscopes permettant d'observer les larves de coquillages, de poissons et de crustacés, ainsi que les prélèvements du « plancton du jour » effectués à la cale de Beg-Meil, dans le marais de Moustierlin ou plus loin sur la côte. Une grande table centrale permet à chacun de noter ses observations tout en visionnant l'écran, de se déplacer pour vérifier. Le laboratoire fait également office de salle de cours.

Une mini-station biologique

Chaque matin, dès que le chercheur entre dans l'écloserie, c'est son odorat qui lui donne la première impression. Il sait tout de suite si quelque chose s'est produit. S'il y a une « bonne odeur de mer », tout va bien. S'il sent ici ou là une émanation de H₂S (hydrogène sulfuré), c'est qu'il y a eu de petites perturbations pendant la nuit. Ensuite, il tourne autour des bacs, examine la couleur de l'eau. Dans la salle où l'on cultive le plancton, il regarde la couleur qu'il a prise au cours de la nuit : s'il est brillant (aspect positif) ou s'il est un peu laiteux (aspect négatif). La couleur lui indique le comportement et la qualité de l'espèce. Une fois cet examen sensoriel terminé, il prend une goutte d'eau, la met sous le microscope et observe comment ces micro-organismes se sont développés, qu'ils proviennent du milieu naturel (la baie de Concarneau) ou des bacs de l'écloserie. S'il y a le moindre changement, il peut le percevoir au microscope.

29. La fiole Erlenmeyer, couramment appelée erlenmeyer ou plus familièrement erlen, est un récipient largement utilisé en verrerie de laboratoire. Il est constitué d'une base conique et d'un col cylindrique ; il existe différents types d'erlenmeyers selon la forme de ce col, la plus courante étant l'erlenmeyer à col étroit.

Puis il va avec son filet à plancton prélever des échantillons d'eau dans la cale de Beg-Meil, dans lesquels il trouvera comme toujours des impuretés, du sable, des organismes en suspension, mais aussi du vivant, phyto ou zooplancton. Il filtre l'eau avec des petits tamis de 150 µm et observe une goutte au microscope. Si les zooplanctons ont l'estomac coloré (vert ou brun), ils sont herbivores et ont mangé des phytoplanctons. C'est souvent un indicateur de bonne santé du milieu car ces copépodes vont servir de nourriture aux poissons un peu plus gros. Ce jour-là, il observe un bivalve: on voit bien sa coquille translucide. À cette époque de l'année, c'est sûrement une moule. Son estomac est jaune, signe que cette larve a pu manger du phytoplancton de bonne qualité. Le point noir nous apprend que la larve a vingt jours et que demain ce coquillage va se métamorphoser, se fixer sur un rocher avec son byssus pour devenir une vraie moule. Sur une autre larve, on voit un pied sortir. Ce pied appartient à une huître œillée (pédicvéligrère œillée). La première observation est bonne: les coquillages ont l'estomac plein, ils ont trouvé le phytoplancton adéquat. Par ailleurs, la quantité importante de mues qui entourent les copépodes signifie qu'ils sont prêts à devenir des crustacés adultes, donc prêts à se reproduire.

Un lieu de cultures de plancton

Une fois le milieu observé, on repère les différentes sortes de plancton végétal en fonction de la couleur de l'eau. C'est à partir de ces observations que des scientifiques ont pensé à reconstituer artificiellement le milieu en maîtrisant la multiplication des algues unicellulaires (phytoplancton). Ils ont d'abord associé les trois éléments: lumière, gaz carbonique et sels nutritifs. Ensuite, ils ont inoculé dans des ballons de culture le phytoplancton sélectionné. En conséquence, si on a décidé d'utiliser des algues vertes (riches en chlorophylle), on cherchera un plancton vert de type *Dunaliella* qu'on l'inoculera dans l'eau transparente du ballon. Au bout de quelques jours, la photosynthèse se fera grâce à la lumière, les cellules se multiplieront et donneront à l'eau une coloration verte.

Il suffit de mettre quelques cellules de plancton végétal dans un ballon bien préparé et celles-ci vont se multiplier en fonction de l'intensité lumineuse (24 heures/24 ou 12 heures/24). Si on décide de cultiver des algues brunes (riches en carotène), on inocule des diatomées de type *Skeletonema* et on rajoute à l'intérieur de ces ballons de la silice pour renforcer leur carapace afin qu'elle protège leur cellule végétale contre les agressions. Si on veut plutôt des algues jaunes (chlorophylle et carotène mélangés), on met à ce moment-là une petite algue de type *Isochrysis galbana*, etc. À partir de ces trois espèces, on peut ensuite élever de nombreuses espèces de poissons, de coquillages ou de crustacés.

Des variétés d'algues différentes en fonction des espèces

On peut se demander à quoi servent tous ces planctons. Comme l'écloserie est un laboratoire pédagogique destiné aux élèves en formation, les cultures correspondent aux recherches des étudiants. Certains voudront plus tard élever des poissons, on utilisera donc plutôt le phytoplancton vert. D'autres préféreront produire des crustacés, on utilisera alors des algues brunes comme les diatomées. Ceux qui voudront plutôt élever des coquillages utiliseront l'algue jaune.

L'écloserie est un outil pédagogique au service des étudiants. Si un étudiant a un projet, tout est mis en œuvre pour qu'il puisse le réaliser. Mais les étudiants sont de passage. Ils commencent en début d'année scolaire, étudient pendant une année l'espèce sur laquelle ils travaillent avant de partir en juin. Le chercheur hérite donc des animaux qu'il se charge de nourrir, leurs estomacs ne partant pas en vacances... C'est tout le problème de la maintenance (moyens humains et financiers) d'une écloserie en milieu scolaire.

Le charme secret du poulpe

À l'écloserie, les animaux marins ne sont pas attachants comme ceux d'un zoo, mais il peut exister un rapport à l'animal du même type que celui des éleveurs pour leur cheptel. Bien que la plupart laissent indifférent, une espèce fait figure d'exception tant on a du

mal à ne pas faire d'anthropomorphisme à son sujet. C'est le poulpe, à ne pas confondre avec les calmars, seiches et autres céphalopodes ! Les calmars sont intéressants par leur étonnant mode de propulsion, leur caractère un peu peureux : « Ils se déplacent rapidement à reculons en excréant de grandes quantités d'encre³⁰. » Le poulpe, lui, est songeur. Imaginez un crâne chauve avec deux grands yeux qui vous regardent attentivement, comme une demi-tête humaine qui marcherait sur huit bras. Un crâne qui vous observe, c'est sans doute une aberration. Alors, vous mettez un index dans l'eau du bassin, juste pour voir sa réaction. Au lieu d'avoir peur, le poulpe s'approche sur les pointes, effleure à peine le fond de ses membranes ondulantes et amicalement vient vous serrer la main en enroulant délicatement un bout de tentacule autour de votre doigt. Rencontre magique du troisième type. Apparemment, il n'a pas envie de vous manger ni de vous agresser, il est venu simplement vers vous avec une « tendresse » tentaculaire. Il semble vouloir communiquer. Est-ce une illusion ? Il est étrange et attachant. On lui prête facilement des intentions humaines, un affect qu'il n'a pas, sûrement, bien qu'il soit considéré comme l'animal marin le plus intelligent après le dauphin. Malgré toutes les précautions prises, on retrouve presque toujours le poulpe mort au pied du bac, sans doute poussé par une frénésie de liberté qui le ferait passer par le chas d'une aiguille, s'il le fallait, pour aller rejoindre la mer. Le poulpe n'est pas fait pour rester enfermé dans une éclosure.

Beg-Meil, un lieu de recherche appliquée

Yves Le Gal, ancien sous-directeur du Collège de France, défend l'idée que les découvertes scientifiques sont souvent accidentelles. Il insiste sur le fait que « la confusion entre recherche et développement technologique est la marque d'une ignorance profonde

30. Comme disait le biologiste Whitman qui les comparait à certains de ses collègues à son avis trop frileux dans leurs opinions.

des mécanismes réels de l'innovation, basés essentiellement sur une recherche fondamentale fondée tout simplement sur la curiosité appliquée à tous les domaines, et si possible aux plus improbables ».

Les expériences scientifiques et les découvertes qui peuvent en découler sont liées à la fois au hasard et à des observations rigoureuses. L'éclosure de Beg-Meil est un outil pédagogique à destination des jeunes, un laboratoire de recherche, mais avant tout un endroit où l'on forme à l'observation, où l'on apprend à être curieux. Les quelques exemples suivants illustrent comment élèves et enseignants vérifient, cherchent des solutions pratiques et trouvent (souvent accidentellement). Ils montrent aussi comment ils arrivent à maîtriser la reproduction des espèces.

Ne pas négliger le savoir des anciens

La recherche s'inspire souvent des expériences vécues, notamment celles des pêcheurs, pour explorer de nouvelles pistes ou faire naître de nouveaux projets. Yann, un des élèves de Beg-Meil, était parti comme volontaire du progrès en Guinée forestière, donc loin de la mer, pour y développer l'aquaculture tropicale. En six mois, il réussit à produire des tilapias³¹ de 250 grammes dans les bassins d'une ancienne pisciculture. Un pêcheur local lui demande alors comment il a fait pour obtenir ce prodige alors qu'il est bien connu que « les poissons ne se reproduisent pas entre eux mais tombent du ciel ». « On arrive pourtant à sexer les mâles et les femelles, lui répond Yann, goguenard, c'est bien la preuve qu'ils se reproduisent ! » Les pêcheurs africains restent sceptiques. Les anciens ne disent plus rien, mais n'en pensent pas moins. « C'est bien ce que fait le jeune Français, mais nous, on sait bien

31. Les tilapias regroupent trois genres au sein des cichlidés : *Oreochromis*, *Tilapia* et *Sarotherodon*. Ils sont originaires d'Afrique ainsi que du Proche ou du Moyen-Orient et leur taille varie entre 5 et 50 centimètres. Ces poissons d'eau douce ou d'eau saumâtre sont des sortes de carpes exotiques, abondamment élevées et consommées dans le monde.

que les poissons tombent du ciel ! » C'est presque vexant, pensa Yann, d'avoir aussi peu de crédit alors qu'on obtient des résultats.

Un peu plus tard, un jour de très forte pluie (c'était la saison des moussons), Yann voit sur sa terrasse une flaque d'eau qui semble bouillir. En s'approchant de plus près, il aperçoit des centaines de petits poissons de 3 à 5 millimètres qui frétilent comme dans une friture. Apparemment, ce sont de petits poissons de surface : soit des poissons de source, de petits aphyosemions, soit de petits cyprinidés. Il constate alors que les pêcheurs africains avaient raison : les poissons tombent bien du ciel !

Revenu en France, il vérifie dans les archives scientifiques si le phénomène a déjà été constaté quelque part. Il existe en effet des « pluies de poissons », comme il existe aussi des « pluies de brochets » ou bien des « pluies de grenouilles ». Ces phénomènes se sont produits à Bordeaux et à Paris il y a plus d'un siècle et s'expliquent facilement. Une mini-dépression se forme à la surface des plans d'eau et emporte les poissons dans des courants ascensionnels pour les faire retomber 100 à 200 kilomètres plus loin. Malgré le trajet, ils ne meurent pas forcément en cours de route... Plusieurs leçons peuvent être tirées de cette histoire : un scientifique doit toujours se poser des questions ; le savoir scientifique n'est qu'une forme de savoir et il en existe d'autres ; il faut toujours explorer l'expérience des autres, même si parfois elle conduit à de fausses pistes...

Enquêter pour comprendre

Les élèves de BEP apprennent la reproduction des palourdes à l'écloserie. Pour eux, il est simple de prendre une palourde mâle et une palourde femelle, d'obtenir une fécondation, de faire des bébés et de les mettre dans le sable. Mais comment cela se passe-t-il vraiment dans la nature ? Les élèves interrogent alors des pêcheurs à pied professionnels. À leur grand étonnement, aucun ne peut leur dire où se trouvent les jeunes palourdes.

Les pêcheurs avaient bien repéré où étaient les palourdes de 20, 35 et 50 millimètres, mais ignoraient où étaient passées celles

de 0 à 20 millimètres. Difficile de croire qu'il y ait les parents sans les enfants ! L'enseignant demande à ses élèves de jouer les détectives et de retrouver les bébés palourdes. Ceux-ci cherchent sur la côte, à l'endroit où les palourdes européennes se développent de façon naturelle. Sans succès.

Assis depuis un moment en haut d'un rocher couvert de moules, un élève décroche machinalement une plaque de moules. Et que découvre-t-il entre les moules et les rochers ? Toutes les palourdes de 3 millimètres ! Les larves s'étaient fixées sur les byssus qui fixent les moules aux rochers. Le byssus leur servait de collecteurs. La classe décide d'examiner le rocher en détail. Au fur et à mesure que les élèves descendent, ils trouvent des palourdes de 5 millimètres, d'autres de 10 millimètres. Finalement, ils retrouvent toutes les tailles. Le byssus est comme une corde de rappel pour maintenir la moule sur son support. Jusqu'à 10 millimètres, la palourde est trop petite pour s'enfouir dans les sédiments. Elle a besoin d'un gros volume d'eau pour se nourrir. Quand elle est assez grande, elle descend et part de son rocher.

Après cette expérience, des collecteurs ont été placés en mer, fabriqués en fils de Nylon entrelacés, dont le modèle a été inspiré par le byssus des moules. Quelques mois après, les bébés palourdes étaient agglutinés dessus. Les collecteurs ont donc remplacé les byssus des moules.

Le but de cet exercice était surtout d'apprendre à ces jeunes à faire preuve de curiosité et à ne pas tout attendre de leur professeur. Ils avaient les réponses à leurs questions sous leurs pieds. Il suffisait de chercher et d'observer.

Cette expérience a donné l'idée de mettre des collecteurs de palourdes dans le milieu, en s'inspirant des byssus des moules qui collectent les palourdes et deviennent des niches écologiques. Rien de ce genre n'existait dans les livres. Ce fut une vraie découverte.

Savoir observer

Les deux exemples suivants montrent combien la recherche appliquée est liée à l'observation, et comment on peut revisiter un jugement préconçu.

Le but de la première expérience était de réaliser en laboratoire les étapes de la reproduction des moules pour comprendre quel était le processus dans le milieu naturel. Première constatation : dans le bac où on les nourrissait beaucoup en phytoplancton, les moules restaient bien fixées sur leur collecteur. Dans un autre bac où on les nourrissait moins parce qu'elles étaient moins nombreuses, on les retrouvait toujours au fond. Elles quittaient la corde comme si elles avaient besoin de partir ailleurs trouver de la nourriture ! Le chercheur découvre donc par hasard leur ingénieuse stratégie : les moules se déplacent plus qu'on ne croit quand elles ont faim.

Autre exemple. En écologie, on appelle symbiose l'« association à bénéfiques réciproques de deux organismes incapables de vivre l'un sans l'autre ». Cependant, il existe aussi des cas où deux animaux peuvent vivre l'un sans l'autre, mais qui, mis ensemble, favorisent mutuellement leur développement. C'est le cas de l'association incongrue entre des oursins et des ormeaux. Un bac où on élevait des oursins avait été placé juste au-dessus de celui où on élevait des ormeaux. Un peu plus loin, un autre bac était occupé seulement par des ormeaux. Par souci d'économie, l'eau tombait du bac des oursins dans le bac des ormeaux, en dessous. Les oursins mangeaient des algues brunes, leur nourriture préférée. Les ormeaux du bac d'en dessous grossissaient à vue d'œil, et même doubleraient de taille, mais pas ceux du bac isolé, alors qu'ils étaient mieux nourris... Pourquoi ceux qu'on nourrissait peu grossissaient beaucoup, alors que ceux qu'on nourrissait beaucoup avaient une croissance plus ralentie ?

Les excréments indiquent aux éleveurs si les animaux mangent ou s'ils ne mangent pas. Apparemment, d'après leurs déchets, tous mangeaient. D'où venait alors la nourriture ? Le chercheur réalisa que les oursins broyaient les algues, s'en nourrissaient, mais qu'une

partie, coupée en fines particules, tombait dans l'eau. Ces tout petits morceaux s'en allaient avec l'eau par la surverse dans le bac des ormeaux juste en dessous.

Au Japon, les aquaculteurs d'ormeaux utilisent ce procédé de façon artisanale. De l'autre côté de la planète, d'autres hommes ont fait la même observation bien avant nous !

Ne pas changer un seul paramètre

On a demandé au laboratoire de Beg-Meil d'étudier la croissance d'une araignée de mer, depuis la sortie de l'œuf jusqu'à sa maturité. Les araignées ont donc été élevées depuis leurs stades larvaires jusqu'à l'âge adulte dans les conditions les plus proches de la nature, sans modifier un paramètre. Certaines sont finalement arrivées à la taille mature. Ô surprise ! Habituellement, on estimait qu'il fallait deux ou trois années pour obtenir une araignée adulte, mais ces araignées-là étaient devenues adultes en un an. Pour en connaître la raison, l'équipe de recherche s'est renseignée auprès d'un spécialiste des crustacés d'un institut de recherche avec lequel elle était en contrat d'études. Très étonné, celui-ci a vérifié tous les paramètres possibles : avait-on chauffé l'eau ? Avait-on refroidi l'eau ? Avait-on changé leur nourriture ?, etc. Rien ne semblait expliquer une telle accélération de la croissance, si ce n'est le rythme de travail du laboratoire. La lumière est allumée dans l'écloserie à 6 heures tous les jours, y compris les week-ends, jours fériés et vacances. Et si la lumière est allumée tous les jours à 6 heures du matin, quelle que soit la saison, la photopériode (durée de la lumière durant une journée) est modifiée. En hiver elle est de huit heures par jour ; plus on avance vers l'été, plus la luminosité augmente. Il s'avère qu'elle joue un rôle déterminant dans la croissance des araignées. Les araignées du laboratoire de Beg-Meil avaient donc la lumière de l'été en plein hiver : de 6 heures du matin jusqu'à 19 heures, soit treize heures de lumière du jour ! C'est peut-être ce phénomène qui a accéléré leur croissance.

Maîtriser la reproduction

Dans la salle où l'on cultive le phytoplancton, on allume la lumière 24 heures sur 24 pour que les cellules d'algues unicellulaires se divisent rapidement. Quand on veut ralentir la division des cellules, on programme douze heures de lumière, douze heures de nuit, jouant ainsi sur l'intensité lumineuse. Quant aux animaux, on sait que la photopériode influe également sur leur maturation sexuelle. Par exemple, on connaît le mode de reproduction des bars, des daurades et des turbots, ainsi que la période où les mâles et les femelles fabriquent des ovocytes et des spermatozoïdes, c'est-à-dire en automne. Il suffit de reproduire artificiellement la même luminosité que dans le milieu naturel pour décaler les pontes. Si, par exemple, la photopériode est hivernale dans le milieu naturel, on va reproduire la photopériode en écloserie au printemps, en automne ou en été. Cela permet aux laboratoires d'aquaculture de réaliser la maturation sexuelle des animaux en dehors des périodes du milieu naturel. En décalant la photopériode, on maîtrise la période de reproduction des espèces.

Déjouer l'agressivité naturelle

Le travail en écloserie consiste à faire passer des espèces de l'état de larve à post-larve pour sauver un maximum de petits. Si les bébés homards sont pélagiques, c'est-à-dire en pleine eau, et n'ont rien pour se cacher, ils s'entre-dévorent. Au niveau larvaire, le cannibalisme des homards produit des hécatombes. On est obligé de mettre de l'aération forcée dans les cuves pour brasser l'eau, les remous les empêchant de se rapprocher et de se manger entre eux (à la différence des araignées³² pour lesquelles on a confectionné des filets en forme de niches alvéolées afin qu'elles s'abritent au moment de la métamorphose). Heureusement, dans le milieu naturel, la mer est tellement immense que les larves de homards sont bien réparties. La probabilité de se retrouver placées les unes à côté des autres est faible. Tandis que, dans les élevages,

32. Ou *Maia squinado*.

elles sont concentrées dans le même bac avec une densité très forte.

On est aussi amené à déjouer leur agressivité en leur créant des récifs artificiels. On a pu ainsi élever 600 homards en communauté sur 25 m², ce qui représente une grande densité même pour des bébés de quelques centimètres. Si le homard est agressif, c'est sans doute par peur d'être mangé par un prédateur au moment de la mue, lorsqu'il est totalement vulnérable. Tout petit, il peut muer une dizaine de fois dans l'année. La deuxième année, quatre à cinq fois, pour arriver ensuite à une mue par an, puis une fois tous les deux ans quand il est adulte. On estime qu'un homard est adulte à cinq ou six ans, au moment où ses organes génitaux sont bien développés. Au cours d'expériences, on a vu des mues de homard posées au fond des bacs disparaître littéralement au bout de quelque temps ! On s'est d'abord demandé si le homard mangeait sa mue pour éviter d'être repéré. Une mue visible est un bon indicateur pour un prédateur. On a placé quelques tas de sable pas très loin de l'entrée de son abri pour voir la réaction de l'animal. Quelques jours plus tard, les tas étaient déplacés jusque devant l'abri et la mue avait complètement disparu. Il semblait évident que la femelle avait mangé sa mue, pris son tas de sable et s'était protégée dans son trou. En fait, en grattant le sable, on a constaté qu'elle ne l'avait pas mangée, mais l'avait cachée dessous !

La surpopulation en milieu artificiel favorise l'agressivité. Ce phénomène est bien connu en éthologie. C'est donc un problème d'espace plus que de milieu. Chaque fois qu'une espèce est en sureffectif, elle produit le même mécanisme d'agressivité, voire d'autodestruction.

Une autre espèce pratique également un cannibalisme terrible : ce sont les anguilles, plus particulièrement les civelles (alevins d'anguilles). Quand l'une d'elles est légèrement plus grosse que les autres, elle va manger celle qui est légèrement plus petite, et ainsi de suite. Elles s'emboîtent les unes dans les autres, comme des poupées russes. En aquarium, il faut faire très attention à ce que

leur calibre soit identique pour que l'une d'elles ne domine pas les autres. Ces phénomènes sont visibles surtout dans des milieux artificialisés.

2. L'utilisation du plancton dans les métiers de l'aquaculture

Le mot anglais *aquaculture* s'est imposé dans le monde et a relégué le mot français « aquiculture », né en même temps aux alentours de 1864, au placard de l'oubli. Quoi qu'il en soit, il existe plusieurs définitions pour le même mot, suivant que l'on s'intéresse à son aspect juridique, scientifique, technique ou économique. « L'aquaculture recouvre les activités ayant pour objet principal la production d'espèces aquatiques sous des conditions contrôlées ou semi-contrôlées par l'homme, qu'il s'agisse de plantes ou d'animaux d'eaux douces, saumâtres ou salées. C'est la production de matière vivante à partir de l'élément aquatique qui, au sens commun, est le but fondamental des activités aquacoles : l'aquaculture consiste en la manipulation de ces milieux, naturels ou artificiels, pour réaliser la production d'espèces utiles à l'homme³³. » On peut y inclure les opérations de repeuplement en mer, en rivière ou dans les lacs, la gestion des lagunes et le pacage³⁴ marin.

33. Définition extraite de l'*Encyclopédia universalis*. Voir aussi Laetitia Beauverger, *Aquariophilie marine*, master 2, université Rennes-II, septembre 2006.

34. Pacage : on libère dans le milieu les animaux et on les récupère quand ils sont adultes.

De la cueillette à l'élevage : les différentes formes d'aquaculture

Une longue histoire

La différence fondamentale entre les deux activités primaires que sont l'agriculture et la pêche repose sur le fait que la première demande une intervention de l'homme dans son processus de création, ce qui n'est pas le cas de la seconde. La pêche se rapproche plus de la « cueillette ». Les océans fournissent une alimentation gratuite au niveau de la matière première. Finalement, en tant que consommateur, on achète de la logistique (éprouvante et dangereuse pour ceux qui la réalisent) et non un produit élaboré.

L'aquaculture est née de l'évolution progressive de cette activité de cueillette-récolte dans le milieu naturel vers une activité de gestion plus ou moins naturelle du milieu liée à la domestication des animaux marins (élevage). Cette substitution est considérée comme favorable pour l'environnement dans la mesure où elle est maintenant plus « encadrée³⁵ » en Europe et témoigne d'une révolution sociologique depuis trente ans. Mais est-ce le cas partout ailleurs ? Le type de production ne détermine-t-il pas la réponse ?

Comme le tableau ci-contre le montre, la progression a été lente jusqu'à la fin du XIX^e siècle. L'engouement pour la pisciculture marine a été concomitant des recherches en biologie marine et s'est particulièrement développé depuis trente ans, au point que la Commission européenne a établi en 2002 une stratégie pour le développement durable de l'aquaculture, mise à jour en 2006. Une grande partie des progrès technologiques provient des pays asiatiques (surtout le Japon) dont la production correspond à une demande sociale très forte. L'aquaculture permet de proposer des produits calibrés, au moment et en quantité voulus. Ainsi, les

35. « Stratégie pour le développement durable de l'aquaculture européenne », 9 janvier 2006.

entreprises peuvent programmer et étaler leurs productions sans subir les aléas saisonniers de la pêche. La pisciculture marine est vue comme une activité de substitution aux produits de la pêche, notamment lorsque les apports de celle-ci sont trop faibles (tempêtes) ou quand l'espèce se fait rare du fait de l'appauvrissement des ressources naturelles. La conchyliculture, quant à elle, a longtemps profité de la disponibilité d'une force de travail non utilisée pendant les périodes creuses de l'agriculture (fin de l'automne et début de l'hiver) correspondant aux pointes des travaux aquacoles. Cette activité secondaire s'est peu à peu développée pour devenir une activité à plein-temps.

L'existence de milliers d'hectares non utilisables par l'agriculture (marais littoraux, zones côtières salées, fonds de vallées inondables, etc.) a été un facteur important pour le développement de la conchyliculture, notamment sur la côte atlantique française.

Dans la seconde partie du XX^e siècle, devant les prévisions de croissance de la population mondiale et les faibles possibilités d'accroître l'intensification des productions de protéines d'origine terrestre (animales et végétales), les pays développés se sont tournés vers les ressources du milieu aquatique, pensant que, telle une baguette magique, l'aquaculture résoudrait les problèmes de famines dans le monde en fournissant à bas prix des protéines animales.

Historique de l'aquaculture (pisciculture et conchyliculture)

2000-1500 av. J.-C. : développement d'une pisciculture rudimentaire en Chine et en Inde.

1400 av. J.-C. : premières lois de protection des pisciculteurs en Inde.

475 av. J.-C. : premier traité de pisciculture de Fan Li (Chine).

VI^e s. av. J.-C. : premiers aménagements de pisciculture extensive en lagunes par les Étrusques.

V^e s. av. J.-C. : premiers établissements de grossissement d'huîtres en Grèce.

XV^e s. : développement de la valliculture italienne (premiers exemples de pisciculture marine), en particulier dans la zone de Comacchio.

XVII^e s. : premiers élevages d'huîtres au Japon.

XIX^e s. : développement de la conchyliculture en France.

Fin du XIX^e s. : début des grands programmes de repeuplement en larves de poissons marins et de homards aux États-Unis, et des études sur la reproduction contrôlée des poissons.

1934 : premières reproductions contrôlées de crevettes au Japon.

1950 : développement à grande échelle de l'élevage d'anguilles au Japon.

1975-1980 : développement de l'élevage du poisson-chat aux États-Unis, de la sériole, de la daurade et de la coquille Saint-Jacques au Japon.

1980-1990 : développement de la production de saumons en mer en Europe et intensification de l'élevage de crevettes en Asie du Sud-Est et en Amérique latine.

1985 : développement de l'élevage de poissons méditerranéens.

1990 : développement de l'élevage du turbot en Europe.

D.R.

Source : Philippe Perlin, *Aquaculture*, PUF, coll. « Que sais-je ? », 1994.

Des modes de production très diversifiés

De même qu'en agriculture on trouve des élevages extensifs et des élevages hors-sol, on peut regrouper les types de productions aquacoles en deux grands groupes.

L'aquaculture de type extensif

La forme la plus simple d'aquaculture est l'aquaculture artisanale, dite « traditionnelle ». Les espèces sont nées en mer (ou en eau douce) et prélevées à l'âge adulte, sans intervention de l'homme. On observe surtout cette pratique dans les pays du Sud, où cette forme d'aquaculture de subsistance est réalisée à petite échelle par des individus ou de petites communautés, le plus souvent pour leur propre consommation ou comme complément de ressources.

Sa forme avoisinante est l'« aquaculture extensive ». Elle se pratique sur le lieu de vie même des espèces, l'objectif étant d'utiliser les ressources renouvelables de l'écosystème qui constituent une source d'aliments à faible coût. Ce type d'élevage consiste à peupler de grandes surfaces en eau à partir d'alevins ou de naissains élevés en éclosérie ou bien captés dans le milieu naturel. Dans ce système, on contrôle la population dans l'élevage afin d'éviter la surpopulation et les conséquences néfastes qu'elle pourrait avoir, ainsi que l'entrée de prédateurs pouvant mettre en péril l'élevage.

Quelques principes de conchyliculture

En juin et juillet, les larves microscopiques de différents mollusques, notamment d'espèces faisant l'objet de cultures marines comme les huîtres et les moules (le naissain*), nagent à la recherche d'un support. Le conchyliculteur (ostréiculteur ou mytiliculteur) leur fournit des collecteurs** pour qu'elles se fixent et commencent leur vie d'adultes. C'est le captage. Les cordes sont enroulées ensuite autour de pieux (bouchots) pour les moules. Quant aux huîtres, elles sont grattées des collecteurs et enfermées dans des sacs grillagés (poches) afin de poursuivre une croissance contrôlée.

* Naissain : ce terme est le plus souvent employé au singulier pour indiquer qu'il s'agit de l'ensemble des larves planctoniques.

** Collecteurs : cordes tendues pour les moules ; tubes en plastique, tuiles chaulées, pieux en ardoise, etc., pour les huîtres.

Cette aquaculture est le fait d'exploitations ou de coopératives familiales qui destinent les productions aux marchés locaux ou nationaux. Elle demande un faible investissement, une technicité réduite, des consommations intermédiaires modérées (telles que l'alimentation ou l'énergie) car l'eau est renouvelée par la circulation liée aux marées ou aux eaux courantes et apporte le plancton que les animaux, selon les espèces, mangent ou filtrent au passage. C'est le système le plus commun dans les pays du Sud et les pays de la ceinture intertropicale dont la production représente 80 % des apports mondiaux de l'aquaculture.

On peut également inclure dans cette forme extensive l'aquaculture de repeuplement qui, par définition, est la production de juvéniles en conditions contrôlées, jusqu'au moment où leur taille leur permet de résister à l'adversité du milieu naturel. L'éleveur n'a de rôle que dans la phase de production de juvéniles, qui sont destinés à être relâchés dans le milieu naturel où se fera leur grossissement. Les espèces essentiellement élevées par cette méthode sont les poissons (notamment le saumon).

La capacité à produire des juvéniles de plusieurs espèces marines est l'un des acquis majeurs des vingt dernières années. Leur coût a déjà diminué en moins d'une décennie (saumons, crevettes, daurades). Certains producteurs espèrent que l'évolution des technologies de production permettra dans quelque temps une production à un coût inférieur à celui d'aujourd'hui de 20 à 30 %.

Cette production de juvéniles destinés à être relâchés dans le milieu naturel, pour pallier le déficit des populations plus ou moins surexploitées par l'homme, est assez courante dans les eaux douces. En mer, malgré des tentatives remontant au siècle dernier, le repeuplement à partir de juvéniles n'a abouti qu'à un nombre limité de succès (crevettes impériales au Japon, augmentation des stocks de saumon atlantique en mer Baltique, coquille Saint-Jacques, homard). Des espèces de poissons telles que les esturgeons ont fait l'objet d'activités de repeuplement en juvéniles dans la mer Noire et la mer Caspienne³⁶. On peut considérer ce type d'aquaculture comme étant à l'opposé de l'aquaculture de production.

L'aquaculture de type intensif

Par définition, une aquaculture est dite « intensive » quand « l'homme, maîtrisant l'ensemble des paramètres du milieu d'élevage et du biocycle de l'animal à élever, peut produire le maximum de poissons, de crustacés ou de mollusques dans un calibre donné

36. C'est notamment le cas pour l'URSS dans les années 1980 puisqu'un déversement annuel de plus de 150 millions d'alevins a été effectué.

dans le minimum d'eau, d'espace et de temps, au moindre coût et suivant un planning préalablement établi³⁷ ». Avec ce type de pratiques, l'eau n'est plus qu'un support physique. Elle apporte l'oxygène et permet la circulation des déchets dissous ou entiers.

Dans les pays industrialisés, le développement de l'aquaculture intensive, que l'on peut comparer aux élevages hors-sol (même au niveau des bâtiments), a connu une croissance très rapide. En effet, c'est la demande du marché qui a été le facteur déterminant l'expansion de la production de poissons et non le fait que les producteurs aient pris en compte les capacités de production des écosystèmes aquatiques fournisseurs de nourriture.

L'aquaculture intensive est pratiquée par des firmes commerciales qui destinent leur production aux marchés régionaux et internationaux. Pour son approvisionnement en granulés, farine de poisson ou poissons entiers, elle est directement associée à la pêche (et dépendante d'elle) car cette alimentation spécifique provient des espèces de poissons ayant une faible valeur marchande. Pour faire un kilogramme de poisson d'élevage, il faut 3 à 5 kilogrammes de poissons issus de la pêche, selon les espèces à élever.

Trois modes de production

On distingue cependant trois modes de production intensive particuliers.

L'aquaculture de transformation est un mode de production intensif qui concerne principalement des poissons tels que les salmonidés, les bars, les poissons plats, mais aussi les crevettes. Cette production est fondée exclusivement sur un apport extérieur d'aliments. L'alimentation exogène dans ce type d'élevage peut représenter jusqu'à 60 % des frais d'élevage. Ce type d'aquaculture se caractérise aussi par des bassins ayant une grande densité d'individus, ce qui nécessite un renouvellement constant de l'eau. Cette activité reste coûteuse en énergie et en eau. C'est pour cette raison qu'elle se tourne vers des espèces à forte valeur ajoutée.

37. Jacques Arrignon (dir.), *L'Aquaculture de A à Z*, Lavoisier/Tec & Doc, 2002.

Sous une forme plus édulcorée, l'aquaculture en circuit fermé a été initiée, quant à elle, dans le but de répondre à des exigences environnementales qui se manifestent aujourd'hui dans de nombreux pays, et notamment en Europe. Ce système est basé sur un recyclage intégral de l'eau utilisée afin d'éviter tout rejet nocif dans l'environnement (produits médicamenteux, agents pathogènes ou animaux échappés des élevages et parfois étrangers à la faune locale).

L'aquaculture géothermique résout un certain nombre de problèmes : coût énergétique, adaptation des espèces exogènes... On utilise une eau chaude provenant de forages dans les nappes souterraines pour la production de poissons, de crustacés ou de coquillages. L'avantage de cette méthode est de pouvoir élever des espèces tropicales en climat tempéré et des espèces tempérées dans des climats froids. L'inconvénient est que l'on touche aux nappes phréatiques et que l'on risque des affaissements des sols argileux.

Plancton et éclosion

L'aquaculture n'existerait pas sans son élément de base, le plancton. Aléatoire et imprévisible, celui-ci manifeste parfois sa présence lors d'événements dommageables par des proliférations d'espèces indésirables, qui entraînent des mortalités massives de poissons ou de coquillages, des interdictions de commercialisation de coquillages, et se rappelle ainsi au bon souvenir des pisciculteurs et des conchyliculteurs. Ces événements, souvent lourds de conséquences économiques, sont la contrepartie de la place essentielle que tient le plancton en aquaculture, en particulier dans les éclosiers, lesquelles jouent un rôle important pour compléter la variabilité du captage naturel.

Le rôle de l'éclosion

Dans un premier temps, les laboratoires et les éclosiers ont voulu connaître ce qui se passait dans la nature, comprendre ce qui déclenchait la maturité sexuelle des animaux. Puis, pour des raisons économiques, les scientifiques ont cherché à avoir une maîtrise complète de la reproduction, pour ne plus dépendre continuellement des reproducteurs du milieu naturel.

La maîtrise de l'élevage d'une espèce, qu'il s'agisse de poissons, de mollusques ou de crustacés, repose sur l'obtention de larves ou de juvéniles. Depuis les débuts de la conchyliculture, et aujourd'hui encore, le naissain des coquillages mis en élevage (huîtres, moules, coquilles Saint-Jacques, palourdes...) est capté dans le milieu naturel, indicateur de la bonne santé du milieu marin. L'élevage de la plupart des poissons marins se fait à partir d'alevins pêchés en mer. Cependant, cette façon de procéder est aléatoire car tributaire des aléas de la reproduction, des conditions climatiques et de la qualité du plancton dans le milieu naturel. Le rendement est donc variable d'une année à l'autre (captage insuffisant ou surcaptage) et lié à la présence de populations sauvages suffisantes ou non pour assurer un captage intéressant. Les cultures pratiquées en éclosion permettent d'éviter les incertitudes de la production naturelle. De ce fait, les éclosiers constituent les structures de base complémentaires de toute aquaculture. Pour être opérationnelle, l'éclosion doit posséder des géniteurs capables de produire des larves sur des périodes plus étalées que dans le milieu naturel.

Actuellement, la reproduction des géniteurs et l'élevage des larves d'un nombre croissant d'espèces de poissons, de crustacés et de mollusques peuvent être réalisés dans des éclosiers. Dans ces structures « hors mer », les cultures en milieu stérile de microalgues et de micro-invertébrés sélectionnés pour leur adéquation aux besoins nutritionnels des larves permettent d'assurer leur alimentation.

L'alimentation d'une part des géniteurs, d'autre part des larves obtenues et des post-larves constitue un problème clé pour toute espèce mise en reproduction en éclosion, que ce soit à Beg-Meil

ou dans des écloséries privées. Pour les larves, elle nécessite de disposer de proies vivantes dont la taille corresponde à leur bouche. Les cultures monospécifiques (une seule espèce) de microalgues et de micro-invertébrés constituent des sources de nourriture satisfaisantes pour les larves de poissons et d'invertébrés. Les cultures d'espèces sélectionnées de diverses microalgues et de diatomées ont fait et font encore l'objet de mises au point pour obtenir des productions continues et améliorer leur valeur nutritionnelle ainsi que leur capacité à inhiber d'éventuelles proliférations microbiennes³⁸. L'intérêt potentiel de nouvelles espèces fait toujours l'objet de recherches. Les cultures sont réalisées dans des eaux naturelles ou artificielles ou bien encore dans des milieux synthétiques. Ces eaux et milieux sont filtrés et stérilisés pour éviter les contaminations par des bactéries ou par des espèces indésirables comme les protozoaires. Les larves sont généralement nourries avec un mélange contenant une ou deux espèces de diatomées, quelques espèces d'autres microalgues et une ou deux espèces de micro-invertébrés. Dans les bacs ou les bassins de grand volume d'élevage larvaire, le développement des populations phyto-planctoniques peut être stimulé, jusqu'à obtenir éventuellement un *bloom*, par addition de sels minéraux (nitrates, phosphates, silicates).

L'alimentation des larves : le phytoplancton

Les éléments capables d'être ingérés appartiennent aux phyto-planctons compris entre 2 et 20 micromètres, les dimensions de la bouche des larves étant, en moyenne, de l'ordre de 10 micromètres. Le phytoplancton doit donc rester en suspension pour être absorbable par les larves. La larve véligère de bivalve se nourrit de particules en suspension que ses cils vibratiles collectent et dirigent vers la bouche, puis l'œsophage suivi de l'estomac et d'un embryon d'intestin. Toutes les voies digestives sont couvertes de

38. Les diatomées ont pour la plupart un pouvoir bactéricide.

cils vibratiles qui attirent et véhiculent les particules qui sont digérées ou rejetées.

Les espèces les plus couramment utilisées en culture de phyto-plancton sont :

- chez les chrysophycées : *Isochrysis galbana* et *Monochrysis lutheri* (flagellées) ;
- chez les chlorophycées : *Tetraselmis suecica* et *Dunaliella* (flagellées) ;
- chez les diatomées : *Skeletonema*, *Chaetoceros* et *Phaeodactylum*.

Toute espèce végétale ou animale a des exigences et des tolérances déterminées à l'égard des facteurs ambiants. À la différence des organismes du necton, ceux du plancton, entraînés plus ou moins passivement par les courants, subissent irrémédiablement les contraintes du milieu aquatique. Qu'ils soient marins ou continentaux, ceux-ci hébergent des communautés planctoniques dont la diversité spécifique, l'abondance et la succession dans le temps dépendent de deux types de facteurs : les facteurs biotiques tels que la lumière, la température, les paramètres physicochimiques de l'eau, la teneur en sels minéraux nutritifs, en matière organique, la turbidité ; les facteurs abiotiques liés aux populations elles-mêmes, à leurs exigences physiologiques, à leur vitesse de développement et de passage aux divers stades de leur cycle vital. Les relations entre les espèces présentes en un lieu à un moment donné sont nutritionnelles, concurrentielles et de prédation. Elles font intervenir aussi la libération dans le milieu de substances chimiques favorisant ou inhibant la présence et le développement d'autres espèces.

L'incidence de la dégradation des milieux sur les populations planctoniques

Si les facteurs abiotiques sont liés pour beaucoup à des phénomènes périodiques d'ordre astronomique (variations saisonnières, pluriannuelles), ils sont aussi influencés de façon plus ou moins marquée et plus ou moins définitive par les activités humaines et

par les rejets polluants qu'elles génèrent. Les lacs, les fleuves, les zones humides littorales (lagunes, marais, marais salants, estuaires) et la frange côtière (baies, golfes, bras de mer) sont tout particulièrement affectés. Ces deux derniers domaines, entre terre et mer, constituent des sites privilégiés pour les activités aquacoles marines. Alors que les pollutions d'origine continentale ont des effets apparemment limités sur les populations planctoniques des mers péri-continentales et des grands bassins océaniques, elles entraînent dans les eaux des zones humides et de la frange côtière des modifications de la qualité physicochimique et bactériologique du milieu aquatique, ainsi que des déséquilibres de la composition spécifique et de l'abondance des populations phytoplanctoniques.

Les huîtres triploïdes

Les chercheurs ont essayé de trouver des solutions qui puissent résoudre les problèmes environnementaux, répondre à la demande des consommateurs et maîtriser la gestion des entreprises conchylicoles. Mais les questions que soulève cette modernisation de l'aquaculture sont d'ordre éthique autant qu'économique : peut-on faire mieux que la nature ?

La question fondamentale concerne l'ostréculture. Une nouvelle huître est née dans les années 1990, une huître quasiment stérile, une nouvelle *gigas*, dite « triploïde », ou $3n$, alors que l'huître est généralement diploïde, ou $2n$ (voir encadré). En l'absence de gamètes, ces huîtres ne sont pas laiteuses, ce qui les rend disponibles au moment du frai de l'espèce en été (c'est pour cela qu'elles sont surnommées « huîtres des quatre saisons »). Leur stérilité implique qu'elles ne dépensent pas d'énergie pour leur reproduction et poussent donc plus vite que les autres³⁹. Selon l'Ifremer⁴⁰, leur survie en milieu naturel est meilleure, mais elles auraient cependant été touchées comme les autres par l'infection

39. Une huître diploïde est commercialisable en trois ou quatre ans, alors qu'une triploïde l'est au bout de dix-huit ou vingt mois.

40. Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer.

virale qui a sévi en 2008 et 2009. Elles représentent actuellement 30 % des huîtres vendues en France.

Qu'est-ce qu'un diploïde ?

Chaque espèce a sa formule génétique propre, qui la caractérise et qu'on appelle génome. Pour l'huître, le code génétique tient en vingt chromosomes, qui regroupent tous les gènes. Le noyau de chacune de ces cellules contient donc une copie complète de ce programme. Le stock des vingt chromosomes est constitué de deux lots de dix chromosomes, chaque chromosome étant apparié avec son homologue. Ce noyau cellulaire est donc diploïde (du grec *diploos*, « double », et *eidos*, « aspect »), puisque la cellule possède normalement un double assortiment de chromosomes semblables (noté $2n$ pour abrégé en « notation scientifique »).

NB : l'être humain est également diploïde, mais avec une paire de 23 chromosomes ($2n = 46$).

Huître diploïde $2n = 2$ (paires) x 10 chromosomes.

Huître triploïde $3n = 3$ (paires) x 10 chromosomes.

Huître tétraploïde $4n = 4$ (paires) x 10 chromosomes.

La façon de produire ces huîtres en éclosion est complexe et coûteuse. Au début, dans leur première version, elles étaient obtenues par choc thermique ou chimique d'œufs d'huîtres creuses classiques (diploïdes). Quelques années plus tard, dans leur seconde version, elles sont issues d'une classique reproduction contrôlée en éclosion. À la différence près que l'on croise, cette fois, des géniteurs diploïdes avec des géniteurs tétraploïdes (ou $4n$), ce qui donne « naturellement » des triploïdes ($3n$). Les tétraploïdes en question sont toujours des *gigas*, mais d'une nouvelle variété, spécialisée, elle, dans la reproduction. Elles permettent d'obtenir facilement des triploïdes de consommation avec, en principe, une productivité optimale (larves sans mortalité, de qualité uniforme, à la saveur et au goût intacts et, en théorie, stériles).

Des ambiguïtés à lever

Deux problèmes se posent pourtant. D'abord, pour obtenir des triploïdes de cette façon, il faut avoir déjà des tétraploïdes, qui n'existent pas dans la nature. C'est à nouveau par un choc thermique ou chimique qu'on les obtient, mais l'opération est encore plus délicate que précédemment. Elle n'est faite que par l'Ifremer.

Ensuite, les tétraploïdes se reproduisant aussi bien entre elles qu'avec les diploïdes, certains y voient un avantage, d'autres une source d'inquiétude. Si le croisement tétraploïde-diploïde donne des triploïdes stériles, en revanche, le croisement tétraploïde-tétraploïde donne des tétraploïdes non stériles.

Les « détracteurs » de cette sélection génétique se demandent quel sera l'impact de l'introduction de ces nouvelles variétés sur le milieu marin. Par exemple, que se passerait-il si les triploïdes étaient élevées en grande quantité sur l'estran ? Rien, disent certains scientifiques, puisqu'elles sont stériles. Or, si elles sont « globalement » stériles, elles conservent la capacité d'émettre un faible nombre de gamètes (cellules de reproduction)⁴¹. C'est grâce à cette possibilité que l'on peut obtenir des tétraploïdes. Et les tétraploïdes posent encore plus de questions car elles sont probablement plus fertiles que les diploïdes. Comment faire coexister de telles variétés avec des populations sauvages à forte diversité tout en préservant la qualité génétique de ces dernières ?

Quotas et étiquetage

Pour répondre aux objections, une étude a été confiée en 1998 au président⁴² du conseil d'administration de l'AFSSA, l'Agence

41. « Il était communément admis qu'une huître triploïde sur vingt donnait des gamètes. Pourtant, au cours de l'été 2003, certains bancs ont connu un taux de fertilité bien plus élevé » (Comepra, Comité d'éthique et de précaution pour les applications de la recherche agronomique).

42. Bernard Chevassus-au-Louis, directeur de recherche au laboratoire de génétique des poissons de Jouy-en-Josas (Yvelines). En 1998, il a remis au conseil scientifique du ministère de l'Agriculture et de la Pêche un document intitulé *Effet d'un flux éventuel de tétraploïdes dans les zones conchyliques : évaluation de l'impact environnemental*.

française de sécurité sanitaire des aliments. Le rapport Chevassus donne une limite à ne pas dépasser dans la production en éclosérie (un pour mille, c'est-à-dire une tétraploïde pour 1 000 huîtres), l'obligation de confiner les tétraploïdes et de déclarer les échappements éventuels.

Pour les professionnels des écloséries, ces huîtres ne sont pas des OGM, au sens juridique du terme, car il n'y a pas eu d'apport de gène étranger. Jusqu'à présent, pour accéder à la demande des éleveurs en triploïdes stériles, les écloséries privées produisent ces animaux à partir de géniteurs mâles tétraploïdes fournis par l'Ifremer. Le comité d'éthique Comepra donne lui aussi son avis : « Pour les consommateurs, une intervention issue de la biotechnologie peut être perçue comme *dénaturant* un produit de la mer qui, subjectivement, est considéré comme un produit fondamentalement *naturel*. De ce point de vue, le Comepra approuve le choix d'un étiquetage ("triplo" ou équivalent), qu'il souhaite voir totalement généralisé⁴³. » Le consommateur, pour l'instant, y voit surtout un bénéfice, celui de pouvoir manger des huîtres pendant la saison touristique. Comme pour les fraises en hiver, il perd la notion de saison pour un produit, de rythme naturel de production du vivant.

Certains estiment que le remplacement possible d'une espèce sauvage par une autre, créée de toutes pièces, ne pose pas de problèmes. Il a déjà eu lieu avec le blé⁴⁴. D'autres critiquent une « dérive productiviste » avec l'introduction d'animaux à croissance rapide disséminés dans la nature sans contrôle sur les impacts environnementaux possibles.

La mortalité des huîtres

Avec le réchauffement climatique, la température de l'eau en milieu naturel va s'élever. Or une récente expérience en milieu

43. Premier avis du Comepra, Ifremer ostréiculture et biotechnologies, octobre 2004.

44. Le blé tendre (6 n) et le blé dur (4 n) ont remplacé le blé sauvage (diploïde).

confiné à l'Ifremer⁴⁵ montre que la tétraploïde en milieu confiné semble plus fragile que la diploïde aux conditions d'élevage⁴⁶ (mauvaise maturation et gamètes femelles de mauvaise qualité, plus grande mortalité), et notamment à l'élévation rapide de la température⁴⁷. Par ailleurs, elle implique une dépendance des ostréiculteurs vis-à-vis des éclosiers, qui peuvent imposer un véritable monopole de production des naissains, crainte déjà soulevée par le Comepra.

La création de nouvelles variétés d'huîtres ne résout apparemment pas les aléas de la production car elles sont touchées comme les autres par les mortalités estivales. En effet, si ces phénomènes de mortalité estivale des huîtres creuses ne sont pas nouveaux en ostréiculture, leur ampleur et leurs conséquences apparaissent de plus en plus importantes. Les cheptels ostréicoles ont été particulièrement touchés à l'été 2008, avec des pertes comprises entre 40 et 100 % pour les huîtres juvéniles, sur l'ensemble des secteurs de production. La moitié au moins de la production 2009 et 2010 est déjà compromise.

Les premiers résultats des analyses réalisées en pathologie⁴⁸ montrent la présence de deux bactéries⁴⁹ et de l'herpès virus de l'huître OsHV-1, qui se sont développés à la faveur de la pluviométrie (printemps chaud et pluvieux) et du réchauffement climatique (hiver doux) observés en 2007-2008. Cet excédent pluviométrique a généré de très forts débits fluviaux, ce qui a une incidence importante au niveau des eaux côtières : des apports massifs de sels nutritifs (liés aux dessalures) et un développement important de phytoplancton. Ces conditions peuvent favoriser des efflorescences de phytoplanctons (*blooms*) irritants ou toxiques pour les coquillages⁵⁰. D'autres facteurs ont rendu les populations

45. Ifremer de Ronce-les-Bains (17) en partenariat avec la station Ifremer de Bouin (85).

46. S. Lapègue, Ifremer, laboratoire de génétique et pathologie de La Tremblade.

47. Station Ifremer de Bouin, 28 février 2008.

48. *Info mortalités*, Ifremer, n° 3, 1er août 2008.

49. *Vibrio splendidus* et *Vibrio aestuarianus*.

50. Tels que *Karinia* (ex-*Gymnodinium*).

d'huîtres plus vulnérables (dans un environnement lui-même perturbé) à certaines maladies, comme les pratiques culturales ou les rejets polluants dissous dans les eaux fluviales⁵¹... Durant cette période de mortalité des élevages, de nombreux observateurs, amateurs ou professionnels, ont constaté que les huîtres de même taille que les triploïdes, mais sauvages, ne mouraient pas. Il est vrai que, dès leur naissance, les larves d'huîtres bénéficient dans le milieu naturel d'une grande diversité de phytoplanctons. Est-ce que certaines diatomées auraient pu leur apporter tous les éléments nécessaires à une bonne résistance aux éventuelles contaminations pathogènes du milieu ? La question mérite d'être posée et la réponse étudiée...

Les mortalités d'huîtres observées en 2008 sont caractérisées par :

- l'ampleur du phénomène, sans précédent depuis l'introduction de l'huître creuse *Crassostrea gigas*, tous les bassins ostréicoles ayant vu disparaître entre 40 et 80 % de leurs stocks de juvéniles ;
- le fait qu'elles ont affecté principalement les juvéniles jusqu'à dix-huit mois dans le milieu naturel, toutes origines confondues ;
- leur quasi-simultanéité sur l'ensemble des façades maritimes françaises et dans des écosystèmes très variés.

Source : Ifremer.

L'acquisition de connaissances d'une part sur la biologie des espèces, et tout particulièrement sur l'alimentation de leurs larves ou juvéniles, et d'autre part sur le pouvoir nutritionnel et éventuellement antibactérien d'espèces planctoniques a permis, au cours des cinquante dernières années, de proposer des solutions pour faire émerger une aquaculture renouvelée, libérée autant que possible des aléas de la capture d'alevins ou de naissain dans le milieu naturel. En dépit des progrès déjà accomplis dans ce domaine, les

51. Voir *Baies et rias*, revue trimestrielle de la section régionale conchylicole de Bretagne Sud, n° 28, décembre 2008.

problèmes que pose la nutrition larvaire sont loin d'être résolus pour toutes les espèces économiquement intéressantes. L'expérience des décennies passées conduit à penser que les solutions seront le fruit d'une coopération étroite et pragmatique entre professionnels, scientifiques et techniciens. Mais on ne pourra jamais faire mieux que ce que fait la nature depuis 3,5 milliards d'années. Il est regrettable qu'en aquaculture on ne continue pas à utiliser des géniteurs du milieu naturel pour la reproduction des espèces car c'est eux qui donnent incontestablement les meilleurs résultats.

