

ANNALES DES MINES

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

recherches débats actions

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT N° 70

La mer et les ressources marines



AVRIL 2013

AVRIL 2013
NUMÉRO 70
PRIX : 23 €
ISSN 1268-4783

ISBN 978-2-7472-2058-3



9 782747 220583



SÉRIE TRIMESTRIELLE DES
**ANNALES
DES
MINES**
FONDÉES EN 1794

*Publiées avec le soutien
du ministère de l'Économie
et des Finances*



ANNALES DES MINES

FONDÉES EN 1794

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Publiées avec le soutien du ministère de l'Economie et des Finances.
Le contenu des articles n'engage que la seule responsabilité de leurs auteurs.

ISSN : 1268-4783

Série trimestrielle • n° 70 - avril 2013

Rédaction

Conseil général de l'Economie, de l'Industrie,
de l'Energie et des Technologies, Ministère de
l'Economie et des Finances (MEF)
120, rue de Bercy - Télédéc 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél : 01 53 18 52 68
<http://www.anales.org>

Pierre Couveinhes

Rédacteur en chef des *Annales des Mines*

Gérard Comby

Secrétaire général de la série « Responsabilité &
Environnement »

Martine Huet

Assistante de la rédaction

Marcel Charbonnier

Lecteur

Membres du Comité d'orientation

Le Comité d'Orientation est composé des membres
du Comité de Rédaction et des personnes dont les
noms suivent :

Jacques Brégeon

Collège des hautes études de l'environnement
et du développement durable, ECP, INA P-G,
SCP-EAP

Christian Brodhag

Ecole nationale supérieure des Mines de Saint-
Etienne

Xavier Cuny

Professeur honoraire Cnam, Conseil supérieur
de la prévention des risques professionnels

William Dab

Cnam, Professeur

Thierry Chambolle

Président de la Commission « Environnement »
de l'Académie des technologies

Hervé Guyomard

CNRA Rennes

Vincent Lafèche

Ineris, Directeur général

Yves Le Bars

Cemagref

Patrick Legrand

Inra, Vice-Président de la Commission nationale du
débat public

Benoît Lesaffre

CIRAD

Geneviève Massard-Guilbaud

Ecole des Hautes études en sciences sociales,
Directrice d'Etudes

Marc Mortureux

Directeur général de l'ANSES

Alain Rousse

Président de l'AFITE

Virginie Schwartz

Directive exécutive Programmes ADEME

Claire Tutenuit

Déléguée générale d'Entreprises pour
l'Environnement (EPE)

Membres du Comité de Rédaction

Philippe Saint Raymond

Président du Comité de rédaction,
Ingénieur général des Mines honoraire

Pierre Amouyel

Ingénieur général des Mines honoraire

Paul-Henri Bourrelrier

Ingénieur général des Mines honoraire, Association
française pour la prévention des catastrophes
naturelles

Fabrice Dambrine

Haut fonctionnaire au développement durable, MEF

Pascal Dupuis

Chef du service du climat et de l'efficacité
énergétique, Direction générale de l'énergie et du
climat, MEDDE

Jérôme Goellner

Chef du service des risques technologiques,
Direction générale de la prévention des risques,
MEDDE

Rémi Guillet

Ingénieur général des Mines, CGEJET, MEF

Jean-Luc Laurent

Directeur général du Laboratoire national de
métrologie et d'essais (LNE)

Richard Lavergne

Chargé de mission stratégique Energie-Climat au
Commissariat général au Développement durable,
MEDDE

Bruno Sauvalle

Ingénieur en chef des Mines, CGEJET, MEF

Gilbert Troly

Administrateur de la Chambre syndicale des
Industries minières

Table des annonceurs

Annales des Mines : 2° - 3° - 4° de couverture, pages 107 et 108.

Photo de couverture

Dauphin accompagnant un cargo dans l'estuaire
de Shannon, Irlande.

Photo © Tom Walmsley/ ROBERT HARDING-BIOSPHOTO

Abonnements et ventes <http://www.eska.fr>

Editions ESKA

12, rue du Quatre-Septembre - 75002 Paris

Serge Kebabitchief : Directeur de la publication

Tél. : 01 42 86 55 65 - Fax : 01 42 60 45 35

Tarifs : voir bulletin (page 70)

Conception

Hervé Lauriot-Prévost

Iconographie

Christine de Coninck

Publicité

J.-C. Michalon - ECC

2, rue Pierre de Ronsard - 78200 Mantes-la-Jolie

Tél. : 01 30 33 93 57 - Fax : 01 30 33 93 58

Vente au numéro par correspondance et disponible dans les

librairies suivantes : Guillaume - ROUEN ; Petit - LIMOGES ;

Marque-page - LE CREUSOT ; Privat, Rive-gauche -

PERPIGNAN ; Transparence Ginestet - ALBI ; Forum - RENNES ;

Mollat, Italique - BORDEAUX.

RESPONSABILITÉ

SOMMAIRE

LA MER ET LES RESSOURCES MARINES

4 Avant-propos
Frédéric CUVILLIER

5 Introduction
Jacques SERRIS

Les ressources marines : quel potentiel, quelle évolution des techniques ?

7
La mer, ce gisement dynamique d'activités,
de richesses et de croissance
Francis VALLAT

14
Pour une gestion durable des pêches
Philippe CURY



© EMSA



© Thierry Creux/PHOTOPQR-OUEST France-MAXPPP

19
L'évolution des techniques de pêche
et ses conséquences
Pierre-Georges DACHICOURT et Émilie GÉLARD

24
Les grands défis de l'aquaculture en France
et dans le monde
Chantal CAHU

31
Les algues spontanées, les algues cultivées
et leurs utilisations
Yannick LERAT

36
L'exploitation industrielle des micro-algues
Pierre CALLEJA

42
Les matériaux marins (graviers, sables...)
*David CLAVELEAU, Nicolas DELSINNE,
Agnès GARCON, Thierry HAUCHARD, Laetitia PAPORE
et Christophe VERHAGUE*

49
Les ressources minérales marines
Etat des connaissances sur l'importance
des dépôts
Yves FOUQUET

& ENVIRONNEMENT

Avril 2013 ◆ Numéro 70

57

Les énergies marines, des énergies d'avenir
Georgina GRENON et Julien THOMAS

Aspects géopolitiques : enjeux, tensions et litiges en développement

65

Les influences réciproques entre les statuts des espaces maritimes et les statuts des ressources marines
Niki ALOUPI

71

La zone : un concept révolutionnaire, ou un rêve irréaliste ?
Elie JARMACHE



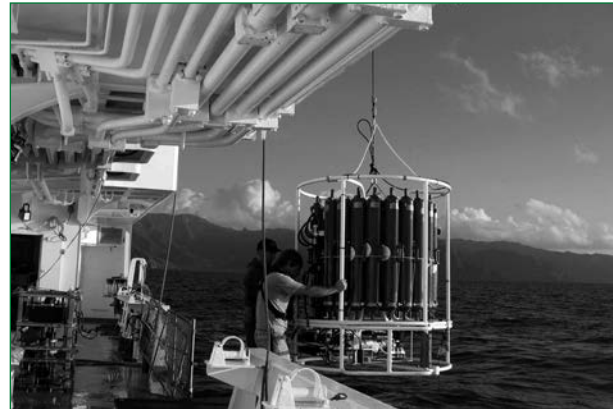
© Pierre Vernay/POLAR LYS-BIOSPHOTO

77

Pour une gouvernance effective et durable des océans
Christophe LEFEBVRE

81

La stratégie maritime de la France et ses perspectives
Hervé MOULINIER



© Daniel Vaultot/CNRS Photothèque

88

Politique maritime et politique de recherche marine en Europe : entre la conquête de l'espace marin et la protection de son environnement
Waddah SAAB

95

Biographies des auteurs

99

Résumés étrangers

Le dossier est coordonné par Jacques SERRIS

Avant-propos

par Frédéric CUVILLIER*

La France dispose d'un extraordinaire potentiel maritime et littoral. Notre surface maritime de 11 millions de kilomètres carrés est la deuxième au monde. Avec 564 ports et 900 000 emplois directs et indirects, l'économie maritime représente chaque année pour notre pays plus de 52 milliards d'euros de chiffre d'affaires. À nous de valoriser cette richesse, en conciliant la protection de l'environnement marin et l'exploitation de ses ressources minérales et halieutiques. La mer peut contribuer de manière décisive au retour de la croissance et au rétablissement de notre compétitivité économique, dont le gouvernement a fait l'un de ses objectifs majeurs.

Nous ne pouvons plus aborder la mer de manière aussi sectorielle que dans le passé. Le gouvernement entend définir la mer comme un tout, un ensemble cohérent qui puisse être source d'emplois et de croissance. L'environnement marin, les énergies marines, la prévention des risques maritimes, la pêche maritime, l'aquaculture, la construction navale, les ports, la sécurité maritime, la protection sociale des marins, la plaisance, le tourisme littoral, la recherche maritime, l'extraction des ressources minérales : tous ces défis sont des défis maritimes.

La mer et les milieux marins ne sont encore connus que de façon très partielle, et les perspectives de valorisation et d'extraction de ressources minérales dans une optique de long terme restent largement à explorer pour de très nombreuses activités. L'extraction de ressources minérales est l'un des cinq axes de la politique maritime, telle que définie par la Commission européenne, dans sa déclaration de Limassol d'octobre dernier, et elle s'intègre dans notre ambition d'une politique intégrée de la mer.

Complémentaire de la recherche, cette ambition doit aider la France à rester l'un des tout premiers pays européens par la qualité de ses travaux et par les infrastructures de recherche qu'elle met à la disposition de la communauté scientifique. Depuis 2010, vingt-sept organismes de recherche se sont regroupés dans l'Alliance nationale de recherche pour l'Environnement, AllEnvi. Une attention

toute particulière est réservée à la mer qui possède un groupe dédié avec environ 3 500 scientifiques, ingénieurs et techniciens, qui se consacrent ainsi aux sciences marines.

L'articulation de la recherche et de l'innovation en sciences marines avec l'enseignement supérieur paraît essentielle. Le développement de la recherche et de l'innovation, avec les trois pôles de compétitivité sur la mer (le pôle Mer Bretagne, le pôle Mer PACA et le pôle Aquimer à Boulogne-sur-Mer) dans la complémentarité maritime et littorale la plus forte, est une nécessité pour créer les emplois de demain. Les Outre-mer ont une importance particulière dans cette démarche, notamment dans le domaine énergétique, avec l'énergie thermique des mers plus particulièrement.

Les « Assises de la mer et du littoral » que j'ai lancées début janvier sont destinées à faire prendre conscience aux Françaises et aux Français, de l'Hexagone et des Outre-mer, des littoraux ou de l'intérieur des terres, de la richesse de la mer et du privilège dont nous disposons.

Ces questions de recherche et d'extraction de ressources minérales seront nécessairement abordées au sein des Conseils maritimes de façade. C'est au niveau territorial que sont perçus les effets d'une politique. Les acteurs locaux ont donc un rôle éminent à jouer dans l'élaboration d'un diagnostic et de propositions pour l'avenir, en particulier dans ces secteurs précis d'activité, composantes essentielles de l'économie maritime que le gouvernement est en train de structurer.

Persuadé que la mer et les ressources marines offriront des perspectives utiles à notre développement économique, je vous souhaite, Mesdames, Messieurs, une excellente lecture de ce numéro de *Responsabilité & Environnement*.

Note

* Ministre délégué aux Transports, à la Mer et à la Pêche.

Introduction

Les ressources marines

Par Jacques SERRIS*

« L'eau que tu bois

A connu la mer »

Eugène Guillevic, poète français (1907-1997).

La connaissance des fonds marins est plus récente et moins précise qu'on ne le croit généralement : les grands fonds sont cartographiés avec moins de précision que la surface de la Lune, et l'on estime que plus d'hommes seraient allés dans l'espace extra-atmosphérique que dans les abysses marins ! Si notre planète compte environ 8,7 millions d'espèces vivantes, dont 6,5 millions sur la Terre et 2,2 millions en milieu aquatique (selon l'étude publiée par le *Census of Marine Life* à l'été 2011), seuls 14 % des espèces terrestres et 9 % des espèces marines auraient été répertoriés par les scientifiques. Et, comme le montre l'article de Pierre Calleja, si la spiruline était déjà connue des Aztèques, la découverte du potentiel des micro-algues date de la fin du XX^e siècle. Le XXI^e siècle sera-t-il celui d'une nouvelle exploitation des ressources marines ?