Pour une aquaculture durable

L'objectif étant de nourrir les humains (le poisson est l'aliment de base de nombreuses populations) sans mettre en péril les stocks piscicoles, l'aquaculture est-elle une alternative à la pêche ou son complément ? Alors que le monde entier s'émeut des diminutions de captures des pêches maritimes, l'aquaculture peut-elle sauver certaines espèces piscicoles ?

État des lieux de l'aquaculture

D'après le rapport de la FAO⁵² publié le 4 septembre 2006, près de la moitié des poissons consommés dans le monde sont élevés dans des fermes aquacoles et non plus capturés.

Depuis les années 1970, l'aquaculture est apparue comme la solution miracle devant permettre au monde, notamment aux pays dits « en voie de développement », de se fournir en protéines animales. C'est en mer que l'aquaculture est la plus développée (51 %, contre 43 % en eau douce et 6 % en eaux saumâtres). Le poisson ne représente que la moitié de la production qui comprend à la fois les crustacés (crevettes...), les mollusques (moules...), les algues (wakame...) et les invertébrés (oursins...). L'Asie, et particulièrement la Chine, est le plus gros producteur, l'Europe

52. Food and Agriculture Organization (Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture).

ayant presque une production négligeable. En Asie, on parle en millions de tonnes (45,5 Mt) ; la France, qui ne produisait que 2 tonnes de poissons de pisciculture marine dans les années 1960, a produit 7 500 tonnes de poissons marins en 2008⁵³.

On pourrait penser que cette source de protéines apporte une sécurité alimentaire aux pays en voie de développement. Or ce n'est pas le cas, les produits de meilleure qualité et à forte valeur ajoutée partent à l'exportation vers les pays riches et les populations locales se partagent les restes ou, pour certaines, n'y ont tout simplement pas accès.

En Espagne, premier producteur mondial de moules, les productions dépassent dans la baie de Vigo 250 tonnes par hectare (poids frais) en pleine eau. Les étendues lagunaires présentent aussi un fort potentiel de production. On élève par exemple le milkfish dans des lagunes communiquant avec la mer. On produit en Asie près de 150 000 tonnes de ce poisson phytophage par an. La production primaire est souvent stimulée par des apports de fertilisants minéraux et organiques. C'est le cas aussi des mullets (*Mugil* sp.) produits dans des lagunes ou dans des étangs sur le pourtour méditerranéen et dans l'Indo-Pacifique. Dans cette région, le grossissement de crevettes pénaïdes s'effectue dans des sites identiques à ceux utilisés pour le milkfish ; le rendement varie entre 300 et 1 500 kilogrammes par hectare. En Europe de l'Est et en Chine, la pisciculture extensive de carpes planctophages s'effectue dans des étangs où le phytoplancton est brouté par le zooplancton que consomment les poissons.

En aquaculture extensive, la croissance des animaux repose entièrement sur les ressources présentes dans le milieu aquatique, c'est-à-dire essentiellement sur le plancton. L'une des meilleures valorisations de la production primaire de l'océan est assurée par des mollusques tels que les huîtres, les moules, les coques et les palourdes. Étant courte et sans intermédiaires, la chaîne phytoplancton-mollusques est d'un bon rendement. Le poids

53. 4 500 tonnes de bars, 2 000 tonnes de daurades et 1 000 tonnes de turbots.

économique de la conchyliculture française est important. Elle représente environ 21 000 emplois (plus que la pêche).

Aquaculture : complément ou alternative à la pêche ?

Le premier argument en faveur de l'aquaculture concerne la qualité sanitaire des poissons d'élevage. Cet argument peut paraître un peu fallacieux. On dit notamment que les poissons de mer sont plus exposés au risque de contamination⁵⁴ que les poissons d'aquaculture. Il est vrai que l'on peut trouver partout des poissons très contaminés. Le problème reste la bioaccumulation, dans la mesure où les contaminants ne se diluent pas ni ne s'évacuent au cours de la vie d'un poisson, mais s'accumulent au fur et à mesure de sa croissance. Le requin, le thon ou l'espadon, qui sont au sommet de la chaîne alimentaire, en sont de parfaits exemples. Mais il convient de garder à l'esprit qu'il existe d'autres sources alimentaires de contaminants liposolubles. Et tout dépend de la zone de pêche. On évitera les poissons sauvages pêchés en mer Baltique⁵⁵ ou on ne mangera peut-être pas un poisson pêché dans la vase au fond d'un port industriel, mais on consommera facilement celui qui est pêché à une heure de la côte (rougets, sole ou plie) ou il y a deux jours.

Cependant, certains prétendent que le poisson d'élevage est plus frais sur les étals que le poisson pêché et resté plusieurs jours au fond de la cale des bateaux. Pourtant, il faut savoir que les bateaux-congélateurs qui partent plusieurs mois congèlent immédiatement les poissons (les thons, par exemple), qui ne perdent rien de leur valeur nutritive.

Outre la dangerosité du métier de pêcheur et le coût économique, le deuxième argument prend en compte le temps trop long passé en mer, à la fois pour les hommes et pour la qualité

54. Par des substances comme le méthylmercure, les dioxines et les PCB, les ignifuges bromés et les composés de l'organotine et du camphéchloré.

55. Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA), portail Europe, 13 décembre 2005.

sanitaire du poisson. Les pêcheurs seraient prêts à réduire leur période en mer car ce n'est pas « pour le plaisir » qu'ils passent huit ou douze jours au large. Des discussions ont lieu actuellement pour pêcher autrement, de façon plus sélective, en réduisant le temps en mer tout en ramenant à terre un produit de qualité. Par exemple, on expérimente actuellement une méthode de pêche au casier⁵⁶ pour la langoustine. Les Écossais le font déjà, mais eux sont près des lieux de pêche alors que le pêcheur breton doit naviguer des heures durant pour y parvenir. Le problème de distance pourrait être résolu, par exemple, si les bateaux bretons restaient à quai en Écosse au lieu d'effectuer des allers-retours depuis la Bretagne jusqu'en mer d'Irlande. La réduction du temps passé en mer diminuerait les risques au regard du mauvais temps. Il serait également intéressant de comparer le bilan carbone mer-terre-avion.

Ce cas de figure est compliqué car culturel et peut-être même générationnel. La mobilité des marins pêcheurs existait il n'y a pas si longtemps : les pêcheurs du Morbihan allaient par exemple à Saint-Brieuc (dans les Côtes-d'Armor) pendant la saison de la coquille Saint-Jacques ; ou bien « suivaient la sardine » de Douarnenez (Finistère) à l'île d'Yeu (en Vendée) en passant par Quiberon (Morbihan) et La Turballe (Loire-Atlantique)⁵⁷. Les usines se trouvaient dans chaque port. On transportait donc les hommes plutôt que les marchandises. Si au lieu de pêcher la morue au chalut, on la pêchait à la ligne ou à la palangre ? Autre fait inéluctable : avec le réchauffement climatique et ses conséquences sur les océans, les espèces vont se déplacer. Mais il reste à savoir comment demander aux marins pêcheurs soit de pêcher d'autres espèces avec une pêche durable, soit d'accepter de se déplacer car

56. Casiers : sortes de paniers fermés ou nasses, de forme conique (l'animal peut entrer mais ne peut plus sortir), déposés sur le fond ou en pleine eau pour capturer les crustacés.

57. Les « abris de marins » profitaient du passage des jeunes mousses dans les ports pour faire leur éducation scolaire (apprendre à lire et à écrire) et les aider à lutter contre l'alcoolisme.

ailleurs on a besoin de professionnels comme eux, expérimentés, performants et qui savent former d'autres marins pêcheurs. Demain, le métier de pêcheur exigera peut-être de devenir plus mobile. Mais, aujourd'hui, les pêcheurs, comme leurs bateaux, se sont spécialisés et pour eux il est plus difficile qu'avant de passer de la pêche d'une espèce à une autre espèce.

Le troisième argument en faveur de l'aquaculture concerne la réduction du bilan carbone. Les écologistes demandent à juste titre de manger local et de respecter les saisons et les circuits courts. C'est tout à fait compréhensible pour l'agriculture. Faire venir des produits de l'autre bout de la planète est un non-sens, en dehors de certains produits pour lesquels on ne peut pas faire autrement, ou pour soutenir par le commerce équitable le développement des petites exploitations (café, bananes, etc.) qu'on ne trouve que sous les tropiques. Pour le poisson, c'est un autre problème. Il n'est pas toujours à proximité du lieu de consommation. Même le poisson pêché près des ports bretons est né quelque part en mer d'Irlande. La morue a disparu dans certaines zones, notamment parce qu'elle est remontée plus au nord. La pêche relève de la chasse et non de l'élevage domestique comme en agriculture où, lorsqu'on élève des bovins, on peut produire leur alimentation à proximité et les vendre à la ville voisine. On est finalement condamné, quand on mange les produits de la mer, à ne pas manger local. On est obligé d'aller là où les espèces sont *adultes*. Il serait inconcevable de manger les alevins, ou des poissons de trop petite taille n'ayant pas encore pu se reproduire, sous prétexte de manger local, alors qu'au large on pourrait trouver des espèces adultes. Le plancton végétal du sud de l'Espagne va nourrir le zooplancton qui prolifère dans les eaux du Portugal, lequel va nourrir les morues de la mer d'Irlande. Les fourrages ne sont donc pas produits à proximité du lieu où l'on prélève le poisson. Par conséquent, il ne faut pas faire d'amalgames ni transposer à la mer ce qui est valable seulement sur la terre. On ne peut néanmoins qu'encourager ceux qui ont la chance d'habiter au bord de la mer à manger

des produits de proximité (pêche) ou bien les produits qui proviennent des cultures marines⁵⁸.

Aquaculture et empreinte écologique

En ne mangeant pas de produits de proximité, on alourdit le bilan carbone. Mais ce n'est rien au regard de l'empreinte écologique de l'aquaculture intensive. En comparant les empreintes écologiques, on distingue trois niveaux.

Le milieu naturel a la capacité de produire une tonne de crustacés à l'hectare (par exemple la crevette en zone lagunaire) sans intervention humaine. L'empreinte écologique est correcte.

En production extensive aquacole, pour faire une tonne de crevettes, on est obligé de doubler la surface. L'empreinte écologique est donc multipliée par deux, mais comme on n'apporte pas de nourriture exogène, on ne pollue pas de manière excessive, ni sur le lieu de production, ni sur le plan logistique, ni par la production des granulés alimentaires, etc. Comme on a compris comment fonctionne un écosystème naturel, on a juste à transposer et à maîtriser le fonctionnement hydraulique, sans rien ajouter...

En aquaculture intensive, on maîtrise tout, du circuit hydraulique à la nourriture. Au Japon, en 1971, on produisait déjà 4 tonnes à l'hectare et par an. Certaines fermes aquacoles produisent aujourd'hui jusqu'à 10 tonnes à l'hectare, ce qui entraîne des modifications écologiques en cascade (surplus de matière organique dans l'eau, développement bactérien – voire d'agents pathogènes –, rajout de médicaments antibiotiques, épuisement de l'oxygène, création de milieu anaérobie, dégagement d'hydrogène sulfuré, acidité du milieu, amendement calcaire obligatoire, etc.).

Quand le pisciculteur propose sa recette miracle: « Avec un kilo de granulés, je produis un kilo de poissons ! », il serait pertinent de lui poser les questions suivantes:

– pour faire un kilogramme de granulés, combien faut-il de crabes, de poissons et d'hectares disponibles pour les pêcher⁵⁹,

58. Culture des algues, coquillages, etc.

59. Pour faire un kilogramme de granulés, il est admis qu'il faut 5 à 7 kilogrammes de matières premières selon les espèces élevées.

sans oublier les productions primaires indispensables (phytoplancton et zooplancton) ? Des poissons, des crabes et des calmars qui auraient pu être mangés par des humains...

– en termes d'emplois, combien en ai-je perdu, combien en ai-je créé ?

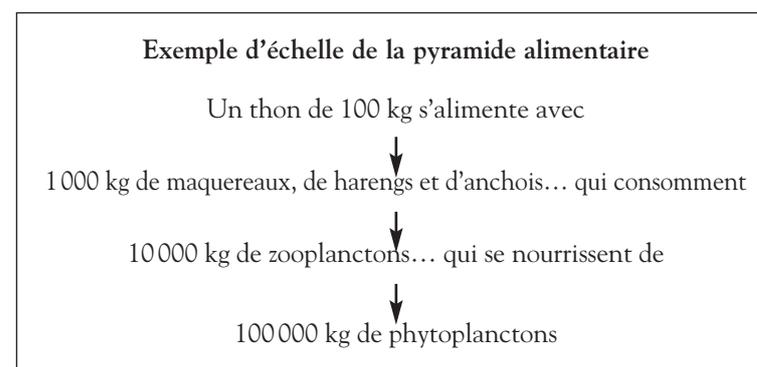
– au plan du bilan carbone, quel est le résultat ?

Les solutions technologiques

Des solutions technologiques diverses sont apportées ici ou là pour développer les écloséries, soit en apportant une nourriture plus performante aux poissons, soit en changeant radicalement leur alimentation.

Dans les zones estuariennes ou dans les marais littoraux, le milieu va produire naturellement 10 à 20 tonnes ha/an de production primaire et secondaire (phytoplancton et zooplancton), laquelle permettra la croissance d'une à deux tonnes de crustacés. L'empreinte écologique est équilibrée. La solution idéale pour l'aquaculture serait-elle donc de filtrer l'eau de mer afin d'en récolter le plancton ? Mais si on veut recueillir un kilogramme de phytoplancton, il faut filtrer jusqu'à 10 000 litres d'eau de mer dans le meilleur des cas (c'est-à-dire avec une forte quantité de phytoplancton présente dans l'eau). Et un kilogramme de phytoplancton ne donnera que 100 grammes de copépodes (zooplancton). Ces 100 grammes de zooplancton donneront 10 grammes d'anchois qui donneront 1 gramme de bar (voir dans l'encadré ci-contre un exemple d'échelle de la pyramide alimentaire). Toujours est-il qu'il faut environ 5 tonnes d'anchois pour fabriquer 1 tonne de granulés qui produira 1 tonne de saumons d'élevage, sans oublier de calculer les surfaces et les volumes d'eau correspondants pour que les tonnes de phytoplancton nécessaires soient produites. L'océan entier est une usine à produire du plancton en permanence, toute l'année, grâce à la photosynthèse. Pour alimenter un élevage de saumons, la production primaire nécessite un espace quarante mille à cinquante mille fois plus vaste que l'espace nécessaire au site d'élevage.

Déjà, Anita Conti⁶⁰ s'insurgeait contre cette opération de filtrage qu'elle jugeait « aveugle » car on filtre sans discernement des œufs morts et des œufs vivants, sans discrimination d'espèces supérieures ou non. Elle prévoyait même la récolte de plancton toxique ou de méduses urticantes au passage ! Les techniques ont été affinées depuis, mais personne n'avait pensé que des phénomènes tels que l'ouragan El Niño puissent affaiblir autant la production planctonique⁶¹.



Rendre des poissons carnivores « végétariens » : un risque de les transformer en « OGM »

L'importation et la production du plancton varient beaucoup d'une année sur l'autre. Cet aliment naturel revient finalement très cher. Pour rendre moins aléatoire cet approvisionnement, certains chercheurs en ont déduit qu'il valait mieux alimenter les élevages avec des aliments complets, des granulés fabriqués à base de farine de poisson (protéines animales) et de végétaux (blé), de vitamines et de minéraux. Autrement dit, on substitue des végétaux (blé, soja, céréales) aux poissons fourrages (sardines, sprats, anchois, etc.).

60. Voir le préambule de *L'Océan, les bêtes et l'homme*, op. cit.

61. La pêche minière peut être aléatoire, comme en 1998. Cette année-là, l'ouragan El Niño a fait chuter les prises d'anchois du Pérou de 9 à 1,7 million de tonnes, l'anchois étant privé de plancton pour se nourrir.

Le problème est qu'en Occident on a affaire la plupart du temps à des poissons carnivores : saumon, bar, daurade, turbot, morue, truite... En principe, un poisson mange un autre poisson, en dehors des carpes qui peuvent être carnivores, ou omnivores, ou herbivores (carpe amour). Nourrir les carpes herbivores dans un élevage avec des céréales est sans conséquences. Mais l'idée de rendre des poissons carnivores « végétariens » laisse dubitatif. Avant l'épisode de la « vache folle », on leur donnait même des déchets carnés, ce qui est interdit maintenant. Aujourd'hui, on veut remplacer les protéines animales par des protéines végétales. Il s'agit d'habituer les poissons à manger des végétaux plutôt que des animaux, à l'inverse de l'époque de la « vache folle », quand les vaches, herbivores, mangeaient des granulés carnés...

On aura cependant toujours besoin d'huile et de farine pour la « finition » dans l'alimentation des élevages piscicoles, afin d'assurer la teneur en acides gras oméga 3 et de donner du goût au poisson. Ces farines peuvent être soit d'origine végétale, et l'on connaît le manque de transparence de ce type de production quant aux OGM agricoles, soit produites par la pêche minière, de plus en plus dénoncée pour ses conséquences sur la ressource halieutique⁶². La technique consiste en effet à aspirer les bancs à un niveau industriel, sans considération de tailles ni d'espèces, et à transformer le poisson en farine.

On peut se poser une question fondamentale. Pour obtenir un poisson végétarien, ne faudrait-il pas faire quelques manipulations génétiques en amont ? Deux saumons transgéniques ont été déjà brevetés⁶³ pour améliorer leur vitesse de croissance (leur taille de mise sur le marché est d'un an et demi au lieu de deux à trois ans), leur résistance aux maladies ou au froid. Techniquement, la méthode est au point, même si pour l'instant elle a soulevé beaucoup de réactions (surtout en Europe). Mais rien ne nous prouve

62. Halieutique : terme générique pour parler de la pêche en général.

63. Voir l'article de Patrick Philipon sur les poissons transgéniques in *La Recherche*, n° 355, juillet-août 2002.

qu'on ne se dirigera pas vers une logique de spécialisation de poissons OGM pour rendre végétariens des poissons carnivores. Est-ce que le risque en vaut la peine ?

La seconde dérive serait de retrouver le même schéma que celui des agrocarburants. Au lieu de les destiner à l'alimentation humaine, on va transformer des tonnes de céréales en granulés, sans compter qu'actuellement la pénurie de blé touche tous les pays, riches ou pauvres, même les pays européens. De plus, 90 % seront perdus car, chaque fois que l'on passe d'un végétal à un animal, on ne récupère que 10 % du poids. Autrement dit, le poisson ne transforme en poids que 10 % de ce qu'il mange, le reste étant perdu en énergie (pour se réchauffer, se déplacer, se reproduire) et en déchets organiques. Où est le bénéfice ?

Un prix de revient réel qui n'intègre pas tous les coûts de production

Technologiquement et biologiquement, le procédé est fiable, il n'y a pas d'inconvénients en théorie, mais il existe un risque de produire une nourriture à deux vitesses. On peut se demander qui a déjà payé le luxe de cette technologie, pas seulement le prix de revient des granulés, mais toute la recherche mise en place pendant des années, tout cet investissement intellectuel, scientifique, technologique qui précède la mise sur le marché ? Le prix de revient du poisson d'aquaculture ne comprend pas le coût de l'ingénierie de recherche. On oublie d'inclure dans le prix de revient du poisson vendu à l'étal tout ce qu'il a fallu dépenser pour la recherche scientifique, financée par la collectivité, les impôts.

Par exemple, le prix de revient du turbot est celui de l'entreprise aquacole, mais jamais on n'a facturé les vingt ans de recherche scientifique qu'il a fallu financer ni le soutien financier important apporté à l'entreprise durant toute la période d'adaptation pour rendre son exploitation viable. De plus, d'autres pays ont repris le process, vendu pour un faible montant, sans prendre en compte le coût réel des financements publics apportés auparavant à

l'entreprise. Paradoxe, ils font périliter en France sa production locale: le turbot est maintenant importé de Chine à bas prix.

Les entrepreneurs pourraient rétorquer qu'eux aussi paient des impôts et créent de l'emploi, donc ont le droit de bénéficier de cette recherche. C'est vrai, à condition que les aides publiques soient conditionnelles et s'opposent à la défiscalisation actuelle et à la délocalisation des entreprises. Sinon, où se situe l'intérêt général de la recherche? Où est le bénéfice pour l'État?

Dans les années 1950-1960 où l'on faisait de la pisciculture à partir de déchets carnés (d'abattoirs) et de poissons, une chose était impossible: augmenter la production au mètre cube. Si on augmentait la production de truites par mètre cube, on obtenait de graves pollutions avec des eaux grasses, ce qui posait une limite. Heureusement, l'« environnement » est venu au secours des marchands dans les années 1970. Au lieu de mettre les déchets au congélateur, les marchands de granulés ont privilégié les sacs, au sec dans les hangars. Double argument marketing: « Quand vous donnez des déchets, vous graissez l'eau. Vous la polluez un peu plus. Nous vous donnons des granulés secs qui ne poseront aucun problème pour la pollution des eaux qui vont sortir des piscicultures. En plus, vous baissez votre consommation d'énergie en évitant de congeler les déchets. » Comme l'eau n'est plus huileuse ou grasseuse, on peut se permettre d'augmenter la production par deux ou trois. Les piscicultures sont passées ainsi d'une production de 80 tonnes à une production de 300 tonnes, sans mortalité.

Apparemment, on polluait moins. Mais quelques années plus tard, on s'est aperçu qu'en augmentant le tonnage on augmentait en même temps la production de matières organiques. En définitive, on polluait plus... Et ce que les marchands de granulés ne disent pas, c'est que la dégradation de la matière organique issue des granulés est très difficile à digérer par les bactéries. D'ailleurs, celles-ci transforment les déchets organiques en nutriments minéraux qui repartent en rivière et participent à la prolifération des algues vertes.

Finalement, ce ne sont pas les pisciculteurs qui ont tiré le plus de bénéfices des granulés, mais bien les fabricants.

Et si on « aquaculturait » autrement ?

En Europe, on pourrait trouver des solutions locales, déjà expérimentées ou qui restent à imaginer. Il serait notamment plus judicieux et plus responsable de reprendre une filière bien connue en aquaculture, que l'on utilisait en France il y a trente ou quarante ans: élever, par exemple, des truites en recyclant les déchets de filetage⁶⁴. Dans les années 1950-1960, un réseau avait organisé à Lorient une filière de récupération des déchets de filetage dans les poissonneries. Aujourd'hui, il concernerait plutôt les grandes surfaces. Cette solution n'est pas évidente à mettre en place, mais pourrait créer de l'emploi local, ce qui serait en fin de compte moins coûteux en termes d'empreinte écologique.

Une entreprise a pratiqué cette méthode: la ferme aquacole de l'Aber Wrac'h. Depuis 2001, cet élevage a produit des saumons biologiques, blancs de chair, nourris d'un aliment composé à 30% de céréales et d'huiles végétales biologiques et à 70% de farine de poisson issue de déchets de transformation du poisson. Malheureusement, pour des raisons privées, l'entreprise a aujourd'hui cessé son activité.

En Afrique, cela fait des décennies que les programmes de la FAO le promettent, et pourtant l'aquaculture intensive n'a pas été la panacée annoncée. En effet, sur ce continent, on ne peut pas faire de l'aquaculture intensive n'importe où. Il n'y a pas eu de grande évolution parce que le transfert de technologies européennes, conçues dans et pour des pays riches, est totalement inadapté à des pays pauvres. Une fois les techniciens européens partis, où trouver l'argent nécessaire pour produire l'énergie et acheter les granulés? L'aquaculture est un outil utile permettant de bien connaître la biologie des espèces autochtones, mais il est nécessaire de l'adapter à l'économie locale, aux traditions agraires et de pêche d'un pays

64. Le filetage est le découpage des poissons en filets dans les ateliers de transformation de poissons. Il génère beaucoup de déchets.

africain (ou asiatique). Le maître mot consisterait à « accompagner », en oubliant un temps le savoir technologique européen. Il s'agit d'écouter les pêcheurs locaux pour qu'ils créent leur propre aquaculture dont ils auront la maîtrise tout au long du processus. Par exemple, les Africains nous ont souvent sollicités pour les aider à développer l'aquaculture. En les écoutant, on se rend compte qu'ils font déjà de l'aquaculture extensive en utilisant des acadjas⁶⁵ et ont une bonne connaissance de leur écosystème. Il suffit alors de mettre en place des systèmes simples pour renforcer la productivité. L'emploi d'une technologie sophistiquée n'est pas forcément nécessaire ici.

L'aquaculture comme enjeu alimentaire

Si on veut saisir tout l'intérêt pour l'humanité de préserver ses écosystèmes, il faut d'abord comprendre comment fonctionnent les réseaux alimentaires aquatiques.

Nous sommes un maillon d'une grande chaîne alimentaire

Des bactéries aux poissons ou aux grands cétacés, tous les êtres vivant dans la masse des milieux aquatiques participent au cycle de la matière. La notion de « chaîne alimentaire » constituant en fait une simplification de la réalité complexe des interactions nutritionnelles (ou trophiques) existant au sein des communautés aquatiques, il est plus juste de parler de « réseau » alimentaire. En effet, rares sont les carnivores qui ne capturent qu'un seul type de proies et chacun d'eux peut être lui-même mangé par divers prédateurs.

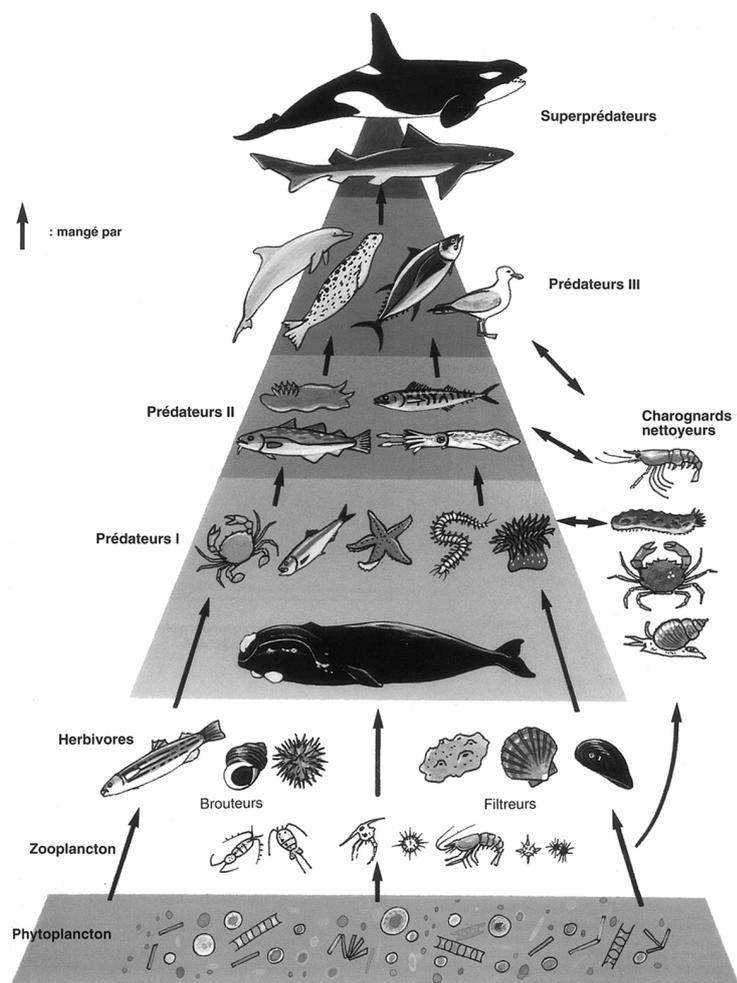
Les algues, productrices de matière organique, sont à la base du réseau alimentaire marin. À cette production de phytoplancton dite « primaire » s'ajoute une production qualifiée de paraprimaire, constituée par les excréments des animaux du plancton,

65. Acadjas : enclos où les alevins sont enfermés jusqu'à ce qu'ils aient la taille suffisante pour être vendus ou consommés.

par des fragments de cadavres, de mues, par des débris divers. Ces particules de matière organique non vivante sont porteuses de bactéries. L'ensemble constitue une source de nourriture non négligeable pour les invertébrés équipés d'un appareil permettant de filtrer l'eau.

Pour être complet, le cycle de la matière organique, en mer comme en eau douce, nécessite que les déjections et les cadavres des organismes aquatiques soient dégradés par des bactéries en dioxyde de carbone, phosphates, nitrates, etc., reconstituant ainsi de façon continue le stock minéral qui alimente la vie végétale. En mer, cette transformation a lieu dans les eaux profondes et ce sont les courants ascendants qui ramènent en surface dans les mers froides et dans certains secteurs des eaux tropicales (zones d'*upwelling*) les sels minéraux dissous. Dans les lacs, le vent et les variations de la pression atmosphérique induisent des courants qui ont pour conséquence un recyclage plus ou moins régulier et plus rapide qu'en mer des matières minérales et organiques. Dans les bassins plus petits, étangs, marais, lagunes, les processus physico-chimiques sont accélérés : la faible profondeur permet un transfert plus rapide des produits de la décomposition bactérienne dans la zone où vit le phytoplancton. Par ailleurs, les bactéries qui sont consommées par les protozoaires ciliés qui servent eux-mêmes de nourriture à des copépodes peuvent de ce fait permettre au petit zooplancton de se développer en l'absence éventuelle (eaux pauvres en sels minéraux) de phytoplancton.

Schéma de la pyramide alimentaire



Source : Copains des mers, le guide des petits loups de mer,
V. Tracqui, F. Claro, C. Heinrich, P. Robin
© 1992, Éditions Milan.

Le réseau des chaînes alimentaires ne peut se passer de ces premiers stades, le phytoplancton et le zooplancton. Chaque espèce a une place bien définie (prédateurs, superprédateurs, nettoyeurs), tour à tour mangeuse et mangée. « Ce travail s'accomplit aux différents étages du réservoir océanique et chaque animal est un ouvrier spécialisé qui s'enrichit en travaillant et luttant pour devenir le plus tard possible la proie d'un plus fort, ou d'un plus adroitement vorace⁶⁶. » L'ensemble forme un écosystème en équilibre comme un château de cartes. Enlever la carte du bas, tout s'écroule. Quant à l'homme, il est prédateur à tous les étages de la pyramide.

L'homme mange à tous les paliers de cette chaîne alimentaire. En premier lieu le poisson, qui contribue de manière non négligeable à lui fournir une alimentation saine car il contient des protéines, des acides gras (tels que les acides gras polyinsaturés), ainsi que des vitamines et certains minéraux (vitamines A, B12 et D, iode et sélénium). Il est possible d'obtenir rapidement une concentration importante d'acides gras en mangeant du poisson gras, ou du poisson maigre en plus grande quantité. Par conséquent, les personnes qui ne consomment pas de poisson atteignent difficilement la dose journalière d'acides gras recommandée pour le bon fonctionnement du système cardiovasculaire et le développement foetal⁶⁷. L'acide eicosapentaénoïque est un acide gras essentiel (AGE) qui se trouve principalement dans l'huile de poisson et fait partie de la famille des huiles essentielles d'oméga 3. Ainsi, le poisson d'aquaculture intensive, qui à l'origine en manque, a son alimentation (farines déshydratées) complétée par 30 % d'huile de poisson.

66. Anita Conti, *L'Océan, les bêtes et l'homme*, op. cit.

67. Voir www.efsa.europa.eu

Et si le plancton pouvait nourrir l'humanité ?

Le phytoplancton est connu depuis longtemps pour ses vertus nutritives. Sa forme la plus connue est la spiruline, apparue il y a plus de 3 milliards d'années. Déjà les Aztèques la filtraient avec des filets finement tissés. Ils la consommaient mélangée avec du maïs afin d'acquérir la vigueur nécessaire pour supporter la haute altitude et une vie pénible.

La spiruline est une cyanobactérie pourvue de pigments assimilateurs tels que la chlorophylle A, les caroténoïdes et les phycobiliprotéines. Elle est donc dotée du pouvoir de photosynthèse, c'est-à-dire qu'elle produit de la matière organique à partir du gaz carbonique et de l'énergie solaire qu'elle convertit en énergie chimique. C'est une microalgue vivant en eau douce, d'environ 0,3 millimètre de long, se présentant sous forme de filaments microscopiques enroulés en spirale. On a démontré à l'écloserie de Beg-Meil qu'il est possible de la cultiver jusqu'à 20 ‰ de salinité (20 grammes de sel par litre d'eau). Elle se compose de protéines (la teneur en protéines oscille entre 60 et 70 % de son poids sec), de vitamines (elle contient des taux importants de vitamines A, E et B12), de minéraux (la teneur élevée en fer est une caractéristique de la spiruline). De plus, elle présente d'excellents taux de magnésium, calcium, phosphore et potassium. Riche en acides gras essentiels, la spiruline est considérée comme une des meilleures sources d'acide gamma-linolénique. Quant aux glucides, ils constituent 15 à 25 % de sa masse, dont une majorité à assimilation lente. Les propriétés de la spiruline transformée en galette ou en poudre reposent sur la richesse de sa composition, tant quantitative que qualitative, ce qui en fait une sorte de « super-cocktail naturel » parfaitement équilibré en éléments indispensables au bon fonctionnement de l'organisme humain.

Ainsi réputée pour ses qualités nutritives, elle est aujourd'hui encore consommée par les habitants du lac Tchad. Ces hommes et ces femmes récoltent traditionnellement ce plancton végétal, le font sécher, et l'ont choisi comme alimentation de

prédilection car la spiruline peut suppléer les problèmes alimentaires de cette région.

On observe la même démarche en Inde où, dans les régions les plus pauvres du Sud, on réussit à produire de la spiruline dans des bassins artificiels mais très rustiques, ayant pour seule protection des coupe-vent qui empêchent les insectes ou les feuilles des arbres de tomber dans les bacs. Ce sont des bassins de petite taille, mais dont la production est très importante grâce au soleil qui apporte l'énergie lumineuse et aux éléments nutritifs qu'on ajoute. Les algues sont ensuite séchées, et des associations locales en donnent quotidiennement (une cuillère à café) aux écoliers dans leur bol de riz⁶⁸ à titre de complément alimentaire (comme en France après la Seconde Guerre mondiale lorsque les enfants avaient droit à une ration de lait journalière). C'est donc un moyen d'apporter des éléments nutritifs (protéines, oligoéléments, acides aminés essentiels, vitamines, etc.) aux populations les plus pauvres.

Bien qu'actuellement elle fasse l'objet d'une campagne marketing en sa faveur en Europe, il reste indispensable de suivre attentivement les études actuelles sur les avantages et les inconvénients de cette microalgue dans l'alimentation humaine. En effet, elle ne se révèle pas indispensable à notre alimentation si celle-ci est équilibrée.

Un autre phytoplancton pourrait jouer un rôle capital pour l'alimentation humaine : *Odontella*.

Apparues il y a 150 millions d'années, les diatomées (dont fait partie *Odontella*) ont colonisé tous les milieux aquatiques car elles sont l'une des composantes essentielles du plancton végétal et jouent un rôle primordial dans la vie des écosystèmes marins. Elles sont à l'origine des réseaux alimentaires marins. Comme la spiruline, *Odontella* contient des protéines, dont neuf acides aminés essentiels, même si le taux de 20 % reste bien inférieur à celui de

68. À raison de 2 à 10 grammes de spiruline par jour, les enfants peuvent être remis sur pied.

la spiruline. Elle renferme aussi des vitamines E, C, B2, B6, de la provitamine A, ainsi que de nombreux minéraux et oligoéléments. Cette microalgue comporte une forte teneur en silicium qui présente l'avantage d'être assimilable par le corps. Mais la ressource essentielle d'*Odontella* est son taux surprenant d'acides gras poly-insaturés essentiels avec une dominante oméga 3⁶⁹.

En effet, cette algue comprend près de 30 % des acides gras totaux, ce qui en fait une des sources les plus riches du monde végétal. Elle se développe au niveau des zones côtières de différents océans. Comme elle possède des facultés d'acclimatation exceptionnelles, elle pourrait facilement être élevée en petite quantité dans les régions de pénurie alimentaire.

Tout le monde a entendu parler du krill (crevette faisant partie du zooplancton permanent), la nourriture des baleines. Ce crustacé long d'environ 5 centimètres (à taille adulte) forme de gigantesques nuages dans les eaux antarctiques où on peut compter jusqu'à 15 000 individus par mètre cube. On en trouve également dans les eaux tempérées et tropicales sous le nom de mysidacées. La diminution des stocks de poissons ayant entraîné une prolifération du krill dans certaines régions du monde, on envisage maintenant d'exploiter cette ressource, dans le cadre d'une gestion stricte, pour la faire entrer dans l'alimentation humaine.

Quant aux copépodes (autre zooplancton permanent), ils sont, en nombre d'individus, les animaux les plus abondants de la planète. Consommé par les méduses, les crevettes et les poissons, de la sardine au requin-pèlerin, ce minuscule crustacé herbivore constitue jusqu'à 80 % du plancton animal. Il produit chaque année 40 milliards de tonnes de chair, très loin devant les 260 millions de tonnes de la production mondiale de viande d'élevage ! À quand le steak de copépodes à la sauce spiruline ou *Odontella* ?

69. Or les oméga 3 ont un impact bénéfique sur l'organisme humain en contribuant, par exemple, au bon fonctionnement du système cardiovasculaire.

Les bienfaits du plancton sur notre santé

La qualité sanitaire des eaux marines dépend de la qualité et de la diversité du phytoplancton. Nous avons tous entendu parler des bienfaits de la mer, qui possède notamment un pouvoir antibiotique lié à des sécrétions d'origine biologique. Il a été démontré que certaines diatomées étaient capables de produire des substances antibiotiques et bactéricides⁷⁰.

La présence excessive de coliformes fécaux augmente la probabilité de l'existence d'agents pathogènes contre lesquels il faut lutter (par exemple le choléra). La présence de diatomées bactéricides concourt à diminuer la prolifération de ces agents pathogènes. Il existe donc des relations interspécifiques, notamment avec les micro-organismes, qui concourent au bon équilibre du milieu marin.

Un exemple, en Islande : l'activité anticoliforme⁷¹ des eaux correspond aux efflorescences d'une diatomée, *Skeletonema costatum*. La présence de cette microalgue peut tuer jusqu'à 10 millions d'*Escherichia coli* (coliformes) par 30 grammes d'eau de mer.

Lorsqu'un important changement intervient dans la dominance des espèces, les analyses montrent que le spectre antibiotique de l'eau de mer suit le spectre antibactérien des nouvelles cellules de phytoplancton. Des études menées en 1970 par les équipes du Pr Aubert du CERBOM⁷² de Nice confirment que les caractéristiques chimiques de l'eau de mer et du plancton y vivant évoluent parallèlement.

70. Notamment les genres *Chaetoceros*, *Skeletonema*, *Ditylum*, *Rhizosolenia*, *Nitzschia*, *Thalassiothrix*, *Melosira*.

71. Les coliformes fécaux, ou coliformes thermotolérants, sont des microéléments capables de fermenter le lactose à une température de 44,5°C. L'espèce la plus fréquemment associée à ce groupe bactérien est l'*Escherichia coli* (qui représente 80 à 90 % des coliformes). Bien que la présence de coliformes fécaux témoigne habituellement d'une contamination d'origine fécale, plusieurs coliformes fécaux ne sont en fait pas d'origine fécale, mais proviennent plutôt d'eaux enrichies en matière organique, par exemple en provenance d'effluents industriels du secteur des pâtes et papiers ou de la transformation alimentaire.

72. Centre d'études et de recherches de biologie et d'océanographie médicale.

Plancton et qualité des coquillages

La qualité des produits de la mer dépend de la qualité de l'eau. La présence de certaines familles de phytoplancton, les *Biddulphia* par exemple, indique une qualité d'eau marine exceptionnelle qui permet d'obtenir une ostréiculture d'excellence. La perle rare de ces algues unicellulaires qui font le repas quotidien des huîtres est encore une fois *Odontella*. Les huîtres filtrent l'eau afin de se nourrir de phytoplancton, et sa présence dans l'eau provoque une augmentation de la concentration en oméga 3 dans la chair des coquillages. La température et l'oxygénation de l'eau jouent un rôle déterminant dans le mécanisme de concentration des éléments dans la partie charnue de l'huître. On a également constaté que la présence de la microalgue *Odontella* favorise le développement des macroalgues et contribue ainsi au maintien de la biodiversité végétale des écosystèmes côtiers, facteur important pour les réseaux trophiques des milieux. En effet, de la qualité et de la diversité du phytoplancton des milieux de production dépendra le développement des maladies virales et bactériologiques chez les huîtres, les palourdes et les coquilles Saint-Jacques.

Une touche de plancton pour refaire une beauté aux huîtres

L'observation d'une autre famille de phytoplancton, les navicules (diatomées pennées), rappelle l'histoire de l'ostréiculture traditionnelle qui a su maîtriser ces microalgues dans les anciennes salines, les « claires ». Les navicules, dont le nom évoque un navire, ont la forme d'un bateau qui serait pointu à la proue comme à l'arrière, avec des stries que l'on prendrait, vues d'avion, pour des rangées de rameurs. Elles se multiplient dans les milieux estuariens en automne et sont à l'origine du verdissement des huîtres, phénomène bien connu des ostréiculteurs préparant les ventes de fin d'année avec leurs « fines de claire ». Rappelons ici que le verdissement des huîtres de Marennes est dû à l'absorption par leurs branchies d'un pigment bleu-vert que rejette une espèce de diatomée, *Haslea ostrearia* (navicule bleue), présente dans les claires. La présence successive et croisée de navicules, d'*Odontella*,

de *Skeletonema* et autres phytoplanctons dans un milieu est à l'origine du goût particulier des huîtres propre à chaque terroir.

Le consommateur doit néanmoins faire attention à ne pas se laisser influencer par l'aspect marketing des couleurs. Par exemple, les gens pensent que les truites, au prétexte qu'elles sont de la famille des salmonidés, doivent être rose orangé comme leurs cousins les saumons ! Les saumons de pleine mer sont légèrement colorés, mais pas vraiment roses. Seul le koo ou coho (saumon sauvage) du Pacifique est rose « saumon », grâce aux krills qu'il a avalés, comme le flamant rose qui tire lui aussi sa couleur des crevettes qu'il a absorbées. La responsabilité de cette supercherie est partagée des deux côtés : le vendeur qui fabrique un produit marketing et le consommateur qui veut un produit parfait et à la mode. Quand on « fait » une truite, on ne « fait » pas un saumon. On crée une confusion entre les mots « salmonidés, saumoné, truite », etc. Une truite élevée en eau douce a une chair *naturellement* blanche. On a donc ajouté un calcanoïde (du carotène) pour la colorer, ce qui est bien dommage. Les truites élevées en pleine mer, à faible densité, et nourries avec des crevettes vivantes ont, quant à elles, une chair *naturellement* rose.

Les métiers du littoral sous pression

Certains professionnels de la pêche ont réfléchi aux perspectives de la pêche, de l'aquaculture et de la préservation de la ressource, notamment les pêcheurs houatais (de l'île de Houat, au large du golfe du Morbihan).

Déjà, en 1972, ils dénonçaient un « appauvrissement des fonds », mais proposaient des mesures, posant ainsi les bases du développement durable : comment rendre compatibles préservation de la ressource, tourisme, pression immobilière (conflit d'usage entre pêcheurs et résidents temporaires) et activités économiques sur le littoral ? Ils suggéraient de mettre en place une concertation entre tous les usagers du littoral pour répondre aux besoins des consommateurs et anticiper le dépeuplement des fonds.

Ils souhaitaient un débat sur un aménagement du littoral où ils participeraient à l'enrichissement de la nature tout en gardant leurs droits historiques. Ils le firent sous forme d'une « lettre ouverte ».

Mobilisation des professionnels de la mer en 1973

Sous le titre « Une ceinture bleue bretonne, pourquoi pas ?... », le Groupement des pêcheurs houatais a publié une lettre ouverte reprise dans le journal *France-Pêche* en janvier 1973. Ils ont même proposé une table ronde au journal. La rédaction leur a donné un accord de principe car, « si la mer appartient à tout le monde, elle demeure le lieu privilégié des pêcheurs professionnels et il y a assez de place sur nos 3 000 kilomètres de côtes⁷³ pour procéder à une répartition équitable, basée autant sur les données économiques que sur les impératifs écologiques ».

Mais la crise pétrolière de 1973 va détourner l'attention du monde politique qui laissera de côté les actions proposées par les marins pêcheurs eux-mêmes. Ceux-ci écrivirent alors une autre lettre qui sera largement diffusée par la presse (*Le Marin*, *Ouest-France*, *Le Télégramme*, *France-Pêche* et *La Liberté*) de février à avril 1973. Ce manifeste qu'on appellera la « Ceinture bleue bretonne » générera de nombreux débats et deviendra une tribune pour proposer un aménagement du littoral concerté, une gestion commune de la ressource et une réflexion pour un tourisme compatible avec les activités littorales.

Le texte définitif constitue un appel à la construction d'un avenir pour tous, professionnels et touristes, pour autant qu'ils parviennent à se mettre d'accord sur la répartition des richesses.

Dans son livre *Les Pêcheurs d'Houat*, Paul Jorion reprend les prises de position concernant un projet de développement touristique de 1972 prévoyant la construction de quarante-quatre résidences secondaires à Houat :

Il faut sauver la pêche à Houat : c'est la ressource la plus importante de l'île. Mais le tourisme est une réalité déjà présente à

73. Ou plus exactement 2 730 kilomètres, voir www.bretagne-environnement.fr

Houat [...]. Alors soyons réalistes, n'ignorons pas, n'opposons pas le tourisme à la pêche. Donnons la priorité à la pêche, mais faisons prospérer les deux activités en harmonie [...]. Si nous voulons contrôler le tourisme en le rendant compatible avec notre île, faisons-lui une place, celle que nous aurons choisie pour que nous ayons – et nos enfants aussi – les moyens de l'orienter dans l'intérêt général⁷⁴...

Lettre ouverte

Une crise très grave a éclaté à propos des eaux du littoral. Cette crise porte deux noms : « appauvrissement des fonds » et « droit à la mer ».

Pour la pêche côtière, en effet, la situation empire d'année en année, l'appauvrissement des fonds est un fait flagrant pour tous et l'augmentation des moyens de pêche et des heures de pont n'arrive plus à compenser la diminution des apports.

Malheureusement, il faut reconnaître que les réactions des pêcheurs devant cette diminution sont diverses : certains refusent de reconnaître les faits, d'autres, parfaitement conscients de ce qui se passe, grattent davantage les fonds, fraudent dans les zones interdites et les cantonnements, tirent le plus d'argent possible quand il est encore temps. Pour eux, la pêche est un métier dur et sans avenir qu'il faut épargner à nos enfants. D'autres enfin attendent qu'il se passe quelque chose.

Un nouveau « mur de l'Atlantique »

Car les pêcheurs ne sont pas les seuls concernés et d'autres attendent pour s'implanter sur le littoral et dans la mer. Des permis de recherche pétrolière ont été accordés, entre autres sur le plateau continental au sud de la Bretagne ; il est question ici ou là de nouvelles raffineries ou d'industries chimiques sur le littoral.

La liste des ports de plaisance s'allonge. Certains promoteurs ne rêvent que de reconstituer le mur de l'Atlantique sur la côte bretonne.

74. Paul Jorion, *Les Pêcheurs d'Houat : anthropologie économique*, Hermann, 1983, épuisé.

Au nom du « droit au loisir », le littoral est submergé par des constructions mortes dix mois de l'année et, pendant un mois et demi, par un torrent touristique qui modifie complètement le cadre et le mode de vie.

Enfin et surtout, plusieurs organismes et quelques grosses sociétés s'intéressent à toutes les formes d'aquaculture et on entend dire que la bande littorale leur sera allouée bientôt sous forme de concessions.

Nous ne sommes pas d'accord

Il est à peine besoin d'expliquer à nos collègues pêcheurs que tout cela promet une joyeuse pagaille ainsi que la fin de notre métier ; la mer qui est notre lieu et notre moyen de travail et sur laquelle nous avons un « Droit Historique » est en train d'être partagée, exploitée, vendue et polluée. Il nous restera le choix entre un travail de manoeuvre dans ces entreprises et une indemnité viagère de départ, c'est-à-dire la valise.

Il est inutile de dire que nous, Houatais, ne sommes pas d'accord avec ce qui se prépare.

Nous estimons que la pêche a un avenir durable car :

- naguère nos fonds ont été riches ;
- la demande des produits de la mer ne fait qu'augmenter.

Nous pensons que la mer peut et doit être repeuplée, mais pas au profit de n'importe qui, n'importe comment, et que l'aquaculture qu'on nous dit rentable dans un avenir proche doit être contrôlée par les organisations de pêcheurs artisans côtiers actuellement en place.

Par la présente déclaration, nous demandons à tous les marins pêcheurs, aux organismes scientifiques, à l'administration publique et même aux représentants politiques de débattre prochainement d'un grand projet d'aménagement des eaux littorales.

Il s'agirait d'insérer les diverses tentatives de repeuplement et de contrôle des fonds déjà faites à Doueslan, à l'île d'Yeu, au Croisic, à Noirmoutier, à Brest, et d'autres encore sans oublier celle de Houat, dans un vaste programme d'ensemble.

Repeupler les fonds

À Houat, nous avons appelé ce projet « Ceinture bleue bretonne ». Il consisterait d'abord dans la délimitation d'une vaste zone sous-marine qui, de l'île d'Yeu au Mont-Saint-Michel, engloberait toutes les îles, îlots, rochers, îles sous-marines, hauts-fonds, platurs, fosses, chaussées qui bordent la Bretagne.

Les fonds y seraient repeuplés avec un niveau élevé du stock, aussi bien en quantité qu'en variété des espèces. La zone serait réservée à une culture océanique ou mariculture de type extensif. Elle devrait constituer en même temps un ensemble écologique d'une grande richesse : sites protégés, eaux non polluées, réserves d'oiseaux, enfin, harmonie avec une population habituée de tout temps à y travailler.

Le projet devra inclure également l'autre forme d'exploitation de la mer qu'est l'aquaculture dont la rentabilité est, semble-t-il, déjà assurée pour certaines espèces. Nous devons donc être prêts à l'entreprendre, car c'est à nous pêcheurs de le faire, en associant élevage, alevinage et pêche, de façon à éviter la concurrence entre les produits des pêcheurs et les autres.

De plus, l'élevage marin ne peut être réalisé que dans certains endroits : baies, criques, estuaires, rias, abers, lagunes, etc., donc sur notre domaine.

Nous demandons l'exclusivité des concessions susceptibles de convenir à l'aquaculture et un contrôle sur tous les endroits pouvant constituer des frayères naturelles.

Les mesures proposées

Sur le plan pratique, nous proposons les mesures suivantes :

- politique plus systématique des bancs réglementés, pratique des « plans de pêche » ;
- construction d'un nombre suffisant d'écloseries polyvalentes pour les espèces à aleviner ou à élever ;
- répertoire et cartographie des fonds intéressants ;
- mise à l'eau du plus grand nombre d'animaux ayant les meilleures chances de survie, selon des méthodes bien précises ;

- contrôle en permanence de la gestion des stocks avec l'aide de scientifiques et utilisation des fiches de pêche ;
- recherche de nouvelles méthodes de pêche moins épuisantes ;
- lutte suivie contre la fraude dans les bancs réglementés et surveillance constante des zones de repeuplement par des vedettes rapides et des gardes assermentés ;
- la navigation de plaisance serait libre dans la zone maritime de la ceinture bleue, mais la pêche plaisancière y serait limitée à des réserves concédées à des sociétés de pêche, tandis que la pêche sous-marine en serait exclue et l'exploration sous-marine soumise à une réglementation particulière.

Une table ronde pourrait être organisée à cet effet après celle des professionnels de la pêche pour étudier ces problèmes.

L'heure est venue de semer

Même si ce projet doit se heurter à de nombreuses oppositions, nous, Houatais, sommes conscients qu'il est nécessaire et parfaitement réalisable.

Nous faisons donc appel :

- aux instances politiques pour qu'elles prennent leurs responsabilités à cet égard ;
- à l'administration, et plus particulièrement aux Affaires maritimes pour qu'elles saisissent le rôle extrêmement important qu'elles peuvent y jouer ;
- aux nombreux organismes scientifiques pour qu'ils trouvent là une occasion de collaborer, entre eux d'abord et avec les pêcheurs ensuite, et qu'ils leur donnent un appui prioritaire ;
- aux Bretons qui veulent que leur pays revive, non avec des miettes de Paris, mais d'une activité qui lui soit naturelle, tournée vers l'avenir et conforme à sa vocation ;
- à tous les pêcheurs, enfin, de tout le littoral, Manche, Atlantique, Méditerranée, sans oublier la Corse, pour qu'ils comprennent que si nous ne travaillons pas ensemble, le progrès se fera sans nous et contre nous.

Nous avons une source de richesses sous la quille, il faut que nous la gardions en comprenant que le temps de racler les fonds est révolu et l'heure venue de semer tout en gardant notre droit à la mer.

Ainsi, nous pourrions offrir en héritage à nos enfants un métier, un avenir, une vie saine et humaine.

Le Groupement des pêcheurs houatais, janvier 1973

1972-2002 : trente ans après, CAP 2000⁷⁵

La question de la compatibilité entre les divers usagers du littoral est toujours d'actualité trente ans après. Mais la mobilisation des professionnels se fait sous une autre forme. Pour préserver le secteur primaire, particulièrement touché par l'urbanisation grandissante du littoral morbihannais, trois professions sont arrivées finalement à un consensus, d'abord en apprenant à se connaître, ensuite en faisant un pas les unes vers les autres, après concertation sur le délicat sujet de la « bande des 500 mètres⁷⁶ ». L'enjeu est de taille : développer en parallèle, et non à l'exclusivité de l'une ou de l'autre, l'ostréiculture et l'agriculture littorale, dans un contexte où les activités du secteur primaire sont plus ou moins rejetées par les « néoruraux » (retraités, résidents secondaires...). À partir d'une démarche de concertation et d'information sur la zone littorale, les actions se sont déployées, grâce à la formation et à l'accompagnement, à l'échelle du bassin-versant littoral.

Histoire de l'association CAP 2000

Il était une fois... un conflit. Autour de la rivière de Pénerf, affectée par des contaminations bactériologiques de matières organiques, un conflit perdurait entre conchyliculteurs et agriculteurs. Les uns reprochaient aux autres de polluer. Ceux-ci rétorquaient qu'on voulait les réduire au chômage. La situation semblait définitivement bloquée.

75. L'histoire de CAP 2000 est racontée dans le film *Cap 2000*, premier volet de la série « Images de solidarité », DVD ou VHS secam, 13 min, disponible auprès du réalisateur J.-Y. Dagnet sur toot@toot.fr, conception M. Thomas Bourgneuf.

76. Bande littorale près d'un bassin conchylicole sur laquelle les agriculteurs n'ont pas le droit d'épandre de lisier.

La conchyliculture n'ayant pas d'organisation syndicale comme l'agriculture, douze jeunes conchyliculteurs fondent finalement une section conchylicole au sein du centre départemental des jeunes agriculteurs (CDJA) du Morbihan⁷⁷ en octobre 1997. En 1999, le CDJA propose aux conchyliculteurs de le représenter au Mondial de labour⁷⁸, parce que, finalement, ces pêcheurs, ces jeunes agriculteurs, ces ostréiculteurs ont en commun la même préoccupation : la qualité de l'eau.

C'est à partir de cette date que germe l'idée de CAP 2000 (initiales de conchyliculteurs, agriculteurs et pêcheurs démarrant ensemble le XXI^e siècle). L'association a deux objectifs principaux. Le premier consiste à créer un dialogue interprofessionnel pour la préservation de la qualité de l'eau entre les paysans de la mer et les paysans de la terre, sur le littoral de Bretagne Sud. Le dialogue est difficile car les ostréiculteurs et les mytiliculteurs ont en ligne de mire les épandages qui les polluent tandis que les agriculteurs revendiquent le droit à continuer d'exercer en bord de littoral. Le second propose de réfléchir ensemble à la pérennité des activités du secteur primaire sur le littoral : comment assurer le maintien et le développement raisonné des activités et des productions agricoles, conchylicoles et halieutiques...

La « malle pédagogique »

L'association CAP 2000 est enfin créée en février 2001, après deux ans de fonctionnement informel. Elle organise ponctuellement des actions de communication auprès du grand public au cours desquelles elle présente une démonstration de la « malle pédagogique », initiée et conçue par Pierre Mollo. Cette malle, qui comprend un système vidéo connecté à un microscope, est apportée sur une zone ostréicole où une fiole de plancton est prélevée. Celui-ci est ensuite analysé, en collaboration étroite avec les professionnels. Les résultats apparaissent sur un écran et

77. Bretagne Sud.

78. « Terre Attitude », à Pomacle, dans la Marne.

sont commentés par tous les spectateurs. Cette action simple a pour objectif d'apporter également aux professionnels une meilleure connaissance de la qualité de leur milieu de production car le plancton est un bon indicateur pour comprendre la croissance des coquillages. « C'est l'équivalent d'une analyse de sol chez les agriculteurs », selon P.-Y. Roussel, l'animateur permanent de l'association. Comme le plancton est au cœur du dispositif, c'est lui qui va créer le lien entre les trois professions.

Dialogue et réflexions

Sur quel thème trouver un terrain d'entente qui montre la bonne volonté des uns et des autres pour se comprendre et s'entraider ? C'est avec les « relances cantonales » que mûrit l'objectif. En effet, tous les hivers, les membres du CDJA visitent les jeunes professionnels installés pour les aider à faire face à leurs problèmes. Cette fois, ils décident de visiter spécifiquement trente jeunes agriculteurs du littoral, installés notamment au bord de la rivière de Pénerf et de la rivière d'Étel. L'interdiction d'épandage sur la « bande des 500 mètres », en cas d'activité conchylicole, apparaît comme « le » problème primordial et focalise tous les conflits avec les métiers de la conchyliculture.

En juillet 2001 paraît l'arrêté préfectoral relatif au deuxième programme d'action « directive nitrates⁷⁹ ». Cet arrêté définit notamment les périodes d'interdiction d'épandages et les distances à respecter par rapport aux tiers, aux cours d'eau et... aux zones conchylicoles. Dans ce texte, l'administration admet une possibilité de dérogation pour l'épandage sur la « bande des 500 mètres », alors qu'en 1997, date du premier programme d'action, cette disposition n'était pas autorisée. Résultat d'un dialogue instauré depuis 1995, l'arrêté est applicable sous réserve qu'un protocole technique soit signé entre la chambre d'agriculture du Morbihan et la section régionale conchylicole de Bretagne Sud.

79. Programme pluriannuel définissant les mesures et les actions réglementaires à respecter dans les domaines de la fertilisation azotée organique et minérale et la gestion des épandages.

Une charte de bonnes pratiques

CAP 2000 pousse la chambre d'agriculture (CA) et la section régionale conchylicole (SRC) à trouver un accord entre elles. Celui-ci se concrétise sous la forme d'une charte qui est signée en janvier 2002. Encore faut-il que celle-ci ait une existence sur le terrain. CAP 2000 propose ses services dans la mesure où la charte impose que l'examen de la demande de dérogation se fasse au niveau local et non de loin (à Vannes pour l'agriculture ou à Auray pour la conchyliculture). Une convention tripartite est signée, définissant la place de chacun. CAP 2000 sera un relais entre les commissions locales et le groupe paritaire départemental, grâce à l'embauche d'un animateur. Des solutions sont trouvées sur les « zones interdites ». Les agriculteurs, en concertation avec les conchyliculteurs, préparent un accord d'épandage sous certaines conditions sur la « bande des 500 mètres » ; les pêcheurs sont autorisés à pêcher entre les parcs ostréicoles, et les conchyliculteurs à cultiver dans les zones d'estran, mais en prenant garde aux prairies planctoniques qui assurent la subsistance future des poissons.

L'association réalise aussi un suivi bactériologique sur deux sites (Pénéf et Auray Nord). Les zones des conchyliculteurs sont en effet classées selon des critères bactériologiques. L'interdiction d'épandage sur la « bande des 500 mètres » a pour origine le risque, lors des épandages, du transfert dans la mer des bactéries qu'ils contiennent. Le suivi de la qualité de l'eau en ce qui concerne la bactériologie revient à évaluer si la charte a bien été appliquée.

Des actions concrètes

Quelles que soient les actions, la démarche est volontaire. Une quarantaine d'agriculteurs se sont regroupés pour créer une CUMA (coopérative d'utilisation de matériel agricole) spécialisée dans le compostage⁸⁰. Les ostréiculteurs, quant à eux, ont organisé une campagne de nettoyage des parcs à huîtres et quelques pêcheurs

se sont engagés à ramasser les huiles des moteurs de barges, à éviter les égouttures de fuel dans l'eau, à ne pas jeter leurs déchets à la mer, etc. Les perspectives de l'association sont de s'ouvrir : essayer l'idée dans d'autres départements bretons, voire d'autres régions, s'élargir à d'autres professions (paludiers, pêcheurs à pied...), permettre aux collectivités, aux professionnels, etc., d'avoir accès à des données scientifiques (suivis biologiques). Tous les mois, une fiche est adressée aux syndicats, sorte de compte rendu qui met à jour le suivi du plancton réalisé régulièrement. Chacun la commente lors des réunions mensuelles et elle devient parfois un sujet de discussion « vive » entre les trois professions. Des idées apparaissent et sont exposées ensuite dans des guides pédagogiques qui détaillent tous les gestes nécessaires aux prélèvements, à l'identification du plancton. Le salarié mais aussi les adhérents viennent témoigner dans les colloques, forums, salons, ainsi que dans les lycées agricoles et aquacoles.

Finalement, trente années après que les pêcheurs de l'île de Houat « ont pris la pelle et la pioche pour repeupler les fonds marins », d'autres professionnels prennent conscience que leurs pratiques interagissent avec le milieu et risquent de mettre en péril tous les efforts que leurs collègues ont réalisés auparavant pour préserver la ressource. Des femmes et des hommes se sont succédé pendant ces trois décennies pour faire avancer l'idée que « la terre nourrit la mer » et pour qu'une initiative qui a pu apparaître comme une utopie au départ devienne une réalité au fil du temps. Les professionnels du littoral doivent être les meilleurs dans leurs gestes techniques, mais ils doivent posséder également une vision globale sur le long terme, pour être à même de mettre en œuvre ce qui est possible.

80. Petit film réalisé sur ce sujet par Cap 2000, disponible auprès de morgane.nedelec@educagri.fr

Deuxième partie

Le plancton : un enjeu mondial

1. Plancton sans frontières

Plancton et oxygène

Le quatrième rapport du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) rédigé par des experts scientifiques pour l'ONU a été validé le 6 avril 2007 par toutes les nations. En décembre 2009, la conférence de Copenhague doit se réunir pour s'accorder sur un nouveau plan de réduction des gaz à effet de serre. Pour la préparer, 2 000 climatologues se sont réunis en mars dans la capitale danoise pour affirmer que les changements climatiques prévus pour la fin du XXI^e siècle sont encore plus alarmants que prévus : « Nous avons accumulé beaucoup de données depuis le dernier rapport du GIEC, en 2007. Nous voulons que les gouvernements décident en connaissance de cause », a expliqué Katherine Richardson, de l'université de Copenhague, l'une des neuf universités à l'origine de cette initiative.

Préambule : le point sur les fluctuations climatiques

Les changements climatiques ne sont pas une nouveauté sur Terre, même à l'échelle de l'histoire humaine. Ils ne sont pas sans incidences sur l'évolution des civilisations, la migration des peuples ou l'émergence des révoltes.

Dans l'Antiquité, les Grecs avaient sans doute moins chaud dans les cités où il faisait bon se promener, philosopher entre amis, que dans la Grèce pelée et aride d'aujourd'hui. Si les Vikings, originaires des côtes de l'actuelle Norvège, ont pu s'établir en Islande et au Groenland, si Leif Erikson a navigué jusqu'à Terre-Neuve et installé un village sur la côte américaine¹ vers l'an mille, c'est que le climat à Terre-Neuve était à l'époque nettement plus chaud qu'aujourd'hui.

Le changement climatique qui a suivi a eu des répercussions non moins spectaculaires sur la migration de ce peuple. La disparition au XV^e siècle des colonies vikings a des causes complexes, mais elle est due néanmoins en grande partie à la dégradation climatique. En effet, l'hémisphère Nord a connu un net refroidissement, qui a débuté dans la seconde moitié du XIV^e siècle et a persisté jusqu'au début du XIX^e siècle. Sous le nom de « petite glaciation » ou « petit âge glaciaire » (PAG), il s'agit d'une période qui semble correspondre à une faible activité solaire. Elle fut marquée par une série d'hivers particulièrement rigoureux (-20 °C à Paris tout le mois de décembre 1788). Pourtant, « la disparition des Vikings n'était pas une fatalité, dit Jared Diamond², car ils ont surexploité leur environnement au moment du changement climatique au lieu de remettre en cause leur mode de vie et leurs valeurs ».

En France, le changement climatique a entraîné des bouleversements politiques considérables. Par exemple, tous les historiens s'accordent à dire que la Révolution française de 1789 a été déclenchée en grande partie parce que le peuple mourait de faim. La destruction des récoltes par la grêle en juillet 1788 et l'hiver glacial qui rendit impossibles les semailles au printemps ont engendré la disette. De sorte que tous les ingrédients d'un mécontentement populaire étaient là en juillet 1789.

1. À l'Anse aux Meadows.

2. *Effondrement. Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard, 2006.

Aujourd'hui, la planète risque de rentrer dans une crise alimentaire perpétuelle, car le phénomène étant global, « il sera difficile de compenser le déficit de production d'une partie du monde par les surplus d'une autre³ ». La sécurité alimentaire de 3 milliards de personnes serait menacée à l'horizon 2100, avec toutes les conséquences politiques que l'on peut imaginer. « L'humanité se prépare des temps de grande famine⁴. »

Une évolution climatique très rapide

Nous avons entamé depuis le début du XX^e siècle une période de réchauffement climatique qui s'est particulièrement accélérée à la fin du siècle. Le rapport scientifique du GIEC (février 2007)⁵ prévoyait pour 2100 une hausse probable de la température moyenne de 2 à 4,5 °C et une montée du niveau des océans. Le climat évolue dix fois plus vite que pendant les périodes de glaciation.

Un changement climatique correspond à une modification durable des paramètres statistiques du climat global de la Terre ou des divers climats des pays : moyennes des températures, de vent, de précipitations, d'ensoleillement ou d'humidité et de l'activité solaire. Globalement, la température moyenne de la planète résulte d'un équilibre entre le flux de rayonnement lui arrivant du Soleil et le flux de rayonnement infrarouge renvoyé par la Terre vers l'espace. La répartition de la température au niveau du sol dépend donc de la quantité de gaz à effet de serre (GES) présents dans l'atmosphère et qui fait tampon entre les deux. Sans eux, la température moyenne sur Terre serait de -18 °C. Grâce à eux, la température sur Terre a une valeur moyenne de 15 °C. Mais le réchauffement observé ces cinquante dernières années est sans précédent. La richesse des *hotspots* (points chauds) de la

3. David Battisti, chercheur de l'université de Washington à Seattle, et Rosamond Naylor se sont basés sur vingt-trois modèles climatiques pour comparer les températures saisonnières du XX^e siècle avec celles des prévisions.

4. Expression du démographe américain Paul Ehrlich.

5. www.ipcc.ch

biodiversité, ces régions qui concentrent quantité d'espèces rares ou endémiques, serait en danger à partir d'un réchauffement de 1,6 °C. « Les nouveaux modèles dont nous disposons nous montrent que beaucoup de seuils de rupture se trouvent dans la bande des 2 °C à 3 °C, et qu'il faudrait mieux garder une distance de sécurité pour ne pas risquer de s'en approcher », a dit un climatologue à Copenhague.

La hausse des températures risque d'entraîner l'exode des poissons et des invertébrés marins vers des mers plus froides (arctiques et australes). Que deviendront les espèces si prolifiques des régions polaires qui ne pourront pas migrer plus au frais ? Elles risquent de disparaître, purement et simplement. Des estimations⁶ prévoient la disparition de plus de 1 000 espèces marines d'ici à 2050. Ces migrations toucheraient 60 % de la faune marine, dont de nombreuses espèces planctoniques.

*Des conséquences sans précédent*⁷

Modélisés, les résultats des recherches donnent des tendances et non des certitudes⁸. Cependant, ils indiquent dans quel sens les modifications s'opèrent.

Les conséquences de l'augmentation de la température de la surface de la mer, de celle des océans et des températures de la surface terrestre sont déjà visibles. On assiste depuis quelques années à des bouleversements météorologiques de grande ampleur comme en 2005, année record, avec vingt-huit tempêtes tropicales et quinze cyclones (ouragan Wilma en Floride avec des vents à 295 km/h; ouragan Katrina : 1 500 victimes !). Le réchauffement des eaux dope les cyclones, les effets domino s'amplifient : sécheresse, feux de forêt, mouvements de terrain d'un côté ; précipitations, inondations, tempêtes de l'autre...

Dans le reste du rapport, les experts du GIEC énumèrent les effets de ces modifications :

6. William Cheung, université de la Colombie-Britannique (Canada), avril 2009.

7. GIEC 2001.

8. Programmes BRANCH, GRIDWALK, SMALLSTEPS, CENA, etc.

– « au-delà de 2 à 3 °C de plus qu'en 1990, le réchauffement aura des impacts négatifs sur toutes les régions du globe » ;

– « au-delà de 1,5 à 2,5 °C de plus, 20 à 30 % des espèces animales et végétales risquent de disparaître et d'être remplacées par d'autres espèces opportunistes » ;

– « le nombre des victimes d'inondations pourrait augmenter de 2 à 7 millions de personnes chaque année » ;

– « en 2080, sécheresse, dégradation et salinisation des sols conduiront 3,2 milliards d'hommes à manquer d'eau et 600 millions à souffrir de la faim » ;

– les conséquences des inondations seront plus graves là où la pression démographique s'accroît. « Les populations pauvres, même dans les sociétés prospères, sont les plus vulnérables au changement climatique » ajoutent les experts.

La première conséquence du réchauffement climatique, la plus « voyante », est l'élévation globale (entre 10 et 20 centimètres au cours du *xx*^e siècle⁹) du niveau de la mer du fait de la dilatation thermique (une eau chaude est plus volumineuse qu'une eau froide) et de la fonte des glaciers (de montagne et de l'Arctique). D'après les résultats des dernières recherches, les prévisions sont encore plus alarmantes que prévu¹⁰.

Comme la moitié de la population mondiale vit sur les littoraux, cela pourrait se traduire par le déplacement de 150 millions de personnes d'ici à 2050 (« réfugiés climatiques »). Certaines terres sont susceptibles d'être submergées, comme le sont déjà les îles des atolls de Malosmadulu¹¹. Le risque majeur concerne les deltas (Nil, Mékong, Gange, Mississippi) et les polders (Pays-Bas, par exemple). En 2007, l'Europe a subi des inondations records, et l'Asie la mousson la plus violente de son histoire. Le réchauffement

9. GIEC 2001.

10. La montée des eaux sera de 90 centimètres à 1,20 mètre d'ici à la fin du siècle, selon Konrad Steffen, université du Colorado ; de 75 à 190 centimètres selon l'étude de Stefan Rahmstorf, Copenhague, mars 2009.

11. Maldives.

climatique devrait entraîner un dérèglement de la mousson d'été en Asie, mais aussi des phénomènes qui ne se voient pas : les coraux ne survivraient pas à une température de l'eau supérieure à 29 ou 30 °C. Cependant, ils sont essentiels du fait qu'ils créent un habitat qu'utilisent de nombreuses autres espèces. Ils servent de refuge contre les courants océaniques et les grands prédateurs, d'aire d'alimentation et, dans certains cas, de nurserie. On sait que 19 % des récifs coralliens mondiaux ont déjà disparu¹². De plus, 54 % des récifs mondiaux sont menacés de disparition. Notons que le corail ne peut se développer qu'en présence du plancton qui vit en symbiose avec lui.

Pour les hommes, c'est la modification de la disponibilité de la ressource en eau qui est la plus cruciale. Que ce soit l'intensité des pluies avec les inondations qu'elles entraînent ou la sécheresse avec l'augmentation des étiages l'été, dans les deux cas, les conséquences sont dramatiques pour l'agriculture et pour la qualité de l'eau et peuvent même induire la raréfaction de l'eau potable. Par exemple, dans la bande de Gaza, la montée des eaux entraîne une salinisation des nappes phréatiques littorales car l'eau de mer passe à travers le cordon dunaire¹³ par capillarité. Parallèlement, le niveau de la nappe phréatique baisse en raison des pompes excessives destinées à l'agriculture intensive israélienne. L'effet mécanique des deux phénomènes conjugués fournit à la population palestinienne une eau saumâtre impropre à la consommation.

Quant à la migration des espèces vers des eaux plus froides, elle affecterait gravement l'organisation des écosystèmes côtiers, donc la pêche et par conséquent l'économie des populations littorales.

12. Selon le bilan réalisé tous les quatre ans par l'ICRI (International Coral Reef Initiative) et l'Ifreco (Initiative française pour les récifs coralliens), rendu public le 18 février 2009.

13. Le cordon dunaire est une barrière naturelle de sable qui protège l'arrière-pays des sables et des vents marins.

Les causes de l'accélération du changement climatique

Le XXI^e siècle doit faire face à un processus qui jusqu'à présent n'avait jamais été envisagé par les hommes : ce n'est pas seulement une cause naturelle (comme l'activité du soleil) qui affecte le climat, mais c'est l'ensemble des activités humaines qui le perturbe et accélère sa dégradation. L'ampleur, l'intensité et la répartition des activités humaines augmentent la quantité des gaz à effet de serre, qui, dans la nature, ne sont pas très abondants, mais bien équilibrés.

On trouve deux sortes de gaz à effet de serre, ceux dont l'homme se sert mais qui existent à l'état naturel et ceux que l'homme a créés artificiellement.

Parmi les premiers, en dehors de la vapeur d'eau, c'est le CO₂ ou dioxyde de carbone (issu de la combustion des énergies fossiles et de la déforestation) qui est considéré comme le principal gaz à effet de serre. Le dioxyde d'azote (NO₂), quant à lui, provient essentiellement de la combustion des énergies fossiles, et en particulier des véhicules automobiles. Le NO₂ participe aux réactions atmosphériques qui produisent l'ozone stratosphérique. Transporté par les nuages, il prend également part à la formation des pluies acides¹⁴ et aux phénomènes d'eutrophisation¹⁵. Pour ce qui est du méthane, le gaz des marais, sa contribution à l'intensification de l'effet de serre représente 20 % de celles des gaz à effet de serre de longue durée émis par l'homme. Comme le gaz carbonique, le méthane peut être d'origine naturelle, par exemple lorsqu'il se dégage des zones humides naturelles. Par ailleurs, le dégel déjà amorcé des sols arctiques risque de libérer des quantités colossales de méthane stocké dans le permafrost (sol dont la température

14. Voir section « Plancton et acidification des océans » p. 115.

15. Eutrophisation : processus de pollution qui se produit quand un lac, une rivière ou une zone côtière devient trop riche en nutriments de plantes. En conséquence, le milieu aquatique devient trop peuplé en phytoplancton et autres plantes aquatiques. Les plantes meurent et se décomposent. Le processus de décomposition consomme l'oxygène de l'eau (anoxie), ce qui lui enlève toute vie.

est inférieure à 0 °C durant toute l'année). Mais une importante part des émissions provient de la culture du riz, de la fermentation entérique chez les ruminants (les éructations et les pets émis par ceux-ci lors de leur digestion), des décharges d'ordures ménagères ainsi que des exploitations pétrolières et gazières. On considère que plus de la moitié des émissions de méthane sont d'origine anthropique. Viennent ensuite les gaz totalement créés par l'homme : les halocarbures (les perfluorocarbures – PFC – ou les hexafluorocarbures – HFC) sont des gaz réfrigérants utilisés dans les systèmes de climatisation et dans la production du froid. On a recours à l'hexafluorure de soufre pour les transformateurs électriques.

Le plancton, une de nos sources principales en oxygène

On trouve le carbone dans la nature sous deux aspects : solide (charbon, pétrole) ou gazeux. Comme gaz, il s'associe le plus souvent à l'oxygène, à l'hydrogène ou au calcium. Sous forme de CO₂ (appelé improprement « gaz carbonique »), il est produit à la fois lors de la fermentation aérobie ou de la combustion de composés organiques et lorsque les êtres vivants et les végétaux respirent. Le CO₂ est capté dans l'air par les plantes vertes qui en prélèvent le carbone pour construire leurs tiges, leurs feuilles, leurs racines, leur bois et en rejettent l'oxygène. Les animaux (et les humains) mangent les plantes dont ils utilisent à leur tour le carbone pour construire leurs squelettes. Nous rejetons tous par notre respiration le CO₂ dans l'atmosphère. Ce gaz invisible maintient la chaleur autour de la Terre comme les vitres d'une serre. Plus il y en a, plus il fait chaud. En principe, la photosynthèse piège plus de CO₂ que la respiration des végétaux n'en produit. En principe seulement, car on assiste à une dérégulation de ce système qui entraîne l'élévation de la température globale de la Terre.

En général, on retient surtout une chose : c'est le végétal qui produit l'oxygène et absorbe le carbone. Qui dit végétal dit plantes, qui dit plantes dit forêt. En Occident tout au moins, la préservation de la forêt devient une préoccupation majeure non

seulement des écologistes, mais de tous ceux qui sont sensibilisés aux problèmes de l'environnement. La forêt amazonienne, considérée comme le poumon du monde, en est devenue emblématique. En fait, elle n'est qu'un lobe du poumon. Car « la mer respire » aussi et nous fait respirer. Contrairement à ce que l'on pense, elle est le principal « puits de carbone » de la planète. Une partie du CO₂ atmosphérique se dissout à la surface de l'eau. L'eau stocke le CO₂ dissous dans la couche superficielle des océans, grâce au phytoplancton, et rejette l'oxygène dans l'air. Il est admis qu'un tiers du CO₂ produit dans l'atmosphère est absorbé par les mers et les océans grâce au phytoplancton¹⁶. Le plancton et les micro-organismes marins utilisent le carbonate de calcium pour construire leur squelette et leur coquille. Quand les squelettes des animaux morts sombrent comme de la neige au fond des océans¹⁷, ils forment des sédiments que l'on retrouve sous forme de falaises après que la mer s'est retirée. On peut penser qu'une grande partie de l'oxygène produite par le phytoplancton est recyclée dans l'air par les échanges gazeux entre océans et atmosphère.

Le phytoplancton a deux avantages : il produit autant de nourriture que tous les végétaux terrestres, et il renouvelle sa biomasse complètement en quelques jours¹⁸, alors qu'une plante ne vit en moyenne que dix ans. Mais comme dans tous les systèmes, les engrenages peuvent se gripper. C'est le cas aujourd'hui : les activités humaines produisent une émanation de dioxyde de carbone (CO₂) dans l'atmosphère qui devient insoutenable pour le bon équilibre des écosystèmes marins.

16. Commission océanographique intergouvernementale (COI) de l'Unesco, CNRS, etc.

17. Voir film sur www.plancton-du-monde.org : cliquer sur « Raconte-moi le plancton », puis sur « Les neiges sous-marines ».

18. Une seule diatomée peut donner un million de descendants en dix jours !

Les « zones de minimum d'oxygène ¹⁹ » s'étendent dans les océans

On sait évidemment que le poisson a besoin d'eau, mais en réalité, il a surtout besoin d'oxygène ! En tant que « terrien », on a du mal à imaginer qu'un poisson puisse manquer d'oxygène dans l'eau puisqu'il lui est impossible de « respirer à l'air libre ». Pourtant, si les poissons avalent l'eau par la bouche et l'expulsent par les ouïes, c'est bien pour en extraire l'oxygène ²⁰. Et si les branchies font office de pompe à oxygène, encore faut-il qu'elles trouvent de l'oxygène dans l'eau ! Or, certaines zones des océans sont moins riches que d'autres en oxygène dissous (avec parfois des valeurs égales ou inférieures à une micromole d'O₂ par kilogramme d'eau). Le phénomène est connu depuis longtemps et s'observe dans les régions tropicales où l'eau plus chaude retient moins l'oxygène que l'eau froide. Cependant, les impacts écologiques, comme la limitation des habitats des poissons, et les conséquences économiques qui en découlent sont moins étudiés à ces endroits. En effet, comme elles ont moins d'oxygène, ces zones possèdent moins de poissons (régions tropicales, sud-est du Pacifique – zone la plus étendue – et nord de l'océan Indien), donc intéressent moins la recherche halieutique.

On constate aujourd'hui ²¹ que le phénomène s'est amplifié depuis cinquante ans de façon assez alarmante, comme le note Janet Sprintall ²² : « Ces zones d'oxygène raréfié pourraient atteindre les eaux côtières, poussées par les courants qui proviennent des profondeurs océaniques moyennes des tropiques. La largeur des zones pauvres en oxygène s'étend en profondeur, mais aussi vers la surface de l'océan. » Cette remontée verticale à la fois vers la

19. Ou OMZ (*open-ocean oxygen-minimum zones*).

20. Grâce aux branchies dissimulées derrière les ouïes, de chaque côté de leur tête.

21. Étude dirigée par Lothar Stramma, de l'Institut Leibniz des sciences de la mer (IFM-GEOMAR) à Kiel, en Allemagne, et Janet Sprintall, coauteure de la recherche.

22. Océanographe au Scripps Institution of Oceanography (SIO) de l'université de Californie à San Diego.

surface et au fond de l'océan affecte fortement l'activité biologique dans les premières centaines de mètres de profondeur, là où se trouvent habituellement le plancton et tous les animaux pélagiques. D'après Lisa Levin ²³, une extension de ces régions pourrait entraîner une diminution de la biodiversité et une progression des organismes qui se sont adaptés à vivre dans les milieux hypoxiques ²⁴. « Je pense que nous entrons dans une *terra incognita*, note-t-elle. Ces zones pourraient avoir une incidence sur le cycle nutritif, les relations entre les prédateurs et leurs proies ainsi que les migrations du plancton. Lorsque l'expansion de ces zones va empiéter sur les marges continentales, on pourrait assister à d'énormes changements dans les écosystèmes. »

Le manque d'oxygène existe aussi dans les hauts-fonds

Il y a une dizaine d'années à peu près, les marins pêcheurs d'Houat remarquent un jour que l'eau est devenue noire. Quand ils remontent leurs filets de 50 mètres de fond, au large de Belle-Île ²⁵, il s'en dégage une odeur bizarre. Pourtant, ce n'est pas une marée noire. Ils avisent Pierre Mollo, qui se rend sur place. Quand les pêcheurs remontent le filet, en effet, c'est une catastrophe : une boue marron se répand sur le pont comme une crème au chocolat, des gouttelettes brunes restent accrochées au filet. Les pêcheurs assurent qu'ils sont de plus en plus souvent éclaboussés par ces gouttelettes qui dégoulinent sur leur visage, sur leur ciré, les transformant en mineurs de la mer ! Ils doivent chaque fois nettoyer le pont et se laver eux-mêmes.

Pierre Mollo fait des prélèvements, devinant déjà la cause du phénomène. Mais ce qui le surprend le plus, ce ne sont pas les quelques poissons encore emmêlés dans les mailles du filet, ce sont les coquillages qui ont pincé le filet. Ils étaient donc sortis des sédiments, ce qui est

23. Océanographe spécialisée en biologie au SIO.

24. Hypoxique : pauvre en oxygène.

25. Belle-Île est située au large de Quiberon, en Bretagne Sud.

déjà tout à fait anormal pour eux, mais en plus ils avaient eu ce réflexe surprenant de s'accrocher au filet !

Les marins comparent l'odeur à celle de l'œuf pourri. Le chercheur leur explique alors que le filet racle à 50 mètres de profondeur des fonds qui n'ont plus d'oxygène. « Le poisson qui est piégé par le filet ne peut pas être dégradé par des bactéries aérobies²⁶. On est donc en présence d'hydrogène sulfuré qui a cette odeur caractéristique. Comme c'est un milieu sans oxygène qui est en train de pourrir le fond, les coquillages sortent du sable et, dans une espèce de "sauve qui peut", s'accrochent à la première bouée qui passe, comme s'ils savaient qu'en pinçant un filet ils allaient remonter à la surface », explique Pierre Mollo, très étonné par un tel phénomène.

Quelques explications

Revenu au port d'Houat, le chercheur installe son microscope dans une salle et invite les pêcheurs à regarder par eux-mêmes. Ils voient au microscope dans les gouttelettes marron une seule espèce de diatomée qu'on appelle *Cerataulina pelagica*. Ces microalgues ont proliféré au large de Belle-Île, en concentration incroyable, et sont en décomposition. Cette poussée trop forte de diatomées est tombée en neige sur le fond et les bactéries, après avoir festoyé, ont eu une indigestion (qu'on appelle « eutrophisation²⁷ ») en consommant à la fois les diatomées et l'oxygène.

Puis on commence à voir apparaître des algues toxiques (dinoflagellées) : des *Ceratium*, des *Dinophysis*, etc. Dans cette compétition, qui allait gagner ? Les diatomées ou les dinoflagellées ? Le chercheur demande alors aux pêcheurs si un événement particulier est survenu dans les trois dernières semaines, car un phénomène de ce genre n'arrive pas en vingt-quatre heures.

Réponse : trois semaines auparavant, le barrage d'Arzal²⁸ avait été ouvert. Chaque fois qu'on l'ouvre, les nutriments qui se sont accumulés derrière le barrage sont charriés avec l'eau dans la mer et déclenchent une anarchie complète et une grosse indigestion.

Comme il y a trop de nutriments, une seule espèce va dominer les autres. Dans le cas évoqué précédemment, il s'agissait d'une diatomée, *Cerataulina pelagica*, qui a envahi tout l'espace de l'estuaire de la Vilaine jusqu'au large de Belle-Île (environ 50 kilomètres) en réduisant la diversité planctonique.

Malgré ces mauvaises nouvelles, les pêcheurs semblaient quand même rassurés : enfin ils avaient une explication, ce n'était plus un « mystère ». Les eaux allaient redevenir normales quand la pollution serait délayée par les courants des marées à fort coefficient. Le lendemain, à la cale de Beg-Meil, Pierre Mollo raconte à un pêcheur ce qu'il a vu. Le pêcheur lui avoue qu'il subit le même phénomène au large des Glénan. Ainsi, le panache de la Vilaine allait au-delà de Belle-Île. Quand une espèce domine, elle prolifère de façon exponentielle et empêche l'équilibre de la diversité, ce qui est très dommageable pour le milieu.

Plancton et acidification des océans

Plus de 150 scientifiques, originaires de 26 pays, ont lancé un appel international pour stopper l'acidification des océans, due à l'absorption en grande quantité de dioxyde de carbone, parce qu'elle menace les écosystèmes marins. Les scientifiques, par la Déclaration de Monaco²⁹, rendue publique le 30 janvier 2009 à Nice, soulignent que l'acidification des océans est en augmentation constante depuis vingt-cinq ans, qu'elle s'accélère, et appellent à réduire les taux de CO₂ dans l'atmosphère. L'acidification rapide des océans menace aussi les récifs coralliens qui abritent un quart des poissons dans le monde.

Des océans fatigués d'épurer

Comme le CO₂ est plus lourd que l'air, il a tendance à tomber dans les océans. Or les océans jouent un rôle essentiel dans la

26. Les bactéries ont besoin d'oxygène pour dégrader le poisson.

27. En grec, les racines du mot signifient « qui mange trop ».

28. À l'estuaire de la Vilaine, Bretagne Sud-Est.

29. <http://ioc3.unesco.org/oanet/Symposium2008/MonacoDeclaration.pdf>

régulation du climat, mais aussi dans l'absorption des émissions de dioxyde de carbone (CO₂) dues aux activités humaines (à raison de 22 millions de tonnes par jour, elles auraient augmenté de 30 % depuis la révolution industrielle). Cette faculté est remise en question par l'excès de CO₂ produit, qui sature les possibilités d'épuration des océans. « La combustion des énergies fossiles entraîne en moyenne, chaque jour et par personne, la production de 11 kilogrammes de dioxyde de carbone, dont 4 kilogrammes sont absorbés par l'océan. Au total, ce sont plus de 25 millions de tonnes de CO₂ qui se combinent quotidiennement avec l'eau de mer³⁰. » Cette dissolution provoque une réaction chimique : le CO₂ se combine à une molécule d'eau (H₂O) pour donner un ion positif H⁺ et un hydrogénocarbonate (HCO₃⁻) qui finit lui-même par se décomposer en carbonate (CO₃²⁻) et en un autre H⁺. Résultat, l'eau de mer augmente sa concentration en ions hydrogène (H⁺), devient donc plus corrosive, ce qui limite (voire anéantit) la synthèse de carbonate de calcium, principale brique de la formation du squelette externe dont les organismes marins sont constitués. En bref, l'eau des océans est de plus en plus acide et risque de dissoudre de nombreux organismes planctoniques à squelettes de calcaire (larves d'huîtres, de gastéropodes, etc.).

L'impact de l'acidité de l'eau

On mesure l'acidification de l'eau en « pH » (potentiel hydrogène³¹) comme on mesure la température avec un thermomètre. Il faut donc un chiffre référent pour mesurer l'acidité. On a tendance à dire que la norme pour l'eau douce est un pH compris entre 6 et 7. En mer, le pH est plus élevé, en moyenne à 8, pouvant aller jusqu'à 8,3. Plus on augmente le chiffre, plus on s'éloigne de l'acidité du milieu. De fait, les eaux douces sont plus acides que

30. J. Orr *et al.*, "Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying", *Nature*, 29 septembre 2005.

31. Le potentiel hydrogène (pH) indique la concentration d'ions hydrogène (H⁺) dans une solution. Un milieu est dit « neutre » si son pH est égal à 7, « acide » s'il est inférieur, et « basique » ou « alcalin » s'il est supérieur.

les milieux marins, lesquels sont plus « alcalins » (ou basiques). Si dans la rivière on peut passer une unité, de 7 à 6, sans trop de problèmes car les espèces d'eau douce se sont adaptées depuis la nuit des temps à des milieux acides, ce n'est pas le cas en mer où il est impossible de passer de 8 à 7,7 sans créer de dommages. Passer à trois dixièmes en dessous ne paraît pas démesuré, et pourtant c'est considérable pour les espèces planctoniques, en particulier pour les coquillages qui transitent obligatoirement par un stade larvaire, avec une coquille de quelques microns déjà constituée et très sensible à l'acidité. Si le pH diminue de 8 à 7,7 ou à 7,6, la coquille de la larve de bivalve est rongée (une larve d'huître mesure 100 à 150 microns) et peut même disparaître. Pour une huître adulte, c'est différent : avant que le calcaire de sa coquille ne soit dissous par un pH de 7,7, il faudra attendre quelques années... « Avant la révolution industrielle, le pH des océans était estimé à 8,1, et actuellement il est de 8, ce qui correspond à une augmentation d'acidité de 30 % », explique Jean-Pierre Gattuso³². Les spécialistes d'EPOCA prédisent un pH de 7,6 en 2100.

Le taux d'acidification d'un milieu a des répercussions catastrophiques sur le plancton : la preuve existe depuis quarante ans au Japon. L'acidification du milieu dans les bassins de reproduction des crevettes est la préoccupation majeure des aquaculteurs japonais car la cohabitation de millions d'animaux en élevage dans chaque bassin peut modifier la teneur en pH. Elle doit être toujours maintenue à un pH de 8 pour que l'écosystème continue à bien fonctionner. En dessous de 8, l'eau du bassin commence à se déséquilibrer. Généralement, il se produit toujours des pollutions dans le fond, qu'on ne remarque pas à l'œil nu car le bassin fait 2 mètres de profondeur. Au début, les cas de mortalité passent

32. Coordinateur du programme EPOCA (European Project on Ocean Acidification), projet de recherche sur quatre ans regroupant 9 pays et 105 scientifiques pour déterminer l'ampleur et les effets d'une acidification des eaux océaniques, modéliser et prédire les cycles biochimiques d'ici à 2100 ainsi que leurs conséquences sur les organismes et sur les écosystèmes.

inaperçus. Les bactéries vont consommer la matière organique, fournie par les cadavres, avant d'absorber l'oxygène. Le milieu est alors eutrophisé. Comme tout se passe dans l'« intimité » du milieu, on ne peut repérer l'eutrophisation (c'est-à-dire la production d'hydrogène sulfuré) qu'à partir de la mesure du pH de l'eau. Pierre Mollo a vu lui-même des pH descendre à 7,7 et constaté alors une mortalité à 100 % de tout l'écosystème planctonique du bassin et de toutes les larves de crevettes (*Peneaeus japonicus*).

L'acidification de l'eau, même infime, peut donc avoir des conséquences incalculables sur la chaîne alimentaire marine. L'acidification des bassins constatée dans les élevages au Japon était accidentelle et due à une production mal maîtrisée. Des « niches » d'hydrogène sulfuré s'étaient formées au fond et avaient changé petit à petit le pH de l'eau. Dans la mer, le processus est identique. Si le pH descend en dessous de 8, les catastrophes écologiques sont inévitables. Aucune larve de bivalve ou de gastéropode ne résistera. L'acidification des milieux, qu'elle soit en bordure de côte ou au milieu des océans, a des conséquences sur le plancton, puis dans un second temps sur les coquillages. Les crustacés ont besoin eux aussi du carbonate de calcium pour façonner leur carapace. L'acidification, on en est sûr, entraîne une diminution du carbonate (c'est le principe du vinaigre utilisé pour nettoyer le calcaire du lavabo). On peut penser que les larves de crustacés seront décimées en premier, c'est-à-dire les copépodes, le fameux zooplancton permanent qui est un maillon essentiel de la chaîne alimentaire marine. Or, il ne peut y avoir de poissons s'il n'y a pas de copépodes qui les précèdent.

Les pires scénarios en perspective

Perturber la chaîne alimentaire marine et altérer la biogéochimie³³ des océans peut avoir des conséquences que les scientifiques

33. La biogéochimie est l'étude du processus cyclique de transfert des éléments chimiques de l'environnement à partir des milieux abiotiques vers les organismes qui à leur tour retransmettent ces constituants à l'environnement.

évaluent. Un scénario standard³⁴ prévoit que, dans environ cinquante ans, les eaux les plus froides de l'océan, comme en mer de Weddell, au large de l'Antarctique, vont devenir corrosives pour une forme de calcaire appelée « aragonite ». Ainsi, les ptéropodes sont en danger, car la coquille de ces mollusques planctoniques qui nagent dans la couche supérieure de l'océan en est constituée. Et si le CO₂ atmosphérique continue d'augmenter, il est très probable que, vers la fin de ce siècle, l'eau de mer devienne corrosive pour l'aragonite dans tout l'océan Austral ainsi que dans une partie du Pacifique Nord. Paul Tréguer³⁵ précise d'ailleurs que ce phénomène peut s'étendre dès 2030 à certaines zones du Pacifique, d'autant plus que l'océan Austral est connecté à tous les autres. Ces organismes calcaires, très abondants dans ces régions, pourraient donc ne plus être capables de constituer leur coquille. Un tel environnement corrosif serait sans précédent depuis probablement 20 millions d'années³⁶, selon les uns, depuis 65 millions d'années selon les autres³⁷ (époque de la disparition des dinosaures).

Les deux tiers des coraux d'eaux profondes sont également menacés par cette acidification, particulièrement les coraux de l'océan Atlantique Nord qui devraient se dissoudre en premier. Le squelette de carbonate de calcium est indispensable pour deux raisons : pour le développement des coraux eux-mêmes, mais aussi pour leur squelette qui sert d'habitat aux poissons du grand large, aux anguilles, aux crabes, aux oursins, le squelette de ces derniers étant lui aussi menacé directement de dissolution.

Un espoir ténu : le coccolithophore

Il faudrait un régulateur, une espèce capable d'absorber le surplus de CO₂ dans les océans pour que ceux-ci puissent continuer

34. Scénario IS92a « business as usual ».

35. Directeur scientifique d'EUR-Océans, réseau européen des écosystèmes océaniques. Voir sur www.plancton-du-monde.org les films qui traitent du sujet.

36. LOV, laboratoire d'océanographie de Villefranche-sur-Mer.

37. Université de Bristol, mai 2009.

d'assurer leur fonction de « puits de carbone ». Ce dévoreur de gaz carbonique pourrait bien être le coccolithophore. Comme les autres organismes marins tels que les coraux ou les foramifères, il utilise le calcaire pour construire son exosquelette et n'apprécie pas *a priori* que celui-ci soit dissous par l'acide. Or le coccolithophore *Emiliania huxleyi*, extrêmement répandu et en très grande abondance, aurait un comportement inattendu, voire illogique. D'après Debora Iglesias-Rodriguez du National Oceanography Centre (Royaume Uni)³⁸, si on le met dans une eau enrichie par bullage carbonique, jusqu'à obtenir une pression partielle de CO₂ de 780 ppm (parties par million), c'est-à-dire la valeur possible pour les océans dans les années 2100³⁹, il forme des coccolithes plus épais et mieux calcifiés ! Cette microalgue serait-elle une réponse du milieu à l'augmentation de CO₂ ? Il est vrai qu'une analyse de la taille des exosquelettes des coccolithophores présents dans les sédiments marins des grandes profondeurs a révélé que certaines espèces ont en effet produit davantage de calcaire depuis deux cent vingt ans, comme s'il y avait une corrélation entre les deux. Mais il faut être prudent face à ce dopage pour une fois positif. Le défaut des coccolithes est de s'accaparer l'espace océanique en une sorte d'immense panache pouvant aller de Cherbourg à Brest. L'inconvénient, comme on l'a vu précédemment, c'est la perte de diversité phytoplanctonique (les chlorophycées, chrysophycées et diatomées) au profit d'une seule espèce. La chaîne alimentaire marine sera à coup sûr perturbée.

Et si le plancton « faisait la pluie et le beau temps⁴⁰ » ? On n'est pas loin de penser, au regard des observations satellitaire et microscopique, qu'une relation existe entre certaines productions de

38. Étude parue dans la revue *Science* du 18 avril 2008 et cosignée par Peter Van Dasso de l'équipe CNRS « Évolution du plancton et PaléoOcéans » (EPPO; UMR 7144, université Pierre-et-Marie Curie, station biologique de Roscoff).

39. Soit 40 % de plus par rapport à 1750, année de la première mesure.

40. Expression de Guy Jacques, *Écologie du plancton*, Lavoisier/Tec & Doc, 2006.

microalgues marines comme les coccolithophoridées (qui émettent des composés gazeux favorisant l'augmentation de la condensation contrôlant la formation des nuages) et le dopage des cyclones dû à l'augmentation de l'hygrométrie de l'air et de la chaleur dégagée à la surface de l'océan.

L'évaporation provenant du plancton, mélangée à l'air chaud qui monte, rencontre l'air froid qui tend à descendre, ce qui crée des enroulements de masses d'air en forme de spirales qu'on appelle les « grandes dépressions météorologiques ». Ces grandes masses d'air humide atteignent les terres chaudes d'Asie et d'Afrique centrale, qu'elles arrosent abondamment, créant des catastrophes de plus en plus nombreuses.

Fertiliser l'océan

Dans les océans Austral, Pacifique est-équatorial et Pacifique Nord, les eaux de surface sont riches en sels nutritifs et pourtant la production photosynthétique est faible. L'explication avancée depuis 1990 est que les océans manquent de fer⁴¹. Or, le phytoplancton a un besoin crucial de cet élément pour se développer. Par ailleurs, depuis plus d'un siècle, un tiers du carbone rejeté dans l'atmosphère par les activités humaines est prélevé par les océans, faisant de ceux-ci le principal « puits de carbone » de la planète.

Pour capturer le CO₂, la mer a développé deux ingénieux mécanismes, deux sortes de moteurs à pompe :

- une pompe physique, ou *upwellings*, qui entraîne les eaux de surface chargées en gaz carbonique dissous vers des couches plus profondes, où il se trouve isolé de l'atmosphère ;

- une pompe biologique, qui fixe du carbone soit par le phytoplancton via la photosynthèse, soit dans les coquilles calcaires de certains micro-organismes. Une partie du carbone ainsi fixé est

41. Voir les travaux de John H. Martin, Moss Landing Marine Laboratories, Californie, 1990.

ensuite entraînée en profondeur sous forme de déchets ou de cadavres.

Ce mécanisme intéresse à plus d'un titre scientifiques et industriels.

L'importance des upwellings

Est-ce notre verticalité humaine qui nous donne cette impression d'être perpendiculaires au sol ? Est-ce notre manque d'ouverture qui nous empêche d'imaginer la respiration de la Terre ? Pourtant, celle-ci est penchée, vivante, tournante et elle respire. Grâce à cette rotation et à cette inclinaison, les océans forment un gros cœur dans lequel les vaisseaux, les courants marins, sont déviés vers leur droite dans l'hémisphère Nord et vers leur gauche dans l'hémisphère Sud. Les vents de surface complètent le mouvement en déplaçant l'eau de l'océan, la repoussant vers les pôles au niveau de l'équateur et vers le large le long de la côte sud-américaine. Là où l'eau de surface est chassée, elle est remplacée par une eau plus froide qui remonte des grandes profondeurs, en quelque sorte des courants verticaux appelés *upwellings*. Ils apportent de l'eau froide, mais aussi un cocktail de nutriments qui sont au fond de l'océan depuis des centaines de millions d'années.

Les profondeurs océaniques apportent leur contribution aux productions importantes d'espèces marines. Depuis la nuit des temps, le peuplement des océans, par la vie et la mort successives, n'a eu de cesse d'accumuler dans les profondeurs abyssales des sels minéraux dus à la décomposition de la matière organique. Les bactéries font leur travail ensuite en minéralisant le tout. La mécanique océanique *upwelling* remonte des profondeurs des eaux froides les nutriments nécessaires à la prolifération, dans les eaux de surface, des algues microscopiques. L'oxygène produit par ce phytoplancton favorisera le développement du zooplancton (herbivore de ces micro-organismes) qui deviendra à son tour la proie essentielle des poissons fourrages (sprats, anchois, sardines...) qui eux-mêmes feront le bonheur des grands prédateurs. Ainsi, le fond des

océans dispose d'un stock extraordinaire de sels nutritifs, minéraux et de fer, garant de la vie future du plancton.

Si les masses d'eau des océans n'étaient pas sans cesse agitées par les vents, les courants, les *upwellings*, la chaîne alimentaire marine ne pourrait donc exister. Mais, actuellement, les courants marins, verticaux ou horizontaux, sont perturbés. En novembre 2004, le Gulf Stream, courant marin qui réchauffe le climat européen, s'est arrêté durant dix jours. L'observation, réalisée par une équipe anglaise⁴² grâce à un nouveau réseau de balises, renforce les craintes à son sujet. De récentes études faisaient déjà état d'une diminution de 10 % de son débit depuis vingt-cinq ans, mais c'est la première fois que l'on constate un arrêt complet.

Quant aux *upwellings*, à cause de la fonte de la calotte glaciaire et du changement climatique, ils sont en train de dériver et risquent de faire remonter des eaux froides provenant de certaines zones moins riches en sels minéraux. Celles-ci ne seront plus en mesure de stimuler la production de plancton⁴³.

La « fertilisation » artificielle des océans

Face à ce problème, certains océanographes américains et européens qui connaissent la technique de fertilisation du plancton ont pensé stimuler l'océan afin qu'il stocke davantage de CO₂. L'idée est simple : puisqu'il y a trop de CO₂ dans l'atmosphère et que ce CO₂ se fait piéger par les océans, on va encourager le développement des phytoplanctons marins en leur injectant du fer⁴⁴, l'ajout de petites quantités de fer permettant de multiplier leur nombre par vingt ou trente. Après augmentation du phytoplancton, les océans retrouveront leur pouvoir d'absorption du CO₂. Et si on a moins de carbone dans l'atmosphère, on lutte contre le

42. Équipe de scientifiques anglais dirigée par Harry Bryden du National Oceanography Center en 2004.

43. Voir sur www.plancton-du-monde.org les films sur ce sujet.

44. John Martin, in *Nature*, 1990.

réchauffement climatique par effet de serre, dont le CO₂ est le principal responsable. La boucle est bouclée.

Le projet séduit aussi les industriels. Si on arrive à doper le phytoplancton, par voie de conséquence, on stimule aussi le zooplancton. De ce fait, on obtiendra davantage de poissons. L'idée est d'autant plus séduisante qu'il ne sera pas nécessaire de les chercher dans la mesure où on saura dans quelles zones ils foisonnent. En principe, lorsqu'un bateau rejette du fer en mer, celui-ci n'est pas éparpillé. Il forme une longue traînée derrière le bateau. Il attire sur une ligne droite le phytoplancton qui, au lieu d'être disséminé partout comme il se doit, se retrouve concentré au même endroit. Cette concentration en ligne droite attire le plancton comme un aimant. Or on risque de déséquilibrer à distance les zones littorales périphériques (en général les zones des pays les plus pauvres !), puisque le plancton va migrer sur l'aimant produit.

Mais le projet est très intéressant pour les industriels du fer comme pour certaines compagnies de pêche qui trouvent là un nouveau marché doublement porteur. D'un côté, ils auront la mainmise sur le plancton et pourront se donner un droit « légitime » pour la pêche. De l'autre, c'est une excellente idée de recyclage de déchets en ferraille dont on ne sait quoi faire et un nouveau droit « légitime » de polluer puisqu'on fait du recyclage de déchets !

Un problème de taille demeure : l'efficacité de la méthode n'est ni prouvée ni quantifiée. Des scientifiques et des ONG environnementales s'en sont inquiétés.

Depuis 1993, douze fertilisations artificielles ont été menées. Or « seules trois expériences parmi les douze ont été capables de montrer avec certitude qu'une séquestration du CO₂ avait eu lieu », analyse Philip Boyd, chercheur⁴⁵ à l'Institut de recherche sur l'eau et l'atmosphère (Nouvelle-Zélande). Il va même jusqu'à préciser que 80 à 85 % du fer déposé se perd dans l'océan avant d'être capté par le phytoplancton. Une campagne, dénommée KEOPS⁴⁶,

45. Cité par Lise Barnéoud dans son article intitulé « Bras de fer avec la mer », *Libération*, 8 janvier, 2008.

46. KEOPS (KErguelen Ocean and Plateau compared Study).

a été lancée en 2005 pour étudier la poussée phytoplanctonique naturelle dans la zone des îles Kerguelen, situées dans l'océan Austral. Elle a démontré que le transfert de carbone vers les profondeurs est au moins deux fois inférieur dans le cas d'une fertilisation artificielle. Par ailleurs, en janvier 2009, l'expérience LAHOFEX⁴⁷ de fertilisation et de piégeage de CO₂ a été un échec. L'équipe scientifique germano-indienne avait déversé 6 tonnes de fer dans une zone de 300 km² au large de l'Argentine. Les microalgues ont bien poussé, mais elles ont été mangées immédiatement par les copépodes (zooplancton). Une seconde « fertilisation » n'a rien donné, l'océan étant déjà saturé en fer⁴⁸.