On peut le penser, car ces ressources, connues ou potentielles, font désormais l'objet d'un intérêt croissant. Comment nourrir la planète, quand les surfaces cultivables sont en régression sous la pression anthropique ? Quel est le potentiel réel des ressources minérales et énergétiques marines, et comment y accéder ? Les enjeux du domaine marin dessinent une nouvelle géopolitique, avec ses ambitions et ses tensions que cherche à réguler un droit international en évolution.

Alors, ne faudrait-il pas, comme l'écrit Hervé Moulinier, que la France prenne le parti « d'une porte d'entrée par l'économique », c'est-à-dire par l'exploitation des ressources, qui semble la plus propice à faire bouger les lignes ?

Philippe Cury nous explique pourquoi nous en sommes à l'heure où une gestion responsable et précautionneuse de la pêche est un minimum requis pour assurer la viabilité de la ressource halieutique et de son exploitation.

Pierre-Georges Dachicourt et Émilie Gélard décrivent comment l'évolution des techniques de pêche va de pair avec l'évolution des comportements des professionnels, pour « cueillir » au sein de ressources halieutiques limitées et soumises à d'innombrables pressions, pour la plupart d'origine anthropique.

Chantal Cahut, de l'IFREMER, s'attaque aux défis que doit relever l'aquaculture pour accroître sa production dans des conditions de durabilité. En Asie, l'aquaculture de grandes algues a augmenté fortement au cours des dix dernières années, avec le développement de nouvelles zones de

cultures, et Yannick Lerat met l'accent sur les usages alimentaires des macro-algues, qui peuvent aussi apporter des solutions viables à plusieurs domaines clefs du développement durable.

Pierre Calleja expose dans son article la succession des progrès technologiques qui permettent d'explorer aujourd'hui le gisement exceptionnel que représente la production industrielle des micro-algues.

Pour Christian Corlay, l'extraction en mer de granulats marins, aujourd'hui marginale (2 %), apparaît être une solution intéressante du fait des importantes ressources disponibles dans les eaux territoriales françaises.

Dans son article, Yves Fouquet fait le point sur ce que l'on sait de l'importance des minéralisations océaniques par rapport aux réserves connues sur les continents.

Georgina Grenon et Julien Thomas nous expliquent, quant à eux, pourquoi des premiers essais prometteurs en matière d'énergies marines font rêver les industriels, les énergéticiens, les États et les populations riveraines.

Waddah Saab montre, dans son article, comment l'Europe s'est mise en ordre de bataille pour relever les défis scientifiques et technologiques de la croissance bleue énoncés dans « Horizon 2020 ».

Tous ces acteurs témoignent du même souci que celui exprimé par Francis Vallat, qui fait part de son engagement en faveur des dimensions économique et écologique du développement durable, « pour que cette mer – monde fragile en même temps que puissance nourricière – soit bien l'avenir de la Terre ».

Oui, c'est vrai, la mer est un milieu fragile, dont l'équilibre est menacé par la surexploitation comme par le changement climatique. Et, comme le rappelle Philippe Cury, ce n'est qu'au cours des cinquante dernières années que l'on a pris conscience du caractère fini des ressources marines et de leur fragilité face à une exploitation de plus en plus intensive.

N'accuse pas la mer à ton second naufrage !

Publilius Syrus, poète latin du I^{er} siècle.

Christophe Lefebvre souligne combien, malgré les efforts entrepris depuis quarante ans, les progrès réalisés restent bien en deçà de ce qu'il faudrait pour pouvoir renverser les tendances et plaide pour « une gouvernance effective et durable des océans ».

Ce n'est pas impossible : Niki Aloupi montre comment l'évolution du droit international, face à des développe-

ments technologiques ayant permis une exploitation toujours plus poussée des ressources marines, fait évoluer le zonage maritime, tout en permettant l'émergence d'une volonté de protection des intérêts des pays les moins développés et des intérêts de l'humanité prise dans son ensemble.

Mais pour Élie Jarmache, si la « zone », cet espace situé sous la colonne d'eau au-delà de la juridiction nationale, est bien un concept révolutionnaire par l'avènement d'un espace au régime juridique dissocié de celui très classique de la haute mer, les conflits de valeurs ou d'usages sont encore à venir.

En dehors de la question des hydrocarbures, déjà traitée dans le numéro d'octobre 2011 de *Responsabilité & Environnement* (Les hydrocarbures du futur), l'objet de ce dossier est de proposer une vision prospective, à l'horizon d'une dizaine d'années, de nos connaissances des différentes ressources marines, des développements technologiques et des conditions d'une exploitation économique et respectueuse de l'équilibre des milieux naturels. Le parti a été pris ici d'une approche par les différents types de ressources ; il ne doit pas faire oublier tout l'intérêt d'une approche intégrée des ressources et de l'écosystème

marin, à l'image de ce qu'on réalisé les États riverains de la mer Baltique (programme de la région de la mer Baltique) ou encore comme s'efforcent de le promouvoir l'Union européenne et les 21 pays riverains de la Méditerranée, notamment dans le cadre du plan d'action pour la Méditerranée du programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE/PAM).

Dans sa conclusion, Christophe Lefebvre insiste sur le besoin de communiquer afin de « constituer une société de l'océan mondial, d'affirmer une citoyenneté de l'océan, d'impulser une appartenance au monde de la mer ». Car les gens de mer – marins, pêcheurs, scientifiques, défenseurs de la nature, industriels –, ont du mal à travailler ensemble pour concilier l'exploitation des ressources avec la protection des milieux marins.

Ce numéro de *Responsabilité & Environnement* a pour ambition de contribuer à ce dialogue nécessaire et je remercie ici tous les auteurs qui y ont participé.

Note

* Ingénieur général des Mines (Conseil général de l'Économie, de l'Industrie, de l'Énergie et des Technologies – CGEJET).

La mer, ce gisement dynamique d'activités, de richesses et de croissance

Par Francis VALLAT*

Cet article n'est pas celui d'un scientifique ou d'un expert, mais se veut simplement être la contribution d'une organisation, le Cluster Maritime Français, qui est totalement engagée dans le combat en faveur des deux dimensions du développement durable : l'économie et l'écologie. Il s'intéresse à la problématique contemporaine des ressources des océans, émergentes ou traditionnelles, menacées d'épuisement ou d'asphyxie pour certaines d'entre elles, et enjeux de développements nouveaux ou croissants pour d'autres. Mais il s'intéresse aussi à la mer-ressource en elle-même, en tant que vecteur croissant de nombre d'activités humaines : du transport à toutes les formes d'exploitation marine et sous-marine. Dans un esprit aussi constructif que possible, il cherche à identifier les défis majeurs auxquels il faut absolument répondre pour que cette mer – qui est un monde fragile en même temps qu'une puissance nourricière – soit bien l'avenir de la Terre. Enfin, il n'oublie pas la place que la France peut ou doit avoir dans les évolutions en cours.

Le XXI^e siècle sera le plus maritime de toute l'histoire de l'humanité, plus encore que le XVI^e siècle lui-même et ses grandes découvertes. En effet, la mondialisation est en marche, et avec elle la maritimisation de l'économie, avec 90 % des marchandises transportées par voie de mer, à l'international bien sûr, mais aussi avec bien d'autres phénomènes en cours.

Par exemple :

- ✓ les activités maritimes, avec 1 500 milliards d'euros de chiffre d'affaires, sont déjà le deuxième secteur économique mondial après l'agroalimentaire (2 000 milliards), bien avant les télécoms (800 milliards) et l'aéronautique (600 milliards). Or, leur chiffre d'affaires est appelé à passer à plus de 2 500 milliards d'euros dans les dix années à venir, soit 1 000 milliards de plus, dont au moins 500 milliards venant de ce que l'on appelle la « Nouvelle industrie de la mer » (notamment les énergies marines renouvelables et l'exploration/exploitation des grands fonds sous-marins) ;
- ✓ la pêche et l'aquaculture mondiales produisent 160 millions de tonnes de poissons et de crustacés par an. 43,5 millions de personnes vivent de la pêche, tandis que la FAO prévoit que la part de l'aquaculture, actuellement de 60 millions de tonnes, devrait doubler d'ici à 2030 ;
- ✓ les flux de cargaisons transportées par voie de mer ont déjà été multipliés par cinq ces trente dernières années et représenteront, en 2020, de 14 à 16 mil-

liards de tonnes (contre environ 8 milliards, aujourd'hui). La croissance exponentielle des transports maritimes est ainsi l'une des données les plus sûres de ce siècle. Et l'on assistera simultanément à l'ouverture ou à la modification profonde de routes maritimes essentielles (celles passant par le Pôle Arctique, par exemple, même si les véritables grandes voies maritimes internationales nouvelles n'existeront probablement pas avant une trentaine d'années, sauf pour le transport de minerais « locaux » ; ou encore celles que générera la transformation quasiment terminée du Canal de Panama) ;

- ✓ environ 50 000 navires de commerce sillonnent aujourd'hui les mers (soit une progression de 40 % en dix ans), employant plus de 1 500 000 marins ;
- ✓ chaque année, près de 1,6 milliard de personnes empruntent les navires à passagers, soit l'équivalent du transport aérien international ;
- ✓ on transporte une tonne par homme et par an sur 7 500 kilomètres (plus de 99 % de ces marchandises arrivant à bon port) ;
- ✓ le coût moyen de l'acheminement de 20 tonnes de marchandises d'Asie vers l'Europe est significativement inférieur au prix du billet avion « éco » d'un passager sur la même distance (ce qui veut dire que le coût du transport ne représente que quelques centimes du prix d'une paire de chaussures et que quelques euros pour un réfrigérateur, par exemple).



© Marc Fourmy/ANDIA

« En effet, la mondialisation est en marche, et avec elle la maritimisation de l'économie, avec 90 % des marchandises transportées par voie de mer. », porte-conteneurs de l'armateur sud-coréen Hanjin.

C'est dire la puissance admirable – dévastatrice pour certains – de l'outil maritime. Puissance sans cesse accrue depuis la démonstration apportée par Vasco de Gama en passant le Cap de Bonne-Espérance et marquant, par là même, la fin de la puissance vénitienne (tout simplement du fait qu'à l'époque, et d'un seul coup, les produits importés de Chine (oui, déjà...) valaient cinq fois moins cher à Lisbonne qu'à Venise !). En fait, il s'agit d'un cycle d'augmentation continue de l'efficacité du transport maritime (par rapport à tous les autres modes de transport), un cycle véritablement amorcé au Moyen Âge, avec l'apparition des premiers services réguliers de cabotage (par exemple, entre le Portugal et les Pays-Bas), – qui, eux, tuèrent la suprématie commerciale que la « France » affichait jusque-là à travers ses grandes foires (de Champagne ou d'ailleurs) ;

- ✓ autre exemple très significatif : le transport d'un réfrigérateur de Shanghai à Anvers ou au Havre est aujourd'hui beaucoup moins cher que le même transport d'Anvers à Paris ou à Lyon... Oui : la Chine est *vraiment* à notre porte ;
- ✓ enfin, d'autres domaines très différents, mais liés à la mer, « explosent » eux aussi : par exemple, les câbles sous-marins permettent beaucoup plus de communications que tous les satellites réunis ; ou encore 37 %

des réserves de gaz naturel connues se situent en mer...

Tout cela sans tenir compte du fait que la mer est l'avenir de la Terre pour l'énergie (les EMR – Énergies marines renouvelables), l'alimentation, la recherche pharmaceutique, ainsi que pour nombre de minerais... Et on ne connaît qu'environ 10 % de la flore et de la faune marines (1 600 espèces marines nouvelles sont, en moyenne, découvertes chaque année) et 5 % du sol marin. Ce qui est d'ailleurs l'un des atouts essentiels de notre Terre menacée par l'explosion de sa démographie, comme par l'épuisement de certaines ressources « traditionnelles ». Et c'est aussi un atout de la France, avec ses 11 millions de kilomètres carrés de zone économique exclusive (ZEE), bientôt augmentés d'environ 10 % avec Extraplac – le programme français d'extension du plateau continental –, sous réserve que la France en fasse quelque chose, comme c'est actuellement le cas par exemple à Wallis & Futuna, et qu'elle le fasse en respectant l'environnement et en se donnant – sans « territorialisation » cependant – les moyens d'assurer la sécurisation et la protection, à tous points de vue, des activités maritimes concernées.

Est également démonstratif le fait que commence à se dessiner vraiment, y compris en haute mer – et là c'est une véritable « nouvelle frontière » ! – un accès possible et réaliste aux richesses des grands fonds : mélanges sulfurés,

terres rares, métaux de toutes sortes, avec des indices de concentration souvent supérieurs à ceux que l'on trouve dans les mines terrestres (possibilité bien plus prometteuse que ne le fut jamais l'espoir, au demeurant pas tout à fait abandonné, représenté par l'exploitation des nodules polymétalliques). On peut citer, à cet égard, la cinquantaine de parcelles d'un million de kilomètres carrés « à réserver » (moyennant certains engagements concernant aussi bien l'exploration/exploitation que le respect de contraintes environnementales, de durée, de partage...), ces parcelles étant placées sous la responsabilité de gestion de l'Autorité Internationale des Grands Fonds, et se situant, pour l'essentiel, là où se rencontrent les plaques tectoniques. D'ailleurs, et cela est plus que symbolique, après la Russie et la Chine, un certain nombre de pays ont fait ou font mouvement pour obtenir le « contrôle » de certaines de ces zones, comme la France, la Corée, bientôt l'Allemagne et d'autres encore (les États-Unis étant pour l'instant « hors jeu » pour des questions de non ratification de certaines conventions internationales).

À ce stade, il est important de noter, en ce qui concerne la France, qu'outre les chances très sérieuses de trouver à terme de nouvelles ressources nationales sur les parcelles réservées par notre pays, ces richesses sont une opportunité extraordinaire pour nos grands acteurs spécialisés dans l'*offshore* et les travaux marins ou sous-marins (IFREMER, Technip, CGG Veritas, Bourbon, Total, Louis-Dreyfus Armateurs, Eramet...), auxquels les autres pays feront inmanquablement appel tant les compétences de ces champions français internationaux sont reconnues au niveau mondial et seront incontournables s'ils s'organisent en *consortia* pour chaque phase des travaux (le marché étant estimé de 5 à 10 milliards d'euros au titre de la prochaine décennie).

NB : un processus important est d'ailleurs en train de se réaliser, dans le cadre du groupe de travail spécialisé du Cluster Maritime Français, avec pour objectif la constitution d'une filière française complète allant de l'exploration à l'exploitation. Mais il est plus que temps que l'État s'y intéresse concrètement, car l'immobilisme des pouvoirs publics règne depuis la signature de notre engagement national sur deux des parcelles concernées ! Et ce n'est pas la perspective annoncée « administrativement » d'une campagne d'un mois tous les cinq ans qui pourrait constituer une politique digne de ce nom (l'espoir étant que ce sujet soit traité... au fond, lors du prochain Conseil interministériel de la Mer, espéré, au plus tard, pour la fin du premier semestre 2013).

La mer : une ressource et un milieu fragiles

Quoi qu'il en soit, toutes ces opportunités accroissent évidemment la contrainte environnementale et donc la nécessité absolue de protéger les océans. Le défi majeur étant que la quête du « développement durable » concilie entre eux les deux impératifs que sont le développement et la durabilité, au lieu de les opposer en permanence, par idéologie. Une contrainte environnementale qui n'est vrai-

ment pas un vain mot lorsque l'on réalise que le volume total des mers – qui est certes impressionnant et qui fait de notre Terre la planète bleue, les océans recouvrant 70 % de sa surface – tiendrait en fait dans un cube de 1 100 kilomètres d'arrête, un volume donc limité faisant des mers un milieu forcément fragile. S'ajoute à cela le fait que 6 millions de tonnes de déchets pétroliers y sont déversés chaque année (provenant d'ailleurs de la terre, *via* les fleuves, pour au moins 75 %), que 50 millions de tonnes de déchets (à 80 % individuels) souillent le Golfe de Gascogne et que l'on évalue ce type de déchets à 3 milliards de tonnes en Méditerranée, et que toute cette pollution tue à l'échelon mondial un million d'oiseaux et cent mille mammifères marins chaque année. On peut citer à cet égard les propos de l'Amiral Pierre-François Forissier, ancien Chef d'état major de la Marine, qui a fait toute sa carrière dans les sous-marins et qui racontait qu'à chaque fois qu'il montait son périscope, il voyait au moins un morceau de plastique flotter, ou immergé !

Et puis, il y a l'inévitable contrepartie de l'inflation du transport maritime qui pose naturellement dans nombre de zones, et en particulier dans les grands détroits, la lourde question de la sécurité maritime et des risques de pollution, tant les concentrations de navires peuvent y être proches de la limite du raisonnable. C'est ainsi, par exemple, que, chaque année, 60 000 navires empruntent le rail d'Ouessant dans tous les sens, le nombre des *near miss* (les accidents évités *in extremis*) croissant à une vitesse impressionnante et frôlant l'inacceptable.

Les ressources de la mer : une chance pour la France

Face à ces enjeux, à ces défis, ces risques et ces contraintes, la France, cinquième puissance économique mondiale – où un bateau touche un port toutes les six minutes –, dispose d'atouts considérables. Ces atouts doivent lui permettre de saisir les opportunités qu'offre la mondialisation et de compenser ainsi les délocalisations dont elle souffre comme beaucoup d'autres pays. Cela non seulement du fait de l'étendue remarquable de sa ZEE (comme nous l'avons mentionné plus haut) et de ses atouts en matière de grands fonds, mais aussi, et surtout, parce que son secteur économique maritime :

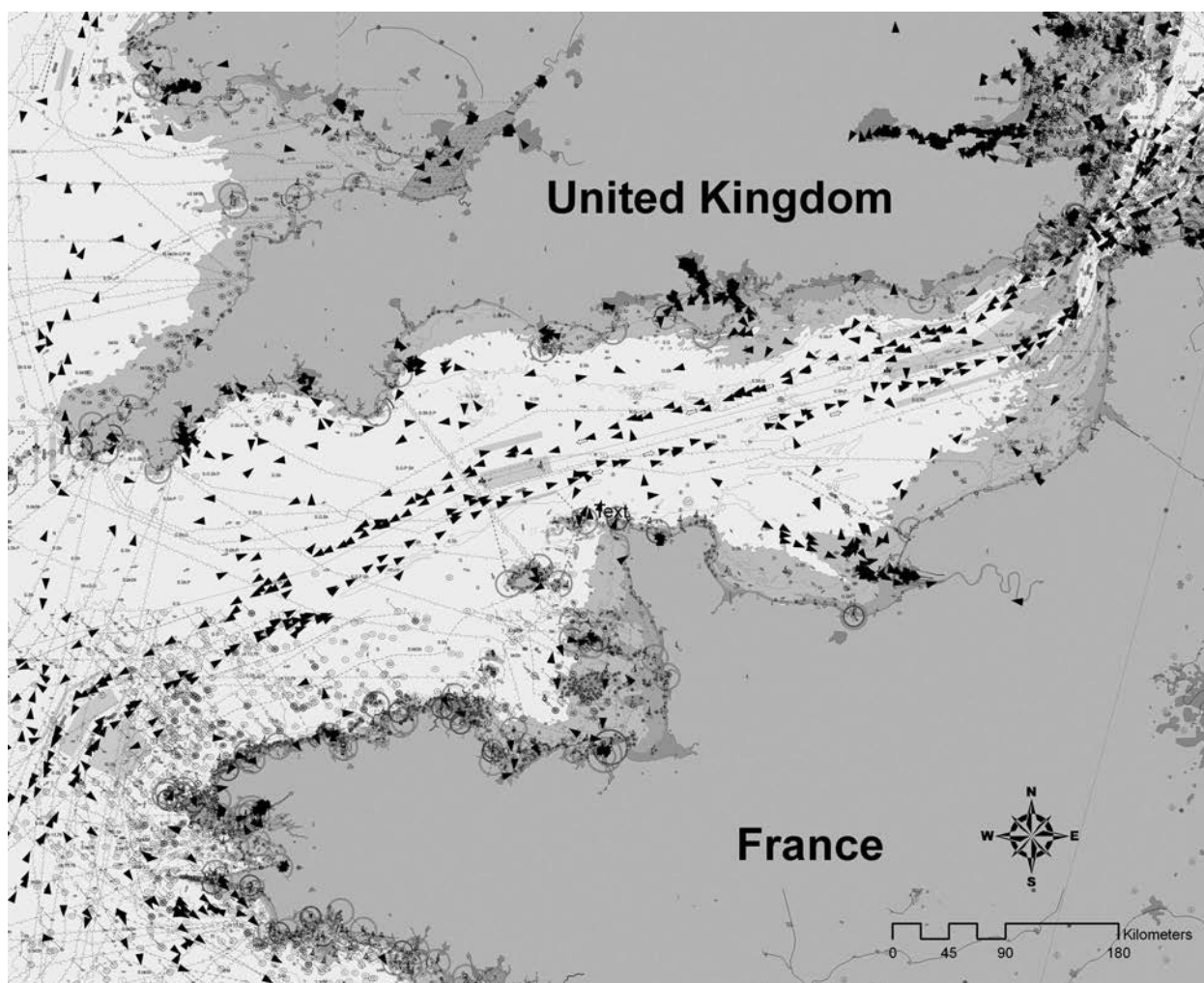
- ✓ pèse plus de 300 000 emplois directs (hors tourisme littoral et industries portuaires), soit plus que l'automobile (équipementiers inclus) et bien plus que le vin, l'industrie pharmaceutique, la banque et l'aéronautique (dont le spatial)... ;
- ✓ génère au minimum 52 milliards d'euros de valeur de production ;
- ✓ compte onze fleurons et leaders maritimes mondiaux tant sur le plan quantitatif que qualitatif, en matière notamment de recherche océanographique (qui est la deuxième du monde et mobilise 10 % des investissements mondiaux) – avec l'IFREMER, le Centre de documentation, de recherche et d'expérimentations sur les pollutions accidentelles des eaux (CEDRE), le

service hydrographique et océanographique de la Marine (SHOM) et d'autres encore –, en matière de construction nautique (avec les efforts énormes actuellement déployés pour réduire l'impact de la déconstruction (une activité très polluante) et veiller au respect de la mer), de construction navale à forte valeur ajoutée (ses navires étant parmi les plus écologiques au monde), d'assurances maritimes (qui figurent au plan international parmi les plus exigeantes quant à la qualité de leurs assurés), mais aussi ses services de classification (le Bureau Veritas est leader, au sein de l'*International Association of Classification Societies*, de tous les progrès accomplis ces dernières années en matière de rigueur), son courtage maritime (l'un des plus fiables au niveau international), son *offshore* pétrolier, sa prospection sismique (avec des groupes leaders universellement reconnus tant pour leur éthique que pour leur compétence), son armement de ligne (avec des navires pionniers en matière de protection de l'environnement) et, enfin, la Marine nationale (qui n'a pas attendu d'y être obligée pour

s'aligner sur les normes environnementales les plus strictes, y compris sur le plan qualitatif).

En outre, il est notable que dans bien des cas les acteurs économiques français ont conquis ces positions mondiales par leurs propres moyens, dans une période assez récente, « à la loyale » contre une concurrence souvent très dure (c'est le cas, par exemple, de Bourbon et de Technip pour l'*offshore*, de Louis Dreyfus Armateurs pour la pose de câbles sous-marins, de CGG Veritas pour le sismique, ou encore d'Axa, pour l'assurance maritime).

Et même là où elle n'est pas leader, l'économie maritime française peut faire valoir des lettres de noblesse qui constituent elles aussi des atouts et une fierté. On peut citer à cet égard le classement réalisé chaque année – résultant du croisement des statistiques des *Port State Control* du monde entier – qui place systématiquement les armateurs français au top de la qualité mondiale ; ou encore la volonté opiniâtre affichée depuis des années par les dirigeants professionnels de la pêche française dans leur lutte en faveur d'une pêche durable et responsable, c'est-à-dire pour une exploitation équilibrée des ressources halieutiques.



© EMSA

« L'Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM) gère les systèmes Safeseanet et Cleanseanet (contrôle du trafic et contrôle de la qualité de l'eau) pour le compte de l'Union européenne », suivi de navires navigant en Manche, dans le cadre de Safeseanet.