Plancton et empreinte écologique

Le bilan carbone n'est pas suffisant pour calculer l'impact des activités humaines sur l'environnement. En 1994, William Rees et Mathis Wackeralgel inventent un nouvel indicateur : l'« empreinte écologique⁴⁹ », calculée aujourd'hui pour 170 pays et qui considère l'économie comme un écosystème, avec un cycle et un métabolisme. D'après un de ses auteurs⁵⁰ : « L'empreinte écologique est un outil très simple qui permet de mesurer la quantité de ressources naturelles dont nous disposons, et celle que nous utilisons. Si l'on divise la capacité écologique de la planète par la population mondiale, on arrive à un résultat d'environ 2 hectares par personne. Nous pouvons ensuite comparer cette surface à celle

47. LAHOFEX est un programme de recherche conduit par l'Institut Alfred Wegener qui consiste à déverser 6 tonnes sur 300 km² dans les zones océaniques de l'Antarctique et d'en étudier les effets sur la séquestration du CO₂.

48. Voir *Sciences et Avenir*, mai 2009.

49. Voir quatre sites de référence : l'ONG Global Footprint Network sur www.footprintnetwork.org; le site Redefining Progress sur www.rprogress.org; WWF France sur www.wwf.fr et la base de connaissance collaborative : www.ee.angeniunet.net ; www.gaialiance.org; www.feap.org; www.st-pee.inra.fr ; www.europa.eu.int/eur-lex/fr

50. Entrevue vidéo avec Mathis Wackeralgel, Sommet mondial pour le développement durable, Johannesburg, septembre 2002.

nécessaire à la production de nourriture et de fibres, à l'absorption du CO₂, et pour l'hébergement de nos infrastructures. » Autrement dit, il s'agit d'estimer la superficie de la planète que chacun utilise compte tenu de ses habitudes de consommation (nos activités, nos achats sollicitent directement ou indirectement une petite partie de la planète). C'est l'espace moyen nécessaire à un individu pour se procurer les matériaux de construction de son logement (forêts pour le bois, carrières pour la pierre ou le sable...), s'approvisionner en fruits et en légumes, en viande, en eau, gérer ses déchets, se fournir en électricité, se déplacer... On peut maintenant calculer l'empreinte d'un objet (un ordinateur, une voiture, un meuble en bois exotique) en considérant la surface moyenne liée aux ressources nécessaire à l'extraction et au transport des matériaux, à sa fabrication, son fonctionnement et son élimination. L'idée est de convertir tous les biens de consommation en une surface de sol biologiquement productive : des *hectares globaux* (hag) ou des *équivalents planète*. Par exemple, pour produire un kilogramme de viande, combien faut-il de surfaces pour le pâturage du bétail, de surfaces cultivées pour produire la nourriture du bétail, de surface bâtie pour l'étable ? Et combien de mètres carrés seront-ils nécessaires pour absorber le CO₂ dû à la consommation d'énergie (transport, abattoir, etc.), sans compter le méthane émis par la bête ?

Empreinte écologique et bilan carbone

Bien qu'initialement à l'échelle des pays, l'empreinte écologique peut être calculée maintenant au niveau d'un individu, d'un produit, d'une filière, d'une région... Par exemple, entre 1961, point d'équilibre, et 2004, la France a augmenté de 47 % son empreinte écologique alors que la population française n'a augmenté que de 27 %. Il faut 4,9 hectares pour vivre comme un Français (3 équivalents planète), 9,2 hectares comme un Américain (5 équivalents planète) et 1,4 hectare comme un Africain.

Quelle serait alors l'empreinte idéale pour tous ? Pour avoir une estimation plus juste, il faudrait croiser l'empreinte écologique avec l'IDH (indice de développement humain) créé en 1990 par le Programme des nations unies pour le développement (PNUD) et qui permet d'estimer la durabilité sociale et économique d'une nation : l'espérance de vie à la naissance, le PIB par habitant, le niveau d'instruction, le niveau de vie. Si 0,8 est un IDH acceptable, en dessous, c'est intolérable. Enfin, pour évaluer l'impact de l'activité humaine sur la biodiversité, le WWF croise l'empreinte écologique avec un autre indicateur, l'*indice planète vivante*⁵¹, qui permet de mesurer l'évolution des espèces terrestres. Cet indice a baissé de 40 % entre 1970 et 2000.

Ces indicateurs permettent d'étayer les réflexions sur une approche globale du monde marin, et notamment sur la place du plancton. En effet, l'impact environnemental des activités de production primaire marine doit toujours prendre en compte le fait que la mer est un milieu à trois dimensions, toutes les trois interactives et interdépendantes. Ici, la mer respire, comme là-bas la terre transpire du sol aux cimes. Demain, nous serons 9 milliards sur la planète, la montée des eaux est inéluctable, des terres littorales vont se saliniser de plus en plus, les surfaces agricoles des zones des marais ou des estuaires vont devenir inexploitable pour l'agriculture paysanne, la surface agricole utile (SAU) va diminuer, de même que les zones aquacoles dans certaines régions d'Asie. La baguette magique aquacole est censée nourrir les populations en produisant des poissons en aquaculture intensive. Mais quelle sera l'empreinte écologique de cette forme d'aquaculture par

51. L'indice planète vivante (IPV) est un indicateur de l'état de la biodiversité mondiale : il mesure les tendances des populations de vertébrés vivant dans les écosystèmes terrestres, d'eau douce et marins de par le monde. L'IPV est la moyenne de trois indices distincts mesurant les changements d'abondance de 555 espèces terrestres, 323 espèces d'eau douce et 267 espèces marines. <http://rapport-planete-vivante2004.wwf.fr>

rapport à la pêche, voire à l'aquaculture extensive et aux cultures marines de coquillages ?

Une aquaculture intensive liée aux pêches minotières

Pour être rentable, l'aquaculture durable devra développer son activité en prenant en compte l'environnement naturel sans le dégrader de manière irréversible. Les poissons mangent du zooplancton qui à son tour mange du phytoplancton. Pour faire simple, il est admis de dire que pour produire un kilogramme de poissons d'aquaculture, il faut fabriquer un kilogramme de granulés. On admet aussi que, pour fabriquer un kilogramme de granulés, il aura fallu capturer 5 kilogrammes de poissons fourrages (sardines, sprats, anchois, chinchards, lançons...), que l'on trouve en bancs et qui sont pêchés par les pêcheries minotières⁵² du Pérou, du Chili, de l'Équateur, lesquelles transforment plus de 90 % de leur capture en farine et en huile. Pendant longtemps, cette farine de poisson a été utilisée pour l'élevage des volailles et des porcs. Mais la peur des consommateurs à la suite des problèmes liés à l'élevage de volailles dans le monde a fait diminuer les ventes des volailles au profit de celles des poissons. Les pêcheries minotières n'en ont pas été affectées car elles ont pu réorienter leurs ventes vers l'aquaculture. Apparemment, du point de vue économique, la filière minotière n'est pas touchée. Ce n'est pas le cas de l'environnement. Des milliers de tonnes de poissons sont capturés grâce à des sennes tournantes de plus d'un kilomètre de longueur sur 150 mètres de hauteur et à des suceuses (de longs tuyaux gainés chargés de pomper le poisson depuis la senne jusqu'à la cale à raison de plus de 80 tonnes par heure)⁵³, sans sélectivité des espèces capturées. Comment imaginer qu'il n'y ait aucune incidence sur les populations de poissons carnivores, de mammifères et d'oiseaux marins ? Autre problème de calcul mental :

52. Pêcheries minotières : bateaux spécialisés dans les espèces servant à faire de la farine de poisson.

53. Philippe Favrelière, « La farine et le choléra », *Pêche et développement*, lettre d'information trimestrielle du groupe pêche de Solagral.

combien une usine qui traite 400 tonnes de poissons par jour pour en faire de la farine et produit 50 m³ de résidus liquides rejettera-t-elle à la mer de tonnes de matières organiques et de tonnes de graisse⁵⁴ ? En Amérique du Sud, la plupart des usines n'ont pas les capacités d'épurer les eaux de rejet.

Il n'y a pas que l'acte de pêche. Dans le calcul de l'empreinte écologique, comme on l'a vu précédemment, il faut entre autres intégrer la capacité de l'océan à produire le plancton à la base de la chaîne alimentaire. Quelle surface ou quel volume d'océan aura-t-il fallu pour générer la production primaire nécessaire à la production de 5 kilogrammes de poissons fourrages ? En 1988, M. C. Folke⁵⁵ a évalué les volumes de production primaire des écosystèmes de la mer du Nord et de la mer Baltique nécessaires pour la pêche du saumon et pour la production de poissons destinés à l'alimentation des saumons dans des cages ou en bassins. Ce calcul était basé sur les données définissant les apports entre les niveaux trophiques de ces mers.

Cette production est parfois éloignée de la zone de pêche ou de la zone de production des poissons fourrages qui seront transformés en farines à des milliers de kilomètres de leur prélèvement. Celles-ci seront ensuite utilisées pour fabriquer des granulés qui seront à leur tour vendus à des milliers de kilomètres pour produire des poissons en aquaculture. Le bilan carbone est, à ce niveau, exorbitant. On peut ajouter dans la balance le voyage de la matière première, son coût en énergie (fuel des bateaux). Puis on peut calculer le bilan carbone du poisson débarqué au port jusqu'à son arrivée dans l'assiette du consommateur. Le poisson sauvage pêché par les chalutiers a évidemment besoin de poissons fourrages puisqu'il est dans le réseau trophique, mais son bilan carbone sera moins élevé quand il sera arrivé au port. En termes d'empreinte écologique, la comparaison ne tient pas entre le poisson pêché

54. La réponse est : environ 233 tonnes de matières organiques et 2 tonnes de graisse.

55. M. C. Folke, « La chasse aux *footprints* », *Samudra*, mars 1997.

en mer et le poisson élevé en aquaculture, même si certains affirment que le poisson d'élevage est plus frais sur les étals que le poisson pêché et resté plusieurs jours au fond de la cale des bateaux. Rien ne peut égaler en goût le poisson du dernier coup de chalut...

Le marché du carbone en plein boom

Ce nouveau droit de tirage, un « droit à la diminution de CO₂ », a été vu par certains comme un nouveau marché porteur. Le *Weatherbird II*, bateau appartenant à la compagnie californienne Planktos, était supposé, fin 2007, déverser des dizaines de tonnes de fer dans l'océan près des îles Galápagos. L'entreprise pensait que la fertilisation créerait des « forêts flottantes temporaires » qui pourraient être « vendues sur le marché du carbone ». En réalité, il existe deux marchés du carbone : le premier émane du protocole de Kyoto et limite par des quotas d'émissions le CO₂ autorisé à être rejeté. Il est valable pour les entreprises les plus polluantes comme pour les États. Le second marché découle du premier. Si les États ou les entreprises émettent moins de CO₂ que prévu, ils peuvent revendre leurs quotas excédentaires aux entreprises qui ont dépassé les leurs.

Admettons que le procédé de fertilisation ait bien fonctionné et que Planktos ait l'autorisation de réaliser des affaires. Si avec 5 euros d'investissement, Planktos espérait pouvoir piéger une tonne de carbone, l'entreprise aurait pu la revendre 70 euros à une usine qui ne parvenait pas à réduire ses émissions de gaz à effet de serre à un coût raisonnable. Le protocole de Kyoto reconnaît la validité de ce « permis de polluer », mais la certification des méthodes spécifiques est, c'est le moins qu'on puisse dire, très controversée. Spécialement parce que les organismes certifiants sont incapables d'évaluer si l'accroissement du nombre d'algues peut amener une autre forme de pollution avec d'autres gaz à effet de serre, ou une perturbation écologique d'une ampleur préoccu-

56. Conférence sur le climat, Woods Hole Oceanographic Institution USA, octobre 2007.

pante. Le Pr A. Watson⁵⁶, climatologue, déplore l'approche très partielle du marché du carbone : « Malheureusement, il ne tient compte que du CO₂. Quand nous avons fait la comparaison avec les forêts boréales, qui captent du CO₂, mais réduisent la réflexion du soleil par la neige (ce qu'on appelle l'« albédo⁵⁷ »), et donc augmentent la température de la planète, les spécialistes des marchés ont répondu qu'ils mesuraient le CO₂, mais pas l'albédo. C'est très incomplet. »

Face aux expériences menées par les scientifiques, la réponse de la société de « géo-ingénierie » Planktos a été de critiquer l'échelle, trop petite, à son goût, des essais ! Il est à noter quand même que les *upwellings* sont généralement concentrés dans des régions étroites (de l'ordre de 150 kilomètres) et aisément visibles par satellite. Il est donc facile de voir celui qui se trouve autour des îles Galápagos. Qui dit *upwelling* dit aussi certitude d'y trouver des ressources halieutiques importantes. Le fer déversé attirerait comme un aimant les poissons présents, ce qui assurerait à Planktos une seconde source de revenus. Non seulement il y aurait un droit de tirage, mais en plus une mainmise sur les ressources halieutiques des pays limitrophes de l'exploitation. Le choix de Planktos des îles Galápagos n'est sans doute pas un hasard.

Plancton voyageur

Le poisson est exploité là où on le trouve. Cela peut être près des côtes, à 12 milles marins⁵⁸, ou plus au large, à 200 milles des côtes. S'il existe à cet endroit, c'est évidemment parce qu'un écosystème s'est mis en place, le plancton étant une des grandes sources de production de nourriture pour les alevins et les juvéniles. Comme on l'a vu, les stades de la vie d'un poisson, du stade

57. L'albédo, mot d'origine latine signifiant « blancheur », est le rapport de la quantité de lumière réfléchie par un objet sur la quantité de lumière qu'il reçoit. Comme la lumière est composée de plusieurs couleurs, une partie d'entre elles peut être réfléchie, et l'autre partie absorbée. Si toutes les couleurs sont réfléchies, l'objet est de couleur blanche. Si aucune n'est réfléchie (donc toutes les couleurs sont absorbées), l'objet est noir.

58. Le mille marin équivaut à 1852 mètres.

larvaire au stade adulte, ne se déroulent pas au même endroit. Par conséquent, un écosystème peut très bien se présenter comme très favorable au plancton végétal ou animal dans un pays W ou une région X. L'autre région Y voisine permettra quant à elle de favoriser la croissance des juvéniles. Plus au large, dans un endroit Z, on récoltera enfin les poissons adultes. Autrement dit, le plancton n'a pas de frontières, et les ressources marines, donc les ressources en protéines, en poissons et crustacés, n'en ont pas non plus.

Mais les poissons qui sont au large du littoral sont difficilement « pêchés » par les petits bateaux, voire les pirogues. En revanche, les bateaux modernes, très sophistiqués, provenant des pays industrialisés, vont venir prélever en grande quantité leur part de protéines de poissons au détriment des autres régions qui ont permis justement à ces poissons de se développer. Comment arriver à trouver un système qui reconnaisse qu'un pays, pauvre en apparence, est en fait très riche de production primaire, mais n'en profite pas ? À qui profite le plancton ? Le plancton que l'on peut observer « ici » fera le poisson que l'on pourra pêcher « là-bas » dans plusieurs années. On accuse souvent les pêcheurs côtiers de pêcher dans les nurseries, mais ils n'ont souvent pas d'autres moyens à leur disposition. Les nurseries de ces zones profitent finalement à d'autres que ceux qui les protègent, ce qui constitue une injustice flagrante.

2. Plancton sentinelle

L'intérêt de la biodiversité du plancton

Ce que les médias désignent sous le nom de « biodiversité » est devenu un des thèmes majeurs des discussions internationales en matière d'environnement, avec l'effet de serre et le devenir de la couche d'ozone. Elle recouvre une notion d'appréhension globale de la nature, appelée aussi « patrimoine naturel ». Elle sous-entend la variété et la variabilité du monde vivant à tous ses niveaux d'organisation, du gène à la population, de l'espèce à l'écosystème. Mais elle est soumise aussi à des lois essentielles de physique.

Il n'est pas inutile de rappeler ce phénomène de physique sans lequel la vie sur Terre serait peut-être impossible : l'anomalie de l'eau. D'une manière générale, quand un corps liquide refroidit, sa densité augmente et devient maximale à la température de solidification. Le corps solide est donc généralement plus dense que le corps liquide. L'eau fait exception : sa densité maximale est atteinte non pas à 0 °C, mais à 3,98 °C. Ainsi, la glace est moins dense que l'eau liquide. Cette particularité permet à l'eau tiède, à l'eau très froide et à la glace de flotter sur de l'eau à 3,98 °C. Si l'eau se comportait comme la plupart des autres corps, la glace tomberait au fond des lacs, des rivières et des océans, où la vie

serait alors pratiquement impossible, du moins sous la forme que nous connaissons. Pourtant, un des endroits où la vie et la biodiversité sont les plus remarquables se trouve sous la glace du pôle Nord, là où notamment les baleines, nos plus grands cétacés, trouvent leur krill, là où la vie marine est endémique, donc précieuse, là où une vie sous-glaciaire se perpétue au fil des ans, résistante au gel hivernal.

Les zones littorales, interfaces entre terre et mer

Mais il n'est pas besoin d'aller en Arctique pour chercher la biodiversité, il suffit de se pencher sur les zones côtières et les estuaires pour constater qu'ils sont les régions les plus riches de l'océan. Gérer les ressources vivantes de la bande côtière, c'est aussi prendre en compte les ressources halieutiques hauturières, autrement dit la biomasse qui se trouve au large. La terre nourrit la mer, notamment grâce à la rivière qui est un véritable trait d'union. Les êtres vivants des océans ont besoin des nourriceries⁵⁹ des marais littoraux et des estuaires pour se développer, comme la terre a besoin des forêts pour nourrir son sol. De la même façon, dans la vase des estuaires, les micro-organismes du sol vont digérer les matières végétales en décomposition, à leur tour ces micro-organismes, par leurs déjections, vont alimenter les bactéries qui se transformeront ensuite en sels nutritifs indispensables au bon développement des plantes et des algues.

Le transfert des nutriments de ces espaces continentaux jusque dans la mer concourt à faire des zones humides littorales des sites privilégiés, des interfaces entre terre et mer. Du mélange subtil des eaux riches en éléments minéraux et des eaux océaniques naîtra une production diversifiée de phytoplancton qui, à son tour, alimentera toute la chaîne trophique du plancton.

La grande diversité végétale et animale marine dépend de la préservation de ces équilibres naturels. Nous vivons du vivier de la mer si, demain, nous savons protéger le vivant de la terre.

59. Terme français pour nurseries, avec l'idée plus forte, par rapport au mot anglais, qu'on ne fait pas qu'élever, mais qu'on nourrit.

Ainsi, à la rencontre des eaux estuariennes et des profondeurs abyssales se développe toute la biodiversité halieutique de nos mers. La brièveté de la vie du plancton en fait un excellent indicateur de la qualité des milieux aquatiques. Il est la synthèse en aval des actions effectuées en amont, il est le résultat du comportement des actions humaines (physique, chimique, biologique; les barrages; les pesticides; les déjections...). Les modifications et les perturbations du plancton participent à la raréfaction de certaines espèces et peuvent déséquilibrer les réseaux trophiques et la pyramide de la vie marine. Si un plancton disparaît, plusieurs espèces disparaissent aussi.

La spécificité du littoral breton est due à sa géographie, véritable laboratoire à ciel ouvert, le panache des eaux estuariennes s'en allant bien au-delà des espaces côtiers, vers le large. Ainsi, le large, voire le grand large, bénéficie des apports de nutriments transportés par les courants continentaux. De la biodiversité ainsi créée découle la diversité des métiers de la pêche. Les professionnels de la pêche hauturière doivent donc être attentifs à la qualité des eaux côtières car leur métier en dépend. Les choix d'aménagement du littoral ont également des répercussions sur l'écologie des mers et leurs conséquences peuvent devenir irréversibles pour les ressources marines. Et ce n'est pas l'aquaculture (mis à part la conchyliculture) qui pourra à elle seule pallier la diminution des stocks de poissons.

Elle n'est qu'une des étapes qui a permis d'acquérir les savoir-faire en matière de reproduction et d'obtention de juvéniles d'espèces marines. Elle pourrait devenir demain une activité au service du repeuplement des mers. La mer, comme la terre, sera alors capable d'assurer la production des protéines nécessaires à l'humanité à venir.

Une gestion globale du littoral

Satisfaire l'alimentation de 8 à 9 milliards d'êtres humains nécessite une gestion globale des espaces littoraux, indispensable pour assurer la pérennité des productions halieutiques. « Une telle action devra être concertée entre les pêcheurs, les pouvoirs publics et les organismes de recherche et être planifiée de façon à éviter les essais décousus, ponctuels, isolés, en rivalité les uns avec les autres⁶⁰. » Une aquaculture de soutien à la ressource, par des actions de repeuplement, peut devenir un véritable outil pédagogique indispensable aux professionnels de la mer. D'abord, réensemencer pour comprendre « comment ça marche ». Ensuite, faire en sorte que les marins se réapproprient ces actions de repeuplement pour que les directives qui leur sont imposées (telles que la réduction de l'effort de pêche, l'instauration de quotas, le repos biologique, la taille des espèces) prennent un sens et deviennent réalité. Car de la compréhension des mécanismes du vivant dépendra le respect des ressources halieutiques.

Le plancton s'adapte à la géographie des sols

Le 3 mai 2005, un arrêté ministériel accordait aux groupes cimentiers Lafarge et GSM⁶¹, un « permis exclusif de recherches » (PER) de sable et de graviers siliceux marins, pour une durée de deux ans, au large d'Erdeven. Ce PER devait déboucher à terme sur une concession minière d'une durée de trente ans, en vue d'extraire 600 000 tonnes de sable par an (soit 18 millions de tonnes sur trente ans). Il portait sur une superficie de plus de 16 km², située sur les fonds marins du domaine public maritime, le long des côtes du Morbihan, sur l'axe Belle-Île/île de Groix. Cet endroit se situe au large du plus grand cordon dunaire de Bretagne, lieu où les enjeux écologiques sont énormes. « Si cette extraction a un impact sur le trait de côte, il ne se verra que trente ou quarante ans après le début de l'exploitation⁶² », a fait remarquer

60. Voir l'article « Une ceinture bleue bretonne, pourquoi pas ? » p. 90.

61. Filiale du groupe italien Italcementi.

62. Journal *La Vie* N° 3210, « Grains de sable à Gâves » de Raphaëlle Pienne.

Emmanuelle Élouard, chargée d'études pour ce site classé Natura 2000⁶³, qui s'étend de Gâvres à Quiberon. Ces menaces d'extraction de sédiments risquaient de mettre à plat tous les efforts engagés depuis de nombreuses années par les pêcheurs et les conchyliculteurs, qui avaient mené ensemble des actions de concertation pour la reconquête de la qualité des eaux côtières et la pérennité de leurs activités. Mais, surtout, une autre menace, plus insidieuse, a été pour une fois soulevée lors de cette remise en question. La mise en suspension des sables et des vases occasionnée par des extractions intensives de sable pouvait à terme réveiller des micro-organismes en dormance dans les sédiments et ainsi encourager la prolifération d'espèces de phytoplanctons indésirables qui mettraient en péril toute l'économie de l'ostréiculture et de la pêche du site de la ria d'Étel, avec une répercussion sur toute la bande côtière de cette région.

Saisi par le « Peuple des dunes⁶⁴ » et par l'Association de sauvegarde et de protection du littoral de la presqu'île de Gâvres d'un recours contre l'arrêté du 3 mai 2005 donnant un permis de recherches aux multinationales Lafarge et GSM, le tribunal administratif de Rennes s'est prononcé le 11 décembre 2008. Ces groupes n'ont plus le droit de faire des recherches dans le cadre de leur projet d'extraction de granulats marins dans la baie d'Étel. La querelle du sable est pour l'instant enterrée, mais elle fait figure de cas d'espèce. En effet, il serait souhaitable de mettre sur pied une étude à l'initiative des collectivités territoriales (qui bénéficierait peut-être de financements européens si d'autres pays se sentaient concernés) permettant d'évaluer l'impact des manipulations des granulats sur la prolifération des sédiments toxiques.

63. Créé en 1992 par une directive européenne, le réseau Natura 2000 vise à maintenir la biodiversité et à protéger les sites (dunes, marais, landes, bois, etc.) d'une grande valeur pour leur habitat naturel, leur faune et leur flore.

64. Comme s'intitule lui-même le collectif s'opposant au projet (140 associations). Voir site : <http://peupledesdunes.blog.com> ou bien www.le-peuple-des-dunes.org

Il ne faut pas réveiller « le diable qui sommeille ». Il est hors de question de prendre des risques pour les générations futures.

Voici encore quelques exemples : dans l'estuaire de la Vilaine, le barrage d'Arzal a créé un bouchon vaseux de 3 à 4 mètres d'épaisseur de sédiments et entraîné la prolifération des *Dinophysis* et du *Gymnodinium* depuis les années 1980 ; île de Groix : clapage en mer des vases portuaires⁶⁵ et prolifération des *Dinophysis* ; îles des Glénan : extraction de maerl et prolifération des *Pseudo-Nitzschias* ; en baie de Morlaix : extraction de granulats de Plougasnou et développement d'*Alexandrium*, etc. Doit-on en conclure qu'il y aurait une corrélation entre la manipulation sédimentaire et la prolifération des phytoplanctons toxiques ?

Peut-on continuer à bétonner le littoral sans réfléchir aux conséquences ?

L'exemple local d'Erdeven que nous venons de mentionner permet d'aborder une réflexion de fond, valable pour n'importe quelle côte, européenne ou non : la cohérence entre, d'une part, le souhait des habitants et des vacanciers de profiter d'un littoral préservé et, d'autre part, son bétonnage tous azimuts. Le littoral morbihannais, par exemple, concentre les quatre cinquièmes de la population du département (en croissance de 5 % par an depuis cinq ans). Cette affluence entraîne évidemment la construction de lotissements, de routes, de ponts, d'infrastructures sportives et touristiques, etc., qui nécessite beaucoup de granulats. Le béton utilisé se compose essentiellement de ciment et de sable, que justement les carrières terrestres ne peuvent plus fournir. Le collectif « Peuple des dunes » propose d'utiliser des matériaux plus économes en sable ou plus écologiques. Une autre piste pourrait être aussi de recycler les granulats. La France est en retard : 4,5 % sont recyclés contre 16 % en Allemagne ou 25 % en Grande-Bretagne. Par

65. Les matériaux dragués régulièrement dans nos ports pour en garantir l'accessibilité sont en grande partie constitués de sédiments fins cohésifs (vases), rejetés le plus souvent en mer, à faible profondeur.

ailleurs, avant de faire des aménagements ou des travaux, il est nécessaire de comprendre l'intimité des milieux et le fonctionnement de ces écosystèmes et de prendre d'autres indicateurs que la présence ou l'absence de poissons. Il faut aussi prévoir des possibilités d'infestation ou de prolifération d'espèces non désirables.

Les leçons de la biodiversité malmenée

Dans un écosystème, certaines espèces vivent une vie normale et se développent en exploitant au mieux les possibilités que leur procure leur entourage. Chacun est à sa place, pas seulement dans son habitat, mais dans ses relations aux autres individus, à l'environnement. On ne peut étudier leur comportement (*éthologie*) sans connaître leurs relations avec leur milieu, leurs besoins, leurs instincts, leur généalogie (comment l'évolution les a placés). C'est ce qu'on appelle la « niche écologique ». Chaque espèce est mue par deux moteurs principaux, se nourrir et se reproduire, qui définissent sa place dans la chaîne alimentaire et ses relations de compétition ou d'associations potentielles. Autrement dit, aucun être vivant (*organisme*) n'est une entité observable sans ses relations (*écosystème*) avec son environnement (*milieu*), lesquelles déterminent l'équilibre ou la guerre (*compétition*) avec ses voisins. L'intérêt, c'est la diversité du vivant (*biodiversité*) qui permet à chacun de s'adapter au mieux à son environnement.

Dans la nature, on trouve des niches écologiques où des êtres très proches vivent en bon voisinage dans un milieu restreint, tout en évitant une concurrence directe. Ils ont des différences : la spécialisation alimentaire, le partage de l'espace, le partage du temps calendaire. En revanche, si deux espèces ont une niche écologique identique, l'une finira par éliminer l'autre, soit en l'absorbant, soit en prenant sa place (*principe d'exclusion compétitive*). C'est le cas des espèces invasives.

La perche du Nil, une des pires espèces invasives

La perche du Nil (*Lates niloticus*) est un poisson de la famille des centrromidés qui peut atteindre près de 2 mètres de long. Originaire d'Éthiopie, elle a été introduite dans divers pays d'Afrique et, en 1954, dans les eaux du lac Victoria, la deuxième plus grande réserve d'eau douce sur Terre et le plus grand lac tropical du monde. Ce lac présentait la particularité d'abriter une quantité considérable d'espèces autochtones, principalement plusieurs centaines d'espèces de cichlidés (comme les scalaires, poissons-clowns, discus et autres poissons tropicaux très colorés), jusqu'à l'introduction de la perche du Nil qui en a modifié le biotope. La disparition massive des 200 espèces différentes d'*Haplochromis* du lac Victoria, espèces qui s'étaient diversifiées depuis la création du lac il y a quatorze mille ans, est une illustration des menaces qui pèsent sur la biodiversité. En effet, la perche s'est remarquablement adaptée à cet environnement, au détriment des espèces locales. Alors qu'en 1977 les prises de cichlidés représentaient encore 32 % du tonnage pêché et celles des perches du Nil 1 %, en 1983 les prises comportaient 68 % de perches du Nil pour 1 % de cichlidés. La Tanzanie, un des trois pays qui bordent le lac Victoria (avec le Kenya et l'Ouganda), exporte 500 tonnes de filets de perches par jour vers l'Europe. C'est ce que montre notamment le documentaire-fiction *Le Cauchemar de Darwin*⁶⁶, sorte de parabole des problèmes de l'Afrique tels que l'auteur les perçoit, et des conséquences que cette pêche exclusive entraîne. Même si ce film est jugé actuellement par certains comme une imposture, il a eu comme effet bénéfique de montrer en Europe les deux aspects d'un désastre à la fois social et écologique : les ravages d'une espèce invasive⁶⁷ et les conséquences d'une pêche intensive tournée vers

66. Du réalisateur autrichien Hubert Sauper.

67. Le groupe de spécialistes des espèces de l'UICN, Union internationale pour la conservation de la nature, ONG fondée en 1948, inclut le *Lates niloticus* parmi les pires cent espèces invasives du monde.

l'exportation, les deux ruinant la pêche artisanale autour du lac et détériorant la qualité de l'eau. Car le lac Victoria a subi un phénomène d'eutrophisation de l'eau, d'origine humaine et dû aussi à l'invasion de la jacinthe d'eau. Cette eutrophisation s'explique en grande partie par le rejet des déchets du dépeçage de la perche du Nil effectué sur les rives du lac, ainsi que par une action conjuguée de la surpopulation, des animaux domestiques et de la déforestation (car le bois est utilisé pour fumer les filets de poissons). Ce phénomène est sans doute à l'origine de l'explosion de cyanobactéries, dont la population a été multipliée par sept depuis la seconde moitié des années 1960 et a formé de grandes étendues à la surface du lac vingt ans plus tard. Lors de leur décomposition, elles entraînent l'asphyxie des poissons.

Quoi qu'il en soit, si elles ne sont pas asphyxiées, les perches du Nil, quand elles auront éliminé toutes les autres espèces du lac, risquent d'en être réduites à manger les petits de leur propre espèce.

Malgré les dégâts causés dans le lac Victoria, la perche du Nil, que les Égyptiens appellent Samos, a été introduite dans le lac Nasser⁶⁸. Elle connaît là aussi, dans ce lac de barrage récent (terminé en 1970) et alimenté par le Nil, une grande expansion. Elle a également été retrouvée récemment (introduite ou « évadée » ?) dans le lac Mariout, situé dans le delta du Nil.

Histoire du Red King Crab⁶⁹, le crabe russe passé à l'Ouest

Le point commun dans les cauchemars, qu'ils soient « de Darwin » ou d'ailleurs, c'est la taille gigantesque des acteurs principaux. Si la perche du Nil mesure jusqu'à 2 mètres de long, le crabe royal rouge d'Alaska (*Paralithodes camtschatica*) peut atteindre une envergure de 1,80 mètre et peser jusqu'à 10 kg. Il se nourrit de crustacés, de poissons et d'algues, ce qui lui donne une chair

68. Appelé lac de Nubie dans sa partie soudanaise.

69. Source : USDA National Nutrient Database et Svein Løkkeborg, chercheur de l'Institut de recherche marine de Bergen, chargé d'étudier la progression des crabes géants le long des côtes norvégiennes.

raffinée, au goût délicat et développé, rappelant celle du homard. Originaires du Kamtchatka (comme leur nom l'indique), sur la côte pacifique de la Russie, ces charmantes « bestioles » ont la particularité d'avoir été introduites plusieurs fois avant que ne réussisse leur acclimatation. Les Soviétiques des années 1930 ont eu la bonne idée de les importer sur les côtes occidentales (mer Blanche), sans prévenir évidemment les pays voisins. Ce fut un échec. Au cours des années 1960, de nouvelles tentatives ont été régulièrement effectuées (quelques milliers de crabes chaque fois), qui ont enfin abouti. Le crabe a tellement bien prospéré qu'au moment de la chute du communisme (simple coïncidence) il est passé à l'Ouest, dans les eaux de la Laponie norvégienne (Finnmark). Les premiers recensements norvégiens ont débuté en 1993. De 200 000 crabes au départ, le Finnmark a vu sa production exploser pour passer la barre des 1 000 tonnes⁷⁰. Ces crabes monstrueux ravagent le fond des mers pour se nourrir, éliminent les espèces locales, s'infiltrant dans tous les fjords, saccagent les filets de pêche. Leur pêche est très dangereuse en raison du poids des casiers (250 à 300 kilogrammes) utilisés, du danger d'une mer souvent déchaînée dont les vagues peuvent atteindre 20 mètres de haut, et de la glace qui recouvre rapidement les bateaux au risque de les faire sombrer. Mais leur commercialisation est très lucrative. Pour reprendre l'expression de Jannike Falk-Petersen⁷¹, « le Red King Crab est une espèce invasive et monstrueuse qui peut être vue à la fois comme une mine d'or et un fléau potentiel pour la mer de Barents ». Une mine d'or car il coûte cher au kilo dans les poissonneries d'Oslo, un fléau potentiel car « on ne sait quels parasites ou quelles maladies il apporte », explique Maren Esmark du WWF World Wildlife Fund. Comme il engloutit tout, il pourrait mettre en danger des espèces de poissons comme la lompe ou l'aiguillat dont les œufs lui servent de caviar. Mais les professionnels ont peur qu'ils ne mangent également les œufs de capelan, un

poisson mangé par la morue qui est une ressource pour les pêcheurs de la mer de Barents, et une espèce en voie de disparition.

La prolifération du crabe géant a déjà eu des conséquences sur la pêche. « Dans certaines zones, les autres pêches ont dû être complètement abandonnées. Les crabes s'emmêlent dans les filets, et les déchirent » explique Jan H. Sundet, scientifique à l'Institut norvégien de recherche maritime. Il sévit notamment dans les eaux glacées de la mer de Béring entre la baie de Bristol et la zone arctique, l'une des régions les plus poissonneuses au monde. On estime que sa progression sera arrêtée par les mers plus au sud, les eaux chaudes de la côte portugaise. Mais quels dégâts aura-t-il fait avant d'arriver jusque-là ? Depuis 2002, les pêcheurs norvégiens sont autorisés par les Russes à le pêcher sans limitation de captures et sans commercialiser uniquement les mâles, comme auparavant, lorsque les Russes mettaient en avant la protection de l'espèce. C'est là peut-être une chance de limiter leur invasion.

Peut-on inverser une catastrophe écologique ?

La mer d'Aral s'est réduite comme une peau de chagrin et n'a laissé derrière elle que le désarroi des 30 000 personnes vivant de la pêche, obligées d'aller trouver du travail ailleurs. Comment en trente ans à peine a-t-on pu créer la plus grande catastrophe écologique du XX^e siècle ? La recette est aussi simple que bête. Prenez le quatrième lac du monde par sa superficie, alimenté par deux fleuves : le Syr-Daria et l'Amou-Daria. Détournez ces deux fleuves pour irriguer 2 millions d'hectares de plans de coton et des rizières en plein désert ouzbek. Résultats garantis⁷² : l'apport en eau de 60 km³ par an en 1950 se réduit à 1,3 km³ en 1986 ; les rives reculent de 80 à 100 kilomètres ; le vent emporte les sables salés (surnommés par les habitants les « larmes sèches de l'Aral ») qui détruisent tout sur leur passage, salinisant les terres et les nappes souterraines. Enfin, la mer d'Aral se divise en deux parties, la petite mer d'Aral et la grande, qu'on dit condamnée à une mort

70. *Ouest-France*, 7 avril 2006.

71. Chercheuse à l'université de Tromsø (Norvège).

72. Jean Étienne, site Futura-Sciences, 16 juillet 2007.

certaine⁷³. Cependant, il ne s'agit pas seulement d'une catastrophe écologique, économique et sociale. L'état sanitaire de la population est lui aussi dramatique. L'agriculture irriguée du coton a utilisé de façon incontrôlée des engrais, des pesticides interdits ailleurs, des herbicides, des défoliants (dont le fameux défoliant orange employé par les Américains pendant la guerre du Vietnam), le DDT interdit en Occident depuis très longtemps, etc. À cause de ces pollutions, les fruits et légumes cultivés sur place sont devenus toxiques et la disparition du poisson entraîne une carence en protéines. Enfin, le fort taux de salinité provoque des maladies gastriques et intestinales⁷⁴, et le taux de mortalité infantile est particulièrement élevé.

Néanmoins, pour la petite mer d'Aral, l'espoir renaît, même si rien ne laissait présager que l'histoire se terminerai aussi bien. La construction d'une digue entre les deux mers, débutée en 1989, est stoppée lors de l'effondrement de l'URSS en 1991. Terminée grâce à un autofinancement des habitants, elle est malheureusement détruite en 1999 par une tempête. La Banque mondiale et le gouvernement kazakh ont fini par mettre en place un réaménagement hydraulique permettant le retour de l'eau : le barrage Kok Aral, un certain nombre de canaux de dérivation permettant de réguler la salinité des eaux, tandis qu'une vanne située au sommet de ce barrage permet de déverser le trop-plein dans la grande mer d'Aral qui se situe majoritairement en Ouzbékistan. Un second projet en cours prévoit la réparation d'un second barrage, le creusement d'un canal qui reliera les deux mers actuelles et la construction d'usines hydroélectriques au fil de l'eau. En 2006, les résultats sont spectaculaires. La petite mer d'Aral a déjà regagné 30 % de sa superficie et le réensemencement de poissons a porté ses fruits : la pêche est à nouveau possible (limandes, daurades et barbeaux).

73. Voir www.operavenir.com ou www.naturavox.fr ou www.cyberpresse.ca

74. Voir bulletins d'information en anglais ou français d'Ecosan, ONG allemande qui s'occupe de santé et d'écologie. ou diffusion via le réseau CREPA, www.reseaucrepa.org

Quatre leçons peuvent être tirées de cette histoire. D'abord, c'est à l'initiative de l'association de pêcheurs Aral Tenesi (la mer d'Aral), représentée par une femme, Zhannat Makhambetova, que les travaux ont pu commencer⁷⁵. En 1977, devant l'ampleur de la catastrophe, son père avait quitté la région pour aller pêcher ailleurs, mais avait refusé que sa famille le suive, y compris Zhannat, alors âgée de dix ans. Quelques années plus tard, au lieu de tourner le dos à ce milieu, elle mobilise les pêcheurs et attire l'attention des autorités et du monde par le biais de l'ONU. Deuxième leçon, avant que la tempête n'ait lieu, la digue avait été financée non par des subventions, mais par des dons : tous les habitants avaient accepté de donner 1 % de leurs revenus. Troisième leçon, dans la ferme piscicole de Komushbosh, c'est grâce à un incubateur financé par un don israélien de 140 000 euros qu'il est prévu de relâcher 30 millions de jeunes esturgeons, carpes et flets, le double du nombre de poissons relâchés en 2006. Enfin, dernier élément, la Banque mondiale, donc nous tous, a financé certains travaux.

Pour résumer, la conjonction de la volonté des gens du cru (association de pêcheurs), qui se sont mobilisés au point de financer eux-mêmes le début des travaux, de la solidarité internationale (un don étranger) et de l'aide internationale (la Banque mondiale) a fait qu'une catastrophe écologique n'est pas devenue irréversible. L'histoire dit également qu'à l'origine le projet a été soutenu par la volonté inébranlable des acteurs locaux...

Le plancton, témoin à charge

Le plancton est présent sur Terre depuis plus de 3 milliards d'années. Les premières cellules de phytoplancton qui sont apparues se sont satisfaites de l'état de la qualité des eaux de l'époque, lesquelles étaient sulfureuses car on sortait du grand volcanisme qui avait formé les continents et tous les reliefs de la planète. Ne

75. Jean Étienne, site Futura-Sciences, 16 juillet 2007.

pouvaient s'adapter que des phytoplanctons qui vivent habituellement dans des milieux extrêmes comme les cyanobactéries (algues bleues). Ensuite, la plupart des volcans se sont éteints, mais des éruptions ont continué sous la mer, dans les grandes profondeurs, apportant avec les sources hydrothermales leur lot de roches broyées solubles dans l'eau. Ces sels minéraux vont permettre au phytoplancton de se développer, bien qu'à proximité de ces sources le phytoplancton soit peu diversifié. Mais il suffit de s'en écarter un peu pour trouver des « traces de métaux » : des oligo-éléments. Et chaque fois que l'on s'éloigne un peu de ces sources de pollution bénéfiques, naturelles, la diversité du plancton apparaît.

Le 15 avril 1977, le géologue John Corliss, descendu explorer à bord du sous-marin *Alvin* les formations volcaniques par 2 600 mètres de fond au large des Galápagos, fait une découverte stupéfiante : loin d'être un désert, les abysses grouillent de vie ! Dans les phares d'*Alvin* apparaissent des cheminées de plus de 20 mètres, d'où jaillissent des sources thermales que l'on baptisera *hot vents* (« sources chaudes », ou « fumeurs noirs » en raison de leur panache noir). Ces sources sous-marines ou hydrothermales sont propices à la vie bien qu'il n'y ait pas de lumière, donc pas de photosynthèse, que les variations thermiques soient extrêmes et les vapeurs d'eau très toxiques. Corliss avait en quelque sorte l'origine du plancton sous les yeux.

Deux écloséries, deux milieux différents

De fait, plus on s'écarte des côtes, plus on a de chances de trouver une grande diversité de planctons. C'est pour cette raison que l'île de Houat a été retenue pour y installer une éclosérie de homards⁷⁶, dédiée au repeuplement des mers. Pendant quatre mois, en 1972, les marins pêcheurs se sont succédé chaque jour, au retour de la pêche, pour construire de leurs propres mains ce

bâtiment appelé « éclosérie de repeuplement des fonds ». Dans l'atmosphère confinée, créée grâce à une serre translucide qui entourait les bassins, l'eau prélevée en mer pouvait petit à petit augmenter sa température de quelques degrés, et le plancton proliférer sans prédateurs. Une seule différence avec le milieu naturel : un système de chaussettes filtrantes empêchait les larves d'autres espèces d'entrer dans les bassins. Pendant des années, il a été possible d'observer la diversité des diatomées qui permettait de passer rapidement du stade de phytoplancton au stade de zooplancton pour nourrir les bébés homards. Malgré la quantité importante de larves produites pour alimenter chaque année 100 000 à 150 000 juvéniles de homards prêts à être remis à l'eau, personne n'a jamais constaté de problèmes de qualité sanitaire des eaux.

Pour l'éclosérie de Beg-Meil, il aurait fallu aussi une qualité de plancton exceptionnelle mais la baie de Concarneau n'offre pas cette diversité. Les femelles grainées⁷⁷ de homard mises à pondre dans l'eau de mer prélevée sur la côte donnent des larves, mais certaines meurent dans leur mue. De plancton temporaire elles n'atteignent jamais le stade juvénile, ce qui est très préoccupant. La qualité du phytoplancton et du zooplancton se serait-elle détériorée ? Les observations faites à l'éclosérie de Beg-Meil paraissent peut-être simplistes à certains, mais elles révèlent un dysfonctionnement de l'écosystème depuis de nombreuses années. La biomasse du phytoplancton et du zooplancton est toujours présente, mais pas sa diversité. Une érosion de la biodiversité planctonique a toujours un impact considérable sur toute la pyramide de la vie marine. On ne peut pas avoir quelques espèces monospécifiques qui se développent et bénéficient de toute la qualité nutritionnelle que procure la diversité. On pourrait aisément comparer avec l'alimentation humaine. Si en France

76. Voir le film *L'Éclosérie* de Ronan Quéméré, Jean Le Dorven et Pierre Mollo, 1975.

77. « Grainées » signifie avec des œufs noirs ou rouges, selon la maturité, sous l'abdomen.

aujourd'hui il n'y avait que des choux-fleurs à manger, et qu'il n'y ait plus de tomates, de haricots, etc., on aurait inévitablement des carences alimentaires. Or les organismes marins, comme notre corps, ont besoin de diversité... Ce n'est pas la quantité de plancton qui est importante (il n'est pas près de disparaître), mais bien sa diversité. On voit des espèces s'installer durablement, même chez les diatomées, trop durablement, aux dépens des autres. Comme la nature a horreur du vide, aussitôt que des espèces disparaissent, d'autres prennent leur place. Celles-ci seront peut-être des phytoplanctons moins délicats, moins exigeants sur la qualité des eaux qui leur est proposée.

Le plancton en perpétuelle évolution

La détérioration de la qualité des eaux vient du continent, des fleuves, mais peut provenir aussi du large avec le dégazage en mer des pétroliers, des chimiquiers, les déballastages, sans compter d'autres facteurs. Quand on voit l'été au large des Glénan des eaux irisées, on en connaît la cause : l'affluence des bateaux de plaisance, bien supérieurs en nombre aux quelques bateaux de pêche qui peuvent encore passer entre les voiliers. L'océan est malade de l'homme, c'est le plancton qui nous l'assure. Comme il a une durée de vie très éphémère et qu'il est de petite taille, il change très rapidement. Si le zooplancton permanent peut mettre quelques semaines avant de se décider à changer, pour le phytoplancton, le changement est de l'ordre de quelques heures, voire de quelques jours. En mer, « il y a tout en magasin ». Selon la qualité des eaux, le milieu sait ce qu'il lui faut : tel type d'éléments nutritifs, telle quantité d'oligoéléments, tel type de vitamines, telle quantité de silice, etc. Bref, dans chaque développement de phytoplancton, il y a une recette de cuisine, un cocktail de nutriments complexe et très précis. Chaque fois qu'un nutriment est en excès par rapport à un autre, des *blooms* de phytoplanctons monospécifiques apparaissent⁷⁸. Nous avons cité l'exemple du barrage d'Arzal. Quand

78. Par exemple, quand la quantité de nitrates ou de phosphates, de fer ou d'autres oligoéléments augmente, ou bien quand les apports de certaines vitamines sont supérieurs aux besoins du phytoplancton.

on ouvre les vannes⁷⁹ pour évacuer le trop-plein de sédiments accumulés au pied du barrage, l'eau charrie dans la mer une accumulation de matières organiques et de sédiments qui contribue au développement d'une traînée (en forme de panache) de phytoplancton monospécifique⁸⁰.

Cet apport excessif et soudain de matières organiques (nutriments) favorise le développement anarchique de bactéries qui vont à leur tour produire les minéraux nécessaires à la vie des végétaux, mais aussi produire certaines vitamines qui peuvent interagir sur telle ou telle espèce de phytoplancton et réduire ainsi sa diversité. Par exemple *Cerataulina pelagica* (diatomée) peut avoir un développement exponentiel et empêcher la diversité phytoplanctonique d'exister. Si dans une goutte d'eau on a l'habitude de compter dix ou quinze espèces différentes de phytoplancton, il est possible aujourd'hui de n'en voir que trois ou quatre qui se développent. Dans ce cas, tous les réseaux trophiques⁸¹ en pâtiront, en particulier la diversité du zooplancton permanent qui, par effet domino, va perturber tout le zooplancton temporaire.

Le phytoplancton s'adapte suivant la qualité des eaux dans lesquelles il évolue. La diminution de la production de certains zooplanctons aboutira à un moment donné à un dérèglement de toute la chaîne alimentaire. C'est pour cette raison que les poissons comme les sprats, les anchois et les sardines quittent certaines zones, ne trouvant plus la nourriture adaptée à leur bouche. Cette observation est valable aussi pour le requin-pèlerin qui est un gros consommateur de copépodes. Vu sa taille (plusieurs tonnes), on peut s'en apercevoir facilement. Quand on le voit arriver près des côtes, on est inquiet et rassuré à la fois. S'il vient en Bretagne,

79. Système dit de « chasse d'eau ».

80. Qui se diffuse de l'estuaire de la Vilaine jusqu'à l'archipel de Glénan.

81. Réseaux trophiques : le terme « trophique » se rapporte à tout ce qui est relatif à la nutrition d'un tissu vivant ou d'un organe. Par exemple, une relation trophique est le lien qui unit le prédateur et sa proie dans un écosystème.

c'est qu'il y trouve la nourriture qui correspond à son alimentation. Le jour où les requins-pèlerins auront disparu des zones côtières, on est à peu près certain que certains types de zooplancton auront disparu avant lui. Avec les changements climatiques (augmentation des températures), le phytoplancton va se modifier rapidement, tandis que les espèces fixées (comme les coquillages, les crustacés) et les poissons vont mettre un certain temps avant d'évoluer. La gamétogenèse aura toujours lieu à la même époque, la fécondation et le développement des larves aussi. Mais, hélas, les larves issues de ces homards ou de ces crevettes vont se trouver face à un plancton qui ne correspondra plus à la taille de leur bouche car il y aura eu un « décalage dans le calendrier ». On ne sait pas ce que peut produire cet « effet papillon⁸² ». Il peut engendrer une transformation du plancton dont on ne s'apercevra que quelques années après, lors de la disparition de certaines espèces qui semblera alors inexplicable. En réalité, celles-ci n'auront pas disparu, mais auront évolué très rapidement, étant des micro-organismes extrêmement simplifiés. On peut voir, par exemple, des espèces peu fécondes habituellement dans nos eaux devenir soudain très prolifiques, comme les aplysies ou les méduses. Quand celles-ci sont pléthoriques, elles consomment tout le zooplancton présent, notamment les copépodes qui servent habituellement de nourriture aux juvéniles de poissons. Autre exemple, les anatifes comme les balanes, qui, lorsqu'ils colonisent les rochers, produisent des répulsifs algaux (*antifouling* naturel). Ce phénomène entraîne la disparition d'une grande diversité d'algues qui sont pourtant de véritables niches écologiques pour de nombreux animaux marins. Ces espèces plutôt opportunistes occupent le terrain et peuvent se développer très rapidement.

82. L'effet papillon (ou *butterfly effect*) est une expression inventée par le météorologue américain Edward Lorenz qui stipule que chaque action, même la plus anodine, peut avoir à long terme des conséquences colossales, ce qui est souvent résumé par la question de Lorenz : « Le battement des ailes d'un papillon au Brésil peut-il déclencher une tornade au Texas ? »

Prévoir l'imprévisible en impliquant le plus grand nombre

Pour évaluer et avoir des éléments quantifiés et mesurés, il faudrait que le plancton ne reste pas la préoccupation d'un petit nombre d'experts ou de scientifiques. Comme le chantier est immense, et qu'ils sont peu nombreux, on risque de ne pas être en mesure d'anticiper les événements ou une catastrophe, faute de moyens humains. C'est pourquoi il nous a paru utile d'intégrer des citoyens en leur faisant prendre conscience de l'importance du plancton, au moyen de conférences d'abord, puis de visites sur le terrain et d'animations sur le plancton. Une centaine de personnes ont adhéré à l'idée en créant une association dans le Morbihan (l'Observatoire du plancton⁸³). Ils se sont approprié des connaissances sur le sujet, de manière à ce que, lorsqu'ils constatent un changement dans la couleur ou l'aspect de l'eau, ils puissent faire un prélèvement et l'apporter à analyser. L'ambition de ce projet est également de rendre accessible un monde invisible au plus grand nombre. Ainsi, des citoyens lambda peuvent se transformer au fil du temps en auxiliaires de la science.

Aujourd'hui, des professionnels de la conchyliculture, des marins pêcheurs, actifs ou retraités, et des agriculteurs s'intéressent davantage à la question. Les collectivités territoriales commencent elles aussi à se pencher sur le problème.

Les élus auront comme obligation la distribution non seulement d'une eau potable, mais aussi, sous la pression de l'Europe, d'une eau « bonne à vivre » : la directive-cadre sur l'eau a été adoptée par le Parlement européen et le Conseil de l'Union européenne le 23 octobre 2000. Ce texte établit un cadre juridique et réglementaire pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Son objectif est d'atteindre d'ici à 2015 le « bon état »

83. Boulevard de la Compagnie-des-Indes – 56290 – Port-Louis.
www.observatoire-plancton.fr

écologique et chimique pour tous les milieux aquatiques naturels et de préserver ceux qui sont en très bon état⁸⁴.

La mer, les estuaires, les plages et l'estran devront avoir une qualité d'eau suffisante pour que les coquillages, les crustacés et les poissons puissent se développer. 2015 va vite arriver ! Les collectivités ont commencé à prendre en charge ce financement des observations, en particulier depuis trois ans dans la ria d'Étel⁸⁵. Car le plancton a sa « propre histoire ». Quand apparaissent des problèmes de mortalité ou de disparition d'une espèce, on ne peut pas expliquer ce phénomène si on ne sait pas ce qui s'est passé dans les mois qui précèdent. Le plancton est un indicateur et même plus, un vrai « témoin à charge ». Il nous indique la cause des dérèglements : l'extraction des sédiments, le clapage en mer, un barrage ici ou là, les apports bactériologiques (matières fécales dues aux élevages ou à un assainissement urbain défectueux), les mauvaises pratiques agricoles (pesticides)⁸⁶... Le phytoplancton, en particulier, est un bon indicateur : on trouvera un certain type de diatomée dans tel type de milieu précis. Autrement dit, tout ce qui peut altérer la composition de l'eau contribue à la modification du plancton, ce qui est susceptible d'entraîner des catastrophes biologiques.

Aménagements du littoral et perturbation de l'écosystème

« Les travaux et projets d'aménagement qui sont entrepris par une collectivité publique ou qui nécessitent une autorisation ou une décision d'approbation, ainsi que les documents d'urbanisme, doivent respecter les préoccupations d'environnement. Les études préalables à la réalisation d'aménagements ou d'ouvrages qui, par l'importance de leurs dimensions ou leurs incidences sur le milieu

84. Voir sites www.cemagref.fr ou www.ecologie.gouv.fr

85. Morbihan, Sud Bretagne.

86. Pratiques agricoles ou des jardiniers du dimanche, de la SNCF ou autres.

naturel, peuvent porter atteinte à ce dernier doivent comporter une étude d'impact permettant d'en apprécier les conséquences. »

Article 2 de la loi du 10 juillet 1976

Inscrite dans la loi, l'obligation de compenser les impacts causés par les infrastructures routières ou immobilières, par exemple, n'a jamais été réellement appliquée. On peut espérer que le Grenelle de l'environnement pourra obliger les promoteurs à une véritable compensation des impacts qui n'auront pu être évités ou réduits. Les deux exemples ci-dessous nous montrent que le plancton, invisible, est bien là...

« Esthétique » ne signifie pas « écologique » : l'exemple des flamants roses

Les étangs palavasiens (de Vic, de Pierre Blanche, du Prévost, de l'Arnel, du Méjean, de l'Or, de Palavas, etc.)⁸⁷ sont des milieux riches, mais fragiles et sensibles dans leurs échanges avec la Méditerranée. C'est le garde-manger de la mer, mais aussi le réceptacle des activités des bassins-versants entre Sète et Montpellier. On a fait croire au public que les aménagements de Palavas à La Grande-Motte (le bétonnage du littoral en somme) n'auraient pas d'incidences sur le milieu lagunaire ! La preuve, dit-on, depuis qu'on a aménagé ce littoral, les flamants roses sont venus en grand nombre, ce qu'ils ne faisaient pas auparavant. Les promoteurs du comblement et de la modification des réseaux hydrauliques des marais constatent en effet que plus ils comblent, plus ils aménagent, plus il y a de flamants roses. Comment accepter l'inacceptable, c'est-à-dire que le plancton servirait l'intérêt des promoteurs ? Le plancton serait-il un auxiliaire du bétonnage ?

Un ancien marin pêcheur remarque qu'effectivement les flamants roses prolifèrent depuis qu'ils ont bétonné. En réfléchissant au problème, il s'est aperçu que les niveaux d'eau ont diminué depuis qu'ils ont fermé les vannes, « assaini » le milieu, comme

87. Département de l'Hérault, sud de la France.

ils disent. Avant, lorsqu'il y avait entre un mètre et 1,50 mètre d'eau, il mettait des capétchades⁸⁸, des filets, et pêchait une diversité incroyable de poissons et de crustacés. Du jour où ils ont comblé et fermé les étangs, la diversité a changé. Aujourd'hui, comme il y a à peine 50 centimètres d'eau, les poissons, les crabes et les crevettes n'ont plus assez d'eau pour vivre. Les eaux ont verdi (sans doute s'agit-il d'un *bloom* de phytoplancton), puis ont pris une couleur orangée (sans doute un *bloom* de zooplancton).

Avec 50 centimètres d'eau, les flamants roses peuvent donc filtrer tranquillement ce qui reste comme biomasse survivante puisqu'il n'y a pas d'autres prédateurs. Avant, ils se mouillaient les plumes, maintenant ils ont de l'eau jusqu'aux genoux, si l'on peut dire. Ce nouveau milieu leur convient parfaitement, car ils trouvent sans difficulté le zooplancton qui leur donne d'ailleurs cette jolie couleur rose. Ce phénomène pose malgré tout un problème dans la mesure où la biomasse (le phytoplancton et le zooplancton) est toujours là, mais la biodiversité a disparu. Comme les chaînes trophiques qui s'emboîtent⁸⁹ n'existent plus, les poissons et les coquillages disparaissent à leur tour. On ne voit plus que l'aspect esthétique du site, sans se douter de la catastrophe écologique qui a lieu en dessous, dans le milieu biologique.

Les constructeurs n'ont pas détruit le plancton, ils ont détruit le haut de la pyramide du vivant en diminuant les niveaux d'eau. Il y a toujours la même biomasse de phytoplancton, mais sans la variété de plancton qui engendre la grande biodiversité des espèces marines. On transforme le phytoplancton en flamants roses au lieu de transformer le phytoplancton en bébés crevettes qui vont nourrir des juvéniles qui vont eux-mêmes nourrir des poissons.

Quand l'écosystème fonctionnait, l'homme en bout de chaîne pouvait prélever sa nourriture. Maintenant, il ne reste plus qu'une chaîne alimentaire atrophiée (du plancton végétal et animal) et des flamants roses que personne ne mange. Un résultat surtout

88. Capétchade : sorte de verveux, filet fixe équipé de pièges à poissons.

89. Voir la pyramide alimentaire marine p. 82.

bénéfique pour les cartes postales et les plaquettes publicitaires des promoteurs...

Le Ster de Lesconil, des aménagements existants à revoir

Le Ster de Lesconil, en Bretagne, est une ria⁹⁰ de 36 hectares qui possède une très grande richesse biologique. C'est un site de référence pour les scientifiques et les pêcheurs car il joue un rôle important dans le renouvellement des espèces de poissons, notamment grâce à sa richesse planctonique. Le Ster est aussi un cours d'eau, également pris comme référence, mais pour la bonne qualité de son eau.

Les nombreux travaux d'aménagement de l'estuaire du Ster engagés depuis 1950, notamment la construction du pont-digue en 1968, ont perturbé l'équilibre naturel au niveau de la dynamique sédimentaire du site. C'est toute la zone estuaire, port, dune et plage qui s'en retrouve modifiée. Le Ster étant en train de se transformer tout doucement en un marais maritime, il finira par se fermer complètement. En aval, le sable de la dérive littorale, bloqué par le pont-digue, entraîne la formation de bancs de sable. Cette problématique du Ster a fait l'objet de nombreuses études, menées par les différentes municipalités depuis 1993. Un travail de synthèse de l'ensemble de ces études a été réalisé en mai 2006, présentant au moins sept scénarios d'aménagements possibles.

La municipalité de Plobannalec-Lesconil a dû réaliser une étude hydrosédimentaire, via une modélisation numérique, qui permettra de faire le choix définitif de l'aménagement adapté (possible, souhaitable, réalisable et durable), de le chiffrer et de fixer son délai de réalisation. L'objectif est d'une part de résoudre les problèmes d'ensablement de l'estuaire afin de restaurer les écosystèmes et de lutter contre l'érosion de la dune, d'autre part d'éviter les risques d'inondation. En effet, la direction

90. Le Ster est le nom d'une *ria* (espagnol), ou *aber* (breton), ou vallée fluviale noyée par la mer. Le port de Lesconil est situé dans le Finistère Sud.

départementale de l'Équipement recommande, dans le plan de prévention des risques majeurs de 1999, d'assurer le maintien du cordon dunaire qui constitue, face aux risques de submersion marine, la seule protection de l'activité économique qui s'est développée sur le polder du Cosquer...

L'importance de ce site explique qu'un tel projet de réhabilitation soit mené autour d'une collaboration entre les élus locaux, les institutions, les associations et les scientifiques. Mais ce n'est pas tout. Le 6 novembre 2004, une pollution a causé des mortalités importantes de poissons. Elle était due essentiellement à une forte accumulation d'algues à l'entrée du Ster. La dégradation de ces algues ainsi qu'un faible coefficient de marée ont sans doute été les facteurs principaux qui ont provoqué l'anoxie⁹¹ du milieu. Cette accumulation d'algues est probablement liée au pont-digue qui entrave la libre circulation des eaux et supprime l'effet de « chasse d'eau » de la marée. La mortalité a touché également les crabes qui, comme les autres animaux benthiques, ne peuvent vivre sans oxygène. Malheureusement pour eux, ils se sont retrouvés piégés, alors que les bars, mulets, daurades (animaux pélagiques) ont pu s'échapper grâce à la colonne d'eau. Deux cents bénévoles ont récupéré les 200 m³ de goémon en décomposition.

Une association est née à l'issue de ce ramassage. Lors d'une réunion, il a été souligné le fait que la montée des eaux, dans les années à venir, est incontournable et irréversible et que, si l'eau ne peut pas passer par les voies naturelles (donc le lit du Ster), elle passera par les côtés et inondera des terrains peut-être urbanisés. Beaucoup d'ouvrages en France présentent la même problématique, comme, nous l'avons vu, le barrage d'Arzal en Morbihan. L'association s'est constituée plutôt comme aiguillon pour faire progresser le dossier, dynamiser la volonté locale, relancer les élus, explorer de nouvelles possibilités d'intégrer un programme national ou européen de protection. La solution intermédiaire

91. Anoxie : absence d'oxygène.

expérimentale retenue est la pose de buses⁹² sur le côté est du pont-digue (rive gauche) à laquelle sera associée une chenalisation par un prélèvement de sédiments. Cette dynamique a entraîné aussi une autre prise de conscience. En effet, le président de l'association, José Gouyen, en a profité pour réunir ses collègues agriculteurs, souvent responsables de pollutions bactériologiques. « Parfois, un geste anodin pour nous, agriculteurs, peut avoir des répercussions sur le milieu maritime où des professionnels de la mer travaillent. En venant sur le terrain avec les pêcheurs, on va mieux cerner les contraintes de leur activité. » C'est ce qu'a affirmé Joëlle Huon, porte-parole de l'UDSEA-Confédération paysanne du Finistère, qui a mené une délégation d'agriculteurs pour la première des rencontres amicales qui devraient déboucher sur l'élaboration d'une charte de bonne conduite entre les professionnels de la terre et de la mer.

92. Buses : tuyaux d'un très grand diamètre.

3. Le plancton au centre des débats

Faut-il breveter le plancton ?

« *Res nullius* ou *res omnis* ? Dans le premier cas, si c'est le bien de personne, chacun aura le droit de se l'approprier. Dans le second cas, si c'est le bien de tout le monde, des lois difficiles à établir et impossibles à faire respecter tenteront de protéger ce bien commun et une fois de plus, le problème des captures en eau libre révélera son acuité⁹³. »

Anita Conti

Res omnis, le bien de tout le monde

Les techniques d'alimentation à partir du plancton sont connues depuis très longtemps. Récemment, sur un « marché bio » en Bretagne, un marchand vendait de la spiruline pour l'alimentation sous forme de biscuits, de pâtes et de poudre. Jouant les candides, nous avons expliqué au marchand que nous souhaitions nous lancer dans la culture du plancton. Pouvait-il nous dire comment on cultive la spiruline alimentaire ? Le marchand nous a répondu qu'il préférerait garder ses secrets de fabrication. Ainsi, certaines personnes, trouvant l'idée intéressante, se sont approprié le marché.

93. Anita Conti, *L'Océan, les bêtes et l'homme*, op. cit.

Il faudrait donc payer un droit pour la fabrication de ce qu'on trouve à l'état naturel ! Il y a dans cette attitude un début d'appropriation de techniques ancestrales, avec un secret de fabrication qui ressemble à du brevetage. Imaginons que des Africains viennent en France pour apprendre à cultiver des algues (autres que la spiruline qu'ils connaissent très bien) ou améliorer leur système de production, on leur répondrait : « Ce n'est pas possible ! Secret de fabrication ! » Ou bien on leur proposerait de payer très cher des entreprises qui auraient accumulé un petit savoir-faire copié sur le milieu naturel, en Afrique ou en Inde. Vous voulez faire de la spiruline ? Venez en France, on va vous former si vous payez ! Cela semble impensable. D'un point de vue éthique, cette formation devrait être gratuite.

Souches gratuites !

Il y a près de quarante ans, quand, en France, on a commencé la culture du plancton pour l'écloserie d'Houat, Internet n'existait pas, il était alors très difficile de trouver des informations. Après avoir cherché dans les publications quels laboratoires pouvaient donner des souches de phytoplancton, l'équipe d'Houat s'est adressée, au hasard, à des laboratoires américains et japonais. Dans la semaine qui a suivi, elle recevait des tubes à essais contenant les phytoplanctons commandés. Combien devaient-ils ? « C'est gratuit, on ne peut pas faire payer des souches ! » Les chercheurs étrangers ont expliqué qu'ils avaient sélectionné les souches, qu'ils avaient une collection de planctons vivants qu'ils entretenaient depuis des années pour les rendre accessibles à ceux qui en avaient besoin. « En échange, si vous voulez nous rétribuer, nous vous demandons de nous envoyer une fiche technique sur l'utilisation de ce plancton, pour le plaisir de savoir ce que vous allez en faire. » Les premières souches reçues en France étaient donc gratuites ! Aujourd'hui, à Beg-Meil, quand quelqu'un a besoin de souches de phytoplancton, on se fait un plaisir de les donner gratuitement. Cela fait partie des règles de courtoisie que les écloserieurs ont entre eux car personne n'est propriétaire de ce vivant.

Évidemment, la situation est différente quand on le produit à l'échelle industrielle car le volume engendre un coût d'énergie. La documentation sur la production de spiruline ou autres phytoplanctons est facilement accessible au sein du ministère de l'Agriculture et de la Pêche, notamment à Beg-Meil⁹⁴.

Rester proche du milieu naturel pour plus d'efficacité

En règle générale, les écloseries marines utilisent les nouvelles technologies et s'éloignent de plus en plus du milieu naturel. C'est le signe d'une fuite en avant technologique contraire à l'esprit du développement durable. On s'enferme dans son écloserie, et quand on a un problème, on ne cherche pas la solution dans le milieu naturel, mais grâce aux biotechnologies. Les écloseries dans le monde, et en Europe en particulier, ont tendance à aller vers des manipulations génétiques et chromosomiques pour régler, au nom de la sacro-sainte rentabilité, des problèmes qui sont d'ordre biologique ou technique. Les écloseries devraient davantage chercher dans l'histoire comment on procédait il y a trente ou quarante ans, de façon pragmatique, en s'appuyant sur le milieu naturel. La mer sait produire des larves et les amener à la métamorphose. Par des techniques simples, on peut filtrer, empêcher mécaniquement les prédateurs d'entrer dans l'écloserie, et, à partir de là, toujours garder un « état d'esprit proche de la nature », faire des écloseries « à l'ancienne », comme c'était le cas à Houat. À l'époque, c'était la mer qui commandait les productions de phytoplanctons et de zooplanctons pour obtenir des homards ou des huîtres. Autrement dit, une écloserie doit prendre en compte la connaissance des anciens, notamment celle des stations biologiques au XIX^e siècle où l'on se retournait vers le milieu naturel pour comprendre la sélection qui est opérée par celui-ci. Il faut garder l'esprit de ces chercheurs, évoluer, bien sûr, mais sans créer les mêmes aberrations qu'en élevage intensif hors-sol, agricole et aquacole.

94. S'adresser à morgane.nedelec@educagri.fr

Du plastique dans nos aliments

D'Hawaï au Japon, 100 millions de tonnes de débris de plastique flottent à la surface de l'océan Pacifique, sur une étendue grande comme au moins deux fois les États-Unis. Quelle que soit l'ampleur de la superficie incriminée (34 millions de kilomètres carrés pour la Fondation Algalita⁹⁵ en Californie, 25 millions de kilomètres carrés selon la revue *L'Écologiste*⁹⁶ ou 600 000 km² selon Greenpeace⁹⁷), le phénomène doit être pris très au sérieux. Il existe bien un – voire des – *garbage patch* (banc d'ordures) ou *trash vortex*, formant des nappes gigantesques de soupe épaisse de débris plastiques flottant entre deux eaux, que les oiseaux⁹⁸ et les tortues⁹⁹ confondent avec des aliments, ce qui les étouffe ou les conduit à une mort lente par intoxication, infection ou occlusion intestinale. Les petites boules de polystyrène sont avalées par les oiseaux marins. Leur estomac ne pouvant éliminer cette nourriture, ils meurent de froid et de faim. On trouve ces débris au cœur des courants, dont certains sont de gigantesques tourbillons océaniques. C'est le cas du grand vortex du pacifique Nord (ou North Pacific Gyre) qui inclut dans son enroulement plusieurs courants (Pacifique Nord, de Californie, équatorial sud et Kuro-Shivo). Son centre est une zone relativement calme, pour ainsi dire sans vents, méconnue car peu fréquentée par les bateaux. C'est sans doute pour cette raison que personne ne s'était rendu compte que cette bouche géante avait piégé les déchets rejetés à 80 % par les continents et à 20 % par les bateaux, et notamment des déchets en plastique. Au lieu d'être biodégradés, les déchets apportés par le mouvement de rotation du vortex sont photodégradés en fines particules qui sont finalement avalées par la faune marine. Le

95. Pdf *Rapport du capitaine Charles Moore*, publié par le PNUE (ou UNEP).

96. Article de Daisy Dumas in *L'Écologiste*, n° 24, octobre-décembre 2007.

97. Après le passage du navire *l'Esperanza*, en novembre 2006.

98. 100 000 décès de l'albatros de Laysan (*Diomedea immutabilis*) dus à l'ingestion de plastique.

99. Une étude de Greenpeace estime que 80 % des tortues du globe ont déjà mangé du plastique.

plastique, au contraire du pétrole, ne se dégrade pas et les molécules individuelles ne sont que très lentement métabolisées par les êtres vivants. Des particules photodégradées se mélangent au plancton, libérant des polluants dangereux pour la faune et la flore. Les organismes de ces animaux concentrent alors des polluants organiques persistants (POP), comme le PCB¹⁰⁰ et le DDT¹⁰¹. Ce sont des contaminants bioaccumulables que les animaux (poissons gras en particulier, et leurs prédateurs dont oiseaux pêcheurs et mammifères marins tels que les cétacés) peuvent ensuite « exporter » (phénomène dit « de bioturbation ») sur de vastes territoires, via leurs déplacements. À cause de la place que ceux-ci occupent dans la chaîne alimentaire marine, les molécules vont s'accumuler sans être éliminées, être transportées sans détérioration d'un individu de la chaîne à l'autre, le mangeur mangé, jusqu'au prédateur présent à tous les étages de la chaîne : l'homme. Et si l'ours arctique présente un système immunitaire affaibli à cause d'une forte concentration de PCB dans son organisme, ainsi que des troubles de son système de reproduction, pourquoi l'être humain ne serait-il pas affecté lui aussi ? À l'image du nuage de Tchernobyl qui s'arrête à la frontière de la France, la bioaccumulation ne concernerait-elle pas l'homme ?

Une mobilisation active contre le plastique

La plaque, l'île de plastiques, la soupe plastique, quel que soit son nom, n'est pas une masse solide, mais une accumulation de déchets méconnaissables après un long séjour dans l'eau pendant des décennies et sous l'effet du rayonnement solaire. Si l'on continue à utiliser des plastiques jetables, cette plaque pourrait doubler dans les dix prochaines années. Le plastique constituerait alors

100. Les polychlorobiphényles (PCB) massivement utilisés des années 1930 aux années 1970 comme lubrifiant industriel semblent surtout véhiculés par l'eau.

101. Le dichlorodiphényltrichloroéthane, couramment appelé DDT, est un pesticide interdit depuis les années 1970 du fait qu'il est presque insoluble dans l'eau, même s'il est très soluble dans les matières grasses et la plupart des solvants organiques.

90 % du volume de tous les déchets flottants des océans. Le programme environnemental des Nations unies a estimé par ailleurs en 2006 que chaque mile carré de l'océan contient 46 000 morceaux de plastique flottant.

Prenons deux exemples de notre vie quotidienne : en France, chaque année, 15 milliards de sacs de caisse sont distribués dans les magasins, soit environ 500 sacs plastique par seconde et 83 000 tonnes de déchets à éliminer. Parmi eux, 150 millions de ces sacs (soit un sac sur cent) finissent sur le littoral français et sont à l'origine de la mort de mammifères marins qui les confondent avec des méduses ou des céphalopodes (calmars, par exemple). Un sac de caisse, fabriqué en une seconde, d'une durée moyenne d'utilisation de vingt minutes, mettrait quatre cents ans à se décomposer dans la nature. Autre exemple : le tabac est biodégradable, mais pas le filtre des cigarettes. Il est en acétate de cellulose, plastique qui se décompose en microparticules que l'on retrouve dans les sédiments et le sable des plages. Avis aux vacanciers fumeurs...

En ce qui concerne les déchets provenant des navires, en 1972, l'OMI (Organisation maritime internationale) et les Nations unies ont promulgué la convention de Londres sur la prévention de la pollution marine par rejet de déchets et d'autres matériaux (London Dumping Convention). L'annexe I de la convention de Londres interdit le rejet de « plastiques persistants et autres matériaux synthétiques persistants, par exemple, les filets et les cordages, susceptibles de flotter ou d'être remis en suspension dans la mer de manière à interférer avec la pêche, la navigation ou tout autre usage légitime de la mer ». La convention internationale Marpol (1973-1978) a fait évoluer les pratiques sur bon nombre de navires, mais plusieurs pays ne l'ont pas encore ratifiée. Pourtant, les plastiques flottant en mer ne proviennent que pour 20 ou 30 % des bateaux. La plupart arrivent de la terre, balayés notamment par les orages et le vent vers la mer.

Devons-nous rester sans rien faire ? Il est tout à fait possible et même indispensable de supprimer les sacs plastique, de réduire nos déchets et en même temps de rapporter ceux qui flottent sur la mer. Côté terre, des associations se sont mobilisées pour inviter le public à ne pas jeter de macrodéchets sur le littoral et les plaisanciers à rapporter au port les déchets qu'ils ont générés (cf. encadré).

L'Atelier bleu :

Association en PACA (Provence-Alpes-Côte d'Azur)

Objectif : écogestes et pratiques plus écologiques à destination des plaisanciers

www.ecogestes.com

Collect-if :

Association à La Ciotat / Sensibilisation des plaisanciers

Objectif : réduction des sacs plastique et leur abandon dans les supermarchés

Campagne de sensibilisation auprès des plaisanciers « J'aime ma mer »

www.collect-if.org

Echo-Mer :

Association à La Rochelle / Sensibilisation des plaisanciers

Objectif : réduction des plastiques, collectes de piles usagées, écogestes

Atelier de recyclage des voiles usagées (sacs en tout genre)

www.echo-mer.com

Éconavigation :

Fondation Nicolas Hulot (www.fnh.org) : SOS Mer Propre

Association De Navigatio (www.econav.org) : Forum Econv

Golfe Clair :

Association dans le Morbihan / Sensibilisation des plaisanciers

Ramassage des macrodéchets

www.golfeclair.com

Mer-Terre :

Association à Marseille / Sensibilisation du public et des collectivités territoriales

Collecte des données sur les macrodéchets du littoral et en mer
www.mer-terre.org

Surfrider Foundation :

Association internationale de surfeurs

Campagne « Initiatives Océanes » : ramassage des déchets sur les plages et les rives au printemps
www.surfrider-europe.org

Voile de Neptune :

Association à Sète / Sensibilisation des plaisanciers

Information et sensibilisation des gestionnaires et personnels portuaires
http://voiledeneptune.org

Entre papier et plastique, quel sac choisir ?

Contrairement à ce que l'on pense, s'il n'est pas jeté n'importe où dans la nature pour finir dans la mer, le sac plastique est le mieux. Pourquoi ? Parce qu'on peut le réutiliser au moins quatre fois (dix ans dans l'idéal), puis à la fin comme sac-poubelle.

Sa fabrication consomme trois fois moins d'eau et émet moitié moins de carbone que le sac papier. Sa combustion est équivalente à une énergie de dix minutes pour une ampoule de 60 W. Il est cependant préférable d'utiliser un cabas ou un Caddie.

Le Ruban vert, un succès fédérateur¹⁰²

Côté mer, une petite association du littoral breton, l'association Loctudy Environnement, a démontré qu'on pouvait rapporter ses déchets et ceux trouvés en mer. C'est l'histoire du Ruban vert.

102. L'histoire du Ruban vert est racontée dans le film *Loctudy Environnement*, troisième volet de la série « Images de solidarité », conception Maëlle Thomas-Bourneuf, réalisation Jean-Yves Dagnet.

Un soir de 1992, le patron pêcheur du hauturier¹⁰³ *Kerbulic*, Jean-René Quéau, raconte à Jean Donnard, ancien docker à la criée de Loctudy, combien la mer est devenue une poubelle et lui confie son refus de participer plus longtemps à la pollution. Il explique que, dorénavant, il rapportera ses déchets à terre : ceux générés par son équipage et ceux pêchés au chalut dans la mer. Comme il estime à 250 kilogrammes la quantité de déchets rapportés pour une « marée », c'est-à-dire quinze jours en mer, la quantité pour Loctudy et ses quarante-cinq bateaux ne serait pas négligeable... Le « terrien » Jean Donnard prend conscience que les déchets peuvent constituer un péril pour la faune et la flore sous-marine. Le lendemain, il décide d'agir. Il prévient la presse que l'association Loctudy Environnement, dont il fait partie, récompensera ce patron pêcheur atypique, de façon publique et médiatisée, par la remise d'un diplôme symbolique appelé le « Ruban vert », qui sera encadré et présenté comme un diplôme d'autrefois.

Au départ, l'idée séduit une poignée de patrons pêcheurs et leurs équipages, qui trieront consciencieusement leurs chaluts et ramèneront tous leurs déchets à terre. Les six premières années, Loctudy Environnement décorera du Ruban vert sept patrons de hauturiers pour leur civisme. Petit à petit, les hauturiers sont rejoints par les côtiers. Mais l'association Loctudy Environnement qui a initié le projet ne peut aller plus loin dans la prise en charge des déchets. Elle ne peut se substituer à la chambre de commerce et d'industrie (CCI) de Quimper, concessionnaire du port de pêche, qui gère déjà le ramassage des déchets de la criée. La CCI crée finalement en 2000 un poste de « conseiller en gestion des déchets d'entreprises portuaires », rattaché à la criée de Loctudy. Il a pour mission de sensibiliser les pêcheurs qui ne sont pas encore convaincus et d'organiser la collecte à quai. Aujourd'hui, plus de

103. Bateau partant quinze jours à trois semaines en mer pour une « marée ». Les côtiers partent pour la journée (trois jours au plus), et les bateaux au long court pour plusieurs mois.

80 % de la flottille de Loctudy assure ce tri sélectif. L'idée est entrée dans les habitudes culturelles, les irréductibles étant des bateaux de passage.

Cependant, il serait réducteur de penser que la seule création d'un poste officiel a permis de sensibiliser les marins. Ce serait oublier une composante majeure : la conviction de ceux et celles restés à terre. Les femmes des marins ont eu une influence certaine sur leurs maris, de même que leurs enfants, sensibilisés à l'école par leurs camarades, enfants des marins récompensés. Sans oublier les parents des patrons pêcheurs qui ont pris le relais, anciens marins repentis d'avoir fait comme tout le monde, c'est-à-dire tout jeté par-dessus bord ou par-dessus quai. D'ailleurs, dans le port, on ne ramasse plus de canettes de bière car même les anciens « ne jettent plus ». Toute la population se sent concernée.

Qui paiera pour l'élimination des déchets ?

Si l'efficacité d'une telle initiative n'est plus à démontrer, en revanche, en aval, un autre problème se pose : que faire des déchets ? Qui paiera la filière d'élimination ?

Pour situer le problème, supposons un bateau de six hommes d'équipage, chacun d'eux jetant deux boîtes de conserve (en métal ou en plastique) et une bouteille en plastique par jour. Si on considère 250 jours en mer par an et par bateau, on arrive à 3 000 boîtes de conserve et 1 500 bouteilles par an, pour seulement un bateau. Sans compter les déchets divers et ceux ramassés au chalut, le tri sélectif se faisant à quai, à proximité du port de pêche. Certains déchets (par exemple les bouts de filet repêchés) ne peuvent intégrer aucune filière. En dehors du coût de l'emploi proprement dit, le coût de l'enlèvement et du recyclage des déchets est élevé et incombe en totalité au port de Loctudy : 150 euros par tonne pour 63 tonnes de déchets comptabilisés en 2002... Est-ce que la filière devrait payer, comme les particuliers paient le ramassage de leurs ordures ménagères ? Certains professionnels de la mer refusent cependant de payer deux fois : une fois pour les déchets générés par

leur campagne de pêche (ce qui leur paraît normal), une autre fois pour les déchets des autres (ramassés en mer dans leur chalut). Plus globalement, si les filières de recyclage étaient mieux organisées, elles permettraient une diminution considérable des coûts de logistique. Autrement dit, le ramassage de port en port jusqu'à la plate-forme de recyclage devrait être organisé comme le ramassage des sacs jaunes, c'est-à-dire à dates fixes et sans que le camion circule jamais à vide.

Une expérience profitable pour tous

L'expérience du Ruban vert est incontestablement réussie. La première preuve nous en est donnée par les marins eux-mêmes, qui disent ramasser de moins en moins de déchets en mer d'Irlande. Ce constat montre que le phénomène n'est pas irréversible. Et le hasard a fait que, pendant l'écriture du livre, la crise de la pêche s'est aggravée avec la crise économique mondiale, la hausse du pétrole et la diminution de la ressource halieutique. Rien ne va plus dans le monde de la pêche. Pour y remédier, un plan de sauvetage a été mis en place en France, le plan d'aide aux pêcheurs de Michel Barnier¹⁰⁴, assorti d'une charte qui encourage les professionnels à s'organiser dans les ports, sous forme de coopérative (comme la coopérative Ar Mor Glaz, créée au Guilvinec dans le Finistère) ou de fondation (comme France pêche durable et responsable, créée à Étaples dans le Pas-de-Calais). Chaque région de pêche choisira le type de structure en fonction de ses intérêts et de sa culture, avant de signer la charte. En dehors des économies de gazole souhaitables, cette démarche est d'autant plus intéressante que la signature de la charte est, en principe, conditionnelle : en échange de l'aide, la coopérative ou la fondation prend l'engagement de changer ses pratiques et ses comportements en matière d'environnement. Il s'agit de pêcher autrement pour préserver la ressource, en changeant d'engins de pêche ou en améliorant les techniques de pêche, mais aussi de ramener à terre tous les déchets générés par le bateau.

104. Il porte sur la période 2008-2010 et s'élève à 310 millions d'euros.

L'expérience de Loctudy, qui dure depuis plusieurs années, était novatrice et inspirera, on l'espère, d'autres ports.

La montée des eaux : un risque pour la mangrove¹⁰⁵

La montée des eaux va toucher en priorité les zones côtières où les écosystèmes sont les plus productifs (mangroves, deltas et estuaires) et à la base d'une activité économique importante dans les secteurs de la pêche, de l'agriculture et du tourisme. Ces zones sont souvent les plus peuplées, voire les plus urbanisées.

La mangrove, une niche écologique

Contrairement à ce que chantait Pauline Carton dans la première moitié du XX^e siècle, il risque d'être difficile d'aller s'aimer « sous les palélé, les palétutu, les palétuviers roses », notamment parce que les palétuviers ont les pieds dans l'eau saumâtre ou bien dans la vase. Leurs multiples racines à l'air libre leur donnent un air dégingandé, certains même ressemblent à des bergers qui auraient décidé de regarder le monde du haut de leurs échasses ; d'autres à des vieillards aux membres cagneux, tout en genoux et en coudes, qui se pencheraient avec condescendance sur la faune qui pullule à leurs pieds : insectes, mollusques, oiseaux. D'autres enfin ont les jambes arquées à force de se maintenir contre vents et marées sur ce sol mou et instable, pauvre en oxygène, rincé à chaque marée. Les palétuviers, serrés les uns contre les autres, mêlés, entremêlés, entrelacés les uns dans les autres et entre les racines desquels la marée monte, forment la mangrove. « Les marées de morte-eau sont l'entretien de la mangrove, celles de vive-eau en sont le nettoyage profond. La lune agit ; c'est elle qui précipite la course du flot. C'est elle qui ébranle les bois morts, secoue les huîtres¹⁰⁶ sur les racines et arrache les vieilles coquilles. La forêt tremble. Chaque marée charrie des

105. Voir le site pédagogique sur la mangrove en Guyane : www.sololiya.fr

106. Huîtres sauvages qui poussent sur les palétuviers.

ordures ; elle ramasse aussi les "torpilles" qui sont des arbres à peine nés¹⁰⁷. »

Palétuviers de génie !

Les palétuviers ont des aptitudes exceptionnelles pour s'adapter à un milieu aussi extrême, qui serait mortel pour n'importe quel autre arbre. La mangrove est une forêt plus ou moins mobile, qui bouge en fonction de l'apport des sédiments que les fleuves ou la marée apportent aux bancs de vase sur lesquels elle repose. Au rythme des marées, de nombreuses espèces vont s'y installer et camper pour exploiter les ressources de la vasière (crabes, limicoles, poissons, larves et juvéniles de crevettes). En fonction du temps d'immersion de leurs racines dans l'eau, les espèces de palétuviers sont différentes. On pourrait comparer la mangrove à une forteresse médiévale. En première défense, la barbacane : ce sont les palétuviers rouges¹⁰⁸ qui font face à la mer, reconnaissables à leur système racinaire aérien qui leur permet de respirer et de filtrer l'eau salée. On les trouve dans les endroits où l'eau circule (le long des fleuves, estuaires, etc.). Derrière eux, en rempart : les palétuviers blancs¹⁰⁹, puis les palétuviers gris¹¹⁰, avec leur drôle de technique de tuba (pneumatophores) qui permet aux racines de respirer lorsqu'elles sont submergées par les marées. Contrairement aux palétuviers rouges qui filtrent le sel, les blancs l'exsudent dans des *glandes à sel* situées sur leurs feuilles, ce qui leur donne de loin un aspect blanc gris comme du sel de Guérande. Comme si ce système de respiration extraordinaire ne suffisait pas, ils ont un système de reproduction tout aussi étonnant : « Les palétuviers sont vivipares, leurs enfants jetés à l'eau s'en iront former ces îles aériennes, avant-garde de terres nouvelles. Chaque jour, le jusant travaille, et chaque jour l'expansion océanique montée jusqu'au

107. Anita Conti, *L'Océan, les bêtes et l'homme*, op. cit.

108. *Rhizophora* (*rhizo*, « racine », et *phora*, « porter ») *racemosa*.

109. *Avicennia germinans*.

110. *Laguncularia racemosa*.

cœur de la mangrove remporte avec elle un peu de sa vie future. La forêt en marche vers la mer¹¹¹. »

Une faune riche et diversifiée

Nées au large, dans l'océan Atlantique, les crevettes tropicales trouvent refuge dans la mangrove. Elles migrent sur les côtes pour trouver un abri contre leurs nombreux prédateurs, y grandissent, grossissent, puis retournent au large, du moins celles qui, en Guyane, ne sont pas mangées par les acoupas (poissons larges et longs, à dents pointues), les loubines (perches de mer) et les mâchoirons (jolis poissons-chats). La faune a la luxuriance de la jungle. En Guyane, par exemple, le sol est aéré consciencieusement par le crabe violoniste qui ne fait pas peur au lamentin (un des rares survivants) qui mange tranquillement à côté les jeunes feuilles de palétuvier. Une touche de couleur est donnée au paysage par les magnifiques oiseaux (ceux de passage, comme les oiseaux migrants sud-américains, ou les ibis rouges, les limicoles, l'aigrette bleue).

La mangrove amphibie pousse sur les côtes des pays compris entre les tropiques du Cancer et du Capricorne, et uniquement sur les zones de balancement des marées¹¹². Ses 15 millions d'hectares¹¹³ s'étirent sur le littoral de la Floride, de l'Amérique (centrale et du Sud), sur les côtes ouest et est de l'Afrique, de l'Inde et de l'Asie des moussons et sur une partie de l'Australie (littoral continental, sauf une région de l'Australie sud-occidentale). Toutes les mangroves ont en commun de vivre à la frontière entre l'océan et la terre, mais d'importantes variations existent entre les diverses façades océaniques. Les côtes atlantique et est-pacifique ont une diversité végétale plus faible que celle de la zone indo-pacifique.

111. Anita Conti, *L'Océan, les bêtes et l'homme*, op. cit.

112. Zones qui s'étendent entre la marée basse et la marée haute, équivalente à l'estran pour une plage.

113. Selon le rapport de la FAO intitulé *Les Mangroves du monde 1980-2005*, la superficie totale des mangroves est passée de 18,8 millions d'hectares en 1980 à 15,2 millions en 2005.

Avant, on considérait la mangrove comme un milieu insalubre, inutile et inutilisable, notamment à cause de la présence des moustiques et même de mouches tsé-tsé. Aujourd'hui, elle est perçue comme de première importance économique, en particulier en raison du développement de l'aquaculture, de la riziculture, et comme écran protecteur contre les cyclones et les raz-de-marée.

Dilatation thermique et montée des eaux

La mangrove a le défaut de sa qualité d'équilibriste. Elle est fragile et toute perturbation de son écosystème hydrique peut lui faire courir un danger mortel. Un des dangers, parmi d'autres, est la montée du niveau de la mer. Ce phénomène est dû principalement à deux facteurs.

D'un côté, la fonte des calottes polaires (Groenland et Antarctique) apporte de l'eau douce aux océans¹¹⁴. De l'autre côté, le réchauffement des eaux de surface dilate l'eau qui prend plus de place. À cause des continents qui les limitent, les océans ne peuvent augmenter leur volume qu'en hauteur. Les deux facteurs conjugués augmentent la montée des eaux qui, au XX^e siècle, était de 15 à 20 centimètres. Les projections au niveau mondial prévoyaient une montée de 30 à 50 centimètres entre 1990 et 2100, mais selon Konrad Steffen¹¹⁵, la montée des eaux à prévoir serait de 90 centimètres à 1,20 mètre d'ici à la fin du siècle...

Dans les années 1970, les climatologues pensaient que les changements climatiques s'étaient étalés sur des centaines d'années (voire des milliers), et non sur quelques décennies. Quand les transformations sont très lentes, les espèces végétales et animales ont le temps de coloniser en douceur, de proche en proche, les espaces qui leur conviennent le mieux au plan écologique. Mais depuis une vingtaine d'années, les phénomènes climatiques nous

114. Depuis cinq ans, les glaciers ont perdu chacun 130 milliards de tonnes de glace par an, selon la spécialiste de ces questions Anny Cazenave, chercheuse au CNES (Centre national d'études spatiales).

115. Université du Colorado, mars 2009.

surprennent par leur rapidité, même si l'océan ne monte pas partout aussi vite. Alors que la moyenne de la montée des eaux est de 3 millimètres par an, certaines zones de l'océan ont dépassé les 15 millimètres. Le danger est particulièrement évident pour l'Est asiatique¹¹⁶.

Les impacts directs de la montée du niveau des océans sont la submersion des terrains côtiers par l'eau salée, l'érosion côtière et l'accroissement des zones inondables. En corollaire, on assiste à l'augmentation de la salinité dans les estuaires et les nappes phréatiques côtières. Cette hausse du niveau des eaux constitue une menace pour les biotopes des deltas tropicaux (Gange, Mékong, Orénoque, Brahmapoutre, fleuve Jaune, etc.), là où se situent les mangroves, dans les espaces estuariens comme au bord des côtes. La submersion des mangroves ou des lagunes côtières pourrait entraîner une perte de biodiversité. La « liste rouge de l'UICN¹¹⁷ » estime à plus de 700 le nombre d'espèces menacées d'extinction en Afrique. Et encore, cette liste ne tient pas compte du risque d'érosion de la diversité du plancton dans la mangrove.

On sait que les marées apportent l'équilibre de l'écosystème en réglant la distribution des espèces d'arbres et d'arbustes dans la zone de balancement des marées. Elles empêchent aussi l'accumulation de sédiments grâce à la circulation de l'eau entre les racines. Si le niveau de la mer monte, le reflux n'existera plus. Et on connaît les conséquences, la plus légère variation hydrique étant fatale à la mangrove. On a l'expérience des mangroves de Gambie qui, entre janvier et mars 1982, sont mortes sur pied, sur des milliers d'hectares¹¹⁸. Elles avaient subi une petite modification de leur régime hydrique (quelques centimètres) sur quelques semaines seulement.

116. *Sciences et Vie*, dossier, juillet 2008.

117. UICN (Union internationale pour la conservation de la nature): www.uicn.fr/Liste-rouge-2007.html

118. François Blasco, directeur de recherche au CNRS, « Les mangroves », in *La Recherche*, n° 231, avril 1991.

L'équilibre des mangroves est toujours très précaire : ni trop de sel ni trop d'immersion dans l'eau. Lorsque la mangrove est morte, les palétuviers sont entraînés par les courants et on assiste à une érosion du sol qui change le trait de côte¹¹⁹. La mortalité des mangroves est la principale cause de l'érosion côtière.

Heureusement, si la mangrove déménage régulièrement, elle peut réemménager plus loin. Ainsi, le bilan de la sédimentation et de l'érosion effectué sur les côtes de Guyane française entre 1979 et 1984 a fait apparaître que les deux actions s'équilibrent : 60 km² de nouvelles mangroves se sont constituées alors que 58 km² de mangroves anciennes ont été emportées par l'érosion. Ou bien, si elle est protégée, comme au Bangladesh, elle conservera sa superficie¹²⁰. Mais si on peut faire quelques réparations de fortune, on ne peut rien faire contre une montée excessive des eaux.

La mangrove, réservoir de plancton

Les racines entrelacées des palétuviers sont des capteurs de phytoplancton et de zooplancton qui vont attirer les alevins et les poissons adultes, les tilapias en particulier, et tout le cortège de crabes, de crevettes qui vivent dans ces lagunes. Le plancton trouve dans la mangrove un support pour se multiplier, comme les poissons ont besoin de niches écologiques pour se reproduire. En sauvant la mangrove et les palétuviers, on sauve la nourriture des tilapias. Les alevins trouvent les animaux et les végétaux qui correspondent à la taille de leur bouche et leur permettent de croître. Car un tilapia à la naissance est trop petit pour se nourrir de n'importe quoi.

Depuis la nuit des temps, les Africains reconstituent la mangrove. En effet, le milieu de la lagune forme une sorte de calvitie avec du sable ou de la vase. Les palétuviers poussent autour, telle une couronne de cheveux. Les Africains fabriquent à cet endroit des enclos avec des entrelacs de racines de palétuviers. À l'intérieur de cet enclos d'environ 100 m², ils placent çà et là des

119. Terme géographique désignant la limite entre la terre et la mer.

120. Selon Mette Wilkie, experte en foresterie à la FAO.

branches cassées au milieu du sable et de l'eau et mettent en élevage les tout petits tilapias qu'ils ont capturés. Les gros, évidemment, sont commercialisés. Autrement dit, ils reconstituent un écosystème artificiel (l'enclos ou *acadja*), fermé par la mangrove, pour empêcher les animaux de migrer. Les branches du milieu servent de collecteurs de plancton. Soit le phytoplancton se dépose sur le fond et on parle à ce moment-là de phytoplancton benthique, soit il se dépose sur le morceau de bois et le colonise. Le zooplancton peut ainsi passer à travers les branchages pour se nourrir et l'on voit apparaître un *bloom* de phytoplancton. Une réserve permanente de nourriture est ainsi créée.

La mangrove de Guinée s'inscrit sur une bande côtière de 400 kilomètres de long, entre la Guinée-Bissau et la Sierra Leone. Elle forme la zone de frayage et de reproduction de 70 % des poissons pêchés sur la côte atlantique (mulets, bongas, soles, mâchoirons). En général, en France, « on est autorisé à penser » qu'un hectare de zone humide estuarienne équivaut en production primaire à environ dix à vingt fois la production d'un champ de blé en une année. Si on prend comme exemple la production naturelle d'un hectare de mangrove, celle-ci va générer, grâce au plancton végétal et animal, 6 à 10 tonnes de production organique par hectare et par an (poids sec) en moyenne¹²¹, ainsi que plusieurs centaines de kilogrammes de crevettes que les pêcheurs peuvent commercialiser.

Le développement d'une aquaculture extensive dans les mangroves doit s'inspirer du fonctionnement des écosystèmes lagunaires, en utilisant les énergies naturelles des régimes hydrauliques, de la photosynthèse et du recyclage biologique de la matière organique. L'aquaculture extensive est un bon réflexe pour réconcilier l'homme et son milieu. Bien connaître son milieu de production, c'est faciliter la maîtrise des ressources disponibles et renouvelables pour une pêche et une aquaculture responsables.

121. François Blasco, *La Recherche*, *op.cit.*

Dessaler l'eau ?

« La mer est salée parce qu'il y a des morues dedans ; et si elle ne déborde pas malgré tous les fleuves qui s'y jettent, c'est parce que la Providence, dans son immense sagesse, y a placé des éponges. »

Alphonse Allais

Le manque d'eau douce dans de nombreux pays a donné des idées que l'on peut trouver « logiques » *a priori* : puisqu'on a l'eau (mer, océan), il suffit d'en extraire le sel, pour obtenir de l'eau potable. Que faire du sel ? On se retrouve ici avec la problématique des stations d'épuration pour lesquelles on ne sait comment recycler les boues. Les solutions trouvées seront-elles néfastes pour le plancton ?

Pourquoi l'eau de mer est-elle salée ?

La mer et les océans n'ont pas toujours été salés. Il y a 3,5 milliards d'années, la température de l'atmosphère était très élevée car l'activité volcanique était intense. Toute la planète était recouverte de vapeur d'eau mélangée au dioxyde de carbone et au dioxyde de soufre que produisaient les volcans. Le mélange des trois éléments a provoqué la formation d'acides, lesquels, ruisselant sur les roches, les ont érodées. Les minéraux ainsi constitués se sont disséminés dans l'océan. Associés aux ions sodium existant dans l'eau de mer, ils ont formé un cristal : le chlorure de sodium (ou sel de cuisine). La mer contient en moyenne 35 grammes¹²² de sels minéraux par litre, dont 80 % sont du chlorure de sodium, qui lui donne ce goût particulier. Aujourd'hui encore, la terre et la mer sont toujours intimement liées : le sodium provient des rivières tandis que le calcium est apporté par les fleuves¹²³. La mer est plus ou moins « salée » selon la quantité

122. Exactement : 34,7 grammes par kilogramme d'eau de mer, soit 34,7 ups (unité pratique de salinité).

123. Éric Guilyardi, « Que de sel », *La Recherche*, n° 355, juillet-août 2002.

d'eau douce qu'elle reçoit (pluies, rivières, etc.). En revanche, sa salinité (teneur en sel) varie peu dans les grandes profondeurs.

Avec la fin du volcanisme et le refroidissement de la planète, la vapeur d'eau s'est transformée en liquide et a entraîné une pluie incessante pendant des millions d'années. La salinité de l'eau était faible, peut-être d'un gramme de sel par litre d'eau. Aujourd'hui, ce sel provient, d'une part, des minéraux apportés par le magma lors des éruptions volcaniques sous-marines et, d'autre part, de l'usure des continents (environ 3,6 milliards de tonnes de sel par an) par la pluie, le vent, la mer, qui se produit depuis plus de 3,5 milliards d'années. Le volcanisme broie des roches en permanence, ce qui dissout les sels qui y sont piégés, comme un sucre dans le café. Au fur et à mesure que l'atmosphère et les océans se sont refroidis, le niveau des eaux a diminué. La formation des calottes glacières a aspiré l'eau dans les extrémités de la planète pour transformer l'eau douce en glace. Conséquence de la baisse du niveau d'eau : la densité de sel est passée tout doucement d'un gramme à 10 grammes, puis à 20 grammes et s'élève aujourd'hui à 35 grammes environ par litre d'eau. Ainsi, la mer d'Aral, qui était une mer très peu salée au départ, est devenue très salée au fur et à mesure que le niveau a diminué, avec des teneurs en sel de l'ordre de 100 à 200 grammes de sel par litre d'eau. De la vraie saumure !

Les impacts de la salinité de l'eau

Au-delà du cercle polaire, quand l'océan se libère des grands froids hivernaux et emporte jusqu'aux frontières subarctiques des fractions glacées de sa propre masse, j'ai rencontré des îles en marche silencieuse, formes bleuâtres et démantelées comme des ruines qui s'écroulent, ou icebergs tout proches, agressifs, d'un blanc brutal scintillant ; ils suintaient leur propre mort en coulées de sources fondantes. De leurs traînées d'eaux adoucies les poissons marins s'éloignaient¹²⁴, écrit Anita Conti.

124. Anita Conti, *L'Océan, les bêtes et l'homme*, op. cit.

Si aujourd'hui la calotte glacière se met à fondre, la salinité va changer, mais dans des proportions très minimes. On passera peut-être sur plusieurs siècles de 35 grammes à 34,5 grammes par litre d'eau. Il existe du phytoplancton autant dans les eaux douces que dans les eaux marines. Dans les eaux douces, les sels nutritifs et les oligoéléments proviennent de l'érosion et du ruissellement des sols. Dans l'océan, grâce au broyat des roches de la croûte terrestre, les sources hydrothermales participent à la diffusion des éléments minéraux et métalliques. Une fois disséminés dans l'immensité océanique, ils deviendront des sels nutritifs nécessaires à la grande diversité du phytoplancton qui à son tour entrera dans la chaîne du réseau trophique. C'est sur le changement climatique que la densité de sel peut avoir une incidence. La salinité de l'eau a un impact sur le climat, au même titre que la température ou la pression atmosphérique. Elle modifie la densité de l'eau de mer, et par conséquent module la répartition de la chaleur et son retour vers la surface¹²⁵. Il y a dix-sept mille ans, la fonte rapide de la calotte glacière arctique a déversé quantité d'eau douce qui a entraîné un dessalement de l'eau de mer, ce qui a ralenti les courants marins qui brassent l'océan mondial. La conséquence en fut un refroidissement du climat de l'Europe. Aujourd'hui, on peut se demander quelle conséquence aura le réchauffement climatique sur la salinité de l'océan et, en retour, sur le climat ? Toute la chaîne alimentaire risque d'être bouleversée.

Trouver de l'eau douce

L'eau douce est un enjeu économique crucial et donc géopolitique. Les pays qui possèdent les sources des grands fleuves tiennent les peuples sous leur coupe. En revanche, on connaît moins l'existence des sources d'eau douce sous-marines. Pourtant, toutes les grandes sources sont découvertes, car, depuis longtemps, les marins et les pêcheurs ont pu constater le changement d'aspect de l'eau à leur voisinage (dû à la différence de densité). Cinq cents

125. Il existe en profondeur des réservoirs d'eau chaude (car salée).

sources environ ont été répertoriées (la plus importante est en Syrie, avec la source de Tartous, alimentée par les eaux du Mont-Liban), toutes à moins de 200 mètres de fond, ce qui permet d'envisager leur captage, même s'il n'est pas garanti sans incidence sur l'écosystème. Leur teneur en sel est légèrement supérieure à celle des eaux de source potables, et pour certaines d'entre elles est inférieure à celle des eaux gazeuses. Les géologues repèrent des sites susceptibles de contenir de « petites » sources en détectant les écarts de température (plus froides en été, plus chaudes en hiver dans le midi de la France) révélateurs des résurgences, grâce à des caméras à infrarouge. C'est un nouveau marché « porteur » pour les entreprises. Est-ce la meilleure solution pour trouver de l'eau douce ?

« Puisque les ressources en eau douce diminuent, on va la puiser dans les océans. » La première initiative n'a pas été de dessaler l'eau. Dans les années 1970, les émirats arabes ont eu cette idée folle d'acheter des icebergs, de les couper en morceaux pour les remorquer jusque dans leur région, puis de mettre un tuyau dans l'iceberg pour s'alimenter en eau potable. Un vrai scénario de science-fiction ! Heureusement, après une levée de boucliers, le projet a échoué.

Dessaler l'eau de mer

On récolte le sel de la mer par évaporation solaire¹²⁶ depuis deux mille ans pour conserver et assaisonner les aliments. Dans le passé, on faisait bouillir l'eau de mer dans des augets en terre, comme on le fait toujours en Afrique. Aujourd'hui, on s'efforce de faire l'inverse, prendre l'eau de mer pour en extraire l'eau douce. En 1960, dans le golfe Persique, apparaissent les premières usines qui produisent de l'eau douce en distillant de l'eau de mer (congélation ou vaporisation de l'eau de mer, les transformations physicochimiques excluant spontanément le sel de l'eau). En 1972,

126. « Le sel est le fils du soleil et du vent », dit un paludier, Alain Courtel, dans le film de Pierre Molloy et Geneviève Delbos *La Mer féconde*.

une des premières usines de dessalement de l'eau de mer est construite sur l'île de Houat. L'entreprise Degrémont y expérimentait l'osmose inverse¹²⁷. À l'époque, tout le monde buvait l'eau du robinet à Houat, laquelle provenait de l'eau dessalée. L'expérience a cessé au bout d'une dizaine d'années, à cause du prix de revient élevé du mètre cube d'eau au robinet. Aujourd'hui, les technologies ont beaucoup évolué, le matériel s'est miniaturisé et il est possible de faire de l'eau douce à partir de l'eau de mer, par exemple à bord d'un voilier.

On peut comprendre que de petites unités de transformation existent pour résoudre des problèmes très ponctuels qui se posent dans des lieux éloignés les uns des autres. Cela n'est pas choquant. Il est plus choquant, en revanche, de voir des industries gigantesques s'installer en bord de mer et extraire des millions de mètres cubes d'eau salée pour en faire de l'eau potable. Le problème est le suivant : que fait-on du sel et de l'énorme quantité d'eau saumurée à la sortie ? La réponse donnée par les industriels est simple : on largue les eaux saumurées en mer très loin du lieu de pompage. Pourquoi très loin ? Pour ne pas augmenter la salinité de l'eau en face de l'usine qui se retrouverait alors dans un cercle vicieux qui lui coûterait très cher. Les tuyaux et canalisations vont donc plus loin sur le littoral et souvent dans les lagunes où la densité de sel augmente alors très fortement. Or, c'est l'endroit où l'on trouve le plus de phytoplancton et de zooplancton, grâce à la lumière qui peut y pénétrer. Ces millions de mètres cubes de sel rejetés (et non quelques dizaines de kilos comme pour les petites unités de dessalage) perturbent complètement l'écosystème phytoplanctonique. Seules deux ou trois espèces de planctons survivront dans cette eau devenue aussi salée que celle des marais salants. Ainsi, les mers côtières sont menacées de devenir des milieux « extrêmes » où plus rien de « pêchable » ne vit ! Les

127. C'est-à-dire la séparation de la saumure de l'eau douce grâce à des membranes semi-perméables qui filtrent le sel.

pêcheries artisanales et les petits pêcheurs risquent d'être dépourvus de leurs ressources halieutiques. Face à ce problème, certains répondent qu'il suffit de déposer le sel à l'intérieur des terres. C'est oublier que les terres sont faites pour être cultivées. Si on salinise les sols, les mangroves ou les rizières, on ne pourra plus produire d'agriculture littorale.