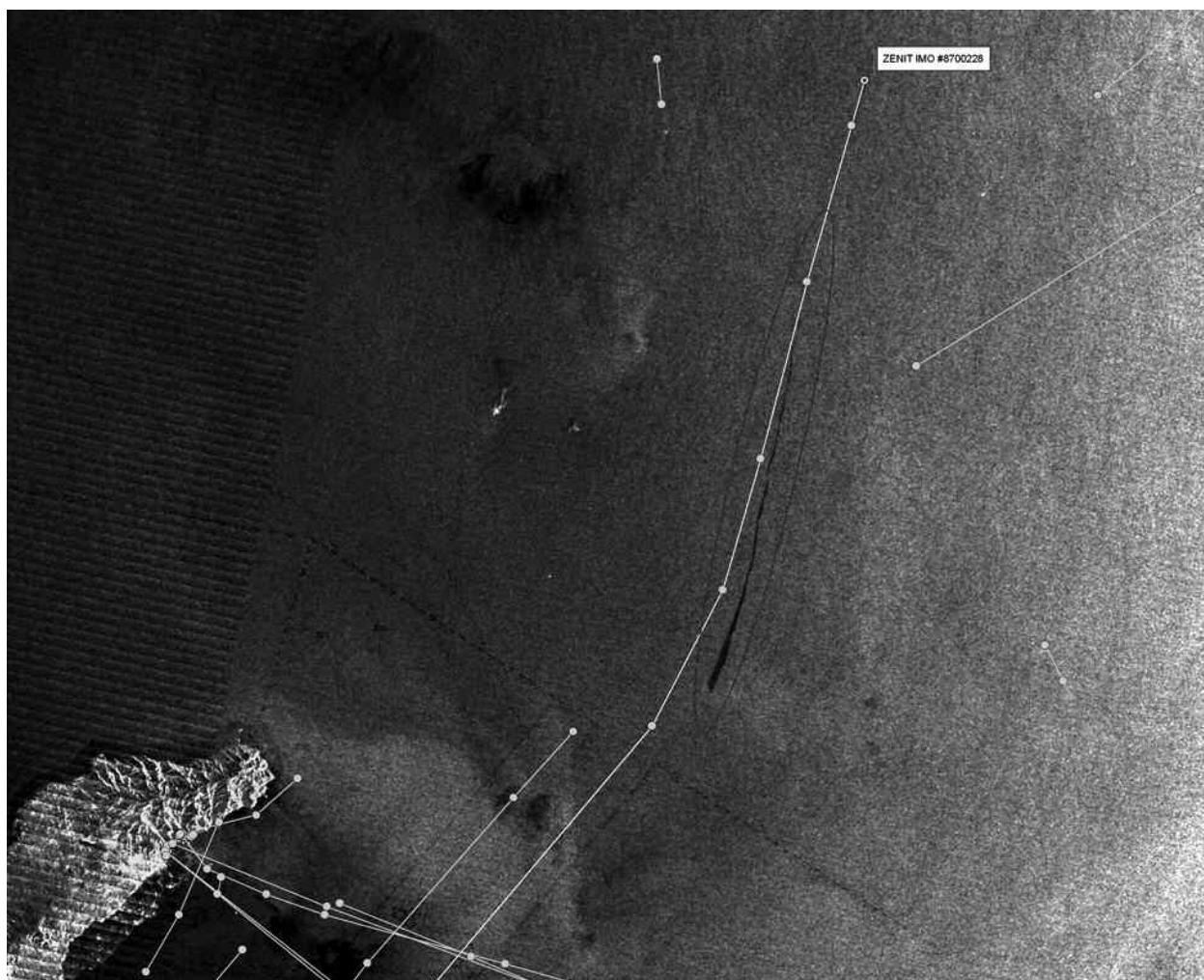
NB : Une attitude d'ailleurs tout à leur honneur, mais qui n'est pas assez suffisamment reconnue, bien souvent du fait de commentaires acerbes d'origine anglo-saxonne, alors que, récemment, un rapport sur le Blue charity business a apporté quelques éclairages intéressants et nouveaux. En effet, cet ouvrage, qui considère que les ressources halieutiques sont un bien public de l'humanité, qui a été porté par l'ONG « Pêche et Développement », qui n'est pas une attaque contre les ONG et qui a d'ailleurs reçu le soutien de nombre d'entre elles, est en fait une demande de transparence. Il analyse la dépendance financière de certaines ONG vis-à-vis d'un nombre restreint de fondations caritatives internationales – souvent contrôlées par des intérêts américains (Piew, Oak, et deux ou trois autres encore) – qui se situent hors du cadre de la simple défense de la pureté écologique et qui ne sont pas neutres au regard d'intérêts pétroliers US off-shore ou d'autres industries d'outre-Atlantique. Tout en dénonçant le fait que les mécanismes de lobbying à l'œuvre sont opaques, discrets et qu'ils doivent être décodés, cet ouvrage montre toute leur puissance et leur efficacité à engager des fonds importants, dans lesquels ils voient un investissement.

Surtout, il indique que depuis 2000, ces fondations sont très fortement intervenues à Bruxelles via différents groupes de pression pour influencer les négociations de la réforme de la Politique Commune des Pêches (PCP). Elles auraient ainsi investi au minimum 75 millions de dollars depuis des années dans du lobbying « orienté ».

La mer : un avenir équilibré est possible

Qu'il me soit permis de dire ici, en élargissant le débat et en concluant sur une note plus personnelle, qu'à côté des mille bonnes raisons de craindre pour l'environnement marin et de lutter contre les criminels de la pollution, il y en a mille autres d'espérer et de penser que l'homme – qui prend de plus en plus conscience de sa responsabilité vis-à-vis de la planète et de la façon dont vivrons ses enfants et arrière-arrière-petits-enfants – n'est heureusement pas qu'un prédateur.

C'est ce dont je témoignais récemment à la Fondation Maud Fontenoy, par exemple. Il y a certes ceux qui continuent à mal se comporter, mais il y a aussi tous ceux qui



© EMSA-ESA

« L'Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM) gère les systèmes Safeseanet et Cleanseanet (contrôle du trafic et contrôle de la qualité de l'eau) pour le compte de l'Union européenne », repérage d'une nappe d'hydrocarbure dérivant au large des Canaries, dans le cadre de Cleanseanet.



© EMSA

« L'Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM) gère les systèmes Safeseanet et Cleanseanet (contrôle du trafic et contrôle de la qualité de l'eau) pour le compte de l'Union européenne », le satellite RADARSAT participe à l'observation de la Terre dans le cadre de Cleanseanet.

s'engagent pour le développement durable, qui croient au concept de la *Blue Society* qui est en train d'émerger et qui recherchent en permanence l'équilibre entre la vie des générations présentes (qui ne sont pas coupables de chercher à vivre le mieux possible et qui ont besoin de se nourrir, de travailler, d'échanger...) et la sauvegarde des générations futures.

Ces acteurs souvent méconnus sont aujourd'hui tous les travailleurs de qualité de l'économie maritime, dont beaucoup sont rassemblés dans le Cluster Maritime Français, et dont l'honneur est de ne pas céder à la tentation de la facilité, du moins cher, du gâchis, et qui, donc, affrontent la concurrence en acceptant les surcoûts de la qualité. Ce sont aussi tous ceux qui veillent et surveillent, et qui arrivent peu à peu à corriger les excès de l'homme, même si la route est encore longue. Un exemple ? Beaucoup pensaient, il y a encore dix ans, que jamais, nulle part, on n'arriverait à empêcher les bateaux d'agresser la faune et la flore marines et sous-marines par leurs rejets de déchets ou d'eaux mazoutées. Or, aujourd'hui, ce phénomène a quasiment disparu des eaux européennes, ce qui montre que l'on peut « y arriver » si on le veut.

Et la bonne nouvelle est que les bons professionnels en ont de plus en plus assez d'être concurrencés par les mauvais qui supportent moins de charges. Du coup, il y a une solidarité effective, de plus en plus puissante, qui s'instaure entre les responsables de bonne volonté de l'économie maritime, et ceux de l'écologie... Et c'est bien pour cela que je suis convaincu que « Notre politique maritime doit être optimiste et dynamique, et peut et doit allier développement économique et préoccupations écologiques ». Mais cela demande beaucoup de rigueur. Par exemple, on peut légitimement se demander si le « Grenelle de la Mer » n'aurait pas imprudemment pris le risque de tout noyer, en mettant tout au même niveau : le prioritaire et ce qui l'est moins, l'utopique et le réaliste, les représentants de l'intérêt général et ceux d'intérêts particuliers. En espérant que notre nouveau débat sur la transition énergétique ne souffrira pas des mêmes faiblesses...

En fait, je pense qu'il est très important pour tous, mais en particulier pour tous ceux qui doutent, ironisent, voire font du catastrophisme leur fond de commerce :

- ✓ de connaître et de faire connaître les avancées que tant les États que les bons professionnels ont voulues,

soutenues et accompagnées, alors que beaucoup d'observateurs étaient sceptiques, découragés pour ceux qui se battaient. Je citerai, par exemple, les performances de l'Agence Européenne de Sécurité Maritime (AESM) : inspections des sociétés de classification (siège, bureaux, navires), inspections d'institutions de formation maritime dans une trentaine de pays, création du *PSC rule check* qui a permis l'harmonisation des contrôles portuaires (condition essentielle de la sécurité), du *Safety standards double hull*, du *Marine Safety Service* (MSS) constitué de vingt-six personnes travaillant sept jours sur sept et vingt-quatre heures sur vingt-quatre, et qui gère les systèmes Safeseanet et Cleanseanet pour le compte de l'Union européenne, ou encore l'affrètement de la petite vingtaine de navires antipollution mobilisables, avec un faible préavis, tout au long des côtes de notre continent ;

- ✓ de souligner la mise en œuvre progressive (certes trop lente, mais effective) des « quatre harmonisations » (harmonisation des règles, harmonisation de l'application des règles, harmonisation du contrôle de cette application et, harmonisation des sanctions) avec le recours à de nombreux outils efficaces et novateurs, comme, par exemple, les fameuses listes noires, ou listes de la honte (de navires et d'armateurs « substandard »), qui sont désormais publiées régulièrement ;
- ✓ de signaler les premières écorchures au principe de l'irresponsabilité des États en matière de pavillon (encore démontrée pour Malte, dans l'affaire de l'Erika), alors que la France a réussi à faire adopter une mesure phare à ce sujet dans le « troisième paquet », juste avant la fin de sa présidence de l'Union européenne, en 2009. C'est en effet là un domaine dans lequel la marche de l'histoire s'accélère, comme l'a démontré encore le récent arrêt de la Cour de Cassation française dans cette même affaire ;
- ✓ de mentionner tous les progrès réalisés ou en cours de réalisation dans des domaines connexes, tel que (référence parmi d'autres) celui de la déconstruction des navires, où la convention de Hong-Kong représente une avancée très importante.

Tout cela nous amène à un constat raisonnablement encourageant et simple : le combat pour une croissance durable assise sur le gisement de richesses de la mer et/ou sur les activités maritimes traditionnelles ou émergentes – croissance obligatoirement respectueuse de l'environnement – est un défi à la fois nécessaire et raisonnable. Et même si ce combat est (et sera) toujours jalonné de doutes, d'échecs, de menaces, il vaut quand même le coup d'être mené, car il a déjà permis par le passé, permet encore aujourd'hui et permettra à l'avenir, de remporter des victoires significatives, de mettre en œuvre des avancées considérables. En un mot, la voie de la sagesse et celle de l'action sont indissociables, car elles sont liées au respect d'une évidence aveuglante : l'avenir de la Terre, autant dire de notre humanité, dépend à la fois de l'exploitation et de la préservation de la mer. D'ailleurs, le concept récent de *blue growth* et la déclaration dite de Limassol ne disent pas autre chose.

Un autre constat, quant à lui, d'une nature tout à fait différente, soutient cette approche raisonnablement optimiste : celui que le terrorisme intellectuel a changé de camp, en quelques décennies. De fait, dans les années 1980 encore, la plupart des colloques, des articles, des déclarations et des décisions ne se référaient qu'à la meilleure façon d'écraser la concurrence, de conquérir des marchés à tout prix, de réduire les coûts quelles qu'en soient les conséquences. Aujourd'hui, ceux qui « tiennent le micro », qui s'expriment publiquement, ne peuvent le faire sans intégrer (souvent au premier chef) la dimension qualitative et/ou environnementale. C'est là, à mes yeux, un signe qui ne trompe pas. Certes, d'aucuns peuvent dénoncer l'hypocrisie de nombre de ces déclarations, et ils ont probablement raison, dans bien des cas, mais, au fond, peu importe, car, comme le disait La Rochefoucauld : « L'hypocrisie est un hommage que le risque rend à la vertu », autrement dit, l'hypocrisie de certains est le signe que les choses ont basculé et que le sens de l'histoire a opté pour la longue marche de la vertu.

Note

* Président du Cluster Maritime Français.

Pour une gestion durable des pêches

Par Philippe CURY*

Les océans se vident-ils de leurs poissons ? Pourquoi trouve-t-on autant de poissons sur les étals de nos poissonneries, alors que l'on prétend que les mers se dépeuplent ? Pourquoi les pêcheurs prétendent-ils qu'il y a toujours autant de poissons ? L'aquaculture va-t-elle remplacer la pêche, qui est devenue un modèle d'exploitation trop aléatoire ?

À l'heure où de nombreux problèmes d'exploitation des ressources halieutiques se posent, dans un contexte de sécurité alimentaire de plus en plus tendu, il convient de mieux comprendre le futur de la pêche en mer et de trouver de nouvelles solutions.

La pêche : ultime activité de prélèvement d'une ressource sauvage à l'échelle industrielle

La pêche est notre dernière activité de prélèvement d'une ressource sauvage. Elle est pour le milieu aquatique l'équivalent de la chasse et permet de prélever des animaux sauvages dont la production se renouvelle naturellement sans autres contraintes que celles imposées par l'environnement. La pêche est la façon la plus écologique de se nourrir et aussi la plus ancienne. Longtemps, les ressources ont été considérées comme inépuisables, car il existait de nombreux *a priori* sur le caractère pérenne de nos ressources marines.

La littérature des XVII^e et XIX^e siècles regorge d'anecdotes illustrant le caractère inépuisable des océans. Autrefois, les ressources halieutiques paraissaient tellement abondantes et les poissons tellement prolifiques qu'il était impensable que les pêcheries puissent entamer la productivité des mers. L'immense productivité des océans fascinait les esprits. Les ressources marines semblaient se régénérer instantanément et les océans ressemblaient à des cornes d'abondance.

Dans leur *Histoire naturelle des animaux* (1756), MM. Louis-Daniel Arnault de Nobleville et Salerne décrivent l'abondance des harengs en des termes imagés : « On peut dire que leur nombre est véritablement infini, c'est-

à-dire qu'il surpasse tous les nombres connus et quelque dénombrement qu'on en voulût faire, on ne pourrait dire autre chose, sinon que leur quantité surpasse celle des étoiles visibles et télescopiques du firmament ».

Les navigateurs, au cours de leurs longs périple à travers les océans, voyaient de véritables « murs » de poissons, ou encore des hordes de baleines, et leurs témoignages excitaient les imaginations.

Daubenton dans *l'Encyclopédie* (1751-1772) consacre lui aussi une longue rubrique aux harengs, dans laquelle il souligne déjà que la pêche ne prélève qu'une partie infime de ces immenses populations que recèlent les mers :

« Quoique les pêcheurs prennent une très grande quantité de harengs, on a calculé que la proportion du nombre des harengs pris par tous les pêcheurs dans leur route est, au nombre de toute la troupe lorsqu'elle arrive du Nord, comme un est à un million. Et il y a lieu de croire que les gros poissons, tels que les marsouins, les chiens de mer, en prennent plus que tous les pêcheurs ensemble. »

Les ressources étaient inépuisables, et l'action de l'homme marginale. Il y a dans les écrits de Michelet une sorte de stupéfaction, presque d'effroi, devant les énormes quantités de harengs. Leur fécondité lui apparaissait tellement monstrueuse qu'« ils arriveraient en fort peu de générations à combler, solidifier l'océan, ou à le putréfier, à supprimer toute race et à faire du globe un désert. » Sans détour, Michelet assimilait les océans à la grande femelle du globe.

La pêche : pour combien de temps encore ?

Cette perception passée contraste singulièrement avec la situation actuelle. Au cours des cinquante dernières années, la réalité de la surexploitation de la richesse halieutique s'est imposée à une échelle globale révélant le caractère fini des ressources marines et leur fragilité face à une exploitation de plus en plus intensive.

Un bilan de l'état des pêches mondiales est publié tous les deux ans par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, <http://www.fao.org/fishery/sofia/fr>).

Les années 1950 ont marqué le début d'une croissance très rapide de l'activité de pêche, qui s'est accompagnée d'une augmentation des captures tellement forte qu'elle excédait l'accroissement de la population humaine. En l'espace de deux décennies, la production mondiale des pêches marines et continentales a été multipliée par trois, passant ainsi de 18 millions de tonnes en 1950 à 56 millions de tonnes en 1969. Durant ces années de « pêches miraculeuses », l'expansion de la pêche s'est poursuivie pour finir par devenir planétaire. Par la suite, au cours des décennies 1970 et 1980, le taux moyen d'accroissement des pêches est tombé à 2 % par an et, depuis les années 1990, il est pratiquement nul, alors que le nombre des bateaux de pêche et leur efficacité n'ont cessé d'augmenter. Il y a aujourd'hui, au niveau mondial, entre trois et quatre fois trop d'effort de pêche pour récolter des ressources qui se raréfient.

Que les pêcheries exercent leur activité dans l'hémisphère nord ou dans les eaux tropicales, qu'elles soient industrielles ou artisanales, le constat reste le même : les pêcheries mondiales ont atteint le maximum de leur potentiel selon les Nations Unies (FAO, 2012). On n'enregistre plus de développement des pêcheries et le seuil maximum des captures est aujourd'hui atteint. Les captures, qui étaient, depuis les années 1990, de l'ordre de 85 millions de tonnes déclinent à raison de 0,6 million de tonnes annuellement, en raison de l'érosion des populations de poissons (CEA, 2012), et la situation, en 2012, devient critique : 50 % des ressources étaient pleinement exploitées et 37 % surexploitées ou s'étaient effondrées, laissant très peu de place au développement de nouvelles pêcheries.

En réalité, au fil des évaluations publiées par la FAO, des tendances lourdes se dégagent et montrent une dégradation constante des productions halieutiques. En 2006, une équipe dirigée par Boris Worm, de l'Université de Dalhousie (au Canada), a calculé qu'au milieu du XXI^e siècle (en 2048, pour être précis !), les espèces le plus couramment pêchées aujourd'hui pourraient avoir disparu, si la pression humaine (surpêche, pollution et destruction des milieux) continue au rythme actuel. Pour la première fois, l'exploitation d'une des principales ressources alimentaires mondiales montrait ses limites, et cela nous pose la question du futur des océans.

L'information a fait la « une » de la presse internationale et des évaluations plus récentes confirment qu'effectivement, 63 % des stocks devraient être restaurés, car ceux-ci sont surexploités (Worm et al., 2009). Chacun se sent interpellé, mais aussi dépassé par l'ampleur du problème. Comme pour le climat et les rejets de gaz à effet de serre, il est question d'un point de non-retour pour la planète, même si, dans le cas de la pêche, il ne s'agit pas de l'épuisement des ressources fossiles, comme le pétrole ou le charbon, mais de l'épuisement des ressources vivantes marines.

La pêche continue cependant de jouer un rôle essentiel en nourrissant plus d'un milliard d'êtres humains. De plus, la demande de poisson par habitant s'accroît à un rythme soutenu. L'appétit croissant pour le poisson fait peser une pression toujours plus forte sur les ressources sauvages et pose la question de la durabilité de l'exploitation des ressources marines.

Depuis les années 1960, la disponibilité des poissons et des produits de la pêche par habitant a pratiquement doublé (la consommation moyenne mondiale atteint aujourd'hui 19 kg par personne et par an), gagnant ainsi de vitesse la croissance démographique, qui a également plus que doublé au cours de la même période.

Dans les *pays à faible revenu et à déficit vivrier* (PFRDV), où la consommation actuelle de produits de la mer est proche de la moitié de celle des pays les plus riches, la contribution du poisson à l'apport total en protéines animales est considérable (elle approche les 20 %).

Dans certains pays à forte densité de population, qu'ils soient insulaires ou côtiers, les protéines de poisson contribuent de façon décisive au régime alimentaire, fournissant un pourcentage au minimum de 50 % du total protéique (c'est notamment le cas du Bangladesh, de la Corée du Nord, du Ghana, de la Guinée, de l'Indonésie, du Japon et du Sénégal).

Le poisson est la denrée alimentaire la plus échangée au niveau mondial (40 % des captures sont échangées sur le marché mondial). Ainsi, l'Europe (qui a surexploité ses eaux côtières dès le début du XX^e siècle) importe aujourd'hui 40 % des produits marins qu'elle consomme.

En France, nous importons pour 4 milliards d'euros de produits marins en 2009, alors que la pêche dégageait un chiffre d'affaires de 1,7 milliard d'euros. Ainsi, si nos poissonneries sont bien approvisionnées, c'est parce que les produits de la mer proviennent d'autres pays, ceux du Sud notamment qui ont de moins en moins accès aux poissons, devenus trop chers pour leur population. Deux exemples symboliques sont ceux de la fausse morue et du thiof, dont les prises sur la côte nord du Sénégal sont passées de 1 500 tonnes à 50 tonnes en trois décennies (Thiao et al., 2012) et dont l'abondance a diminué de 96 %. Le thiof, une variété de mérou qui constituait le plat traditionnel sénégalais, est aujourd'hui remplacé par les sardinelles, dans les assiettes des consommateurs du Sud, tout en étant devenu un produit de luxe vendu quelque 60 euros le kilo sur le marché espagnol.



© Joncheray/ANDIA

« Le poisson est la denrée alimentaire la plus échangée au niveau mondial (40 % des captures sont échangées sur le marché mondial). », film plastique permettant la conservation de poissons pêchés jusqu'à leur vente à la criée.

La situation de la richesse halieutique des eaux européennes est critique

Les limites de l'exploitation halieutique se profilent à l'échelle de la planète et la compétition pour l'exploitation des ressources accessibles a entraîné une « course au poisson » et la surexploitation.

La *Politique commune (européenne) des pêches* (PCP) vise à promouvoir une pêche durable. Elle comporte donc des mesures destinées à éviter la surpêche et à limiter la taille de la flotte de pêche des pays membres de l'Union européenne.

Dans son Livre vert d'avril 2009 sur la réforme de la PCP, la Commission européenne a reconnu que la réforme de 2002 n'avait pas permis d'atteindre cet objectif et a attribué cet échec à la surcapacité chronique des flottes de pêche (qui perdure depuis plus de vingt ans).

En conséquence, dans la très grande majorité, les stocks de poissons de nos mers européennes sont surexploités, ainsi les captures totales ont fondu passant de sept à quatre millions de tonnes au cours des vingt dernières années. Pour 88 % des stocks de l'Atlantique Nord, le degré d'exploitation est supérieur au rendement durable, et parmi ces stocks, 30 % se trouvent en deçà des limites biologiques de sécurité (CCE, 2011). Pour la Méditerranée, 92 % des stocks sont surexploités et seuls des poissons,

comme les sardines et les anchois, restent exploités dans des conditions normales.

Ce n'est pas seulement le surplus (les intérêts, par analogie au capital) produit par les populations marines qui a été prélevé, mais c'est également le stock reproducteur (le capital).

Les progrès technologiques qui ont permis d'améliorer la vie en mer et l'efficacité de pêche des bateaux, sont devenus en très peu de temps un problème récurrent au niveau planétaire : il y a encore trop de bateaux de pêche suréquipés (avec leurs moyens de localisation, comme les GPS, ou de repérage du poisson, comme les sonars et les échosondeurs), qui sont devenus trop efficaces pour des ressources halieutiques qui ne cessent de se raréfier.

L'activité de pêche ne détruit pas seulement les habitats, elle affecte également la biodiversité, du fait qu'elle privilégie des engins de pêche peu sélectifs, comme les chaluts (ces larges filets traînés sur les fonds détruisant la flore et la faune benthiques inféodées au sol sous-marin), qui rejettent annuellement plusieurs dizaines de millions de tonnes de poissons, de crustacés ou d'autres animaux aquatiques non commercialisables. En Méditerranée, les populations de quatre des cinq espèces de requins qui y vivent ont diminué de plus de 97 % en moins de vingt ans, mettant en péril ces espèces. Le coût annuel de cette surexploitation au niveau mondial est abyssal. La destruction

de la richesse économique, au niveau mondial, est estimée à 51 milliards de dollars, alors que le produit de la pêche est de l'ordre de 85 milliards de dollars (selon le rapport de la Banque Mondiale). Les subventions accordées sont également disproportionnées et sont souvent sans effet pour corriger les problèmes des pêcheries. En France, le montant des subventions allouées au secteur durant les trois dernières décennies est comparable à la valeur des débarquements annuels. Loin d'avoir résolu les problèmes structurels, elles n'ont fait, au contraire, qu'engendrer les crises récurrentes que connaît le secteur. La rentabilité de l'activité de pêche est devenue problématique et il est difficile d'envisager un futur pour ce secteur d'activité. La Gazette de Sète (principal port de pêche français sur la Méditerranée) titrait, le 3 janvier 2013 : « La plaisance va-t-elle remplacer la pêche ? », devant le constat amer d'un nombre de chalutiers qui est passé de plus de quarante à quatre, en moins de vingt-cinq ans.