À petite échelle, sur une île, sur un petit bateau, le processus de dessalage est extrêmement intéressant. À dimension industrielle, il se transforme en catastrophe. On connaît l'histoire de l'extraction des sels gemmes (sels fossiles) qui ont servi à la métallurgie (surtout dans l'est de la France) et la salinisation des grands fleuves qui en a découlé (rejets d'usines dans le Rhône). On ne doit pas recommencer les mêmes erreurs.

L'eau polluée, ou salée, peut toujours, avec des technologies sophistiquées, être rendue potable, mais on oublie trop souvent que si elle doit être « bonne à boire », elle doit aussi être « bonne à vivre » pour les micro-organismes aquatiques et semi-aquatiques (insectes). Alors que la pénurie d'eau douce augmente¹²⁸, on assiste à une fuite en avant où le tout technologique prévaut et où on fait vivre aux cours d'eau des parcours « contre nature ». Au lieu de cela, on pourrait protéger les rivières, travailler sur le cycle de l'eau, faire en sorte que tout fonctionne bien pour que la pluie remplisse les nappes phréatiques d'une eau non polluée, que les sources, les rivières et les fleuves soient « source de vie » au sens propre du terme.

Quand l'air se transforme... en eau potable!

L'entreprise néerlandaise Dutch Rainmaker, comme son nom l'indique, « fait de la pluie » à la place de l'électricité. Elle a créé une éolienne capable de capter la vapeur d'eau présente naturellement dans l'air et de la liquéfier grâce à une turbine entraînant un compres-

seur lui-même relié à un système frigorifique placé dans le pylône. Lorsque la turbine de l'éolienne est actionnée par le vent, l'énergie produite vient alimenter ce système de froid. Un ventilateur se charge alors d'aspirer de l'air pour lui faire traverser le pylône, ce qui provoque la condensation de l'eau. Il ne reste plus qu'à laisser couler les gouttes d'eau formées le long de la paroi vers un réservoir. L'air est devenu eau.

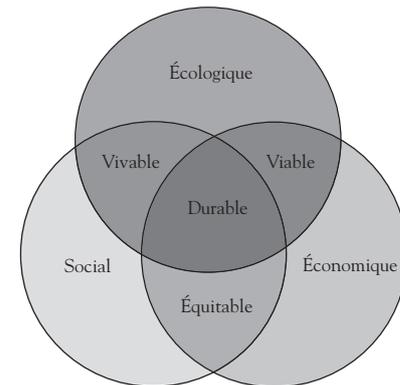
128. D'après le PNUD (Programme des Nations unies pour le développement), près de 3 milliards d'êtres humains seront touchés par la pénurie d'eau d'ici à 2025.

Troisième partie

**Préserver le plancton:
initiatives et propositions**

1. Le plancton, un outil pour le développement durable

Pour le plus grand nombre, le développement durable vise à concevoir de nouvelles façons de penser et d'agir en intégrant la satisfaction d'exigences complémentaires et parfois contradictoires: la sauvegarde de l'environnement, l'équité sociale et un développement économique viable, sans que l'une de ces dimensions prenne le pas sur l'autre. Cette idée a été schématisée par trois sphères (écologique, économique et sociale), imbriquées l'une dans l'autre, leur espace commun étant le lieu d'expression du développement durable. Cette gymnastique de l'esprit va à l'encontre de notre façon de pensée habituelle, par thème ou domaine, monospécifique, voire « pensée unique ».



Ainsi, pour « penser globalement et agir localement », il est par exemple nécessaire d'inventer des modes d'échanges plus éthiques, une épargne plus solidaire, un aménagement du territoire plus équilibré, notamment en appliquant la démocratie participative, ou de refuser certains modes de production. Dans cette troisième partie, nous verrons comment le plancton peut occuper une place majeure dans cette démarche.

Penser globalement pour agir localement

L'océan n'est pas tel qu'on l'imaginait il y a une centaine d'années. Pour commencer, on a longtemps été convaincu que la vie était répartie de manière homogène sur l'ensemble des océans. On a constaté par la suite qu'il existe d'une part des déserts maritimes et d'autre part des zones productives où se concentrent les poissons. On croyait les abysses totalement vides alors qu'ils sont remplis d'animaux étranges, monstrueux pour nous, mais pourtant totalement adaptés à leur milieu. On envisageait l'eau seulement sous sa forme liquide alors qu'elle respire aussi pour nous donner de l'oxygène. On imaginait les ressources des océans illimitées quand aujourd'hui on est conscient que certaines auront disparu en 2050. On pensait que la mer et la terre pouvaient vivre indépendamment l'une de l'autre alors qu'il n'en est rien. Elles sont totalement imbriquées et en interrelation constante, l'une influant sur le climat de l'autre. Nous sommes démunis face à une vie sous-marine qui vit sans nous, avec sa propre gouvernance. Nous en sommes littéralement « bouleversés ».

Pour comprendre ce monde qui est aussi celui de nos origines, il nous faut adopter une démarche à la fois analytique et synthétique, garder une vision globale mais également détaillée, « du microscope au macroscopie¹ » en quelque sorte, c'est-à-dire penser globalement pour agir localement.

1. Macroscopie : concept inventé par Joël de Rosnay en faveur d'une approche transdisciplinaire et systémique.

De nouveaux outils d'observation

Il existe plusieurs moyens qui aident à « penser globalement » pour « agir localement ». Pour cela, il est bien sûr fondamental de comprendre les systèmes et les écosystèmes en les étudiant sur le terrain et en les observant au microscope (pour se familiariser avec le monde infiniment petit du plancton) mais aussi, comme le font les chercheurs depuis plusieurs années, en les regardant par satellite pour mieux appréhender l'interaction des macrosystèmes. L'observation par satellite est incontournable dans la mesure où la qualité des données qu'elle fournit est la même sur toute la surface du globe. Comme le satellite a une vitesse mille cinq cents fois supérieure à celle d'un navire, il peut envoyer des informations de façon quasi instantanée, ou du moins en quelques heures.

Étudier le plancton par satellite

Comme nous l'avons vu, le phytoplancton est présent dans les couches superficielles de la mer, là où pénètre la lumière. On sait que sa prolifération est due au réchauffement climatique qui réduit le taux d'oxygène de l'eau. Avec des « capteurs de la couleur de l'eau² », les images satellite repèrent, grâce à la concentration en pigment chlorophyllien (donc vert), les efflorescences printanières (*blooms*) de coccolithophoridées. Si on observe par exemple les côtes bretonnes, on peut voir les panaches de phytoplancton remonter la côte depuis le barrage d'Arzal. Cette image d'efflorescence de phytoplancton, toxique ou pas, est renvoyée par les capteurs de SeaWiFS, de Modis (NASA) ou encore de Meris (Agence spatiale européenne) en temps quasi réel, à des centres d'analyse et d'archivage qui les valident, les traitent, les comparent à l'ensemble des mesures disponibles en mer. Observer le déplacement des efflorescences par satellite permet de surveiller le littoral et d'anticiper les zones présentant des risques d'eutrophisation.

2. CZCS (Coastal Zone Color Scanner).

Des navigateurs au service du plancton

Cependant, ces observations ne peuvent remplacer les campagnes océanographiques car les satellites observent seulement la surface de l'eau, alors que les bateaux font des prélèvements à plusieurs niveaux de profondeur. Les campagnes menées pour prélever des échantillons d'eau des océans et connaître la qualité du plancton, son évolution et sa diversité ne sont, hélas, pas assez nombreuses.

Pour tenter d'y remédier, la navigatrice Anne Quéméré devait envoyer quotidiennement des images de plancton par satellite, depuis son embarcation. Comme elle avait prévu de traverser le Pacifique pendant trois mois³, l'équipe d'Océanopolis lui a proposé de faire des prélèvements de plancton pendant les périodes de « plat ». Un filet à plancton, des éprouvettes, une petite caméra, un micro-aquarium lui ont été fournis pour prélever du plancton et le filmer⁴. À chaque prélèvement, elle prendrait la température de l'eau, puis photographierait les images du plancton qu'elle transmettrait à Océanopolis de Brest via son téléphone Iridium. Ces images feraient l'objet de communications et seraient régulièrement proposées sur le site www.plancton-du-monde.org, les chercheurs pouvant ainsi déterminer *de visu* les espèces récoltées. Cette opération était une première. Les conditions d'expérimentation choisies étaient des plus difficiles : un kiteboat⁵ de 5,50 mètres, avec comme voilure de nouvelles « ailes de traction » plus performantes. Mais Anne Quéméré a dû abandonner la course à mi-parcours. Cette expérience n'est que partie remise. Le matériel a été testé et peut être facilement reproduit. Sur un voilier ou un catamaran, les expérimentations seraient aussi plus confortables. Il suffirait de demander à des plaisanciers se sentant « citoyens du monde » de reprendre le projet pour que, sur leurs

3. Dans le cadre du « Défi Adrien », de début novembre 2008 à fin janvier 2009.

4. Grâce à un système de caméra et de macro et micro-objectifs miniaturisés, mis au point et expérimenté en laboratoire à Océanopolis.

5. Voir le site www.anne-quemere.com

trajectoires, ils donnent les informations nécessaires à une simulation informatique de l'évolution du plancton.

Même si le principe en est le même, la démarche est très différente en ce qui concerne la goélette *Tara*, partie le 5 septembre 2009 pour une campagne océanographique de trois ans. D'abord, parce que c'est une expédition et non une course sportive. Le *Tara* est un navire d'exploration scientifique disposant d'un équipement scientifique important et innovant, ainsi que d'un équipage de cinq marins et de sept chercheurs. Ensuite, parce qu'il s'agit de faire un tour du monde inspiré de celui du *Beagle* sur lequel était embarqué Darwin, mais avec des méthodes modernes et en suivant un protocole scientifique systématique. Les appareils d'imagerie pourront envoyer les données par satellite qui seront ensuite analysées par un laboratoire de génétique. Il ne s'agit pas seulement d'observer les cycles du carbone et de l'oxygène, mais d'étudier la relation entre l'évolution du climat et celle des écosystèmes marins pour mesurer l'impact du réchauffement climatique.

Une autre goélette, le trois-mâts *La Boudeuse*, a pris la mer le 21 octobre 2009 pour deux ans d'expédition scientifique de l'Amérique du Sud jusqu'à l'océan Pacifique. Au programme des recherches : la biodiversité, le changement climatique ou la pollution des eaux, avec pour objectif d'étudier les territoires des grands fleuves sud-américains (Amazone, Orénoque, Paraná), les canaux de Patagonie et les îles « isolées » de l'océan Pacifique (Polynésie, Micronésie et Mélanésie). L'intérêt de cette nouvelle expédition est de prendre en compte non seulement les problématiques des océans, mais aussi celles des fleuves (pollution, dégradation des biotopes, déforestation), qui sont les pourvoyeurs des océans en nutriments.

Les deux démarches peuvent et doivent coexister pour deux raisons. L'une est de l'ordre de la continuité : les prélèvements ne sauraient être épisodiques. L'autre est de l'ordre de la quantité : les mesures effectuées par les plaisanciers sur toutes les mers du monde pourraient compléter, en respectant le même protocole scientifique, les données posées lors des expéditions scientifiques.

La simulation informatique

Le recueil des données sert, notamment, à modéliser les écosystèmes. Que peut nous apporter la modélisation ? Est-elle fiable ? La simulation informatique est un outil précieux pour prévoir les variations du réchauffement climatique et leurs effets sur l'environnement. La dynamique des systèmes⁶ avait déjà permis au Club de Rome de savoir si le développement du monde fondé sur l'exploitation des ressources naturelles était durable. En effet, au début des années 1970, il existait un programme World3 (ou World Dynamics) qui modélisait le fonctionnement du monde en simulant quelques paramètres globaux afin d'estimer leurs conséquences à long terme. Les résultats publiés en 1972 dans le rapport intitulé *Limits to Growth* (mal traduit par *Halte à la croissance* dans l'édition française) prévoyaient que l'environnement serait une préoccupation majeure de nos sociétés. Effectivement, quand on les compare avec ce qui s'est passé depuis trente ans, on constate que les simulations de World3 pour la période 1970 à 2000 ont assez bien anticipé l'évolution réelle qui a eu lieu pendant cette période.

Pour le plancton, même si les simulations soulignent des différences régionales dans la réponse de l'écosystème aux changements du climat de l'océan, elles donnent malgré tout des tendances, ce qui permet une prospective plus ou moins fine. Ce genre de programme d'envergure devrait permettre aux décideurs de s'appuyer sur la puissance de calcul des ordinateurs afin de valider leurs choix politiques concernant les orientations et les décisions à prendre pour la sauvegarde des océans, la migration du plancton étant un indicateur fondamental.

6. Mise au point dans les années 1950 par Jay Forrester.

Soutenir toutes les initiatives de repeuplement des mers

Il y a urgence à s'interroger sur les modifications des pratiques de pêche. Par exemple, les méthodes de pêche des poissons plats (sole, plie, carrelet) génèrent des prises accidentelles qui contribuent à réduire les stocks. Mais il faut également, et sans délai, accompagner le monde de la pêche avec des techniques de repeuplement et des outils technologiques permettant de prévoir ou de simuler les productions à venir. En termes de développement durable, on peut imaginer réconcilier les contraintes économiques et la préservation de l'environnement en portant un autre regard sur la gestion du littoral.

Quant aux consommateurs, la première aide qu'ils peuvent apporter est de respecter autant que possible les périodes de reproduction des espèces et la taille minimale autorisée par espèce lorsqu'ils effectuent leurs achats. Les espèces des grands fonds (empereur, sabre, grenadier) se reproduisent difficilement. Leur achat est donc à proscrire. Pour avoir un avis plus éclairé, il est conseillé de se référer au conso-guide du WWF⁷ qui classe les poissons en trois catégories (à éviter, à consommer modérément, à privilégier), à la liste de Greenpeace⁸ ou à celle de l'Ofimer⁹, qui donne un calendrier des produits de saison (davantage lié à l'abondance des arrivages qu'à la trêve biologique).

Le repeuplement des mers, une utopie ?

Repeupler les mers est souvent perçu comme un projet titanesque, voire une utopie ! Bien au contraire, pour les tenants de l'aquaculture, la pisciculture entre dans une nouvelle ère, une véritable révolution sociologique. L'homme est passé de la cueillette (pêche à pied, pêche côtière) à la pêche au long court,

7. www.pourunepachedurable.fr/GUIDE_POISSON.pdf

ou www.pourunepachedurable.org

8. www.greenpeace.org

9. www.ofimer.fr

activité où l'on subit les aléas de la nature, puis à la domestication des animaux marins, activité où l'on maîtrise leur reproduction. Pour beaucoup de chercheurs, ce changement de pratique est l'équivalent d'une révolution industrielle. Pourtant, le repeuplement des mers n'est pas une idée nouvelle. Par exemple, au Japon, le Centre de repeuplement de Kumamoto¹⁰, créé en 1965, s'est agrandi jusqu'en 1990, ce qui montre l'intérêt croissant qu'on lui a porté. Aujourd'hui, il se compose d'une ferme préfectorale¹¹ de repeuplement et d'un laboratoire expérimental. Cette ferme aquacole produit des daurades, des ormeaux, des oursins, des crevettes japonaises, des sérioles et des turbots japonais, ces espèces ayant toutes une grande valeur ajoutée. Mais le rôle du Centre de repeuplement se limite à la maîtrise de la technique de production de juvéniles, qui sont ensuite remis à l'eau. On pourrait donc parler d'une maternité et d'une halte-garderie plutôt que d'une ferme, terme qui renvoie à une production commerciale.

Japon : aquaculture et pêche associées

Au Japon, l'aquaculture et la pêche sont étroitement liées alors qu'elles sont dissociées chez nous. Les pêcheurs font parvenir leurs commandes d'alevins auprès d'un centre de repeuplement en fonction de l'évolution de leurs pêches. Chaque centre a deux fonctions : d'une part, servir d'intermédiaire entre les professionnels et le laboratoire préfectoral, d'autre part, développer les techniques mises au point par le laboratoire. Celui-ci n'est par ailleurs pas isolé du reste du monde scientifique : il est soutenu par des chercheurs universitaires, des laboratoires régionaux et des instituts de recherche.

10. Situé dans le sud-ouest de l'île de Kyūshū.

11. Les préfectures sont les équivalents des départements chez nous.

La ferme aquacole de Nagasaki

La municipalité de Nagasaki a financé une ferme aquacole et un laboratoire préfectoral. Le complexe est ouvert au grand public, ce qui est inhabituel pour un centre de recherche. Le hall présente en vitrine les productions de la mer du Japon. Pour accéder au bâtiment central, on passe par un couloir sur les murs duquel toutes les espèces étudiées ou cultivées dans le laboratoire sont mises en valeur dans des aquariums encastrés. Cette présentation a un but didactique : elle ne sert pas seulement à communiquer sur les études scientifiques en cours ou les espèces élevées pour le repeuplement ou l'aquaculture, elle montre aussi comment fonctionnent les écosystèmes marins. Au bout du couloir se trouve l'écloserie proprement dite où l'on produit, dans des bacs ou des bassins, des ormeaux, des crevettes, des oursins destinés à la production, mais également au repeuplement.

L'organisation de la filière pêche/aquaculture japonaise est particulière. Les Japonais ont toujours préconisé la reproduction en écloserie et le repeuplement, tout en pratiquant l'aquaculture intensive. Historiquement, ce sont les marins pêcheurs qui gèrent l'espace marin. L'aquaculture est ici au service de la pêche. Ce sont les pêcheurs qui prennent les décisions concernant les politiques aquacoles ou les pêcheries. En revanche, en France, les deux statuts ne peuvent être confondus : on est soit pêcheur, soit aquaculteur... Au Japon, quand une municipalité investit, tout le monde y trouve son intérêt : les marins pêcheurs, les scientifiques, mais aussi le grand public qui veut avoir accès à la connaissance.

Les récifs artificiels

L'Université des pêches de Tokyo participe également aux recherches sur le repeuplement. Un des enseignants, le P^r Koïké, s'est intéressé au rôle des récifs, qui offrent le gîte et le couvert aux animaux marins et rendent la mer plus féconde. Sachant que les poissons aiment l'obscurité et se réfugient volontiers dans ces récifs, l'enseignant leur a construit des dortoirs sous l'eau, et même

une ville, véritable « cité des langoustes au milieu des algues¹² ». En France, une seule société de construction de récifs existe, et son offre se limite à deux modèles. Au Japon, de nombreuses sociétés permettent de choisir parmi 222 modèles différents. La construction des récifs est financée par les coopératives de pêcheurs et les préfectures. Vingt mille sites existent déjà et se développent au rythme de 10 000 hectares par an. On a commencé à installer des microrécifs artificiels (sortes de briques en terre cuite à douze trous) autour du Japon en 1970 (à Houat en 1972), pour « sauver les bébés homards ». Aujourd'hui, il est nécessaire d'aller plus au large pour immerger en grande profondeur des récifs artificiels très hauts, en acier et en béton, avec de multiples espaces pour attirer plusieurs espèces¹³. Chaque forme de récif est conçue et dessinée pour attirer des espèces différentes au même endroit. Le but est en quelque sorte de créer une « mixité sociale », qu'on appelle « biocénose » en écologie. Le site est ensuite interdit à la pêche pendant dix ans, le temps que la vie s'y installe et que chacun prenne ses marques. Le rôle du Pr Koïké, qui étudie plus spécialement les ormeaux, est de servir de passerelle entre ses étudiants qui améliorent la conception des habitats artificiels et les pêcheurs qui leur indiquent les espèces qu'ils souhaitent développer. Enseignant, étudiants et pêcheurs travaillent ensemble, le savoir concret des uns enrichissant le savoir théorique des autres.

Pourtant, il existe une contradiction fondamentale entre cette gestion écologique de la mer autour du Japon et l'exploitation intensive opérée par les Japonais dans toutes les mers du monde. On retrouve là le paradoxe de ce pays qui oscille entre la tradition et la modernité. Les Japonais apparaissent à la fois ultratraditionalistes et ultrasophistiqués, hyperécologistes d'un côté et hyperpolluants de l'autre : ils pillent les océans tout en fertilisant leurs côtes.

12. Voir à ce sujet l'émission « Thalassa » diffusée le vendredi 18 avril 2008 sur France 3.

13. Sortes d'« immeubles » de 27 mètres de haut et posés à 60 mètres de profondeur.

Le « V-Notching »

Une autre manière de repeupler la mer est de sélectionner les prises. Le programme de marquage des femelles homards, ou *V-Notching*¹⁴, pratiqué à Paimpol en France, en est un exemple. Il s'agit de marquer au poinçon la queue des femelles homards, marque qui reste visible pendant quatre ans. Toute femelle capturée portant cette marque doit être remise à l'eau, pour préserver ses chances de reproduction. Le débarquement et la revente de femelles marquées sont interdits, aussi bien pour les navires de pêche que pour les bateaux de plaisance. Il en est de même pour la vente de homards femelles présentant un dommage physique à leurs palettes caudales (queue), ce qui pourrait être pris pour une tentative d'effacer le marquage. Depuis septembre 2008, un garde assermenté veille au respect du programme par tous, pêcheurs professionnels et plaisanciers. Le but d'un tel programme est de « conforter la biomasse reproductrice afin de rendre l'exploitation du stock de homards durable et non d'augmenter le rendement des casiers », tient à rappeler le CLPMEM de Paimpol-Lannion¹⁵. D'après les expériences irlandaises, la taille des femelles homards à marquer devrait être d'environ 10 centimètres (on ne mesure que le céphalothorax), soit environ 700 grammes (les femelles de cette taille représentent environ 27 % des captures des caseyeurs paimpolais). Les femelles non grainées peuvent être marquées aussi : soit elles ne sont pas encore matures et le marquage les protégera le temps d'arriver à maturité (voire de se reproduire au moins une fois), soit elles sont déjà matures et le marquage leur permettra de se reproduire tout le temps que durera la marque. Compte tenu des mortalités aux différents stades de vie (œuf, larve, juvénile), le recrutement (nombre de jeunes nés par an) est estimé à

14. Le coût annuel du *V-Notching* est estimé à 90 000 euros (source : Conseil économique et social de Bretagne, mars 2009).

15. www.clpmem-paimpol.com/IMG/pdf/. Compte rendu de la réunion du Comité local des pêches maritimes et des élevages marins (CLPMEM), 11 février 2009.

2 400 homards dans le stock exploité. Ce programme, sponsorisé par EDF dans le cadre d'un projet d'implantation d'hydroliennes sur le site de Paimpol-Bréhat, concerne la production de homards de la flotte paimpolaise (78 navires possédant une licence « crustacés » en 2009) et prévoit le marquage de 6 000 femelles. Le prix remboursé au pêcheur dépend du poids du homard marqué et de son prix sur le marché, majoré d'une indemnité.

Le marquage des femelles homards est vu comme une première expérience en France, alors qu'il est depuis longtemps utilisé dans les pays anglo-saxons (États-Unis, Canada, Irlande) et qu'il était déjà pratiqué sur les juvéniles de homards produits dans les années 1980 à l'écloserie de l'île d'Houat.

Le semis de coquillages

Le geste du semeur n'appartient pas qu'au monde agricole. On pourrait appeler « paysan de la mer » celui qui élève la palourde (activité récente en conchyliculture) puisqu'il sème, soit à la main soit à l'aide d'une machine, le naissain qu'il a collecté lui-même en mer ou qu'il a acheté dans une écloserie. Son « champ » est entouré d'un enclos ou bien recouvert d'un filet, pendant dix-huit mois, empêchant ainsi les crabes ou autres prédateurs de piller l'élevage. Les palourdes sont récoltées à l'aide d'une drague au bout de deux ou trois ans. Quant à la coquille Saint-Jacques, le réensemencement consiste à semer sur les gisements des coquilles de trois centimètres. Après semis, il faut attendre trois ou quatre ans pour que les coquilles atteignent leur taille commerciale.

On pourrait arguer qu'il s'agit là d'une pratique commerciale normale : « Je sème pour récolter et vendre ensuite ma production. » La différence est qu'il s'agit de semer pour que tout le monde récolte. Ce réensemencement est financé par la profession : « La règle veut que 1 % du montant total des projets soit alloué à des actions collectives.

Ces différents projets ont été proposés afin de toucher tous les métiers du quartier maritime¹⁶, y compris les pêcheurs à pied professionnels¹⁷. »

Les aires marines « gelées »

Les programmes de *V-Notching* et de semis des coquillages ont été mis en place à la suite d'une enquête réalisée en 2008 auprès des pêcheurs. Les hectares *gelés* (interdits à la pêche) sont la bête noire des pêcheurs, surtout les ligneurs et les dragueurs qui les considèrent comme une atteinte à la liberté de pêcher. Car, pour des raisons évidentes de sécurité, on ne peut laisser les bateaux approcher ni des hydroliennes ni près des plates-formes pétrolières offshore à cause des câbles sous-marins qui les relient à la terre ou en raison des remous produits par les pales dans le cas des éoliennes offshore. En revanche, rien ne contrarie le développement des espèces à ces endroits, lesquelles se retrouvent en quelque sorte dans une aire marine en repos biologique. Au lieu de percevoir cette zone de repos biologique forcé comme un lieu de sanctuarisation (qui interdit toute activité de pêche), les pêcheurs comprennent aujourd'hui que c'est un investissement à long terme. « La majorité des pêcheurs¹⁸ estime que le développement conjoint de projets de gestion de la ressource et du projet hydrolien serait une bonne solution, à la fois pour pérenniser la ressource et pour conforter la pêche côtière. » Mais à deux conditions : premièrement, la quasi-totalité des pêcheurs souhaite être informée de l'avancée du projet et que son développement se fasse en concertation avec la profession. En effet, les professionnels sont à même, de par leur expérience, d'apporter une expertise technique dans la définition des zones, dans l'évaluation des impacts écologiques sur la ressource halieutique et sur les conséquences économiques pour leur acti-

16. Quartier maritime de Lannion-Paimpol.

17. Audition pour le Conseil économique et social de Bretagne du Comité local des pêches, juin 2008.

18. 87 % se sont prononcés en faveur du projet expérimental d'EDF à la réunion du Comité local des pêches du 6 juin 2008.

vité. Deuxièmement, il est nécessaire de rester très vigilant quant à la propriété des concessions. Il ne s'agit pas de donner une concession à une entreprise qui exploitera un espace pendant quelques années et vendra ensuite ce droit à une autre entreprise, laquelle, n'ayant rien à voir avec le projet initial, risque de le dénaturer. Le domaine public maritime (DPM) n'est ni une zone industrielle ni une zone artisanale et, comme son nom l'indique, il n'est pas du domaine privé¹⁹...

Les aires marines protégées

« La manière la plus efficace de préserver le milieu marin et de permettre aux écosystèmes de se développer, voire à la ressource de se reconstituer là où les habitats ont été détériorés, est sans doute de délimiter des zones (de mer et de terre) dont la gestion aura justement pour objectif prioritaire la préservation du milieu²⁰ », affirme Catherine Chabaud. Quand un pays adopte cette politique, le concept d'« aire marine protégée²¹ » permet de définir (et par là même d'imposer) différents niveaux de protection, suivant la numérotation²² de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN). En France, il a d'abord été appliqué en Méditerranée avec la création en 1964 du Parc national de Port-Cros, puis élargi par la convention de Barcelone (1976) à la protection du milieu marin et du littoral méditerranéens. En 1992, la protection s'est étendue à toutes les côtes de la métropole

19. Une association préconise aussi le repos biologique pour les coquillages. Implantée sur l'île d'Oléron, l'association Iodde se mobilise principalement pour réduire les impacts de la pêche à pied en organisant, par exemple, des périodes de *jachère*, afin de permettre aux populations de coques, crabes et autres couteaux de se reproduire. www.oleronmag.com

20. Catherine Chabaud, *Préserver la mer et son littoral*, Grenoble, Glénat, 2008.

21. Une aire marine protégée (AMP) est un espace délimité en mer pour lequel est fixé un objectif de protection de la nature à long terme. Cet objectif est rarement exclusif : il est souvent soit associé à un objectif local de développement socioéconomique, soit articulé avec une gestion durable des ressources. Voir www.aires-marines.fr

22. De 1 (protection totale) à 6 (gestion des activités humaines dans le respect du site).

et des DOM-TOM. Sous ce vocable, on trouve aussi bien des parcs naturels marins (parcs marins d'Iroise²³, de Saziley²⁴ ou de la Réunion) que des réserves naturelles spécifiques, bon nombre de domaines ayant une partie marine protégée²⁵. L'idée aujourd'hui est d'élargir les zones côtières *Natura 2000* (programme européen) existantes à des sites *Natura 2000 en mer*. Cette ambition conforte les programmes nationaux des États.

Cependant, des mesures de ce type sont loin de faire l'unanimité parmi les usagers du littoral : des dissensions de fond existent entre défenseurs d'un cadre de vie élitiste et partisans d'une coexistence pacifique avec les divers secteurs d'activité du littoral. Des outils comme la concertation sont les bienvenus, ainsi qu'un rappel des principes du « vivre ensemble ».

Protéger ne signifie pas mettre sous cloche. Les activités de pêche qui s'exercent dans ces zones humides doivent devenir les sentinelles des ressources halieutiques et des écosystèmes qui les entourent. En effet, les pêcheurs, par leur présence sur ces zones protégées, sont des observateurs privilégiés du plancton (observation de la couleur de l'eau, du comportement du poisson...). Comme les outils de prélèvement sont simples d'utilisation, ils pourraient être des relais auprès des associations du littoral pour assurer la détermination des espèces et permettre la réalisation de documents pédagogiques adaptés aux différents publics.

23. Bretagne.

24. Mayotte.

25. Domaine public maritime du Conservatoire du littoral et des rivages lacustres, parcs nationaux, zones *Natura 2000*, réserves naturelles, etc.

Les interactions environnementales sous l'angle de la biodiversité et du plancton

Depuis bientôt dix ans, on a cessé de raisonner par « stock » de poissons pour aborder pleinement les interactions environnementales à l'échelle planétaire :

- la chaîne alimentaire de nos océans et de nos mers est appréhendée à partir de l'observation régulière du plancton et de sa diversité, particulièrement aux abords des côtes. De l'état du plancton dépend le recrutement des poissons fourrages qui à leur tour nourrissent les poissons qui composent nos menus ;
- la biodiversité fondée sur la diversité de la faune et de la flore fait la richesse de nos territoires maritimes. L'accent est mis sur l'observation de cette diversité et sur la compréhension des écosystèmes marins et littoraux. Les pêcheurs artisans et les conchyliculteurs, par leurs connaissances et leur présence régulière sur l'eau, nourrissent au quotidien ce suivi effectué par les scientifiques.

Source : Élisabeth Templier – « La pêche en 2020 » –
Antenne méditerranée du Collectif pêche
et développement et la revue *L'Encre de mer*

Aider le milieu à se refaire une santé

Quand on repeuple les mers, la probabilité de sauver ou d'augmenter le stock naturel de poissons et de crustacés, bien que modeste, n'est cependant pas négligeable. Pour y arriver, il faut sensibiliser les marins pêcheurs et les conchyliculteurs en leur expliquant que, si on ne donne pas un « petit coup de pouce » à la nature, les années à venir vont être encore plus difficiles. Évidemment, il ne s'agit pas de se substituer à la nature, ce qui ne serait ni réaliste ni réalisable. En revanche, quand celle-ci est un peu déficiente, on peut l'aider à se refaire une santé. Par exemple, les années où le phytoplancton et le zooplancton ne sont pas au rendez-vous au moment de la reproduction du homard, de la crevette, d'un poisson, ou d'un coquillage. Ces années-là, les animaux vont se reproduire dans le milieu naturel, mais ne trouveront pas de plancton à la taille de leur bouche, la production de juvéniles sera donc

moindre. En effet, il existe un processus calendaire adapté à toutes les espèces. Tout est programmé à l'avance pour que, au moment de la reproduction de certaines espèces dans le milieu naturel, les larves des poissons, coquillages, crustacés trouvent à point nommé le plancton qui correspond à leur réseau trophique. Il arrive parfois qu'il y ait des décalages dans le temps. Par exemple, un réchauffement des océans de quelques dixièmes de degrés peut provoquer le déplacement du phytoplancton et de zooplancton dans d'autres zones que les nourriceries de larves. La rencontre n'aura pas lieu et les larves mourront avant d'arriver au stade juvénile. En éclosion, ce décalage peut être surmonté.

Le « relâcher », un acte fort de sensibilisation

En éclosion, on peut arriver à reproduire, à avoir des juvéniles de belle taille au stade zéro (un jour) et leur fabriquer en laboratoire la nourriture adéquate en phytoplancton ou en zooplancton, qui correspond à la taille de leur bouche. Il suffit d'accompagner les alevins de poissons, coquillages et crustacés pendant un mois. Mais il ne faut pas garder trop longtemps les juvéniles en milieu confiné (pas plus de trois mois). Au-delà, ils risquent de perdre leur instinct sauvage et de ne plus se réadapter dans le milieu naturel. On procède ensuite à un « relâcher » qui répond à deux objectifs : d'une part, compenser le milieu déficitaire ou accompagner le milieu naturel par un ensemencement d'espèces ; d'autre part, permettre à des pêcheurs et à des conchyliculteurs de vivre cette expérience. Cet acte de sensibilisation a un impact très fort sur la gestion de la ressource et aide les professionnels de la mer à comprendre la fragilité du milieu.

C'est un geste important que de réintroduire la vie dans la mer, qui prend encore plus de sens par exemple quand il est attendu depuis longtemps par des enfants préparés à le faire. Quand ceux-ci ont élevé en classe du phytoplancton, du zooplancton puis des larves d'araignées et de homards, les animaux ne sont plus des êtres anonymes qui les laissent indifférents. Ils ont un rapport affectif avec eux. Cette pédagogie du vivant est inestimable pour

que les générations à venir soient imprégnées de leurs responsabilités.

Adapter l'aquaculture aux contextes littoraux

Pour répondre à la demande accrue des consommateurs qui veulent des poissons sur mesure, à tout moment de l'année et bien sûr bon marché, les aquaculteurs européens ont sélectionné des poissons faciles à élever. Ces professionnels doivent par ailleurs faire face depuis peu à la concurrence des Chinois, jusqu'ici tournés vers leur marché intérieur pour satisfaire une nouvelle classe moyenne aisée, mais qui souhaitent maintenant s'étendre vers l'Europe. Les crevettes chinoises étant depuis peu taxées à l'importation aux États-Unis, l'Europe est devenue une destination de remplacement. Ici, ce n'est pas tant la concurrence qui est regrettable, car elle est normale, que les conditions de travail imposées en Chine et l'empreinte écologique issue de la distribution, qui ne correspondent pas à notre idée du développement durable. « La Chine exporte aussi le poisson des autres : le colin de l'Alaska ou les céphalopodes (calmars, seiches) congelés russes, norvégiens, américains ou néo-zélandais, par exemple. Entre 6 à 10 millions de tonnes sont travaillées à bas coût dans des usines employant plusieurs milliers d'ouvriers. La production est ensuite réexpédiée, notamment sous forme de filets recongelés, vers le Japon, la Corée, les États-Unis et, dans une moindre mesure, vers l'Europe²⁶. »

En mai 2005, le Sea Food, le Salon européen des produits de la mer, présentait à Bruxelles les « tendances » de l'aquaculture à venir. Deux poissons d'eau froide, le cabillaud arctique, produit en Norvège, et l'omble chevalier, un salmonidé élevé en Suède, ainsi que trois autres poissons des mers du Sud, le pangasius, ou poisson-chat tropical, très apprécié en Asie, le tilapia, poisson tropical d'eau douce (qui se place déjà au deuxième rang mondial après la carpe), et la perche du Nil arrivent sur le marché.

26. Raymond Cosquéric, *Ouest-France*, 7-8 mai 2005.

Les tilapias et la faim en Afrique

Parmi ces poissons, le tilapia sort de l'ordinaire et pourrait même apporter une solution au manque de protéines de nombreux pays du sud, tant il possède de qualités pour son élevage. Les tilapias sont présents sur tout le continent africain, mais se sont également répandus dans toutes les régions tropicales et subtropicales du monde²⁷. Appartenant à la famille des cichlidés, ils sont représentés en aquaculture par trois genres, qui se reconnaissent notamment à la façon dont ils s'occupent de leurs petits après la ponte des œufs : *Oreochromis* (incubateurs buccaux de type maternel), *Sarothéodon* (incubateurs buccaux de type monoparental, maternel ou paternel) et *Tilapia* (pondeurs sur substrats découverts). Alors qu'ils ont été introduits dans de nombreux pays à des fins aquacoles, pour le développement de la pêche ou pour la recherche²⁸, leur élevage commercial à grande échelle se limite presque exclusivement à trois espèces : *Oreochromis niloticus*, *Oreochromis mossambica* et *Oreochromis aureus*. Parmi ces trois espèces au potentiel d'aquaculture reconnu, le tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*, est de loin celui qui est le plus utilisé en aquaculture à l'échelle mondiale²⁹. Par exemple, dans les années 1950, plusieurs espèces de tilapias ont été introduites dans le lac Victoria dans le but de renforcer les stocks de tilapias indigènes qui étaient surexploités. Lorsque la perche du Nil a été introduite à son tour dans le lac Victoria, celle-ci se serait nourrie des stocks de tilapias, qui ont été pratiquement anéantis.

27. Des preuves existent selon lesquelles les Égyptiens élevaient le tilapia dans des étangs il y a plus de trois mille ans. Le tilapia est souvent appelé « saint-pierre » parce que, selon la légende, ce serait ce poisson que saint Pierre aurait capturé quand le Christ lui a demandé de mouiller ses filets dans la mer de Galilée. Source : Pêches et Océans Canada.

28. Production de tilapias transgéniques pour le traitement du diabète.

29. Aux États-Unis, en Amérique centrale, dans les Antilles, en Amérique du Sud, en Asie, en Afrique et surtout en Chine, plus grand pays producteur mondial de tilapias.

Un poisson presque parfait

Le tilapia est estimé pour sa chair de bonne qualité, blanche, ferme et maigre. Sa texture est humide, son goût délicat légèrement sucré, et son prix abordable. Le tilapia possède de multiples qualités qui font de lui un excellent poisson d'élevage. Il a une croissance rapide et accepte de vivre avec ses congénères dans un espace restreint. Bien nourri, il dépasse les 100 grammes en six mois (les plus grands spécimens de tilapias pèsent jusqu'à 5 ou 6 kilogrammes). Il peut atteindre une taille adulte en quatre à cinq mois et il est capable de se reproduire tous les mois et demi, en mettant au monde chaque fois jusqu'à 200 petits ! Il attrape très peu de maladies si ses conditions de vie sont normales (nombre convenable par mètre carré, bonne température, suffisamment d'oxygène dans l'eau et de nourriture).

Comme c'est un poisson solide, il peut résister aux manipulations et rester vivant pendant quelque temps après être sorti de l'eau. Il a une grande résistance au manque d'oxygène et supporte bien le transport à condition de surveiller l'aérateur de l'eau. Le tilapia se reproduit sans problème en captivité. Sa reproduction est même tellement abondante que l'on élève parfois uniquement les mâles (qui grossissent plus vite que les femelles) ou on ajoute des prédateurs pour éliminer la reproduction. Il a aussi l'étrange capacité de changer de sexe³⁰ : au-delà d'une certaine température (supérieure à 32 °C), une femelle peut devenir un mâle. Comme le mâle grossit plus vite et produit davantage de chair, il intéresse l'aquaculture. Au lieu de leur donner des hormones pour modifier leur sexe dans les élevages, certains chercheurs souhaiteraient donc jouer sur la température de l'eau. Pour un animal qui se reproduit déjà si vite, est-ce vraiment nécessaire ? Par ailleurs, il est doté d'une grande capacité d'adaptation.

30. Voir à ce sujet l'interview de Jean-François Baroiller, chercheur au CIRAD à Montpellier, par Rafaële Brillaud, *Libération*, 8 août 2008.

Une adaptation à toute épreuve !

Son régime alimentaire est polyvalent (planctonophage, végétarien ou omnivore). Surtout végétarien, le tilapia a l'avantage de s'alimenter à la base de la chaîne alimentaire, avec de petites algues, des diatomées (voire des cyanobactéries), et d'éviter ainsi la prédation sur les alevins et les juvéniles de sa propre espèce. Il se nourrit de tout : le plancton, les sous-produits agricoles comme le son de riz ou le tourteau de coton, les déchets de cuisine, etc. Il peut aussi manger des déchets organiques d'origine animale ou végétale, des moules ou du pain, voire des corn-flakes ! Habituellement, les poissons supportent pourtant mal les changements de nourriture, qu'elle soit riche ou pauvre.

Le tilapia fait partie de la famille des carpes d'eau douce. On le trouve dans les lacs, les étangs tropicaux. Mais il peut aussi s'adapter à l'eau de mer ! Sa capacité à vivre en eau salée dépend de facteurs intrinsèques (espèce, poids de l'individu, statut physiologique), mais aussi de son alimentation et des conditions dans lesquelles il est passé d'une eau douce à une eau salée³¹. À Beg-Meil, on a d'ailleurs fait l'expérience et constaté qu'on pouvait les faire passer de l'eau douce à l'eau salée instantanément, sans aucun problème. Même s'il a du mal à se reproduire en eau de mer, il ne se l'interdit pas puisqu'on a pu observer des reproductions en écloserie. En Afrique, le tilapia vit dans des milieux extrêmes. Il est capable de prospérer dans des eaux aux températures très élevées (entre 22 °C à 32 °C [72 à 90 °F]), peu profondes, donc pauvres en oxygène, avec une turbidité (eau trouble) maximale car au moindre coup de vent, la surface étant très près du fond, les particules de la vase sont très vite en suspension. Peu d'espèces arriveraient à survivre dans ces conditions. Comme les autres carpes d'eau douce, il est habitué à aller gober à la surface des

31. Gilles Lemarie, « Un test simple de résistance à la salinité comme critère de sélection des tilapias », *Aquaculture Recherche* – Fiche N° 147-2005. Biologie adaptation.

larves de moustiques ou des insectes, ou encore à capturer dans l'air l'oxygène en déficit dans l'eau. Il s'adapte à tout, même si son rythme de croissance et son taux d'alimentation ralentissent quand la température descend en dessous 21 °C (70 °F).

Avec toutes ces qualités, le tilapia pourrait contribuer à lutter contre la faim en Afrique. Cependant, un projet d'aquaculture s'inscrit généralement dans la durée, ce qui peut poser un problème culturel en Afrique où l'on favorise plutôt les projets à court terme. Or, pour produire des tilapias, il faut être capable de se projeter dans le temps. En Europe, dans les centres de formation, on encadre des professionnels qui ont des projets sur un an, deux ans, voire cinq ans, avec des investissements proportionnels. On capte, on élève, on commercialise, on emprunte aux banques, etc. En Afrique, les emprunts à la banque sont en majorité des microcrédits (quelques euros pour acheter une brouette ou un panier, avec un délai de quelques jours ou de quelques semaines pour rembourser). Pour mener à bien un tel projet, il est donc nécessaire de revenir à la dimension locale, humaine et environnementale, bien sûr.

Revaloriser le tilapia

Le tilapia mériterait un accompagnement plus méthodologique et une meilleure organisation entre les différents projets, car ce poisson permet de sortir de l'impasse résumée par la fondation WWF : « Nourrir les poissons d'élevage avec des poissons sauvages, est-ce bien raisonnable ? » Très souvent, sur un même territoire, coexistent des activités de productions primaires qui peuvent devenir complémentaires, si on développe des initiatives communes originales, et permettre de passer à des productions à grande échelle. À l'origine, une idée simple : le soleil produit l'énergie nécessaire aux végétaux (terrestres et aquatiques) qui produiront les déchets recyclés successivement et augmenteront à chaque étape les productions de protéines végétales et animales utilisables par l'homme. Par exemple, les agriculteurs produisent des déchets qui, après compostage, peuvent être utilisés pour enrichir en minéraux la culture d'un producteur de spiruline. Ce même

« cultivateur de l'eau », après tamisage de ses microalgues, génère un pourcentage de spiruline impropre à la consommation humaine, mais qui servira de nutriment aux alevins de tilapias herbivores d'un autre aquaculteur (ou bien les restes de spiruline pourront alimenter du zooplancton qui nourrira des espèces carnivores pour ainsi contribuer à la diversité). Le pisciculteur de ces poissons pourra destiner une partie de sa production d'alevins au repeuplement des grands lacs. Le pêcheur participera à son tour à l'approvisionnement en tilapias de géniteurs de belle taille pour l'écloserie.

En suivant une telle démarche, il est important de créer dans un lieu donné un centre ressources de proximité animé par la population concernée. Ce site, où sont définis les orientations et le calendrier des actions, doit être un lieu de concertation entre les différents acteurs où chacun apporte sa compétence, son savoir-faire, pour mutualiser au mieux une idée partagée par tous. Il faudrait partir d'une démarche théorique pour créer un espace où se cristallisent les idées des uns et des autres. Maîtriser le cycle du plancton végétal et animal revient à accompagner de façon « durable » la réflexion pour des productions nouvelles.

Résister au bétonnage des zones humides

Qu'on le veuille ou non, dans notre inconscient collectif, le mot « marais » est associé à insalubre, sans doute à cause de la malaria, *la mal aera*, mot italien signifiant le « mauvais air » et qui a donné son nom à la maladie contractée dans les marais. Les marais littoraux sont des zones humides, et là encore le mot « humide » a une connotation négative : zone à drainer, à « assainir », zone sans valeur foncière. Pourtant, les zones humides ne sont pas seulement des sites à préserver pour la beauté de leurs paysages, ou bien des fenêtres à conserver pour aérer le bétonnage du littoral, ou encore des réserves de nature à sauver de la prédation humaine. Elles sont à la mer ce que les forêts sont aux continents : à la fois des poumons et une source de vie. Elles sont

également des « éponges » essentielles à la conservation de l'eau en cas de sécheresse. Si on a bien compris les dangers auxquels nous expose le réchauffement climatique, une des premières mesures à prendre consiste à préserver au maximum toutes les zones humides.

Près des trois-quarts des ressources mondiales en protéines animales et végétales sont dans la mer. Mais la plupart des ressources halieutiques sont des espèces dites « continentales », c'est-à-dire qu'elles se reproduisent dans les zones humides littorales. Les marais littoraux sont des lieux d'échanges où se recomposent de nouveaux équilibres propices à toutes les alchimies et à toutes les éclosions. Là où les eaux douces et les eaux marines se mélangent, tout concourt à faire de ces espaces les nurseries de la mer : leur situation privilégiée entre terre et mer, les mélanges subtils et divers des eaux douces et des eaux marines, leur productivité primaire sans rivale (deux à trois fois supérieure aux meilleures terres agricoles), la complexité de l'imbrication des différents cycles biologiques, etc. Pour ces mêmes raisons, les zones humides littorales sont aussi un capital de richesses directement exploitables par l'homme à condition qu'il sache (et puisse !) respecter et préserver les équilibres naturels qui en sont la source. Si l'homme sait se rendre complice du travail de la nature et mettre à son service le savoir qu'il a acquis par sa science et par son expérience, ces nurseries deviendraient alors généreuses pour l'homme.

Retourner aux origines de la vie : le marais salant

La vie existe sur notre planète et dans les océans depuis 3,5 milliards d'années. Il y a cependant un endroit où on peut voir passer en une année toute l'évolution de la vie marine : le marais salant. Si on observe attentivement le fonctionnement de l'écosystème, dans l'intimité de son milieu, le marais salant apparaît alors comme un véritable laboratoire à ciel ouvert. Ici, on remonte le temps chaque année au rythme des saisons. Dans chaque bassin, on découvre une alchimie complexe.

Dans ces milieux extrêmes, particulièrement salés, le phytoplancton est moins présent. Dans l'œillet (cristalliseur) où l'on

récolte le sel, seules deux espèces de planctons survivent. À 280 grammes de sel par litre d'eau, la diversité est supprimée, puisqu'une seule algue se développe, *Dunaliella salina*, et un zooplancton bien particulier, *Artemia salina*. Ce sont les uniques espèces qui résistent aux salinités extrêmes. L'association étrange des prismes microscopiques des cristaux de sel et de la minuscule algue nous donnera les nutriments indispensables à notre bien-être, le sel marin, et la seule fleur qui pousse sur la mer, la fleur de sel. Entre ces deux espèces, un petit animal, *Fabrea salina*, un protozoaire, vient mettre son nez.

Lorsqu'on regarde l'origine de la vie, on s'aperçoit qu'elle s'est créée grâce aux phytoplanctons, puis aux zooplanctons et enfin aux protozoaires, ce qui a donné au final la grande biodiversité du plancton dans les océans. Dans un marais salant, on retrouve donc les conditions à l'origine de la vie : le monde minéral (cristaux de sel) et les trois espèces qui ont déclenché une révolution dans les océans – le phytoplancton, le zooplancton et les protozoaires. Si on fait quelques pas, on arrive dans la vasière (le château d'eau de l'œillet) où la salinité atteint 34 grammes par litre d'eau. À cet endroit, on retrouve toute la diversité du plancton. Lorsque l'eau s'évapore, il y a moins de phytoplancton, mais quand la saison des pluies arrive (automne et hiver), les marais sont à nouveau noyés. En récoltant le sel, le paludier diminue la diversité du plancton végétal, mais tout le reste de l'année, en remettant en eau son marais, il va organiser des échanges entre l'eau douce et l'eau de mer pour entretenir le réseau hydraulique. La nature continue alors à produire une grande diversité de planctons qui gagneront ensuite la mer.

Le marais de Guérande

D'une superficie de 2 000 hectares, le marais salant de Guérande se répartit en deux zones. L'une, autour du traict du Croisic, la plus vaste, s'étend sur les communes de Batz-sur-Mer, de Guérande et de La Turballe. L'autre est située au-delà du coteau guérandais et couvre 350 hectares sur les communes de Mesquer, de Saint-Molf

et d'Assérac. Le sel guérandais était déjà récolté sur la presqu'île dès l'âge de fer. On dénombre actuellement plus de 10 000 œillets en exploitation, dont cinq salines de l'époque carolingienne, toujours exploitées.

Comment fonctionne un marais salant ?

Sous l'action du soleil et du vent, l'eau se réchauffe et s'évapore. Les marais sont encore organisés comme il y a mille ans, au fil de ce ruisseau d'eau de mer qu'on appelle étier et qui s'insinue à l'intérieur des marais. À partir de la vasière, l'eau de mer « barbote », circule très lentement et, par gravitation, d'un bassin à un autre, de méandre en chicane, devient saumure, pour enfin parvenir au degré de cristallisation du sel. Autrement dit, l'eau dénivelée à travers des bassins aménagés dans l'argile jusqu'aux œillets, derniers bassins où elle atteint alors une salinité extrême (280 grammes de sel par litre), dans cinq centimètres d'eau. C'est dans ces bassins que le paludier ramasse le sel, qu'il met en tas (mulons) sur une plate-forme (trémet) au bord de la saline, tas qui seront évacués en septembre vers un magasin à sel (salorge).

Aujourd'hui, à Guérande, environ 250 paludiers récoltent 12 000 tonnes de sel par an. L'histoire des marais est racontée dans la salorge « Terre de Sel » qui accueille les visiteurs toute l'année³². C'est une histoire qui n'est pas banale, car le marais a failli disparaître au profit de « marinas pieds dans l'eau » et d'autoroutes. C'est aussi l'histoire d'une rencontre entre un enseignant et des professionnels compétents qui, ensemble, ont décidé de porter un regard sur le long terme et de trouver la bonne gouvernance.

Marais contre béton

En 1976, le ministère de l'Éducation nationale et celui des Transports décident de créer une formation aquacole marine, la

32. www.terredesel.fr

première en France, au lycée de Guérande, en Loire-Atlantique. On désigne Pierre Mollo, alors enseignant aquacole, pour initier le projet et on lui attribue un logement, des bassins et un laboratoire au milieu du marais salant. Mais à Batz-sur-Mer, la capitale du sel, il apprend par des affiches que le marais est menacé de bétonnage. Des projets immobiliers sont prévus pour remplacer une partie des marais salants, l'autre partie devant servir à l'aquaculture intensive. Le premier contact avec les opposants au projet est plutôt froid. Les paludiers s'opposent autant aux projets aquacoles qui visent à remodeler les marais salants qu'au bétonnage du littoral avec la construction d'immeubles en front de mer. Ils ont commencé à se mobiliser (syndicat, association, etc.) tout en préparant une communication de choc (théâtre, presse, etc.).