Les effets indirects de la pêche sur la biodiversité marine

La pêche a un impact fort sur les espèces qu'elle cible en les surexploitant. Mais les effets indirects sur les autres composantes de l'écosystème marin sont également importants. C'est donc bien l'ensemble de cet écosystème qui est touché par la pêche industrielle.

Les poissons de petite taille (encore appelés poissons fourrages), situés en début de la chaîne trophique, constituent une part de plus en plus importante des captures. On trouve de plus en plus de sardines, d'anchois, de harengs et d'autres petits poissons pélagiques dans les filets des pêcheurs, et de moins en moins de gros poissons, tels que les morues, les flétans, les colins, les mérours, etc.

Les pêcheurs ciblent les poissons carnivores de grande taille situés en haut de la chaîne trophique, car ceux-ci ont une valeur commerciale élevée.

Cette diminution de la taille des poissons dans les captures est un des symptômes clairs d'une surexploitation généralisée des stocks de poissons : les tailles des poissons diminuent et les océans renferment en majorité des poissons juvéniles, de petite taille.

Les scientifiques commencent à mesurer l'ampleur de ce phénomène. Les connaissances du fonctionnement du milieu marin, même si elles sont incomplètes, laissent présager que la diminution massive (en moyenne de 87 %) des espèces prédatrices (requins, marlins, espadons, mammifères marins, tortues marines...) a des conséquences importantes sur l'ensemble des écosystèmes marins, car elle en bouleverse la structure et le fonctionnement. Dominés par des espèces de petite taille et à courte durée de vie, les écosystèmes deviennent beaucoup plus sensibles aux variations climatiques.

Comme les poissons prédateurs deviennent rares, les petits poissons fourrages qui constituent leur nourriture sont convoités par les pêcheurs. Aujourd'hui, plus de 37 % des captures mondiales sont composés de ces petits poissons, qui sont transformés en farine et en huile pour l'ali-

mentation animale destinée à l'aquaculture, notamment. Ainsi, sardines, anchois, maquereaux, sprats ou bien krills (des petites crevettes), qui servent de nourriture à l'ensemble des prédateurs marins, deviennent à leur tour surexploités. Les oiseaux et les mammifères marins, mais aussi les gros poissons, se nourrissent de ces espèces, qui sont le véritable « fuel » des écosystèmes. Après les gros poissons, ce sont les petits poissons qui sont surexploités, avec des conséquences importantes sur le fonctionnement des écosystèmes. En Namibie, par exemple, un des écosystèmes les plus productifs à l'échelle mondiale, la population de sardines, qui avait atteint 10 millions de tonnes dans les années 1960, a été surexploitée et s'est effondrée dans les années 1970 (Roux et *al.*, 2013). L'abondance est devenue négligeable et les prédateurs marins comme les oiseaux (manchots ou encore les fous du Cap) sont morts de faim. Les populations d'oiseaux ont ainsi vu leur effectif diminuer de plus de 80 % en moins de trois décennies et sont aujourd'hui en danger. L'écosystème a basculé dans un autre type de fonctionnement (en écologie, on appelle ce basculement « un changement de régime », ou *regime shift*, en anglais) et les méduses se sont mises à proliférer. Aujourd'hui, l'abondance des méduses (dont le poids est estimé entre 12 et 20 millions de tonnes) représente deux fois et demi celle des poissons. Les pêcheurs namibiens n'exploitant pas les méduses doivent attendre des jours meilleurs, où les poissons reprendront le dessus. Cependant, personne ne sait à ce jour combien de temps il faudra attendre pour que cette zone marine recouvre sa grande productivité en poissons.

Pourquoi les pêcheurs pensent-ils qu'il y a toujours beaucoup de poisson dans la mer ?

Une bonne perception du milieu marin – un milieu invivable et silencieux – n'est pas toujours partagée. Les pêcheurs connaissent parfaitement le milieu marin et sont capables, avec les moyens technologiques modernes dont ils disposent et grâce à leur expérience, de localiser les poissons. Dans des médias, comme par exemple l'hebdomadaire *Le Marin*, les pêcheurs tiennent souvent les propos suivants : « Les chercheurs exagèrent : il y a plus de poissons qu'avant !... », « S'il n'y a pas de bons pêcheurs, à bord des navires de recherche, vous ne trouverez pas le poisson et les estimations d'abondance ne seront pas bonnes... », « Le chalutage existe depuis très longtemps, si, vraiment, il détruisait les habitats, il n'y aurait plus de poissons depuis longtemps ! », « Si les pêches s'arrêtent, ce ne sera pas faute de poisson ! ».

Bien évidemment, ces propos traduisent des perceptions différentes du milieu marin entre les pêcheurs et les chercheurs, chacun ayant une façon particulière d'appréhender la ressource. Si les chercheurs évaluent les abondances globales et la répartition des populations de poissons sur l'ensemble de leurs habitats, les pêcheurs sont, quant à eux, experts pour détecter les abondances locales. Un exemple illustre cette différence d'appréciation et permet de comprendre la réaction des pêcheurs face à une

diminution d'abondance, voire à un effondrement d'une ressource halieutique donnée. Au Canada, sur les bancs de Terre-Neuve, les populations de morues se sont littéralement effondrées en 1992, après quatre siècles d'exploitation. Les cartes de répartition de l'espèce avant et après son effondrement montrent, d'une part, que la ressource a littéralement disparu de nombreuses zones autrefois exploitées et que les poissons, dans la période récente, se sont fortement concentrés dans une toute petite zone de leur habitat historique, qui a été vite repérée par les pêcheurs. Ainsi, ces poissons en s'effondrant se sont concentrés, donnant l'impression trompeuse qu'ils étaient plus abondants qu'auparavant, alors qu'ils avaient diminué de 96 % ! Les pêcheurs ont trouvé « plein » de poissons, alors que ces derniers s'étaient complètement effondrés.

Pour une pêche responsable et durable

Dans un objectif d'incitation à une démarche de précaution et dans un véritable effort de construction de la pêche de demain, la FAO (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture) a jeté les bases d'une approche écosystémique des pêches. En établissant, en 1995, un code de bonne conduite pour des pêches responsables, une dimension nouvelle est apparue avec le principe de précaution appliqué aux pêcheries. Il s'agit, en l'occurrence, d'une tentative affichée de réconcilier la conservation et l'exploitation de la ressource. Il ne s'agit pas de rejeter l'activité de pêche en tant que telle, mais de responsabiliser celle-ci ainsi que les instances décisionnelles dans l'exploitation des ressources renouvelables marines : le devenir de l'activité de pêche dépend largement de l'état de santé des écosystèmes marins. Avec la déclaration de Reykjavik (en 2001), qui a ensuite été avalisée durant le Sommet mondial sur le Développement durable tenu à Johannesburg en 2002, les États se sont engagés à respecter un cadre international et un agenda pour lequel des objectifs de conservation et d'exploitation sont désormais fixés. Ces objectifs ont été repris récemment, notamment les objectifs 6 d'Aichi qui vise à restaurer les stocks surexploités et à mettre en œuvre cette approche écosystémique à échéance 2020.

Reste à savoir si les gouvernements intégreront dans leur législation la responsabilisation des pêcheries prônée par les Nations Unies, à l'heure où une gestion responsable et précautionneuse de la pêche est le minimum requis pour assurer la viabilité de la ressource et de son exploitation.

Si les pêches maritimes ne veulent pas devenir une activité encore plus marginale faute de ressources, il faudra réduire le nombre des bateaux et leur activité, reconstituer les stocks de nombreuses espèces de poissons qui se

sont effondrées et réconcilier conservation et exploitation de la ressource, c'est-à-dire rendre les pêcheries davantage respectueuses de leur environnement.

Plusieurs pays (par exemple, l'Australie, l'Afrique du Sud ou la Nouvelle-Zélande) ont montré qu'une gestion écosystémique effective de leurs ressources marines permet aux pêches locales de maintenir leurs emplois tout en conservant l'état de santé et la productivité des océans. Il s'agit d'une vision partagée d'une société désirable qui ne considère pas la pêche comme une série de razzias, mais bien comme une activité durable, respectueuse de l'environnement.

Note

* Directeur de Recherche - IRD (Institut de Recherche pour le Développement).

Bibliographie

Banque Mondiale, *The sunken billions: the economic justification for fisheries reform*, Washington DC, 2008.

Cour des Comptes européenne (CCE), *Les mesures prises par l'Union européenne ont-elles contribué à l'adaptation de la capacité des flottes de pêche aux possibilités de pêche existantes ?*, rapport spécial n°12, 2011.

California Environmental Associates (CEA), *Charting a Course to Sustainable Fisheries*, Report July 18th, 2012.

CLÉACH (Marcel P.), « Marée amère : pour une gestion durable de la pêche », *Les rapports de L'OPECST*, p. 175, 2008. (www.senat.fr/noticerap/2008/r08-132-notice.html)

CURY (Philippe) & MISEREY (Yves.), *Une mer sans poissons*, Calmann-Lévy, 2008.

CURY (Philippe M.), BOYD (I. L.), BONHOMMEAU (S.), ANKER-NILSEN (T.), CRAWFORD (R. J. M.), FURNESS (R.W.), MILLS (J.A.), MURPHY (E.J.), ÖSTERBLOM (H.), PALECZNY (M.), PIATT (J.F.), ROUX (J.-P.), SHANNON (L.) & SYDEMAN (W.J.), "Global seabird response to forage fish depletion - One-third for the birds", *Science* 334, pp. 1703-1706, 2011.

CURY (Philippe) & PAULY (Daniel), *Mange tes Méduses ! Réconcilier cycles de la vie et flèche du temps*, Éd. Odile Jacob, 2013.

FAO, *La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture*, 2012. (<http://www.fao.org/fishery/sofia/fr>).

THIAO (Djiga), LALOË (Francis), SAMBA (Alassane), CHABOUD (Christian) & CURY (Philippe M.), "Globalisation induced durable collapse of the 'false cod' (*Epinephelus aeneus*) by the Senegalese small-scale fishery", *African Journal of Marine Science*, 34:3, pp. 305-311, 2012 (*in press*).

ROUX (Jean-Paul), VAN DER LINGEN (Carl), GIBBONS (Mark J.), MOROFF (Nadine E.), SHANNON (Lynne J.), SMITH (Anthony D.) & CURY (Philippe M.), "Jellification of marine ecosystems as a consequence of overfishing small pelagic fish: lessons from the Benguela", *Bulletin of Marine Science*, 2013 (*in press*).

WORM (Boris) et al., "Impacts of biodiversity loss on ocean ecosystem services", *Science* 314, pp. 787-790, 2006.

L'évolution des techniques de pêche et ses conséquences

Par Pierre-Georges DACHICOURT* et Emilie GÉLARD **

Les techniques s'affinent et, face aux changements induits, les pêcheurs adaptent leurs comportements, sachant très bien que la pérennité de leur activité dépend de leur capacité à analyser le contexte dans lequel ils évoluent, leur avenir est dépendant de la bonne santé des océans et des ressources de ces derniers.

Depuis plusieurs années, la Commission européenne promeut une pêche durable reposant sur une réduction des rejets de poissons rendue possible par la sélectivité des prises, une action à laquelle les pêcheurs apportent une contribution active.

Cette évolution des techniques s'est également accompagnée d'une évolution des mentalités qui se reflète dans les relations entre les scientifiques et les pêcheurs, ces derniers étant considérés aujourd'hui comme des sentinelles de la mer.

Force est de constater que les pêcheurs français font preuve d'une forte implication dans la mise en place d'une gestion rationnelle de la ressource halieutique.

La mer n'est pas un milieu figé ; elle est dépendante des autres systèmes naturels l'entourant, soit l'atmosphère et les terres. Les ressources naturelles sont en perpétuelle évolution et sont influencées tant par les activités humaines qui les impactent que par des phénomènes climatiques et environnementaux.

Dès lors, il est naturel que l'activité de pêche ait évolué.

En effet, ces cinquante dernières années, la mise au point des techniques a apporté des progrès considérables dans de nombreux domaines : construction navale, électronique et informatique, ingénierie mécanique et électrique.

Le métier de marin pêcheur est un métier à responsabilité écologique, car le marin pêcheur ne produit pas, il « cueille » parmi des ressources halieutiques limitées, soumises à d'innombrables pressions, pour la plupart d'origine anthropique. Les techniques s'affinent et les comportements des pêcheurs s'adaptent aux changements, car le maintien de leur activité dépend de leur capacité à analyser le contexte dans lequel ils évoluent. Les pêcheurs dépendent de la bonne santé des océans et de leurs ressources. À ce titre, ils sont continuellement préoccupés par la préservation des milieux aquatiques desquels ils tirent leurs revenus. Opérant sur les différentes mers du globe, les navires de pêche offrent une chance exceptionnelle de connaître la mer et ses richesses sur des zones très vastes et ce, de façon permanente et régulière.

Les navires ont énormément changé, le bois de leur coque a été remplacé par l'acier, puis est venue l'utilisation

de l'aluminium, mais c'est surtout leur taille qui a changé ; pour les chalutiers, le chalut latéral a laissé la place au chalut arrière...

Le métier de marin pêcheur a considérablement changé du fait de ces évolutions dans la structure des navires, mais plus encore avec l'arrivée des ordinateurs, des systèmes GPS et des sondeurs dans les années 1980. Et ces avancées techniques et technologiques ne sont pas terminées, avec aujourd'hui les sondeurs 3D. Tout cela a permis de faire évoluer rapidement la rentabilité des entreprises, mais cela a probablement, dans certains cas, laissé moins de chances à la préservation des stocks vivants de poissons.

En France, tous ces changements dus tant par la nécessité de s'adapter à un milieu changeant que par la volonté d'être dans une démarche d'anticipation en réaction à des contraintes réglementaires, économiques ou environnementales, témoignent non seulement de la grande capacité d'adaptation des pêcheurs, mais aussi de la grande diversité de la pêche française : « Tous ces métiers ont un point commun, la passion de la mer et la maîtrise de savoir-faire complexes, qui se transmettent depuis des générations et qui s'adaptent à chaque époque. Les pêches maritimes sont fondatrices du patrimoine culturel littoral, et [sont] motrices du développement des zones littorales en métropole et dans les DOM » (1).

Face tant à la montée en puissance de la place qu'occupe la question environnementale dans l'élaboration des politiques publiques, qu'au contexte du difficile accès aux

énergies fossiles, la gestion des océans est sans cesse remise en question.

Des pêcheurs français « anticipateurs » : une évolution des techniques tenant de plus en plus compte de l'environnement – les avancées des travaux sur la sélectivité

Depuis plusieurs années, la Commission européenne promeut une pêche durable générant peu de rejets de poissons par la réduction des prises accessoires et accidentelles. Dans ce contexte politique où diverses réglementations font de plus en plus appel à des mesures techniques, les études sur la sélectivité sont primordiales pour permettre aux professionnels d'être une force de proposition et de répondre aux attentes de l'Union européenne dans ce domaine. La question essentielle justifiant les travaux sur la sélectivité des engins par rapport aux ressources exploitées est la suivante : « Comment trier [le poisson] sur le fond, plutôt que sur le pont ? » Réponse : en évitant les prises de juvéniles de l'espèce visée, les juvéniles des autres espèces commerciales ainsi que les espèces non visées.

Mais l'évolution des techniques ne s'est pas inscrite uniquement en réponse soit à une pression environnementaliste, soit à une pression réglementaire qui serait venue de « Bruxelles ».

Les pêcheurs sont novateurs, et par l'observation des comportements des espèces, notamment de leurs changements de zone, ils ont su faire évoluer leurs engins, et pas uniquement au profit de la rentabilité de leurs entreprises.

En effet, l'accroissement des connaissances empiriques et l'amélioration des techniques augmentent les risques de *surpression* sur la ressource halieutique, d'où la nécessité de disposer d'un encadrement réglementaire raisonné qui ne soit pas le fruit d'un raisonnement par l'absurde (comme celui auquel nous sommes actuellement confronté sur la question du « zéro rejet »).

Reste qu'aujourd'hui, les attentes dont les pêcheurs font l'objet, notamment en lien avec la problématique des rejets, les contraint à être toujours plus innovants. C'est ainsi qu'avec les scientifiques, et parfois avec des ONG, ils ont contribué à ces progrès techniques en termes de sélectivité des prises.

Les travaux sur la sélectivité sont complexes du fait de leur interaction avec d'autres problématiques. « En effet, être sélectif sur une espèce, c'est souvent engendrer des pertes sur d'autres espèces commerciales, et admettre une baisse de la rentabilité des navires. Il faut donc garder à l'esprit que la sélectivité rime avec compromis et vision à long terme, pour la préservation des stocks exploités. » (2).

Nous en donnons ci-après quelques exemples concrets.

Un chalut sélectif pour la pêche de la langoustine dans le Golfe de Gascogne

Les travaux sur la sélectivité des chaluts utilisés pour la pêche aux langoustines dans le Golfe de Gascogne ont commencé dès le début des années 1990, lorsque les pêcheurs

se sont inquiétés des réflexions engagées par la Commission européenne sur des mesures techniques propres à leur activité.

Suite à la publication d'un manifeste intitulé « Pour la préservation des pêches dans le Golfe de Gascogne » (3), les pêcheurs ont reconnu collectivement leur responsabilité dans la pression de la pêche sur certaines espèces. L'année suivante (en 1991), les premiers pas vers la sélectivité sont réalisés par un patron pêcheur du Guilvinec. À partir de ces travaux empiriques, l'IFREMER et le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CRPMEM) de Bretagne se sont réunis pour étudier la question de savoir si de tels travaux pourraient faire l'objet d'un dossier spécifique que suivrait l'IFREMER et qui bénéficierait d'un soutien financier des pouvoirs publics.

Et bien que la Commission européenne ait entre-temps (en 2002) adopté des mesures techniques, le programme d'amélioration de la sélectivité des chaluts dans le Golfe de Gascogne (ASCG), que pilote le Comité National des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CNPMMEM), fait participer 45 chalutiers aux travaux. Les premiers résultats seront publiés en 2004. L'année suivante, le CNPMMEM, par délibération, marque sa volonté politique de travailler encore plus sérieusement sur ce dossier. Les responsables de la Commission nationale Langoustine rencontrent alors les représentants de la Commission européenne et, suite à de nombreux échanges, la Commission européenne décide, en 2006, de la réouverture du box « merlu » (ou cantonnement « merlu ») [il s'agit d'une zone géographique de pêche spécifique, ndr] aux langoustiniers dotés du dispositif sélectif « merlu » conçu dans le cadre du programme ASCG.

En 2007, trois nouveaux dispositifs sélectifs sont proposés aux patrons pêcheurs, des dispositifs qui ont été homologués par le Conseil des ministres. Les travaux se poursuivent avec l'Association du Grand Littoral Atlantique (AGLIA) pour déterminer l'efficacité de chacun de ces dispositifs.

SELECMER et SELECCAB

Précédés par le programme SOPIMOR, mené en 1999-2000 dans le nord de la France, à l'occasion duquel une cinquantaine de navires avaient testé une grille sélective pour une pêche rationnelle du cabillaud et de la plie, les programmes SELECMER et SELECCAB s'inscrivent dans cette démarche d'amélioration de la sélectivité.

L'Union européenne s'étant engagée avec la Norvège, en 2007, à réduire de 30 % leurs rejets de merlans sous taille commerciale, les États membres de l'Union ont été invités à mener leurs essais. Les professionnels français de Normandie et du Nord travaillant sur des chalutiers ont alors décidé de monter le projet SELECMER (mars 2008-septembre 2009). L'objectif était donc d'améliorer la sélectivité des chaluts de fond utilisés afin de réduire les rejets de merlans tout en limitant les pertes commerciales immédiates, et encore une fois le volontariat était de mise.

Ces travaux se sont poursuivis sur 2009-2010 avec le projet SELECCAB, qui comporte un volet spécifique aux chalutiers de 14 à 24 mètres, et un autre pour ceux de plus de



40 mètres. L'objectif est maintenant de tester le chalut à grandes mailles qui doit être utilisé en Mer du Nord et en Manche lorsque plus de 90 % du quota de cabillauds a été pêché et ce, avant une date déterminée. Les résultats ont montré que ce type de chalut réduisait de manière très performante les captures de cabillauds, mais qu'il générerait cependant d'importantes pertes commerciales. Ainsi, comme la plupart des travaux sur la sélectivité, les tests se poursuivent. Les pêcheurs et les scientifiques de l'IFREMER renouvellent leurs engagements réciproques et poursuivent leurs efforts sur des dispositifs jugés encore insatisfaisants et mettent continuellement en avant leur volonté de rationaliser la pêche afin d'inscrire celle-ci dans une démarche responsable et durable.

Des pêcheurs français faisant face aux difficultés d'accès aux énergies fossiles

Si les pressions réglementaires et environnementalistes sont fortes, nous ne pouvons occulter l'impact de la part des coûts du carburant sur les charges des patrons pêcheurs. Ainsi, la situation actuelle de ce que l'on pourrait qualifier de crise de l'énergie fossile, conduit aussi les professionnels à faire évoluer sinon leurs techniques, tout au moins leurs comportements en mer.

Réduire à la fois la facture énergétique et les émissions de CO₂

Pour les navires de pêche, notamment pour les chalutiers, les dépenses de carburant constituent un poste de dépense très important. À titre d'exemple, un chalutier hauturier de 20 mètres effectuant des marées de quinze jours peut consommer jusqu'à 25 000 litres de gasoil au cours d'une marée. Ces dépenses représentent jusqu'à 40 % des dépenses de fonctionnement d'un armement et, dans un contexte de hausse globale du prix du gasoil, ce poste de dépense est devenu une préoccupation majeure pour les armateurs. En 2008, par exemple, le prix du carburant à la pêche a subi une augmentation de 100 %. D'un point de vue économique et écologique, la réduction de la consommation de carburant des navires est donc une priorité ; il ne peut y avoir de pêche durable sans réduction de la dépendance des flottilles par rapport aux énergies fossiles. Néanmoins, faire des économies de carburant est très compliqué. Ces économies reposent sur un changement à la fois des techniques et des comportements.

Les programmes pour la réduction de la consommation d'énergie – cela vaut en particulier pour les chalutiers – se multiplient depuis plusieurs années. Ces programmes portent généralement sur le navire et/ou sur les engins de pêche, et visent à obtenir un gain de 20 à 40 % d'énergie (dans un premier temps).



© Thierry Creux/PHOTOPQR-MAXPPP/OUEST-FRANCE

« L'objectif est maintenant de tester le chalut à grandes mailles qui doit être utilisé en Mer du Nord et en Manche lorsque plus de 90 % du quota de cabillauds a été pêché et ce, avant une date déterminée. », chalutier utilisant un filet à larges mailles.



En 2008, la direction des Pêches maritimes et de l'Aquaculture (DPMA) a lancé le projet de recherche HYDROPECHE portant sur les moyens d'économiser du carburant à la pêche, un programme dont les résultats se sont avérés probants. À la suite de ce programme, la CME (Coopérative Maritime Etaploise) a porté le projet EFFICHALUT, un programme labellisé par le Pôle de compétitivité Mer Bretagne, dans le cadre duquel a été posée la question de la validation en situation réelle des résultats d'HYDROPECHE et celle du développement d'un logiciel de simulation de chalut en mer destiné à réduire les effets nocifs de la traînée de l'engin de capture. Les partenaires de ce projet sont les sociétés AEMI, Le Drezen et Morgere, ainsi que le Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CRPMEM) de Bretagne, celui du Nord et l'IFREMER. Un projet du même type est en cours en Méditerranée.

Le projet FRÉGATE

Porté par l'association France-Pêche durable et responsable et par la Coopérative Maritime Etaploise, en collaboration avec les grands chantiers maritimes et l'IFREMER, le projet FRÉGATE vise à tester, en grandeur nature, un moteur de chalutier utilisant du gaz. Ce nouveau type de navire devrait être mis en service au cours du second semestre 2013.