Pour beaucoup de paludiers qu'il côtoie, Pierre Mollo a un handicap : il est considéré comme un aquaculteur. Pour eux, l'aquaculture est synonyme d'entreprise à capitaux, d'activité lourde et intensive, elle rappelle inéluctablement la tentative de la Compagnie générale transatlantique (la « Transat ») qui, en son temps, a défrayé la chronique : en 1969, elle a transformé au Croisic des marais en fermes intensives d'élevage d'anguilles. Tous les nouveaux projets d'installations lui sont imputés. Le travail de Pierre Mollo est alors tout tracé : s'il ne veut pas rester pour eux un ennemi potentiel planté au milieu de leur marais, il va falloir leur expliquer les avantages de l'aquaculture extensive. Petit à petit, les paludiers se rendent au laboratoire quand ils apprennent que celui-ci leur est ouvert, les jeunes surtout, mais aussi des professionnels plus âgés. Tous les lundis, pendant plusieurs mois, ils se forment mutuellement, en commençant par un apprentissage des termes techniques. L'enseignant leur parle de biologie marine le plus simplement possible tandis qu'en contrepartie ils l'initient à leur marais. Il comprend son système hydraulique, observe la faune et la flore dans chaque type de bassin. Une fois qu'un langage commun est trouvé, Pierre Mollo peut leur faire découvrir les différentes formes d'aquaculture et engager de solides discussions, sans animosité. Ils finissent par réfléchir ensemble à ce qui

pourrait être fait dans les marais, véritables nurseries naturelles. Progressivement s'impose le projet d'élever des palourdes. Entre-temps, ce dialogue avec le groupe de paludiers a donné lieu à des réunions publiques et à des débats qui ont permis des échanges entre des professionnels (pêcheurs, ostréiculteurs) qui jusque-là s'ignoraient. Ce laboratoire de l'Éducation nationale est finalement devenu le lieu de rencontre espéré.

Élever des palourdes et extraire du sel

En 1976, la production de sel semblait sans avenir. Il paraissait plus raisonnable de vendre le marais car le prix du sel n'était pas assez élevé pour inciter des jeunes à installer. Pourtant, les jeunes paludiers s'opposaient aussi farouchement à l'idée que des promoteurs immobiliers puissent agrandir La Baule en asséchant le marais du Pouliguen qu'à la transformation possible des marais salants en zones aquacoles. L'idée d'élever des palourdes, ce qui n'entrave pas l'activité salicole, est apparue comme la plus judicieuse. La maîtrise de la fécondation des espèces en éclosérie était considérée à l'époque comme une aquaculture « nouvelle ». Après la naissance en éclosérie, les palourdes profiteraient au maximum de la vasière où les productivités primaires (phytoplancton) et secondaires (zooplancton) sont importantes. Du moins, c'était une hypothèse. L'Association guérandaise de cultures marines est alors créée, pour prendre en compte à la fois l'économie, l'environnement, les emplois et les activités. Pierre Mollo prouve que les marais sont riches en diatomées et fait venir d'une éclosérie 4 000 bébés palourdes que l'on met en nursage dans la vasière de plusieurs hectares, où la salinité est celle de la mer (34 grammes par litre) et la profondeur d'environ 1,50 mètre. C'est un peu le château d'eau du marais salant. Tous les quinze jours, le paludier ouvre les trappes, prélève de l'eau de mer et la stocke dans la vasière. Dans cette vasière où l'eau est régulièrement changée, avec l'ensoleillement et les sels minéraux présents, toutes les conditions sont réunies pour donner un phytoplancton diversifié à manger aux palourdes. Un mois et demi après l'expérience, les

paludiers commandaient 40 000 bébés palourdes à l'éclosérie, trois mois après 500 000, et les années qui suivirent plusieurs millions.

Le Label Rouge

Toutefois, l'économie du marais salant n'a pas été sauvée par le seul élevage des palourdes. Dans les années 1970-1980, les paludiers ont su s'organiser contre les promoteurs immobiliers et défendre leur produit face à la concurrence. Le stage professionnel mis en place en 1979 a permis un rajeunissement et un renouvellement de la profession. En 1988, le Groupement des producteurs de sel s'est constitué en coopérative agricole, laquelle, grâce à une politique de qualité et de promotion, a développé les ventes. C'est également dans ces années-là qu'a été fondée l'association Univers-Sel³³ pour le partage du savoir-faire des paludiers guérandais avec des exploitants rizicoles et salicoles, d'abord au Bénin puis en Guinée. En 1991, les paludiers de Guérande obtiennent le Label Rouge³⁴ (dont ils sont jusqu'à ce jour les seuls détenteurs pour le sel), ce qui donne un bel élan à leur production. En 1992, ils se regroupent au sein d'une coopérative, les Salines de Guérande³⁵, et rachètent la société Le Guérandais qui va léguer son nom au sel labellisé. À partir de 2006, la coopérative se donne les moyens de « relooker » ses produits et de mieux communiquer. Trente-cinq ans après avoir failli disparaître sous les remblais, le marais de Guérande est toujours en vie, son économie est saine et lucrative, son environnement intact, son tissu social ressoudé. Les trois piliers du développement durable (environnemental, social et économique) sont en place.

33. www.guinee44.fr

34. Label Rouge : outre le contrôle systématique de la composition du produit pour s'assurer de sa richesse en magnésium et autres minéraux et oligoéléments, et celui de sa qualité organoleptique (dégustations régulières par l'organisme certificateur agréé, Certipaq), la maîtrise de la qualité est garantie à tous les stades de la production, de la récolte au conditionnement en passant par le stockage.

35. www.salinesdeguerande.com

Les métiers du littoral en danger ?

La diversité biologique des marais salants de Guérande est indispensable à la pérennité des métiers du littoral. Depuis des millénaires, en France, des hommes et des femmes ont mis au point des techniques pour extraire le sel de la mer. Les paludiers de Guérande en sont le meilleur exemple. Le marais salant vit en autarcie et renouvelle la vie qu'il réduit par ailleurs. Le cycle du plancton et l'interdépendance des métiers de la mer au travers du site exemplaire de la presqu'île guérandaise n'est plus à démontrer. Le plancton se développe dans les marais salants de Guérande, nourrit les parcs conchylicoles du Traict du Croisic qui à leur tour vont alimenter, par leurs larves, les crustacés et les poissons de La Turballe.

Le paludier, d'année en année, de génération en génération, entretient un réseau hydraulique fragile et complexe. C'est ainsi qu'il enrichit la mer en favorisant la croissance du plancton végétal, premier maillon de la chaîne alimentaire, indispensable à l'équilibre biologique du milieu marin. Le marais, entretenu par le paludier, reste cette nurserie naturelle dont a besoin la mer.

Le parqueur, de génération en génération lui aussi, aménage le littoral pour y élever ses coquillages. Son activité dépend de la qualité des eaux provenant des zones humides (ici le marais, ailleurs les estuaires), de leur richesse en plancton végétal. Et lorsque ses coquillages se reproduisent, ils pondent des millions d'œufs qui vont entrer dans les réseaux trophiques pour former le plancton animal, indispensable au milieu marin, nourriture des larves de crustacés et de poissons.

Le pêcheur, quant à lui, « file » ses casiers le long des parcs conchylicoles. Mais il ne sait jamais ce que ses filets vont lui rapporter. Lorsqu'un déséquilibre se produit dans les écosystèmes marins, il est le premier touché. Aujourd'hui, le pêcheur se préoccupe de la ressource, des engins de pêche sélectifs, du repos biologique, du repeuplement des fonds, de la reconquête de la qualité des eaux.

Au fil des activités traditionnelles et de ces milieux particuliers que sont les marais, l'estran et la côte, d'autres perspectives, telle l'aquaculture, apparaissent comme prometteuses et innovantes si elles sont compatibles avec leur environnement et savent utiliser au mieux les richesses de la mer. Cependant, les professionnels de la mer, devant cette chaîne alimentaire qui devient de plus en plus fragile, ne peuvent que s'interroger sur le déséquilibre des écosystèmes côtier et le devenir de leurs différents métiers.

Développer l'« économie populaire »

Au XIX^e siècle, par le biais des religions, puis au XX^e siècle, avec certaines ONG nanties des meilleures intentions du monde, on a insufflé aux pays dits « en voie de développement » que la meilleure manière d'être heureux, c'était d'adopter des valeurs occidentales. Ainsi, on a fait du « passé table rase », alors que les pratiques ancestrales ne demandaient qu'à être adaptées au contexte moderne. L'infrastructure de type occidental (routes, barrages) a enlevé toutes possibilités à certaines communautés, qui, jusque-là, pouvaient compenser les manques financiers par des palliatifs comme la vente du sel, de vivre en autarcie ou du moins en économie locale ou solidaire. On a oublié que l'échange, au sens réel de la réciprocité, permettait à l'autre de garder sa dignité, de ne pas être un assisté, que l'on soit du Nord ou du Sud. Or, « les organisations locales de solidarité, de mutualisme et de coopération existaient avant la colonisation européenne³⁶ ». Yao Assogba, sociologue et professeur, précise cependant que l'économie sociale se développe à nouveau depuis les années 1960 parmi les populations subsahariennes, en réponse à l'incapacité des États à satisfaire leurs besoins fondamentaux (alimentation, santé,

36. Yao Assogba, « Gouvernance, économie sociale et développement en Afrique », *Cahiers de la chaire de recherche en développement communautaire*, série « Recherche », n° 16, Hull (Canada), université du Québec à Hull (UQAH), 2000.

éducation, etc.). On assiste à la renaissance (et à la reconnaissance) d'associations paysannes et d'organisations professionnelles, de groupes sociaux organisés mais sans statuts, de mouvements de travailleurs.

« Le concept de secteur informel a été utilisé pour désigner des pans entiers d'activités socioéconomiques qui se déroulent de façon autonome par rapport aux systèmes de production des biens et services des pouvoirs publics; systèmes dits "modernes". Aujourd'hui, il existe un fort courant de pensée qui reconnaît les capacités motrices propres au tiers secteur en Afrique. Cependant, ses partisans préfèrent employer le terme économie populaire comme synonyme d'économie sociale³⁷. »

La mangrove, un terrain propice au partage des savoirs

La mangrove est un terme générique qui recouvre des types forestiers très différents en fonction de leur localisation géographique. Nous l'avons vu en deuxième partie, la mangrove présente un enjeu écologique important dans la mesure où, quand on la préserve, on sauve aussi le plancton et donc les nurseries.

De Guérande au Bénin : passer d'une politique de survie à des pratiques de développement durable

La lagune béninoise s'étend derrière le cordon dunaire à l'ouest de Cotonou, à la frontière togolaise, et souffre d'un excès démographique et du chômage des jeunes. Le poisson manque, car on pêche maintenant des poissons trop petits et trop rares. L'autre volet économique est la saliculture, mais pour produire le sel, on ne sollicite pas le concours des vents et du soleil. *Dje*, le sel en béninois, est surtout le fruit du travail des femmes. Une fois que la mer s'est retirée des marais, elles grattent la terre, font cuire les saumures, puis recueillent le sel après évaporation de l'eau. La cuisson nécessite une grande quantité de bois. Autrefois, le bois se trouvait à proximité dans la mangrove, mais les prélèvements

37. *Ibid.*

sur les palétuviers ou la couverture ligneuse de la mangrove ont précipité la disparition de celle-ci. Maintenant, il leur faut acheter les fagots à Cotonou ou aller les chercher de plus en plus loin dans la brousse, ce qui est exténuant.

Les femmes sont obligées de s'occuper de tout, aussi bien d'élever les enfants que d'aller chercher du bois, piler la coco pour en faire de l'huile, broyer le piment ou préparer la bouillie de maïs. La préparation du sel et sa commercialisation sur les marchés leur demandent beaucoup de temps et d'énergie. Elles sont surtout inquiètes de la transformation du marais, « qui n'est plus comme avant depuis la construction du barrage ». Tantôt la terre s'assèche mal, ou trop tardivement après la saison des pluies, ou bien est envahie par la marée. La météo est à contretemps et l'eau douce semble envahir le marais.

Pour sauver la mangrove, des paludiers des marais de Guérande sont venus en aide à leurs consœurs qui avaient une autre pratique, pour leur expliquer non pas que leurs techniques étaient mauvaises, mais qu'elles n'étaient plus adaptées à leur écosystème local. L'apport de la technique guérandaïse, à savoir la saline solaire, pouvait être une alternative si elle était ajustée au contexte africain. L'action collective réunissant Béninoises et Guérandaïses a permis d'adapter les méthodes traditionnelles de récolte du sel de Guérande (c'est-à-dire utiliser le soleil comme source d'énergie). Au lieu de creuser des bassins d'argile, les paludiers leur ont proposé de construire des cristalliseurs avec des bâches plastiques étanches de 10 m² chacune sur lesquelles la saumure est déposée. L'évaporation naturelle, sous l'action du soleil et du vent, produit le sel. L'intérêt de la démarche réside aussi dans le circuit court proposé aux paludières : les bâches sont produites et achetées à proximité, ce qui évite une « assistance » Nord-Sud et leur procure une parfaite autonomie pour les années à venir. Leur santé s'améliore (plus de vapeurs toxiques) et le temps libéré leur permet de s'occuper davantage des enfants. L'échange trouve sa place dans un plan de développement durable (même si en 1988 on

n'utilisait pas fréquemment ce mot) où l'on se soucie des besoins concrets des humains et de la fragilité des milieux naturels³⁸.

Sauver le sel et le riz en Guinée

En Guinée, tout comme au Bénin, ce sont les femmes qui récoltent le sel. Elles grattent la couche superficielle du sol, noire et salée, puis la terre est lessivée dans des tamis ou « tankés » avec de l'eau de mer, qui, en s'écoulant dans les bassins, produit de la saumure. Celle-ci est chauffée dans des « panis », grands plats rudimentaires en argile, grâce aux souches de palétuviers, et ce, jusqu'à la cristallisation du sel qui apparaît quand l'eau s'est évaporée. Il faut brûler 3 tonnes de bois pour produire une tonne de sel. Ici aussi, les femmes sont déshydratées par la chaleur du feu, souffrent des émanations toxiques qui leur rougissent les yeux, et leur brûlent les poumons. Tout autour du village, la mangrove défrichée présente un paysage de guerre : les « tannes », friches de terres salines, sont constellées de souches de palétuviers.

Les paludiers guérandais de l'association Univers-Sel³⁹ ont décidé d'aider cette fois encore leurs consœurs et de partager avec elles leur expérience vécue au Bénin. Idée simple et géniale, les salines solaires s'opposent pourtant à la tradition et demandent de la réflexion, de l'adaptation. « Il suffit d'avoir du goût et du soin, explique Geneviève Delbos⁴⁰, les villageois inventent des tas de procédés dont ils font bénéficier la communauté. » En effet, il faut savoir choisir l'emplacement, niveler le sol afin que le fond soit parfaitement plat, maintenir les bâches avec des montants en bois, sécher, stocker, etc. La méthode marche si bien que, améliorée, elle est connue maintenant sous le nom de « salines guinéennes ». On en parle aux autres, dans les villages voisins, car le sel récolté est de meilleure qualité : il garde une partie de l'iode marin, ce qui

38. Cet échange de savoirs est raconté dans les films *Houla-Ko et le fils du soleil et du vent*, de Geneviève Delbos, Jean Arlaud et Pierre Mollo, et *Houessivo Dadjé, le sel des femmes*, de Geneviève Delbos et Jean Arlaud.

39. Site Internet : <http://www.seldeguerande.fr/index.php>

40. Ethnologue, chargée de recherches au CNRS, coréalisatrice de films avec Pierre Mollo.

permet de lutter contre l'apparition de maladie comme le goitre, et il conserve mieux le poisson que le sel ignigène. Il est donc vendu plus cher sur les marchés. Depuis 1999, des « salines écoles » ont permis de diffuser le procédé du sel solaire dans cinq autres régions, en s'appuyant sur des formateurs guinéens de proximité. Ils ont pu construire ainsi 1 000 cristalliseurs par saison, avec pour chacun un rendement de 15 à 20 kilogrammes de sel par jour.

Sur cette côte guinéenne, la saliculture n'est qu'une activité complémentaire, voire secondaire, au regard de la pêche et du riz, mais une source de revenus indispensable pour l'achat des semences du riz cultivé pendant la saison des pluies. Sel et riz sont donc, dans la mangrove, indissociables.

Saliculture et riziculture, deux dévoreuses de mangrove

Les paludiers guérandais ont compris qu'on ne pouvait sauver la mangrove et la saliculture sans s'intéresser à la base de l'alimentation des Guinéens : le riz. En Afrique de l'Ouest, la riziculture est la principale culture dans les « rivières du Sud » (c'est ainsi que l'on nomme la mangrove) qui s'étendent sur 3,5 millions d'hectares, du Sénégal jusqu'à la Sierra Leone. Elle fournit 50 % de la production nationale de riz en Gambie, 80 % en Sierra Leone... Riziculture et saliculture forment un tandem infernal qui détruit systématiquement la mangrove. D'un côté, la cuisson de la saumure dévore la mangrove par troncs entiers pendant la saison sèche. De l'autre, la riziculture dévore la mangrove par le défrichage. Comme la terre s'acidifie, elle est abandonnée, puis on défriche de nouvelles parcelles, et ainsi de suite. Aujourd'hui, moins de la moitié des rizières conquises sur la mangrove sont encore cultivées. La mangrove est donc grignotée de toutes parts. Cependant, on peut considérer *a contrario* que la mangrove et la riziculture forment un tandem vital. Sans les revenus du sel, le riziculteur est obligé de s'endetter, et c'est un cycle sans fin car les rendements du riz sont aléatoires.

Réhabiliter, alléger le travail et fournir des revenus

La production artisanale de sel dans le pays guérandais a traversé elle aussi des moments difficiles. Mais alors que certains se résignaient à voir disparaître avec les derniers paludiers un milieu physique singulier, érigé lui aussi en patrimoine naturel à préserver, une nouvelle génération d'exploitants a pris la relève. Ils ont revivifié la tradition ancestrale en introduisant de nouvelles méthodes et en jetant les bases d'une organisation professionnelle plus efficace. Forts de cette expérience, les paludiers de Guérande, en hommes des marais, se sont dit que les riziculteurs avaient les mêmes préoccupations qu'eux, et qu'ils pouvaient donc échanger leur savoir-faire. Les rizières nécessitent le même aménagement que les marais salants : gestion hydraulique des parcelles (introduire ou évacuer de l'eau douce ou salée, maintenir des niveaux d'eau précis), maintenance en bon état des digues de protection. Pour éviter des coûts trop élevés, ils ont proposé l'usage de tuyaux PVC, peu onéreux et très résistants. Grâce à la concertation et à la formation, ils ont obtenu l'adhésion des Africains qui ont pris le relais et obtenu d'excellents résultats. Ils ont pu mettre en eau 2 000 hectares de casiers rizicoles avec un rendement moyen supérieur de 30 % au précédent. Coût : 15 euros par hectare. Le bilan est très positif. Les deux activités réorganisées ont généré des revenus, elles ont permis aux hommes d'avoir du temps pour la préparation des rizières et de la pêche et aux femmes de se libérer d'un lourd travail. Et pour tout le monde d'arriver à une sécurité alimentaire qui était loin d'être évidente au départ.

L'acadja : pratique communautaire ou source de conflit ?

Une pratique très intéressante pour développer la production du plancton dans la mangrove concerne l'acadja. C'est au Togo comme au Bénin un système traditionnel de pisciculture extensive. Les acadjas sont des parcs composés de branchages qui reproduisent l'habitat préféré de certaines espèces de poissons. Ils leur offrent des frayères pour la reproduction, un abri physique contre les prédateurs et une nourriture favorisée par le développement de

plantes et d'animaux de petites tailles (dont les planctons) qui profitent de la décomposition du bois. Lorsque les poissons atteignent une certaine densité de population, ils sortent des acadjas et se dispersent dans l'ensemble de la lagune en colonisant d'autres habitats moins peuplés.

Au Togo, la pratique de l'acadja consiste à installer des branchages dans les fonds boueux du lac pour composer un parc bien délimité, à une profondeur optimale de 1,60 mètre pour que le pêcheur puisse travailler debout et la tête hors de l'eau. La différence avec le précédent système est que l'acadja devient un mini-parc presque naturel mais fermé. Pour ce qui est des avantages, la pratique de l'acadja permet dans le lac Togo des rendements de pêche supérieurs à une tonne par hectare, nettement plus avantageux que les 160 kilogrammes par hectare obtenus en temps ordinaire ou les 400 kilogrammes par hectare obtenus lors de l'ouverture de la passe marine.

Cette pratique ancestrale permettrait aujourd'hui un accroissement de la productivité des lagunes si elle ne générait pas un conflit entre les pêcheurs individuels et les communautés de pêcheurs. Les pêcheurs qui utilisent l'acadja sont accusés d'attirer une bonne partie des poissons dans leurs « cages privées » au détriment des autres pêcheurs non utilisateurs et de la communauté locale. Les habitants expliquent que ce sont des « étrangers » ou des gens ayant des gros moyens qui viennent installer des « forêts d'acadjas » à leur profit exclusif, les fruits de leur « pêche miraculeuse » étant emportés et vendus loin des villages riverains. Ce qui au Bénin est source d'« économie populaire » est devenu au Togo source de conflits entre le privé et les communautés villageoises.

Les palétuviers du Sénégal

Aux mêmes causes, les mêmes effets. Dans le delta de la Casamance⁴¹, la coupe du bois et la construction des routes qui font barrage entre le fleuve et la mer ont entraîné en une génération

41. Région du sud-ouest du Sénégal située entre la Gambie et la Guinée-Bissau.

la disparition de la mangrove. Les pêcheurs n'ont plus de poissons pour nourrir leur famille, et les rizières, protégées autrefois par les palétuviers qui absorbent le sel de la mer, ont été anéanties.

Océanium⁴², une association sénégalaise de protection de l'environnement, a proposé aux villageois du delta de ressusciter la mangrove et de replanter les palétuviers. Plantées tous les trois pas, comme dans un champ, 10 000 pousses de palétuviers dressent leur tête au ras de l'eau après une heure de repiquage. Cet engouement des populations est le résultat d'une longue sensibilisation et procède d'un échange. Ha'dar el-Ali, à l'origine de l'opération « Plante ton arbre », a d'abord montré sur une zone dégradée la faisabilité de la réhabilitation. Sur une zone dévastée, des villageois ont repiqué 65 000 fruits de palétuviers *Rhizophora* prélevés dans des mangroves saines. Trois mois après leur repiquage, les propagules⁴³ de palétuviers avaient déjà des feuilles (les plantations deviennent des arbustes en trois ans). Conquis par les résultats, les villages voisins ont sollicité l'association pour faire la même chose chez eux, et l'année suivante dix villages ont repiqué 500 000 propagules. En 2008, l'association a lancé ce défi de très grande envergure : planter 6 millions de palétuviers ! Les villages « donneurs » se trouvent sur les rives du fleuve. Il faut aller chercher les fruits, grimper sur les immenses racines, revenir à la nage vers la pirogue en poussant le seau contenant la récolte, et cela malgré les blessures, les insectes, la fatigue, le jeûne imposé par le ramadan... Ce travail méritant salaire, un sac plein (environ 20 kilogrammes) est payé 1 000 francs CFA (environ 1,52 euro) au cueilleur. Quand le camion est plein, il livre sa cargaison à l'un des 130 villages « receveurs » où les populations mobilisées s'appliquent à repiquer les longues gousses vertes dans la vase, malgré la saison de repiquage du riz qui bat son plein. Le coût de l'opération est partagé entre une fondation française, une fondation internationale et des financements locaux, notamment d'un groupe agroalimentaire. Sur

42. www.oceanium.org

43. Toute partie de la plante qui sert à la propagation de l'espèce : spore, graine, prothalle, drageon, etc.

quels critères scientifiques a été fondé le choix des zones à reboiser ? Les organisateurs se sont fiés au savoir local, l'ancienne génération ayant montré ses compétences.

À la faveur de diverses actions régionales, la perte de surface de mangroves va diminuant d'année en année. En témoigne le volume détruit qui est estimé à 187 000 hectares par an pour la période 1980-1990 contre 102 000 hectares par an entre 2000 et 2005. En protégeant ces écosystèmes fragiles, les habitants des villages environnants agissent au profit de leur région, les mangroves s'avérant être d'excellentes barrières protectrices contre les phénomènes d'érosion des côtes et de salinisation des nappes phréatiques.

Promouvoir la pluriactivité

Le développement durable nécessite de combiner ce qui paraît inconciliable. Pourtant, si on réfléchit bien aux trois dimensions (sociale, économique, environnementale), on s'aperçoit que l'on peut raisonner, comme pour une entreprise, en termes de retour sur investissement. Ainsi, on peut considérer l'emploi non pas comme une charge, mais comme un moyen d'économiser sur le coût de la dépollution ou sur le manque à gagner d'une absence de gestion d'un milieu sensible. La pluriactivité permet aussi la mutualisation des moyens, la diminution des coûts de l'emploi, et donc la création ou la consolidation de postes de travail. Par ailleurs, le développement durable nécessite une approche projet/territoire qui interroge l'interaction des facteurs environnementaux, qui ne peuvent être isolés des facteurs sociaux et économiques. Cette pensée complexe intègre d'une part la prévention qui coûte moins cher que la dépollution, et d'autre part l'anticipation (par exemple du réchauffement climatique) qui coûtera moins cher à la collectivité. Voici quelques exemples de pluriactivités qui précèdent ce qui apparaît peut-être de prime abord comme un peu abstrait.

Créer des postes d'auxiliaires de mer ?

On propose souvent aux professionnels de la pêche d'avoir une ou plusieurs activités complémentaires, afin de favoriser le repos biologique et de diminuer l'effort de pêche pour certaines espèces. Il s'agit également de combler des moments de non-activité pour des raisons météorologiques, de repos compensatoire pour les navigants, ou de chômage technique dû aux réparations navales. On les incite enfin à se former « tout au long de leur vie ».

Au lieu de leur proposer des activités dans le tertiaire ou la grande distribution, on pourrait leur suggérer de participer avec des équipes de biologie marine, dans un centre spécialisé, à des actions de reproduction d'espèces pour le réensemencement ou bien de suivi de la qualité des eaux littorales. Cette démarche existe depuis les années 1950 au Japon. Elle a un double impact : d'une part, on maintient une ressource en milieu naturel ; d'autre part, on sensibilise les gens de mer à l'alevinage et à la complexité des écosystèmes marins. Quand on connaît mieux la fragilité des espèces que l'on va pêcher plus tard, on est plus à même de les protéger. Il s'agit également d'inciter à réfléchir à la qualité du milieu : cela ne sert à rien de faire du repeuplement avec des professionnels de la mer si la qualité des eaux n'est pas au rendez-vous. Et si on part à la reconquête de la qualité de l'eau, on encourage la création d'associations⁴⁴ pour motiver, sensibiliser, expliquer aux gens cette nécessité.

Une réserve pour deux

Dans tous les pays, les réserves naturelles suscitent des craintes car elles sont vues comme des espaces *gelés*. Pour changer cette image négative, il est nécessaire que les professionnels de la mer trouvent un avantage au gel des activités de pêche, sans pour cela se lancer imprudemment dans l'écotourisme qui pourrait se retourner contre eux. En effet, les écotouristes en trop grand nombre peuvent perturber gravement les aires à protéger et, dans certains pays où le

44. Des associations comme CAP 2000 ou l'Observatoire du plancton.

tourisme est en passe de devenir l'unique activité, anéantir l'économie de la région. En cas de crise internationale, comme c'est le cas aujourd'hui, toute monoactivité peut rendre exsangue l'économie. Heureusement, il existe des contre-exemples.

Ainsi, pour protéger le site de reproduction des phoques moines, qui ont disparu en France et en Espagne dès les années 1950, et dont on retrouve seulement quelques groupes épars en Méditerranée, une réserve a été créée en 2001 au cap Blanc, près de la capitale économique de la Mauritanie, Nouadhibou. Elle se trouve au cœur d'une zone minée pendant la guerre entre l'armée marocaine et les indépendantistes sahraouis. Grâce à ce *no man's land* improvisé, l'espèce a survécu, notamment en se réfugiant dans des grottes difficiles d'accès. Ces sortes de maternités pour phoques, étalées sur 6 kilomètres de côte, sont maintenant surveillées par trois gardes, pour éviter une présence humaine qui perturberait les animaux. « Cette protection profite aussi aux pêcheurs artisanaux en renforçant les stocks de poissons et de crustacés aux alentours, explique Hamdi M'Barek⁴⁵. En contrepartie des efforts de la population locale, nous menons des actions sociales : formation à la sécurité en mer, construction d'un marché aux poissons à Nouadhibou⁴⁶... » Il ne suffit donc pas de protéger des aires marines ou littorales, encore faut-il offrir une contrepartie à la population pour qu'elle s'approprie le projet et considère ce *no man's land* comme quelque chose de bénéfique. Un *no man's land* qui profite du tourisme, sans que celui-ci soit une priorité car il n'est qu'un complément à la pêche.

Tourisme et pêche

Parfois, il suffit tout simplement de changer de bateau pour retrouver les trois axes du développement durable : préservation de la ressource, développement économique, emplois préservés.

45. Président d'Annajah, une ONG mauritanienne.

46. *Sciences et Vie*, juin 2009.

Le développement de stations touristiques sur le littoral du Ceará, dans le nord-est du Brésil, présente des risques. À cause de la valeur élevée du foncier près des plages et de la spéculation immobilière, des communautés ont dû abandonner leur environnement traditionnel et les familles de pêcheurs n'ont tiré que des gains insignifiants de leurs nouvelles activités liées au tourisme. Les pêcheurs ont compris alors que leur intérêt n'était pas d'exclure une activité au profit de l'autre, mais de combiner pêche et tourisme. Dans leur recherche d'une pêche durable, des communautés de pêcheurs artisans du Ceará tentent de concilier les deux pour mieux gagner leur vie⁴⁷, mais aussi pour garder leur indépendance, chèrement acquise, vis-à-vis des intermédiaires. L'enjeu de la pêche dans cette zone est d'« extraire l'or de la mer ». L'or, dans cette région du Brésil, c'est la langouste, surnommée ainsi du fait de sa forte valeur marchande. Elle est l'objet d'une compétition sans merci entre les tenants des bateaux à moteur, longs de 12 à 15 mètres, pêchant au large avec à bord 600 à 1 000 casiers (ce qui accroît forcément le prélèvement sur les stocks), et les « jangadas », petites embarcations à voile et sans moteur qui pêchent avec 40 casiers seulement, non loin des côtes.

Puisque les jangadas étaient impuissantes à rivaliser avec les bateaux à moteur, il fallait trouver une autre solution. Les pêcheurs de Prainha do Canto Verde ont donc conçu un catamaran sans moteur, idéal pour se rendre sur le plateau continental, là où la jangada ne peut aller. Amélioration de la sécurité, du confort et de la stabilité, coût d'exploitation réduit, effort de pêche modéré et adaptabilité en font un outil exemplaire pour les pêcheries multisécifiques. En outre, avec ce nouveau matériel de pêche, complémentaire et non concurrent de la jangada, les pêcheurs peuvent ajouter à leur travail habituel des activités annexes comme le tourisme et la pêche sportive. Selon une étude de cas publiée en 2006, deux projets pilotes⁴⁸ font apparaître que les

47. René Schärer, « Extraire l'or de la mer », *Samudra*, n° 44, juillet 2006.

48. À Prainha do Canto Verde et à Ponta Grossa.

communautés gagnent à se lancer dans des activités annexes liées au tourisme tout en préservant l'environnement et en valorisant l'identité culturelle du monde de la pêche. Ce type d'initiatives s'étend maintenant à d'autres communautés.

Ouvriers côtiers

Dans le cadre d'un programme français de création d'emplois à destination des jeunes⁴⁹, un référentiel emploi-activités-compétences a été rédigé en 1998 pour valider la création d'un nouveau métier : ouvrier côtier. Hybride avec le métier d'« agent d'entretien des espaces naturels », le cadre de l'emploi est parfaitement délimité par le cadre légal au niveau tant européen⁵⁰ que français, et notamment le Code des communes qui stipule que celles-ci sont chargées de la protection et de la salubrité publiques de leur territoire jusqu'à la limite mer de la bande des 300 mètres⁵¹. *Le Courrier des maires*⁵² est d'ailleurs très explicite à ce sujet : « Préserver l'espace naturel : tous les élus savent qu'ils seront désormais jugés sur leur efficacité dans ce domaine. La méthode existe pour gérer cet espace, en concertation avec tous les acteurs et en maîtrisant les coûts. Elle se formalise dans un plan de gestion, document de base, dont tous les sites devraient être dotés, quels qu'en soient le propriétaire et le gestionnaire. » À l'époque, il existe déjà une formation où on enseigne l'entretien des espaces naturels, la biologie animale et végétale, la gestion et l'entretien du mobilier de l'espace rural, la mécanique, les pollutions : en tout 260 heures de théorie, 250 heures de pratique en entreprise et 290 heures de chantier en alternance.

Aujourd'hui, on appelle ouvriers côtiers les personnes qui ramassent ponctuellement les macrodéchets et parfois encore les agents

49. Nouveaux services / Emplois-jeunes.

50. Résolution (73)29 relative à la protection des zones côtières (octobre 1973) et convention de Berne (septembre 1979).

51. Article 32 de la loi n° 86-2 relative à l'aménagement, la protection et la mise en valeur du littoral.

52. De juillet-août 1998.

d'entretien des espaces naturels, souvent en chantier d'insertion. C'est une évidence, mais il faut le redire, les plans de gestion ne pourront pas produire les effets attendus tant qu'ils ne seront pas appliqués sur le terrain par des personnels compétents en environnement ! On confond souvent entretien paysager et gestion écologique d'un site.

Liste des activités types existant déjà dans le référentiel métier « ouvrier côtier » :

Veille antipollution	Veille environnement
Identification des différents types de déchets et des risques qu'ils représentent pour l'environnement. Mise en sécurité des déchets dangereux. Évacuation manuelle ou mécanique des macrodéchets. Tri sélectif. Rédaction des fiches de collecte. Récupération des pollutions lourdes. Appui aux services antipollution (plans Polmar, barrages, hydrocarbures).	Observation de l'écosystème et du patrimoine. Repérage de tous les incidents, dégradations ou problèmes se présentant sur le site. Repérage de toutes les zones pouvant présenter des risques pour les personnes (circulation, chutes de pierres, nids-de-poule, chemin écroulé, etc.). Compte rendu aux services concernés.

Anticiper le réchauffement climatique

Ce métier d'ouvrier côtier pourrait aider à résoudre des problèmes insolubles jusque-là. Outre le ramassage des déchets et l'entretien des espaces côtiers, ces personnes qualifiées pourraient réaliser une veille antipollution, une veille environnement (tâches incluses dans leur fiche emploi type) et remplir une base de

données propre au littoral. En effet, s'il est impossible de trouver des financements pour des emplois de « veilleurs de l'environnement », rien n'empêche une équipe d'ouvriers côtiers d'accompagner ses travaux d'observations de terrain, de comptages systématiques, de prélèvements. On sait notamment qu'avant l'arrivée d'une pollution venant du large des taches irisées apparaissent sur la côte. Si elles étaient connues à temps, les plans antipollution seraient plus vite mis en place et la côte serait sécurisée avant que la marée noire n'arrive.

Avec des fiches adaptées à un protocole de recherche, on pourrait opérer des comptages des invertébrés sur l'estran, comme par exemple dans le programme Prodig (voir encadré) de l'IUEM de Brest⁵³ pour le comptage des huîtres creuses sauvages, repérer des *eaux colorées*⁵⁴ et en faire un prélèvement, prendre des photos de pollutions (macrodéchets, flaques d'hydrocarbures, mousses bactériennes, eaux usées) ou de la modification du trait de côte, ce qui assurerait à des laboratoires et/ou à des universités un suivi biologique sur plusieurs années, avec une méthodologie unique pour tous les sites. On pourrait ainsi évaluer, mais aussi anticiper, les effets du réchauffement climatique sur le littoral. En effet, les animaux fixés comme les huîtres creuses remontent vers le nord. Il est donc possible de mesurer l'impact du réchauffement des océans en observant leur colonisation dans les zones inhabituelles.

Projet Prodig : programme de recherche sur la prolifération de l'huître creuse *Crassostrea gigas*

Ce programme de recherche (sur trois ans, de janvier 2006 à décembre 2008 en cours d'analyse) concerne l'étude de la prolifération de l'huître creuse du Pacifique *Crassostrea gigas* sur les côtes Manche-Atlantique françaises. Il s'agit de réaliser un bilan de la prolifération, d'évaluer ses tendances d'évolution, d'étudier ses conséquences écologiques et socioéconomiques et de mettre en place des outils

53. IUEM: Institut universitaire européen de la mer.

54. Voir Ifremer: www.ifremer.fr et www.ifremer.fr

de gestion. Deux hypothèses ont été posées pour identifier les causes principales des modifications de l'aire de distribution de l'huître japonaise : le réchauffement de l'eau dû aux changements climatiques et une adaptation de l'espèce (phénotypique et/ou génotypique). Mais là, les notations ne sont pas faites par des salariés payés à cet effet. Prodig regroupe des équipes de recherche de l'UBO, du CNRS, de l'Ifremer, de l'université Bordeaux-II. La coordination et la responsabilité scientifique ont été confiées à Christian Hily (laboratoire Lemar, IUEM, UBO).

2. Mieux faire connaître le plancton

Avoir les connaissances scientifiques sur le plancton et ne pas les partager est un non-sens. L'innovation technologique en matière d'outils de communication doit être utilisée pour des « échanges/partages » des connaissances réciproques. Rendre accessibles les savoirs pour tous est une des missions fondamentales des scientifiques et des enseignants.

Créer de nouveaux outils pédagogiques

À Beg-Meil, on forme aussi bien des enseignants que de futurs aquaculteurs, des animateurs spécialisés dans l'environnement ou des pêcheurs. À la différence des autres établissements d'enseignement, on croise dans les mêmes locaux aussi bien des étudiants en master que des lycéens en BEP⁵⁵. Comme on l'a vu en première partie, l'écloserie est d'abord un atelier pédagogique qui repose sur une méthodologie particulière, comme le mélange des niveaux d'études et l'accès au savoir grâce à des outils pédagogiques « modernes » et adaptés aux niveaux des élèves. En effet, Pierre Mollo s'est rendu compte que les jeunes se dirigeaient vers les métiers de la mer « par défaut » et non par choix. Pour

55. Brevet d'études professionnelles.

accompagner le changement des mentalités, sans pour autant modifier les objectifs d'apprentissage, il est nécessaire de s'appuyer sur tous les modes possibles d'expression et de communication.

Réaliser un documentaire

Parler du plancton à des jeunes reviendrait à parler dans le vide si on ne leur donnait pas l'occasion de découvrir ce monde invisible à l'œil nu. Les photos de chaque plancton sont intéressantes, mais leur diversité est telle qu'il faut les voir vivants et en mouvement pour apprendre à les différencier et capter l'attention des élèves. À ce titre, un film documentaire se révèle particulièrement pédagogique. Il permet de donner les éléments aux spectateurs pour comprendre, sans leur imposer une opinion.

Se rapprocher des professionnels

Il y a quarante ans, à Guérande, enseignant de l'Éducation nationale et professionnels s'étaient déjà rapprochés et avaient organisé pour tous les élèves trois stages de quatre semaines chez des ostréiculteurs, des mytiliculteurs, dans des entreprises aquacoles ou avec des pêcheurs en mer. L'apprentissage ne nécessitait pas de gros investissements, car les professionnels possédaient des équipements, de même que le laboratoire de l'ISTPM (ex-Ifremer) à La Trinité-sur-Mer. Aujourd'hui, aller en stage fait partie du parcours classique.

En côtoyant des professionnels, les élèves s'ouvrent aux autres, éprouvent les techniques, apprécient à leur manière les différences entre les métiers et peuvent utiliser le matériel comme s'ils étaient salariés de l'entreprise. Il faut cependant être vigilant dans ces échanges. Des ostréiculteurs, en pleine période de captage ou de commercialisation, peuvent être intéressés par une main-d'œuvre gratuite. L'élève a besoin de découvrir l'effort physique nécessaire à ces métiers, mais il ne faut tomber ni dans l'excès ni dans l'exploitation. On veille donc à ce que l'échange soit équitable et que le professionnel prenne le temps de transmettre son savoir-faire.

Promouvoir la formation continue par l'audiovisuel

Aujourd'hui, il semble que les professionnels ne prennent pas le temps de mettre à jour leurs connaissances. C'est pourquoi il faut également s'atteler à la formation des adultes. Mais pour faire venir des professionnels qui ont l'habitude de travailler à l'extérieur, il est nécessaire d'adapter la durée de l'enseignement à leur rythme de travail.

Comme ils ont développé une grande capacité d'observation, plus importante que la plupart d'entre nous, il est préférable de leur proposer un apprentissage qui utilise toutes les nouvelles technologies de la communication (informatique, formation à distance, utilisation des sites web...).

Utiliser le vivant comme outil pédagogique

À Beg-Meil, les animaux que l'on trouve dans les bassins sont la plupart du temps des sujets pédagogiques au service des étudiants. Les installations de l'écloserie permettent à n'importe quel moment de l'année d'effectuer une manipulation scientifique. Toute la chaîne alimentaire (phytoplancton, zooplancton) a été reconstituée dans des salles spécialisées. On peut y entrer non pas en fonction du temps scolaire, mais au moment où les idées se cristallisent et quand les étudiants ont envie de les mettre en application. Les élèves étant très divers, les idées sont parfois aussi étonnantes que les planctons.

« Utiliser le vivant » est plus qu'un outil pédagogique, c'est un instrument de sensibilisation. Cela permet de créer une complicité entre scientifiques et gens de mer ; il en va de même lorsque l'on fait découvrir « en direct » aux exploitants agricoles l'écosystème d'un marais. Ils comprennent alors « vraiment » l'impact de l'excès de nitrates engendré par de « mauvaises pratiques agricoles », à savoir la prolifération des algues vertes et la disparition du phytoplancton.

S'appuyer sur le milieu naturel pour trouver la solution

Dans l'écloserie de Beg-Meil, la reproduction n'est pas pratiquée à grande échelle puisque ce n'est pas le but du laboratoire. Elle n'est que le soutien à la méthodologie enseignée. Pierre Mollo a donc imaginé une malle pédagogique, une boîte à outils pour interventions audiovisuelles. Une malle au sens propre du terme a été mise au point, contenant un microscope et une binoculaire couplés à un système vidéo qui filme en temps réel le plancton... Le district du pays de Lorient en assure le financement, le centre de Beg-Meil l'accompagnement pédagogique et la formation. Voir une goutte d'eau au microscope suffit « à donner soif d'en savoir plus » aux parents et aux enfants qui viennent aux séances de découverte de la nature. Les scénarios sollicitent l'imagination et le sens de la poésie chez chacun, sans s'écarter de la rigueur scientifique. La présentation de cette malle pédagogique dans le cadre du premier Salon des métiers de la mer en décembre 1997 au Salon nautique de Paris fut une opportunité extraordinaire puisque 30 000 visiteurs passèrent sur cet espace. Depuis, la malle est utilisée partout, d'abord par CAP 2000, puis par une association⁵⁶ créée spécialement pour répondre aux demandes d'intervention ou de formation. Ce principe de malle a été dupliqué sur d'autres sites.

Utiliser toutes les NTIC et tous les médias

Le plancton mériterait d'être davantage mis en avant dans la presse écrite. Mais pour mieux le faire connaître, l'utilisation des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) est un grand pas pour sensibiliser un plus large public. Pour montrer la beauté du plancton, rien ne vaut les images prises au microscope qu'on pourra médiatiser de toutes les manières possibles : films, Internet, visioconférence...

56. Cap vers la nature. www.cap-vers-la-nature.org

Un exemple : « Plancton du monde » à Océanopolis

Le centre de découverte des océans Océanopolis⁵⁷ est situé à Brest. Comme son nom l'indique, c'est un village dédié à l'océan, ou plus exactement un ensemble de pavillons modernes consacrés aux mers du monde selon leur climat : pavillon tropical, pavillon polaire, pavillon tempéré. Vus d'avion, les bâtiments ressemblent à un immense Lego en forme de crabe ou de crustacé gigantesque. Ce n'est pas un musée, mais un lieu de vie où les compétences techniques et scientifiques du personnel permettent à la faune et à la flore de se reproduire : on encourage ici la reproduction des mammifères marins, là-bas la multiplication des coraux, ou bien encore la naissance des hippocampes. Les visiteurs regardent avec émotion éclore la vie derrière les vitres des aquariums. Dans le centre, le bien-être des animaux et le respect de la vie sont les leitmotivs des équipes et de la direction. Les expositions ont un but didactique : la grande diversité des espèces présentées permet de mieux comprendre les systèmes globaux de notre planète. On n'en sort pas indemne. On mesure la fragilité d'un océan ! C'est aussi un lieu de connaissance des animaux marins, qu'ils soient ou ne soient pas en voie de disparition, un lieu d'études scientifiques, un lieu de conférences, grâce à un cinéma grand écran dans un auditorium de 250 places.

Il manquait une seule chose à Océanopolis : faire découvrir au grand public la diversité du plancton, son rôle essentiel dans la richesse des océans, dans le maintien de nombreux écosystèmes et des grands équilibres climatiques de la planète. Le projet d'une journée par an consacrée au plancton a été lancé sous l'impulsion de Philippe Coyault, responsable multimédia d'Océanopolis. « Plancton du monde » naît en 2005, grâce au soutien indéfectible du directeur du centre, Éric Hussenot. Le succès est tel que cet événement s'inscrira dans la durée et se reproduira tous les 8 juin, dans le cadre de la Journée mondiale des océans. Prévue au départ

57. www.oceanopolis.com

sur une journée, la manifestation suscite un tel intérêt qu'elle est finalement programmée sur trois jours ! La grande soirée du plancton marin qui réunit autour du sujet, à l'auditorium, les professionnels de la mer, les scientifiques (et les passionnés) est suivie de « journées découvertes » avec des spectacles pour enfants, des ateliers, des animations et des projections de films en accès libre aux visiteurs d'Océanopolis.

Le but de la manifestation est d'échanger et de mutualiser les observations faites sur les planctons en différents points de la planète. Ainsi, tous les 8 juin, sur toutes les mers du globe, on demande à des partenaires du bout du monde de se mobiliser autour du thème du plancton, d'effectuer ce jour-là des prélèvements à fleur d'eau et d'extraire quelques sédiments, à l'aide de filets à plancton et de pipettes. Une fois la goutte d'eau riche en plancton déposée sur le microscope, elle est enregistrée en photo numérique ou en vidéo et acheminée par Internet en direction du site « Plancton du monde » (www.plancton-du-monde.org).

Pour la première fois, le plancton marin prend des canaux inhabituels pour faire découvrir en visioconférence de l'autre côté de la Terre, en observations croisées, le monde microscopique des fonds sous-marins. Les documents-images sont ensuite retravaillés pour être diffusés toute une journée sur des écrans géants. Conférences, tables rondes, forum sont organisés dans ou hors des bâtiments. L'intérêt d'un tel projet est d'échanger avec des scientifiques, mais aussi avec des professionnels de la mer, sur tous les littoraux de la planète, de mutualiser les observations et de pérenniser chaque année l'opération afin d'évaluer les connaissances en matière de reconquête de la qualité de l'eau.

Le côté festif n'en est pas pour autant négligé. Dans chaque lieu d'observation, c'est l'occasion d'« une fête du plancton » avec des initiatives originales telles que des dessins d'enfants sur des fresques géantes, des chorégraphies sur les rythmes du plancton, des projets d'art plastique, des réalisations d'images, des écritures de scénarios sur la vie du plancton, etc.

Une coopération internationale s'est donc engagée sur le plancton. De toutes les mers et de tous les océans du monde, les images arrivent via la messagerie Internet sur le site « Plancton du monde » : de la mer Noire (Crimée), de l'océan Indien (île de la Réunion), du Pacifique (Chili), de la mer de Chine (Viêtnam), de l'Atlantique Nord (Terre-Neuve), de la Méditerranée (Corse) et bientôt de la Baltique. Mais aussi des grands lacs comme le lac Victoria, le lac Tchad, les grands lacs boliviens et de beaucoup d'autres zones humides. Le réseau Eur-Oceans⁵⁸ participe activement et informe sur les effets du changement climatique sur la composition du plancton et la biodiversité en général, avec des conséquences immédiates comme la menace qui pèse aujourd'hui sur la pêche à la morue en mer du Nord.

Pénétrer le monde marin

Dans les années 1970, l'aquaculture était le domaine de ceux qui avaient « la » connaissance. Jusque-là, la biologie marine était réservée à la science, aux bateaux océanographiques, aux laboratoires comme l'ISTPM⁵⁹. On allait jusqu'à breveter les techniques d'aquaculture, car le marché allait devenir porteur. En 1972, Pierre Mollo construit une écloserie à Houat avec les pêcheurs de l'île⁶⁰. C'est une première en ce sens qu'il applique sur le terrain les connaissances scientifiques acquises en laboratoire afin de les rendre accessibles aux professionnels et aux gens de mer. L'aquaculture entre soudain dans le monde intime des milieux marins. Aujourd'hui, pénétrer cette intimité n'est plus un domaine réservé, et ce, grâce aux techniques modernes, notamment de l'audiovisuel. Mais rendre la biologie marine accessible au plus

58. www.eur-oceans.info

59. ISTPM : Institut scientifique et technique des pêches maritimes (ancêtre de l'Ifremer).

60. Voir *L'Écloserie*, film de Ronan Quéméré retraçant cette aventure, disponible auprès de pierre.mollo@sfr.fr

grand nombre nécessitera toujours de faire le lien pour rapprocher les professionnels de ces techniques.

Le ROV, une petite révolution pour observer les fonds marins

Le microscope est essentiel pour découvrir la vie dans une goutte d'eau de mer, pour voir et comprendre comment fonctionnent les écosystèmes aquatiques, qu'ils soient d'eau douce, des estuaires ou des océans. Pour qui sait observer l'infiniment petit, la mer livre dans chaque goutte d'eau les entités microscopiques indispensables à la compréhension de l'histoire et de l'avenir de la vie des océans... Comment passer ensuite du microscope au microscope ? C'est-à-dire comment pénétrer à l'intérieur des milieux ? La technique est pourtant simple : un plongeur descend, observe, puis rend compte aux professionnels (pêcheurs, ostréiculteurs...) et/ou aux scientifiques de ce qu'il a vu au fond de la mer. Ce type d'observation est capital car rien ne remplace l'œil humain. Mais ce n'est qu'une retranscription car le plongeur, même s'il fait très bien son rapport, ne peut voir ce qu'un professionnel ou un scientifique observera. À partir de ce constat est née l'idée d'utiliser le ROV (Remotly Operated Vehicle), littéralement « véhicule commandé à distance », pour avoir les « yeux des professionnels de la mer » ! En 2008, l'équipe d'Océanopolis a voulu voir comment une langoustine vit à 100 mètres de fond dans son terrier et permettre à des ostréiculteurs de visiter leurs parcs à 10 ou 25 mètres de profondeur, là où ils n'ont jamais été puisqu'ils travaillent en aveugle avec des dragues.

Le ROV est le nom générique usité dans la marine pour parler des petits sous-marins sans pilote, téléguidés. Celui qui est utilisé par Océanopolis est équipé d'une caméra HD (haute définition) et d'un projecteur (technique très ancienne pour ausculter les coques des bateaux sous la mer), reliés par un cordon à une télévision en surface. Il fait l'objet d'une convention tripartite entre le conseil général du Finistère qui a financé le ROV, Océanopolis qui fournit le système haute définition et l'IPEV (Institut polaire

français Paul-Émile-Victor) qui assure le pilotage. Océanopolis, initiateur de cette démarche, se charge de la programmation de ces actions.

L'expérience a été réalisée en baie de Quiberon pendant deux jours, avec six ostréiculteurs installés en surface dans un Algeco posé sur un chaland⁶¹. Assis sur des chaises face à un grand écran, ils observaient pour la première fois ce qui se passait dans leurs parcs, à 10 ou 15 mètres sous la mer. Sur le côté, un poste de pilotage du ROV relié à un sondeur à GPS permettait de savoir au mètre près où l'on se trouvait. L'aventure a duré deux fois sept heures, sachant qu'un plongeur ne peut rester plus d'une heure sous l'eau. De plus, on peut commander le ROV dans toutes les directions pour répondre à toutes les questions.

Le ROV filmait le fond et les ostréiculteurs commentaient en direct ce qu'ils voyaient. L'un d'entre eux a constaté que ses huîtres étaient en tas et qu'il devrait les herser pour mieux les répartir. Un autre a découvert que ses huîtres étaient mortes, ou envahies de crépidules. Un troisième a observé la présence d'étoiles de mer, le pire prédateur des huîtres et la hantise de l'ostréiculteur. Littéralement scotchés à l'écran grâce à la qualité exceptionnelle des images en haute définition, les professionnels pouvaient pour la première fois arpenter leurs champs, comme le feraient des agriculteurs. Avec beaucoup d'émotion, ils avaient l'impression d'être sous l'eau comme s'ils étaient eux-mêmes en plongée. Quant aux marins pêcheurs, dans les années qui viennent, ils pourront utiliser le ROV pour observer le comportement de certaines espèces vivant dans des profondeurs de 50 à 100 mètres.

Le ROV est un outil sophistiqué, coûteux, mais on peut amortir son investissement en mutualisant ses usages. À Océanopolis, les professionnels s'en servent pour observer le milieu, examiner des champs d'algues ou réaliser des images exceptionnelles pour

61. Ou barge, ou plate.

des films. Ce ROV est partagé avec l'IPEV qui l'utilise pendant les campagnes polaires pour filmer sous la calotte glacière.

Le ROV est un outil pédagogique, autant pour réaliser des films que pour aider la recherche. Désormais, il est également un instrument de travail pour les professionnels de la mer. On pourrait même imaginer de consulter deux écrans simultanément : sur l'un, en direct, les images du plancton prélevé sur le site, que l'on regarde au microscope ; et sur l'autre, grâce au ROV, les images de l'ensemble du gisement.

Un camion comme une « ferme qui roule »

Sensibiliser les gens de mer n'est pas suffisant. Les pollutions des océans viennent, pour la plupart, de la terre. Après les professionnels de la mer et le grand public, il était nécessaire de sensibiliser le monde agricole.

En 1995, Pierre Mollo se rapproche des GVA (groupements de vulgarisation agricole)⁶² du Morbihan. Son objectif est de montrer que l'activité agricole en amont de bassin versant a une influence sur la conchyliculture en aval et contribue aux pollutions marines. Comme tout le monde, les agriculteurs sont sensibles à l'état de l'eau des rivières, eau dont ils sont aussi les utilisateurs. Le chercheur veut leur faire saisir la complexité des interactions qui se reproduisent de la source à la mer. Le projet de créer une unité mobile, c'est-à-dire une sorte de camion aménagé, est né il y a trente ans d'une évidence : venir dans un laboratoire quand on est agriculteur n'est pas une démarche facile et aucun d'eux ne peut laisser son travail à la ferme. En revanche, on peut mettre tout le matériel adéquat (microscope, vidéos, écrans, etc.) dans un camion et se déplacer. Le projet, plusieurs fois déposé, connaît un succès d'estime, mais sans concrétisation financière. Il reste donc dans les cartons jusqu'au jour où Pierre Mollo en parle à des agriculteurs. Il leur raconte comment ce camion vidéo itinérant pourrait lui permettre d'être le matin dans un champ pour observer dans la motte

62. Par la suite, ce groupement a servi de modèle aux conchyliculteurs qui ont créé les GVC (groupes de vulgarisation conchylicole).

de terre les micro-organismes qui y vivent et l'après-midi en bord de mer pour prélever du plancton afin de leur montrer ensuite au microscope ce que l'on trouve dans une goutte d'eau. Très intéressés, les agriculteurs de la chambre départementale de l'agriculture du Finistère et le Centre régional de ressources sur l'agriculture et l'environnement (ou ferme de Kerlavic), comprenant l'enjeu, réussissent à monter le dossier et à trouver en six mois les financements auprès des collectivités locales, régionales et européennes. Le projet se réalise. Le camion se déplace dans les fermes, les écoles, sur les places publiques des villages également, à l'occasion des comices agricoles (bio ou non). Les agriculteurs peuvent mettre en place des animations qui leur sont propres (comme la retransmission vidéo en différé sur la traite des vaches), mais le but premier est de sensibiliser un large public à l'importance de la vie du sol et de la vie de l'eau (douce ou de mer).

Cet outil pourrait servir de support pour des tournages de films documentaires car il est complètement équipé, telle une régie vidéo itinérante, multifonction et autonome (il peut servir à des agronomes, des agriculteurs, des pêcheurs, des ostréiculteurs, des enseignants). Lors des journées « Plancton du monde », le camion est placé sur le passage des visiteurs d'Océanopolis qui vont d'une exposition à l'autre, d'un pavillon à l'autre. Sur les écrans qui recouvrent les parois extérieures, les passants peuvent voir les images tournées en direct...

On peut également le produire dans un salon professionnel, un séminaire ou un colloque, etc., et pourquoi pas le louer un jour à un cinéaste qui pourrait le garer près d'une flaque d'eau, sa caméra dans l'eau renvoyant les images au camion pour qu'elles soient traitées en direct. À l'occasion d'expositions, de salons où le camion était présenté, les passants ont été invités à trouver un nom pour l'unité mobile. C'est le nom « la ferme qui roule » qui est sorti démocratiquement des urnes.

Rapprocher les scientifiques et les professionnels

De la mer Baltique à la mer Noire, des scientifiques de Pologne et d'Ukraine font des recherches sur les déséquilibres des écosystèmes planctoniques. Ils comptent sur leur rapprochement avec les professionnels de la pêche pour trouver des solutions économiques (pêche/aquaculture), environnementales (reconquête de la qualité des eaux) et sociales (maintenir une équipe de scientifiques dans les laboratoires et des emplois dans le secteur primaire).

En Crimée, un observatoire du plancton

Depuis sa création en 1871, la station biologique marine de Sébastopol, devenue IBSS⁶³, est tout entière consacrée au plancton marin. En principe, à l'IBSS, la recherche est plus fondamentale qu'appliquée et consiste à étudier la qualité du phytoplancton et du zooplancton, leurs modifications ainsi que les déséquilibres des écosystèmes lagunaires. Cependant le plancton est omniprésent en mer Noire et très diversifié : on passe très rapidement de 50 mètres à 500 mètres de profondeur en bordure des côtes, lesquelles sont prolongées par une mer intérieure, la mer d'Azov, et une série de petits lacs salés entourant la presqu'île de la Crimée. Cette diversité du plancton et l'étude de l'interrelation entre la mer Noire, la mer d'Azov et les lacs salés donnent aux chercheurs des possibilités de faire à la fois de la recherche fondamentale et de la recherche appliquée, afin que ces connaissances et ces recherches puissent être valorisées en aquaculture.

À l'époque soviétique, les bateaux de pêche étaient surtout industriels et pêchaient dans toutes les mers du monde. Dans les années 1990, quand les bateaux sont restés à quai, il a fallu repenser la pêche à Sébastopol pour amener les pêcheurs à développer la pêche côtière. Valentin Kholodov, directeur de recherches, a l'idée d'accompagner des professionnels vers cette pêche de proximité pour diversifier leur production en y associant l'aquaculture. Il connaît la technique des moules sur bouchots, ou à plat, ou en

63. IBSS: Institute of Biology of Southern Seas.

culture suspendue comme sur l'étang de Thau. Il estime que la géographie de la mer Noire correspond plutôt à la culture suspendue, mais, hélas, il n'a pas les crédits pour acheter le matériel. Pierre Mollo lui apprend alors une notion typiquement française : comment se débrouiller avec les moyens du bord⁶⁴...

En mer Baltique, lutter contre la disparition des morues et des crevettes

Pour pallier la diminution des stocks de morues et de crevettes, d'autres scientifiques se penchent sur les dangers que court la mer Baltique et tentent, avec les professionnels de la mer, de trouver des solutions.

La mer Baltique est une mer semi-fermée qui a cette particularité d'avoir été, d'une part, très riche en harengs, en sprats, en poissons fourrage et, d'autre part, très féconde en morues, qui sont des prédateurs de ces poissons fourrages. L'écosystème y est particulier. Aujourd'hui, la pêche minotière a entraîné la diminution des harengs, alimentation des morues, et la surexploitation des poissons fourrages. Elle a surtout été pratiquée en Europe du Nord par les Polonais, grands fabricants de farine de poisson destinée à l'alimentation du bétail européen l'Est comme à l'Ouest. La gestion des stocks est devenue catastrophique, d'où la préoccupation des pays limitrophes – l'Allemagne, la Russie, la Pologne, etc. –, obligés de se concerter pour trouver un protocole scientifique qui permette de reconstituer un écosystème équilibré.

Mais avant d'en arriver là, il a fallu comprendre comment l'écosystème fonctionnait. D'après les pêcheurs polonais, la diminution des stocks de morues serait due à la pollution des fonds sur lesquels elles déposent leurs œufs. Les œufs se dégradent, il n'y a pas d'éclosion. Ce serait la seconde raison de leur disparition, après leur surexploitation. À la suite de discussions entre

64. Pour en savoir plus, voir les fiches associées à ce livre sur le site www.eclm.fr

professionnels et scientifiques, le protocole suivant a été mis en place : on prélèvera les œufs des morues et on les mettra dans des zones protégées pour réensemencer ensuite la mer Baltique à partir des alevins sauvagés. Mais ce n'est qu'un palliatif. Il est tout aussi important d'empêcher la pollution de l'eau, à la fois celle de la mer Baltique et celle des cours d'eau qui s'y jettent. Les deux actions doivent être concomitantes.

Pour redonner une motivation aux pêcheurs qui puisse les inciter à préserver la qualité de l'eau, il faut leur montrer que l'on peut relancer l'économie maritime, notamment par une action de repeuplement. C'est pourquoi les biologistes polonais se sont penchés sur le sort de la *Crangon crangon*, petite crevette plus connue sous le nom de « crevette grise ». Espèce emblématique des côtes françaises, de la baie de Seine au Pas-de-Calais, elle pourrait être elle aussi en voie de disparition à cause de la transformation des écosystèmes. *A priori*, la reproduction des crevettes grises ne semblait pas très compliquée. On a donc fait venir dans l'écloserie de Beg-Meil des crevettes grainées (pêchées sur les côtes finistériennes) pour les observer. En fait, et c'est une surprise, leur stade larvaire s'est avéré très complexe par rapport au bouquet, « crevette rose », dont le stade larvaire est, lui, assez simple. Malgré de belles pontes (une centaine de larves par crevette), les larves n'ont jamais vécu jusqu'à la métamorphose. Autrement dit, les petites larves, qu'on appelle « zoé », ne trouvaient pas le phytoplancton ou zooplancton qui convenait à chaque stade de leur vie. En extrapolant, on peut dire que si la mer Baltique n'a pas non plus le plancton adéquat pour nourrir les larves zoé, les *Crangon crangon* adultes n'y seront pas présentes à l'avenir. Encore faut-il le prouver...

Un partenariat franco-polonais

De nombreux échanges eurent lieu avec les scientifiques polonais en vue de rédiger un protocole d'études qui permette d'étudier les périodes larvaires des *Crangon crangon*. L'hypothèse

française est la suivante : si on arrive à trouver le mode d'alimentation des zoé, on pourra prouver qu'en mer Baltique la diversité du phytoplancton est en train de disparaître. Comme on l'a vu, quand la diversité du phytoplancton se réduit, c'est toute la diversité des espèces qui en fait autant. Le deal passionnant proposé aux Polonais repose sur un échange de savoirs. Du côté polonais, on connaît bien les problèmes de la mer Baltique : la pollution, le réchauffement climatique, etc., sont étudiés par l'Institut océanographique universitaire de Gdansk et la station marine de Hel⁶⁵. Du côté français (Beg-Meil), on connaît bien les métamorphoses des crevettes. Pourtant, bien que celles-ci aient été abondamment photographiées et que leurs stades larvaires soient connus, peu de personnes ont étudié leur mode alimentaire. Le partenariat a donc été construit à partir d'une question simple : peut-on élever en milieu artificialisé les *Crangon crangon* pour comprendre quel type de phytoplancton leur est nécessaire à leur stade larvaire ? On aura alors des leviers pour agir sur les pollutions qui compromettent le bon équilibre des écosystèmes planctoniques. Cette réflexion mène à une question fondamentale : comment peut-on protéger le plancton dans la lagune de la baie Puck pour éviter la disparition de la biodiversité ? Le résultat de ces recherches pourra être mis à la disposition des chercheurs français qui, d'après les recherches bibliographiques, ont peu travaillé sur cette espèce.

Le protocole technique

Ce protocole technique de reproduction jusqu'à l'obtention de juvéniles post-larvaires des *Crangon crangon* a été confié en 2007 à Morgane Nedelec⁶⁶, technicienne à Agrocampus, site de Beg-Meil. Pour le mettre en place, elle a d'abord cherché des informations bibliographiques, mais n'a trouvé que des fiches générales présentant le biotope de la crevette (alimentation, période de

65. Voir pour information www.hel.univ.gda.pl

66. Cette jeune femme d'une trentaine d'années, collaboratrice de Pierre Mollo pendant sept ans, a été formée comme technicienne et comme formatrice à Beg-Meil pour le remplacer après son départ à la retraite.

reproduction...) sans données sur sa vie larvaire. Après de multiples recherches, elle a finalement réussi à récupérer une trentaine de femelles grainées auprès d'un ancien élève de Beg-Meil. Elles ont été isolées dans un bac dans lequel elle prélève chaque matin une centaine de larves nées pendant la nuit.

De nombreux essais ont été tentés pour nourrir les crevettes avec le plancton « fabriqué » à l'écloserie de Beg-Meil. Comme rien ne réussissait, elle les a nourries avec du « plancton du jour », pêché tous les matins. Des litres et des litres d'eau de mer plus tard, elle a réussi enfin à avoir des post-larves⁶⁷. Trois semaines plus tard, les juvéniles faisaient un centimètre de taille, mangeaient un peu de plancton, mais aussi de petites moules, de petits morceaux de poisson... On n'est plus dans l'infiniment petit, mais dans le « tout petit ». Chaque étape est consignée pour constituer le rapport, mais c'est surtout une « recette du jour », faite « à l'œil » comme chez les chefs cuisiniers. Morgane Nedelec a regardé les animaux, relevé la couleur de l'eau, noté approximativement la mortalité des larves et le plancton qui reste (ce qu'elles n'ont pas mangé), avec tous les aléas de la retranscription de ce qui est souvent affaire d'intuition.

La technopole de Quimper-Cornouaille l'accompagne pour répondre aux appels à projets européens. Ainsi, elle pourra s'y rendre, voir les scientifiques et surtout les professionnels, pour les aider à développer leur activité aquacole. Comme elle a donné du « plancton breton » à ces larves, elle ne sait pas si la qualité des eaux est suffisante pour faire les mêmes expériences avec le plancton de la mer Baltique.

« Les expériences restent dans le domaine public, de même que le transfert de connaissances entre laboratoires publics (français ou étrangers). Il n'y a pas de problème de confidentialité comme dans une entreprise privée. Les financements de ce genre de recherche doivent rester publics », explique-t-elle.

67. Crevettes qui se déplacent sur le fond, qui ne sont plus errantes dans l'eau.

Accompagner les chercheurs des pays en voie de développement

Que fallait-il faire après le tsunami du 26 décembre 2004, qui a ravagé le nord de l'île de Sumatra ? Dans l'urgence, après le tsunami, comme après toutes les catastrophes naturelles, le principal était de reconstruire des routes, des écoles, des hôpitaux, de recréer toutes les infrastructures de la région. Aujourd'hui, la construction navale a repris, les écologistes sont revenus, mais on peut se demander s'il n'est pas un peu tard. Tout de suite après le tsunami, il aurait fallu faire un état des lieux des écosystèmes planctoniques, des écosystèmes des chaînes alimentaires, mangroviennes, etc. Mais personne ne l'a fait parce que l'exigence était ailleurs. L'argent a été dépensé essentiellement pour la reconstruction. Or, en écologie, tout doit être fait en même temps. Il faudrait étudier le nouvel écosystème créé et évaluer le changement opéré pour savoir dans quel sens orienter la production halieutique. La construction des bateaux et des engins de pêche devrait être programmée en fonction des espèces qui vont se développer après le bouleversement des fonds marins occasionné par le tsunami. Les bateaux et les engins de pêche qui sont là aujourd'hui grâce aux dons ne correspondent pas forcément aux besoins de cette nouvelle chaîne alimentaire ou de ces nouveaux écosystèmes. Comme on a agi sans réflexion, les pêcheurs vont avoir des moyens qui ne sont pas adaptés aux nouvelles ressources.

Des scientifiques à la pointe de la recherche

Pourtant, l'Asie ne manque pas de ressources scientifiques. Le Cambodge et le Viêt Nam ont mené une vraie réflexion sur les problèmes de la pêche, mais il existe une dichotomie entre l'élite intellectuelle et les pêcheurs de base, comme on le constate aussi en Occident. L'Institut océanographique de Nha Trang⁶⁸, sur la

68. Le choix du site de Nha Trang tient à la richesse et la diversité des biotopes des zones côtières avoisinantes et à sa situation géographique au centre de la mer de Chine méridionale.

côte sud du Viêtnam, un des piliers de l'océanographie asiatique, est à la pointe du progrès, autant par la qualité du matériel que par le très haut niveau de ses scientifiques. Ses laboratoires sont aussi modernes que les études et les recherches qui y sont menées.

En revanche, quel contraste avec les techniques de pêche pratiquées par les pêcheurs locaux, qui relèvent encore des pratiques du Moyen Âge ! Comment rapprocher le fossé existant entre les pêcheurs et les scientifiques ? En amenant les chercheurs à sortir de leurs laboratoires pour qu'ils aillent vers les gens de mer, le public scolaire et le grand public. Pour cela, il faudrait créer un observatoire du plancton à Nha Trang. L'occasion est donnée en 2003. L'association « Les Soleils de francophonie⁶⁹ » entretient depuis de nombreuses années des relations avec Nha Trang. Chaque année, elle organise des rencontres culturelles sur la poésie, la langue française, la musique, etc. Lorsqu'on lui propose de s'intéresser également à l'aspect scientifique, à la biologie marine, notamment en collaboration avec l'Institut océanographique de Nha Trang, elle contacte Pierre Mollo, qui, muni de son matériel « ambulatoire », visite le laboratoire de l'Institut et demande aux biologistes quel problème majeur ils rencontrent en mer. Ceux-ci expliquent qu'ils constatent de plus en plus de prolifération de phytoplancton toxique, avec des « marées rouges ». Ils avouent qu'ils sont inquiets et qu'ils aimeraient sensibiliser à ce problème non seulement les scientifiques, mais aussi la population. Pierre Mollo leur conseille alors de monter un observatoire du plancton destiné à initier le grand public, les scolaires et les professionnels.

Nha Trang : un côté Seychelles, un côté plastique

Nha Trang présente toutes les caractéristiques des stations balnéaires du Sud. Côté mer, elle a des airs de carte postale avec ses plages de sable clair immaculées, égayées par des fleurs tropicales. Le front de mer marque une ligne de démarcation, presque un bouclier, entre la nature d'un côté et la civilisation bétonnée

69. Soleils_des_Francophonies@hotmail.com

de l'autre, avec des buildings en verre immenses, comme des bureaux à l'américaine ou à la japonaise. Il est fort douteux que les stations d'épuration soient conformes aux normes sanitaires et que certains débordements ne se retrouvent pas sur la côte et dans l'eau des fleuves qui se jettent en mer. Côté port, on retrouve les vieilles maisons typiques vietnamiennes, avec des déchets flottant à leurs pieds, surtout des plastiques.

Le plancton toxique est sans doute provoqué par les activités humaines. À l'écloserie de Beg-Meil, une prolifération de phytoplanctons toxiques n'est pas courante. À Nha Trang, on relève 50 % de diatomées pour 50 % de dinoflagellées, systématiquement, à tous les prélèvements ! Les pollutions sont dues au développement touristique incontrôlé, mais également aux apports venant de la terre vers la mer. Le développement de ces phytoplanctons toxiques est causé en grande partie par les énormes quantités de pesticides (qu'on appelle pudiquement des produits phytosanitaires) utilisés en agriculture et qui ruissellent dans le Mékong. Il serait intéressant d'étudier la part de ces produits, par exemple dans la production du riz, pour faire un état des lieux phytosanitaire, lequel se révélerait sans doute catastrophique.

Mode d'emploi pour créer un observatoire du plancton

Il n'y avait pas de problème de salle pour accueillir le public, mais comment trouver un microscope avec une caméra reliée à un vidéoprojecteur ? Il semblait compliqué aux Vietnamiens de montrer du plancton sur un grand écran seulement à partir d'une goutte d'eau au microscope. Pierre Mollo demande alors à visiter l'établissement et, accompagné d'un chercheur, découvre de nombreux microscopes avec sortie vidéo, mais pas de caméra dessus. Jusqu'au moment où il voit dans un laboratoire des cartons marqués « SONY ». Il déniche une caméra. Le chercheur qui l'accompagne explique que l'Institut a reçu des dons, qu'on leur a apporté du matériel, mais qu'ils ne savent pas s'en servir. Arrivé dans le bureau du directeur administrateur, Pierre Mollo remarque un carton sur lequel est écrit « vidéoprojecteur ». C'est également

un don. Finalement, il trouve plusieurs caméras, plusieurs microscopes et plusieurs vidéoprojecteurs. Le jour suivant, il explique au directeur qu'il pense avoir trouvé le matériel adéquat. Celui-ci en prend bonne note, et le lendemain tous les cartons demandés sont alignés sur la table. Il y avait tout, mais personne ne s'en servait.

L'opération « goutte d'eau » sur grand écran se réalise

Le « plancton du jour » prélevé, l'opération goutte d'eau au microscope sur grand écran se répète, devant le regard stupéfait des chercheurs vietnamiens. Pierre Mollo propose d'écrire un scénario avec deux autres chercheur(e)s pour qu'ils apprivoisent l'outil réalisé en Bretagne, qu'ils s'approprient la méthode et l'adaptent à leur biotope, à leur façon de voir les choses, au sens propre comme au sens figuré. Comme il utilise des termes techniques ou scientifiques, il demande à l'un des chercheurs de se brancher en même temps sur Internet et, grâce au moteur de recherche, de montrer au fur et à mesure de son intervention la photo, la définition ou le schéma qui correspond. Et la démonstration s'effectue comme en Bretagne, à Chaville⁷⁰, etc.

Créer l'outil, former les scientifiques pour qu'ils utilisent un langage compréhensible par le plus grand nombre ne signifie pas nécessairement la pérennité d'un observatoire. Or, à son retour au Viêt Nam en 2005, Pierre Mollo a constaté que non seulement le système fonctionnait très bien, mais qu'il s'était développé. Outre les aquariums que le public peut visiter, une nouvelle salle est équipée en vidéo, dans laquelle des scientifiques expliquent ce qu'est le plancton, sur le modèle mis en place deux ans auparavant mais adapté au Viêt Nam. Ils ont doublé la surface de l'observatoire et sculpté des dinoflagellées (100 µ à l'origine), des diatomées (150 µ) de 1,5 à 2 mètres de haut, accrochées au plafond ! Lors de la journée « Plancton du monde » à Océanopolis, les chercheurs vietnamiens sont les premiers à envoyer des images de plancton.

70. Pour en savoir plus, voir les fiches associées à ce livre sur le site www.eclm.fr

Des études scientifiques sont menées aujourd'hui dans cette région du monde pour déterminer les causes des marées rouges. Le chemin sera long pourtant, les sources de contamination étant nombreuses. D'autant que les moyens financiers ne sont pas affectés en priorité à ce type de recherches, mais destinés plutôt au développement des infrastructures touristiques et de l'aquaculture intensive.

Le coût d'un observatoire du plancton

Pour cette première expérience, les coûts ne sont pas élevés : le billet d'avion aller et retour financé par le conseil général du Morbihan, le matériel pédagogique (DVD, livres et un ordinateur), don de l'association française à l'Institut. Cependant, le bénévolat a des limites. Il peut servir à démontrer le bien-fondé d'une action, mais à un moment donné, il est nécessaire que la société civile prenne le relais. Si Pierre Mollo doit emmener quelqu'un dans un village de pêcheurs, s'il doit continuer à les accompagner dans la réflexion, il faudra trouver de l'argent pour les frais de séjour, d'interprète... Il faut également créer dans le village de pêcheurs un « centre de ressources », ou du moins un petit local pour faire le point le soir sur ce que l'on a trouvé le jour. Et le plancton est toujours un déclencheur de débat car, chaque fois, des idées fusent, des envies se font jour, chacun retrouve motivation et espoir. Les pêcheurs, le public ne connaissent absolument pas l'univers qui est sous leurs bateaux. Le système couplé microscope-vidéo le rend accessible, avec simplicité.

En Asie, il n'y a pas d'observation de la qualité des eaux comme en Europe⁷¹. Tout le monde mange des coquillages sans se préoccuper de savoir s'ils sont vecteurs de maladies. Pierre Mollo a expliqué aux biologistes son point de vue, les risques et les dangers que la population encourt. Dès lors, grâce à leur connaissance du plancton, chercheurs et professionnels vietnamiens sauront par quel mécanisme les coquillages, à un moment donné, ne sont pas

71. Réseau RePHY-Ifremer France.

consommables (on ne peut pas voir à l'œil nu la présence de plancton toxique). Par ailleurs, ils pourront, ensemble, élaborer des projets pour mieux gérer la ressource.

Accompagner n'est pas « prêcher »

Accompagner les chercheurs étrangers ne signifie pas en faire des assistés, mais organiser un échange de procédés, de savoir-faire, de pays à pays. Par exemple, les chercheurs étrangers peuvent apporter aux Européens leurs connaissances des écosystèmes locaux, et les scientifiques européens former des scientifiques d'autres pays pour qu'ils soient à leur tour capables de travailler sur le plancton. À Beg-Meil, on en forme déjà, mais il manque des financements plus importants ici comme là-bas pour mener un vrai programme scientifique, durable au sens éthique et durable dans le temps. Le potentiel existe en Asie, mais il est impératif de mutualiser les moyens. Le Viêtnam, notamment, a tout ce qu'il faut, aussi bien les scientifiques que le matériel. C'est un énorme avantage par rapport à d'autres pays voisins, comme le Cambodge. Dans ce pays, la productivité halieutique du milieu est immense. Les crevettes grouillent littéralement dans l'eau. Ici, il n'y a pas besoin de repeupler la mer tellement il y a de juvéniles ! Mais, hélas, il est fréquent que la pêche se fasse à la dynamite ou au cyanure. Plus qu'un dommage pour l'environnement, c'est surtout dangereux pour les pêcheurs. Il a fallu leur montrer que ces pratiques avaient des conséquences désastreuses pour le plancton, donc pour les ressources de leur pêche à venir. Puis un pêcheur français de Concarneau⁷², un professionnel comme eux, a été chargé de les accompagner dans leurs changements de pratiques en leur montrant comment utiliser une ligne, un petit filet, bref des moyens simples et non polluants, tout aussi efficaces, mais respectueux de l'environnement.

Cette opération a été montée au Cambodge par l'association Krousar Thmey⁷³ (« nouvelle famille » en cambodgien), dont

72. Philippe Deru.

73. www.krousar-thmey.org

l'objectif était de créer un centre de formation aux métiers de la mer dans la province de Kompong Saom (Sihanoukville), destiné à donner aux enfants des rues un métier valorisant leur permettant d'avoir un revenu journalier. La démarche du CEMPAMA, aidé par le lycée d'enseignement professionnel Émile-James d'Étel, a consisté à familiariser les formateurs avec les techniques pédagogiques d'enseignement (mécanique à bord, entretien du matériel de pêche, connaissances de base de la biologie marine).

Encourager les échanges entre jeunes apprentis

À Beg-Meil, des échanges sont organisés avec les lycées aquacoles et les professionnels de la pêche et de la conchyliculture du Chili, pays qui s'est spécialisé dans l'aquaculture depuis trente ans. Les professionnels chiliens souhaitent aussi appréhender la complexité du milieu marin. Ils ne pratiquent que l'aquaculture intensive, et pour mettre en place une aquaculture durable, il leur faut acquérir des connaissances de base sur le fonctionnement des écosystèmes des océans. Si, auparavant, ils étaient des pêcheurs, aujourd'hui ils élèvent des animaux comme on élève des poules en élevage hors-sol, avec des tonnages et des densités beaucoup trop importants.

Chiloë, au Chili

Située à 1 000 kilomètres de Santiago, Chiloë est la dixième région du Chili. Cette île possède la même superficie que le Finistère et produit, par an, environ 400 000 tonnes de saumon coho et 57 000 tonnes de moules⁷⁴. Les problèmes de pollution de l'eau sont à la hauteur de ce succès. De plus en plus de marées rouges dues à du phytoplancton toxique empêchent la consommation des coquillages bivalves de la région. Si on trouve à Chiloë les mêmes espèces qu'en Bretagne, en contrepartie leurs tailles sont géantes. Quand les élèves chiliens (les Chilotes) sont venus à

74. Chiffres de 2005.

Beg-Meil, ils ont ri en voyant la taille « ridicule » de nos moules et de nos balanes. Une balane en France mesure au plus un demi-centimètre de haut, et au Chili 10 centimètres, avec un cratère de 5 centimètres de large. Leurs moules sont également démesurées pour nous, avec 10 centimètres de long au moins, et autant de chair à l'intérieur, car le plancton de la côte chilienne dont elles se nourrissent est très diversifié et très nourrissant. Évidemment, les coquillages n'ont pas la même saveur. On a pu observer que les balanes géantes produisent des répulsifs *antifouling* et participent ainsi à la raréfaction des algues sur les côtes rocheuses. Mais cet aspect négatif pourrait être transformé en objet d'études, à savoir l'invention de produits *antifouling* naturels à intégrer aux peintures écologiques destinées aux coques des bateaux.

La biologie marine vue par les jeunes

Les professeurs chilotes ont créé une éclosérie pédagogique avec les moyens du bord : des poubelles en plastique en guise de bacs larvaires, les cultures de phytoplancton dans des vases. En revanche, ils disposent des moyens de communication les plus modernes. En effet, les élèves chilotes et des élèves en formation aquacole au lycée agricole et aquacole de Bréhoulou (Finistère) sont chaque année mis une ou deux fois en contact par visioconférence. Leurs échanges⁷⁵ portent sur des travaux pratiques très simples : techniques d'observation, découverte du milieu, comparaison entre les planctons examinés au microscope, etc. Ils discutent au sujet des larves sur lesquels ils travaillent : les uns cultivent des balanes, les autres des copépodes... Ils se rendent compte qu'à des milliers de kilomètres, ils ont les mêmes préoccupations et que, finalement, rien ne les sépare. Le plancton est leur trait d'union. Ils échangent sur la biodiversité, les marées rouges, les problèmes de qualité d'eau ou tout simplement sur les techniques d'élevage. Les professionnels des deux pays s'impliquent : ils se parlent, parlent aux jeunes, même de sujets comme la pêche à

75. En espagnol véhiculaire.

pieu, par exemple de la telline⁷⁶ qu'on pêche dans les deux pays (à ceci près qu'au Chili, encore une fois, les tellines sont géantes).

L'aquaculture à l'origine de la pollution de l'eau au Chili

Si les deux pays sont bien organisés tant pour la pêche que pour la conchyliculture, les Chiliens connaissent, eux, de très gros problèmes de qualité d'eau. Ils ne se rendent pas compte qu'en pratiquant l'élevage en aquaculture intensive, ils mettent en danger leur principale activité économique.

L'aquaculture est financée par des capitaux étrangers, à 85 % norvégiens. Les cages d'élevage se multiplient sur la côte, sans aucun discernement. Le saumon est affecté par de graves pathologies virales, habituelles aux élevages intensifs. « Les Norvégiens forment les Chilotes pour en faire des techniciens d'élevage, des distributeurs de granulés, mais qui ne seront jamais responsables de leurs exploitations. Ils ont un savoir-faire réel car dans les écoles ils apprennent très bien leur métier, mais ils ne seront jamais que des nourrisseurs de saumons », explique Morgane Nédelec. Bientôt, des centaines d'employés chilotes vont se retrouver au chômage car les capitaux étrangers sont en train d'être investis dans des zones moins polluées, qui seront bientôt polluées à leur tour, laissant derrière eux des « zones orphelines », comme il est dit des industries qui polluent le sol et dont les responsables sont partis sans laisser d'adresse. Il est regrettable que le gouvernement donne des autorisations d'exploitation dans des zones actuellement vierges. On doit faire comprendre à ces jeunes qu'un jour ils pourront prendre leur destin en main, avoir leur propre ferme et subvenir au marché local et chilien, sans se focaliser sur le marché mondial.

76. Telline : coquillage bivalve, de couleur claire, de la forme d'une praire, mais avec une coquille légère, presque translucide et nacrée. Goût délicat.

Synthèse : le projet EDULIS

Certains projets apparaissent tout de suite comme une évidence même si hélas, ils n'ont parfois qu'une existence éphémère parce que le contexte environnemental, social ou le plus souvent économique, ne permet pas de les mettre en œuvre. D'autres s'installent peu à peu dans l'inconscient, sans que l'on s'en rende compte, et deviennent, *a posteriori* seulement, un projet. Un jour, grâce à des rencontres plus ou moins fortuites, l'esquisse de ce projet apparaît soudain comme une œuvre très construite, mûrement réfléchie, où chaque élément a sa place. Bien qu'on l'appelle toujours « projet », il a pris en fin de compte, tout doucement, une existence à laquelle il suffirait de presque rien, juste un coup de pouce de la part de gens convaincus de son utilité, pour qu'il devienne une réalité tangible. C'est le cas du projet EDULIS.

Edulis, une éclosérie polyvalente au service de tous

À ses débuts en 2005, le projet Edulis se présentait comme une sorte de guide, une trace écrite sollicitée par le technopôle de Quimper, qui souhaitait mettre à jour toutes les expériences passées ou récentes, toutes les idées de Pierre Mollo. Il prend le nom d'Edulis, l'huître plate sur laquelle l'équipe de Beg Meil travaillait à l'époque. La mise en forme des notes fait émerger beaucoup plus qu'un catalogue d'actions menées au fil du temps. Elle aboutit à un ensemble cohérent qui se dégage, telle une maquette, comme un concept reproductible, voire, modélisable.

Le concept d'Edulis vise, à travers la création d'une éclosérie polyvalente, la reproduction d'espèces vivant sur le littoral, mais pas obligatoirement d'espèces d'intérêt commercial. Il repose sur cinq réflexions fondamentales, quels que soit les pays ou les régions du monde où il pourrait se dérouler.

– La première idée est de faire de la biologie marine un domaine ouvert aux professionnels de la mer et au grand public, la connaissance de la biologie marine ne devant pas être un domaine réservé.

– La deuxième idée est de sensibiliser les marins pêcheurs et les conchyliculteurs en allant vers eux, en partageant ensemble les connaissances biologiques pour une meilleure gestion de la ressource (repeuplement, limitation des engins de pêche, repos biologique, etc.) sans attendre qu'ils viennent en formation dans des lieux institutionnels.

– La troisième idée est de poursuivre la démarche en allant « sur le terrain » et montrer à tous ce qui n'est pas visible à l'œil nu, c'est-à-dire le premier maillon de toutes les chaînes alimentaires.

– La quatrième réflexion part du principe de mutualiser tous les moyens modernes mis à disposition pour les mettre au service des universitaires et des instituts de recherche, des comités locaux des pêches, des sections régionales conchylicoles, des associations qui travaillent auprès des professionnels, des chambres d'agriculture et autres partenaires chargés de la communication grand public.

– Enfin, en dernier lieu, il s'agit d'utiliser tous les moyens de concertation, de créer un espace d'échanges et de convivialité pour travailler dans l'informel afin de rapprocher les scientifiques des professionnels souhaitant se réunir en dehors du contexte institutionnel.

L'idée sous-jacente au projet est de créer un pôle d'excellence des activités littorales, de coordonner un travail ouvert sur la mer accessibles aux pêcheurs mais aussi à d'autres acteurs de la région. Il s'agit d'abord de créer un brassage entre les métiers différents de l'estran pour que les professionnels s'expriment ensemble, le plancton étant un sujet commun susceptible de donner la parole à ceux qui ne la prennent pas souvent. Ce serait aussi, bien évidemment, un lieu de concertation interprofessionnelle pour aborder en douceur (et donner à ces professionnels une image plus positive) des sujets qui fâchent comme les parcs marins, les hydroliennes, etc., ou bien encore les amener à repenser leur métier. Pourquoi pas par exemple, créer des auxiliaires de mer afin de

compléter les revenus des marins en période à terre et leur proposer d'autres activités comme le repeuplement des mers, le prélèvement de plancton... ?

Pour que de telles idées soient appropriées par tous, il est nécessaire qu'un centre de ressources en prise directe avec le milieu professionnel et le milieu biologique soit le support du projet. Dans un tel lieu, il serait préférable de mutualiser les moyens financiers et techniques afin d'en réduire les coûts : Edulis est un concept grâce auquel on réunit différents outils, une sorte de plate-forme technique aquacole, nécessairement polyvalente pour rentabiliser les moyens investis. En effet, un microscope coûteux ne doit pas servir seulement une heure par semaine. Le matériel financé par l'argent public devrait toujours avoir plusieurs utilisateurs potentiels.

Le monde de la pêche et de l'aquaculture devrait être capable de réagir rapidement à tous les sujets de l'actualité, liés notamment aux effets du réchauffement climatique sur le plancton. Pour cela, il faudrait réaliser un outil d'utilisation souple, réactif, modulable, adapté à toutes les situations. Par exemple, avec une eau en prise directe avec la mer grâce à une pompe, la plate-forme serait utilisée par les chercheurs des universités citadines qui ne possèdent pas d'équipements sur le littoral. Par ailleurs, contrairement aux grosses structures comme le CNRS ou IFREMER par exemple, qui ont des programmes de recherche de longue durée qu'ils ne peuvent changer du jour au lendemain, cette plate-forme pourrait mettre en place d'urgence un protocole d'analyses sur l'état du milieu dans les semaines qui ont suivi une pollution en mer. D'autre part, des chercheurs en bénéficieraient ponctuellement puisqu'elle fonctionnerait tous les jours pour l'enseignement et la recherche appliquée. Elle permettrait ainsi aux chercheurs d'avoir un espace technique proche des professionnels de la mer qui faciliterait les échanges et les points de vue.

Cette plate-forme technique multimédia serait ouverte à l'international, deviendrait un lieu d'échanges entre professionnels de formation et de pays différents qui pourraient ainsi se retrouver sur des problématiques élargies où tous les savoir-faire seraient offerts au plus grand nombre en une sorte de centre de formation et de ressources, permanent et multicarte.

Un plateau technique audiovisuel offrirait un outil performant pouvant accueillir des réalisations de documentaires sur l'infiniment petit (cinéastes, chaînes de télévision), quitte à mettre sur le web toutes les personnes qui, de par le monde, s'intéressent au plancton. La sensibilisation par la vidéo aurait des prolongements avec l'enseignement à distance et l'accueil du grand public comme le font déjà les Japonais

Des prémisses qui ont déjà fait leurs preuves

Cette idée de rassembler dans un même espace des compétences très diversifiées a été expérimentée sur quelques sites en Bretagne :

- D'abord au CEMPAMA, avec l'écloserie qui permet de former les élèves et les professionnels « tout au long de leur vie » ; son ouverture à l'international (observatoire du plancton au Viêt-Nam), lors des visioconférences avec d'autres régions françaises ou étrangères (Chaville, Chili) ; au travers du « réseau aquacole » du ministère de l'Agriculture et de la Pêche à l'origine des films ; au cours des séjours au Japon, en Ukraine et en Asie du Sud-Est.

- À Océanopolis de Brest avec la création du site web Plancton du monde, la réalisation de documentaires Haute-Définition sur les microorganismes marins ; puis le « ROV » qui est venu compléter l'équipement de prises de vues du laboratoire.

- Dans le cadre du centre de ressources de Kerlavic, l'unité mobile « La ferme qui roule » ayant permis de prolonger les observations planctoniques aux micro-organismes des sols cultivés.

- Avec la création de l'Observatoire du plancton à Port-Louis, de l'association Cap vers la Nature pour initier le grand public.

En même temps, une instance de concertation, CAP 2000, a vu le jour et s'est inscrite sur le long terme.

Enfin, toutes les compétences du CEMPAMA et du Réseau aquacole ont eu des prolongements sous forme d'interventions lors des festivals de films (à Rodez, Pont-L'Abbé, en Mauritanie), des forums sur l'actualité maritime, des animations de stands Terre/Mer lors des Salons de l'agriculture et de la pêche, ou grâce aux rédacteurs qui ont puisé leurs sources pour la rédaction de leur articles (« L'encre de Mer⁷⁷ », « Pêche et développement »)...

L'initiative Edulis est une idée qui doit bouger, jouer le rôle de passeur de projets, interpeller, étonner et donner envie d'en savoir plus sur son milieu de vie.

Dans sa nouvelle organisation, nous souhaitons au site de Beg Meil de continuer sur la voie de l'expérimentation tout en demeurant le « Centre ressources » pour les travailleurs de la terre et de la mer.

77. www.lencredemer.fr

Conclusion

Plancton menacé, planète en danger

Aujourd'hui, le plancton sur notre planète est menacé. Il l'est aussi bien dans les eaux intérieures continentales (rivières, fleuves, lacs) qu'en mer (zones estuariennes, littoral, pleine mer). Cette dégradation se manifeste en particulier par le développement de certaines espèces de planctons toxiques extrêmement difficiles à éradiquer. Quasi invisible, elle déséquilibre la base de la chaîne alimentaire marine. Cette évolution n'est pas de l'unique responsabilité des pêcheurs mais de l'ensemble des activités terrestres. Beaucoup de pollutions de la mer sont d'origine domestique et passent par nos égouts, qui charrient dans les fleuves, malgré les stations d'épuration, des germes microbiens, des hormones, des détergents, des huiles, des métaux lourds, des médicaments. Certaines pratiques agricoles font ruisseler dans nos rivières des produits (engrais, pesticides, etc.) qui déséquilibrent les écosystèmes et les remplacent par d'autres qui rendent le milieu pratiquement stérile pour la vie aquatique. Les pollutions industrielles lâchent directement dans l'eau, ou dans l'air, des acides, des solutions basiques ou salées, des métaux lourds ou des composés radioactifs. Sans compter les marées noires, accidentelles ou intentionnelles (dégazage) qui foudroient la faune et la flore sur les côtes. Toutes ces pollutions sont dues aux activités humaines, et la plupart

sont les conséquences de la pression démographique exercée sur le littoral.

On estime que dans quelques décennies, 80 % de la population des pays pauvres vivra sur les côtes. C'est pour elle une question de survie, avec les conséquences que la surpopulation entraîne partout où elle existe : la pollution et les déchets, aussi exponentiels que la pression démographique.

En revanche, dans les pays riches, la pression foncière augmente et on voit s'installer une population touristique ou de retraités (économie résidentielle), qui ne tolère pas en grande partie les inconvénients liés à l'activité économique littorale (pêche, conchyliculture, aquaculture, agriculture littorale). Ainsi, autour des mers fermées ou quasi fermées comme la Méditerranée, le taux d'occupation du littoral par l'homme risque d'atteindre 95 %. Dans les deux cas, l'artificialisation du littoral par la « bétonisation » et la pollution induite par la présence humaine menacent les écosystèmes côtiers.

Disparition de la pêche ou de la « culture du poisson » ?

La dégradation du plancton en quantité et en qualité est aussi pernicieuse que la disparition des espèces halieutiques. Pourtant, si on parle beaucoup des risques de disparition du poisson, on parle peu de ce déséquilibre de la base même de la vie. Il est sans doute plus facile de cibler une catégorie de responsables (les pêcheurs) que de remettre en cause tout un système de production (certaines pratiques de pêche) et de développement irresponsable qui sacrifie la vie marine.

Dans la plupart des zones côtières, il est à la fois urgent de créer des réserves marines mais il est difficile de le faire sans porter préjudice à l'emploi et aux revenus des professionnels de la mer. Pour résoudre cette contradiction, on pourrait créer des « zones protégées », sans pour autant supprimer les pêcheries artisanales et communautaires, dans la mesure où leurs activités ne portent

pas atteinte à l'écosystème marin et si des relevés scientifiques en donnent la preuve. Car l'approche écosystémique de la gestion des pêches doit admettre que les pêcheurs sont bel et bien partie intégrante de l'écosystème et non pas un corps étranger¹. Il faut replacer les hommes et les femmes au centre du débat. Il n'y a pas de solutions à la crise de la pêche et des ressources sans eux, même si d'autres acteurs, comme les consommateurs, les ONG environnementalistes, les scientifiques, ont aussi leur rôle à jouer² dans l'éducation du public.

Reconnaître un poisson, l'acheter entier, le vider, le cuisiner est un savoir qui disparaît au profit de ce que la grande distribution propose : des filets, des poissons carrés. Cette « culture » du consommateur est aussi la clé de l'avenir de la pêche.

L'eau et la mer n'appartiennent à personne mais dépendent de tous

De la terre à la mer, les rivières et les fleuves sont les traits d'union qu'il nous faut préserver et partager pour que demain les océans soient féconds. Autrefois, l'eau des sources était à la disposition de tous. Aujourd'hui, elle est embouteillée et vendue. Nous devons tout mettre en œuvre pour réconcilier les citoyens avec la gestion de la ressource en eau (préservation des captages, des sources). L'eau doit être en amont bonne à boire et en aval bonne à vivre pour le monde aquatique. Elle ne doit pas être source de spéculation ni la propriété exclusive de certains qui y voient des profits immédiats. Même si elle est protégée en droit, elle ne l'est pas forcément dans la réalité. Sa gestion doit être commune et communautaire. Les citoyens doivent reprendre un peu de pouvoir sur leur destin.

1. Voir à ce sujet le dossier SAMUDRA, « Stationnement réservé », Collectif international d'appui aux travailleurs de la pêche. www.icsf.net

2. Alain Le Sann, Collectif pêche et développement, France.

La mer devient un enjeu sociétal de première importance, un enjeu économique majeur. Nous devons nous battre pour empêcher la privatisation de son eau et de ses ressources biologiques. L'eau et le plancton, la mer et les poissons, sont des biens communs qu'il nous faut protéger et redistribuer. En géopolitique, celui qui a la main sur les sources des fleuves et les robinets d'eau douce a tous les pouvoirs. De la même manière, celui qui s'approprierait le plancton détiendrait les ressources halieutiques de demain.

On peut imaginer par exemple qu'un groupe industriel ait le monopole de l'eau, de sa capture à sa distribution et de son traitement avant rejet en mer. Cette même entreprise peut faire main basse sur le transport maritime et pourquoi pas demain acheter « les droits de pêche » ? Pourquoi pas non plus transformer la production de pêche, recycler les déchets et les redistribuer sous forme de capsules ou de tablettes « pour le bienfait de l'humanité » ? Pourquoi, en plus, ne pourrait-elle pas dessaler l'eau de mer pour la redistribuer sous forme d'eau douce, la boucle étant bouclée ? Une seule entreprise pourrait s'adjuger l'eau, d'amont en aval, en devenir propriétaire, et privatiser les ressources biologiques de nos océans. Une fiction que nous devons combattre avant qu'elle ne devienne une réalité.

Faire connaître le plancton

La mort du plancton passe inaperçue sans le regard du microscope. Les documentaires sont des outils qui obligent chaque spectateur à s'interroger sur ses propres responsabilités dans la protection de la vie marine. Tous les gens qui « travaillent le vivant » (terre ou mer) ont cette capacité extraordinaire d'avoir tous les sens en éveil, ce qui est inestimable. Car on ne naît pas ainsi, il faut aussi cultiver cette faculté, l'entretenir, l'éduquer. C'est pourquoi il est particulièrement nécessaire de soutenir ces professionnels et de leur donner tous les outils pour qu'ils ne perdent pas un temps précieux pour la planète. Ainsi, le projet Edulis leur apporte des moyens pour qu'ils aient localement la

bonne solution au bon moment. Mais une sensibilisation, une information à grande échelle au niveau de la planète sont nécessaires pour comprendre cet enjeu. Il nous faut aujourd'hui rendre accessibles au plus grand nombre les connaissances scientifiques sur le « sujet » plancton. Le plancton ne doit plus être seulement l'affaire de spécialistes. Préserver le plancton d'aujourd'hui, c'est sauver pour demain la respiration des océans, c'est participer à l'équilibre des échanges gazeux mer-atmosphère, c'est préparer les ressources alimentaires pour l'humanité.

Donner à voir, c'est déjà donner à comprendre. Si l'on sait observer et représenter les scénarios des écosystèmes côtiers, la lecture devient plus facile et la compréhension des phénomènes qui perturbent la vie marine plus abordable.

L'avenir n'est pas écrit : il sera ce que l'on en fera

Travailler le vivant, c'est gérer l'aléatoire. Pour cela, il est nécessaire de toujours se projeter dans l'avenir et d'avoir une imagination fertile. Il ne faut pas tuer le rêve et l'imaginaire de chaque individu car c'est d'eux que naissent les grands projets de demain. Le milieu vivant ne zappe pas, ne boursicote pas, ne spéculé pas : il est toujours dans le moyen et le long terme. Même si nous n'avons plus beaucoup de temps devant nous, aujourd'hui tout est encore possible si nous nous prenons en main. Il ne faut jamais oublier que ce n'est pas le cartésianisme des hommes qui programme la mer, c'est l'aventure de la vie qui commande tout.

On nous a promis une « croissance verte », nous, nous proposons une « révolution bleue ». Pour cela, nous devons démultiplier les outils d'observation du plancton, encourager la création d'unités itinérantes de sensibilisation, participer à la réalisation de films grand public, développer des sites web pour former les citoyens aux enjeux du plancton.

En France comme à l'international, il faut accompagner les initiatives alternatives (repos biologique, repeuplement, pêche sélective) qui favorisent et entretiennent les échanges entre les eaux

douces et les eaux marines. Par ailleurs, il faut prendre conscience que les marais salants sont de véritables viviers planctoniques pour la mer, tout comme les mangroves sont des niches écologiques pour les écosystèmes halieutiques... Nous devons faire confiance à l'intelligence collective pour donner à comprendre le fonctionnement de nos écosystèmes afin de mieux les sauvegarder.

L'eau nous aide à militer en faveur « du mieux vivre pour tous ». Elle doit être un espace de liberté équitablement partagé et rester à la source de la concertation entre ceux qui l'utilisent. À l'avenir, il faudra donc être sur tous les fronts pour qu'ensemble, solidarité et créativité soient au service du fragile équilibre de la biodiversité et de la vie du plancton.

Bibliographie

Livres

- Arrignon Jacques, *L'Aquaculture de A à Z*, Lavoisier-Tec&Doc, 2002.
- Chabaud Catherine, *Préserver la mer et son littoral*, Glénat, Grenoble, 2008.
- Conti Anita, *Racleurs d'océans*, Hœbecke, Petite bibliothèque Payot/voyageurs, 1993.
- Conti Anita, *Géants des mers chaudes*, Hœbecke, Petite bibliothèque Payot/voyageurs, 1994.
- Conti Anita, *L'océan, les bêtes et l'homme ou l'ivresse du risque*, Éd. Payot et Rivages, 1971.
- Ehrhardt J-P & Séguin G., *Le plancton : composition, écologie, pollution*, Gauthier-Villars, 1978.
- Glemarec Michel, *Qu'est-ce que la biologie marine ? De la biologie marine à l'océanographie biologique*, Vuibert/Adapt-Snes, 2007.
- Goy Jacqueline, *Les miroirs de Méduse, Biologie et mythologie*, Apogée, 2002.
- Jacques Guy, *Écologie du plancton*, Lavoisier-Tec&Doc, 2006.
- Jorion Paul, *Les pêcheurs de Houat, anthropologie économique*, Hermann, Collection Savoir, 1983, (épuisé).
- Lefebure Nadine, *Femmes océanes, les grandes pionnières maritimes*, Glénat, 1995.

Leroy Ladurie Emmanuel, *Histoire humaine et comparée du climat*, Tome I et II, Fayard, 2006.

Loir Maurice, *Guide des Diatomées*, Delachaux et Niestlé, 2004.

Lovelock James, *GAIA : une médecine pour la planète*, Éd. Sang de la terre, 2001.

Collectif d'auteurs sous la direction de Christiane Ferra, *Aquaculture*, Éd. Vuibert, 2008.

Pereyaslawzema Sophia, *Catalogue of the books, manuscripts, maps and drawings in The British Museum*, Vol IV. P-S. N, London, 1913.

Pereyaslawzema Sophia, *Table des comptes rendus des séances de l'Académie de Sciences*, Académie des sciences, Paris, 1927.

Perlin Philippe, *Aquaculture*, PUF Coll. « Que sais-je ? », 1994.

Rosnay Joël de, *Le microscope : vers une vision globale*, Seuil, Collection Points, 1975.

Tracqui Valérie et Vaissières Frédérique, *Copains des mers*, Milan Jeunesse, 2008.

Trebougoff Grégoire & Rose Maurice, *Manuel de planctonologie méditerranéenne : Tome I – Textes ; Tome II – Planches*, CNRS Éditions, Paris 1957, Réed. 1978.

Revue

Blasco François, « Les mangroves », *La Recherche*, n° 231, avril 1991.

Dufay Marie, « La mer au microscope », *Ar Men*, n° 154.

Dumas Daisy, « Un océan de plastique », *L'écologiste*, n° 24 – oct-déc 2007.

Lelong Patrick, « Le plancton, source de vie marine », *Revue de la fondation océanique Ricard*, n° 7, 1984.

Favrelière, « La farine et le choléra », *Pêche et développement*, Lettre info groupe pêche de Solagral.

Folke M.C., « La chasse aux footprints », *Samudra*, mars 1997.

Scharer René, « Extraire l'or de la mer », *Samudra*, n° 44, juillet 2006.

« Dossier sur la Mer », *La Recherche*, n° 355, juillet-août, 2002.

Dossier « Et si la mer montait de 3 mètres ? », *Sciences et Vie*, n° 1090, juillet 2008.

Table des matières

Préface	9
Introduction	13
Première partie – À la découverte du plancton	15
1. Qu'est-ce que le plancton ?	17
La place du plancton dans les écosystèmes marins	17
Recherche fondamentale et évolution de la pensée scientifique	26
L'écloserie de Beg-Meil, un laboratoire pédagogique	35
Beg-Meil, un lieu de recherche appliquée	42
2. L'utilisation du plancton dans les métiers de l'aquaculture	51
De la cueillette à l'élevage : les différentes formes d'aquaculture	52
Plancton et écloserie	58
Pour une aquaculture durable	68
L'aquaculture comme enjeu alimentaire	80
Deuxième partie – Le plancton : un enjeu mondial	101
1. Plancton sans frontières	103
Plancton et oxygène	103
Plancton et acidification des océans	115
Fertiliser l'océan	121
Plancton et empreinte écologique	125
2. Plancton sentinelle	133
L'intérêt de la biodiversité du plancton	133
Les leçons de la biodiversité malmenée	139
Le plancton, témoin à charge	145
Aménagements du littoral et perturbation de l'écosystème	152

3. Le plancton au centre des débats	159
Faut-il breveter le plancton?	159
Du plastique dans nos aliments	162
La montée des eaux : un risque pour la mangrove ..	170
Dessaler l'eau?	177
Troisième partie – Préserver le plancton :	
initiatives et propositions	185
1. Le plancton, un outil pour le développement	
durable	187
Penser globalement pour agir localement	188
Soutenir toutes les initiatives de repeuplement	
des mers	193
Adapter l'aquaculture aux contextes littoraux	204
Résister au bétonnage des zones humides	209
Développer l'« économie populaire »	217
2. Mieux faire connaître le plancton	233
Créer de nouveaux outils pédagogiques	233
Utiliser toutes les NTIC et tous les médias	236
Pénétrer le monde marin	239
Rapprocher les scientifiques et les professionnels ..	244
Accompagner les chercheurs des pays	
en voie de développement	249
Encourager les échanges entre jeunes apprentis ...	255
Synthèse: le projet EDULIS	258
Conclusion	263
Bibliographie	269