La préoccupation du poids accru des dépenses de carburant dans les charges des entreprises de pêche (25 à 40 % des résultats bruts d'exploitation) touchant de nombreux professionnels, de nombreuses initiatives personnelles, en

margin de ces projets collectifs, viennent compléter ces recherches. Il serait trop long ici de toutes les énumérer, mais en voici quelques-unes qui méritent d'être relevées :

- ✓ la réduction de la vitesse pour se rendre et revenir des zones de pêche ;
- ✓ la prise en compte du sens des courants de marée et de la météo lors des déplacements ;
- ✓ l'élimination des charges inutiles à bord ;
- ✓ l'utilisation d'un économètre ;
- ✓ l'utilisation de capteurs de géométrie (pour connaître les ouvertures verticale et horizontale des chaluts) ou l'optimisation de certains chaluts (par l'utilisation de mailles plus grandes dans certaines zones du chalut, le changement de la matière du fil ou de son diamètre),
- ✓ la mise en place de panneaux de chaluts plus performants, l'optimisation du bourrelet et du boulage, l'allègement du gréement ou l'optimisation des diamètres des câbles,
- ✓ les travaux de l'ADEME sur l'optimisation du gréement.

L'évolution des techniques doit être encadrée et s'inscrire dans une démarche de pêche durable et responsable qui soit attractive pour la nouvelle génération des marins-pêcheurs. Ainsi, au-delà des techniques, les mentalités ont elles aussi fortement évoluées comme le reflètent les relations entre les scientifiques et les pêcheurs, ces derniers étant considérés comme des sentinelles de la mer.

En effet, malgré une réduction sensible de la flotte de pêche française, les navires de pêche constituent une chan-



© Guy Drollet/ PHOTOPQR-VOIX DU NORD-MAXPPP

« Le projet FREGATE vise à tester, en grandeur nature, un moteur de chalutier utilisant du gaz. Ce nouveau type de navire devrait être mis en service au cours du second semestre 2013. », le chalutier LA FRÉGATE qui est équipé d'un moteur hybride, Boulogne-sur-Mer, 2013.

ce exceptionnelle de mieux connaître la mer et ses richesses. Ce potentiel d'acquisition de connaissances et d'expérimentations doit être d'avantage exploité dans le cadre d'une politique de recherche marine plus efficace et plus efficiente, menée en partenariat avec les pêcheurs. Il en va de la qualité des expertises et de leur légitimation auprès des exploitants navires, ainsi que de la pertinence des mesures de gestion qui en découlent pour une exploitation durable et raisonnée des richesses de la mer et la préservation des écosystèmes.

Les pêcheurs français n'ont pas attendu la réforme de la Politique Commune des Pêches pour renforcer le partenariat qui les unit aux scientifiques (4). En effet, depuis maintenant plusieurs années, les professionnels français ont développé des programmes collectifs associant les professionnels de l'IFREMER en matière d'observation de la mer et de récolte de données.

Voici ci-après précisés quelques-uns de ces programmes.

OBSMER

Un autre programme emblématique de ce rapprochement entre pêcheurs et scientifiques, et de la participation des pêcheurs à l'observation du milieu dans lequel ils opèrent, est le programme OBSMER.

Lorsque des professionnels participent volontairement à ce type de programme, il s'agit pour eux d'embarquer à leur bord des scientifiques qui seront chargés de la collecte des données relatives aux opérations de pêche (méthode utilisée, zone de pêche, échantillonnages biologiques...). Il est important de préciser à ce sujet que les scientifiques embarqués sont des salariés d'organismes de recherche indépendants des entreprises de pêche.

Mis en œuvre par la DPMA en 2009 et poursuivi en 2010, ce programme a permis la mutualisation de différentes démarches d'observation de la mer en cours depuis plusieurs années. Les professionnels ont été directement impliqués dans ce projet *via* le CNPMM, qui participe, aux côtés des organisations de producteurs (qui sont membres du réseau des comités depuis la loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche – LMAP – de 2010), aux comités de suivis organisés par l'administration.

Ce sont ainsi quelque trois mille journées d'observation qui ont concerné, en 2009, toutes les façades maritimes. D'un point de vue humain, ce partage des compétences permet aux marins-pêcheurs de mettre à disposition leur connaissance du milieu marin et du comportement des espèces, et, à l'observateur, de faire part aux précédents de ses connaissances scientifiques sur les espèces et le milieu.

Enfin, la dernière illustration de mon propos sur la participation de plus en plus active des professionnels dans les observations pour faire face aux évolutions du milieu marin, est le programme PELGAS.

PELGAS

Les campagnes d'observation de la population des petits poissons pélagiques du Golfe de Gascogne sont menées par

l'IFREMER avec son navire scientifique Thalassa depuis 2000. Il s'agit de suivre la répartition et l'abondance des espèces pélagiques exploitées dans cette zone de l'océan Atlantique. Depuis la première fermeture de pêcheries d'anchois, en 2005, les professionnels se sont mobilisés pour développer des actions en partenariat avec l'IFREMER en vue de recueillir des données en dehors des campagnes de pêche commerciale, et ainsi améliorer les connaissances sur le stock afin d'être en mesure de transmettre aux instances européennes des avis scientifiques de plus en plus fiables.

Le rôle des professionnels au cours de ces campagnes d'observation est de prospecter au plus près possible de la côte et de réaliser la plupart des pêches en surface, car les chalutiers pélagiques et les bolincheurs qui y participent sont plus efficaces que la Thalassa pour ce type de prélèvements. Les échanges entre professionnels et scientifiques du Thalassa sont donc nombreux, et il n'est pas rare de voir un pêcheur invité à bord du Thalassa pour y découvrir les travaux menés.

Pour conclure, l'évolution des techniques de pêche et l'évolution de l'activité de la pêche, de manière générale, vont de pair avec l'évolution du comportement des professionnels. Force est ainsi de constater que les pêcheurs français s'impliquent considérablement dans la gestion de la ressource. En cette matière, le modèle de gestion « à la française » remonte à de nombreuses années ; dès les années 1970, lorsque les comités des pêches ont commencé à produire des règles de gestion.

Ce modèle de gestion participative partant de la base a prouvé son efficacité, et il est lui-même en évolution. C'est ainsi qu'a été développée la notion de l'approche spécifique par pêcherie, puis, actuellement, est mis au point un modèle de gestion régionalisée, dans le cadre de la future Politique Commune des Pêches de l'Union européenne.

Mettre l'homme au cœur des décisions permettra non seulement une meilleure appropriation des règles, mais aussi d'intégrer à la réglementation les fruits de tous les travaux abordés dans le présent article.

Notes

* Membre associé du Conseil économique, social et environnemental (CESE), ancien Président du Comité National des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (CNPMM), de 2003 à 2012.

** Chargée de mission au CNPMM.

(1) Propos tenus par Pierre-Georges Dachicourt dans le « Recensement des *bonnes pratiques* des professionnels des pêches maritimes françaises ».

(2) *Ibidem*.

(3) Elaboré par Daniel Papineau (patron pêcheur du navire *l'Accent d'ici* et Président de l'Office des Pêches de La Cotinière) et Leslie Widmann (directrice du développement portuaire, chargée de mission auprès de la mairie de Saint-Pierre-d'Oléron).

(4) Le projet de règlement FEAMP (Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche), qui viendra remplacer le FEP (Fonds européen pour la pêche) à partir de 2014, prévoit une disposition spéciale pour financer ce rapprochement.

Les grands défis de l'aquaculture en France et dans le monde

Par Chantal CAHU*

La production aquacole mondiale, qui a passé le cap des 60 millions de tonnes en 2010, emploie 11 millions de personnes. Pour pouvoir poursuivre cet accroissement dans des conditions de durabilité, l'aquaculture doit relever certains défis à la fois scientifiques, économiques et sociétaux. Trois défis seront développés dans cet article : a) nourrir les poissons, dans un contexte de compétition dans l'accès aux ressources, tout en limitant la pression sur les stocks de poissons sauvages, mais aussi sur les céréales ; b) produire des animaux sains dans un environnement en changement, en comprenant les mécanismes de développement des pathologies et en abaissant les taux de contamination par différents polluants et, enfin, c) s'assurer de la durabilité des pratiques et des produits de l'aquaculture en prenant en compte les services écosystémiques rendus par cette activité. Le développement de l'aquaculture se base sur une recherche en biologie dotée d'outils très performants (génomique, séquençage des génomes de nombreuses espèces).

Introduction – La situation actuelle de l'aquaculture : les espèces élevées et la production

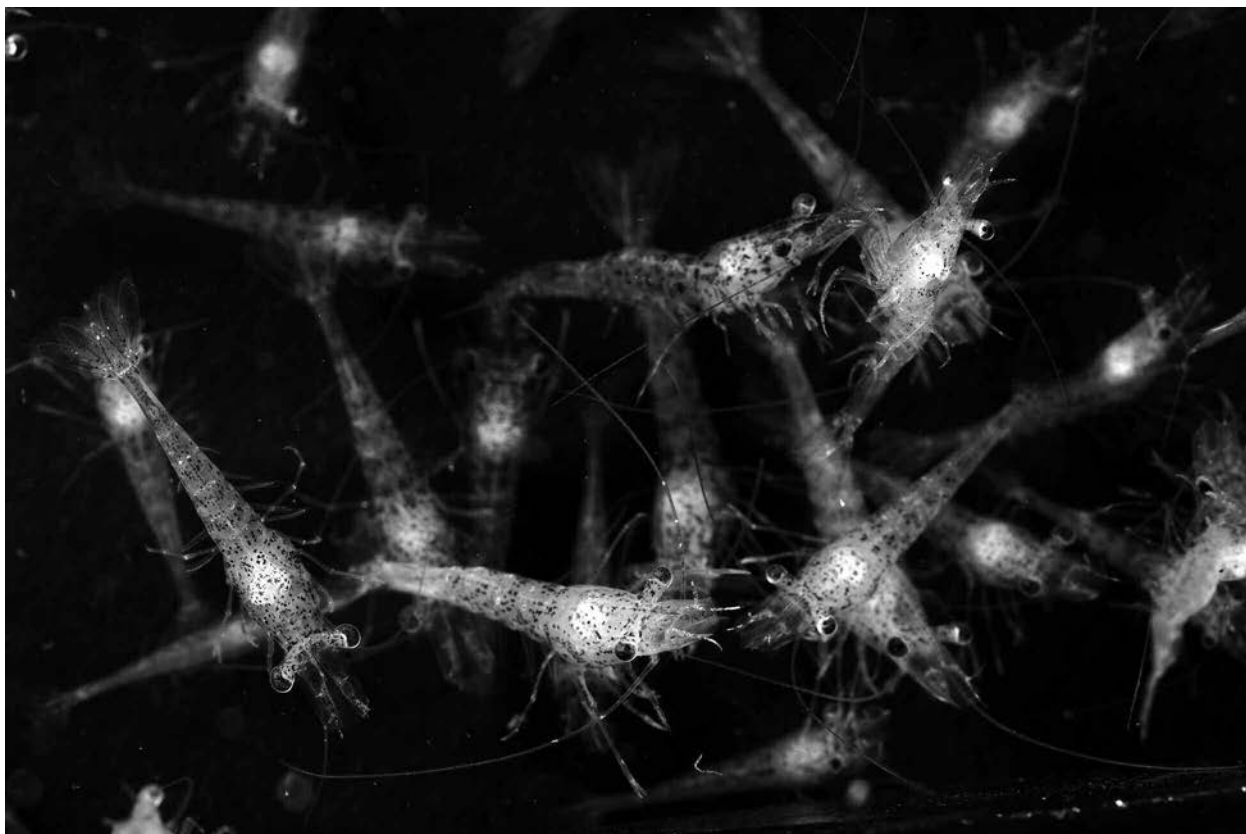
La production de ressources alimentaires par l'aquaculture n'a cessé de croître au niveau mondial au cours des dernières décennies. De l'ordre de 5 millions de tonnes en 1970, pour atteindre 45 millions de tonnes en 2000, la production aquacole a passé le cap des 60 millions de tonnes en 2010 (pour ce qui concerne l'aquaculture à but alimentaire, et hors algues comestibles), ce qui représente une valeur totale de 119 milliards de dollars. Le volume des captures n'augmentant que peu au cours de cette période, la contribution de l'aquaculture aux débarquements n'a donc cessé de croître.

La production aquacole mondiale est constituée pour les deux tiers d'animaux d'eau douce élevés en milieu continental (alors que les produits de capture sont essentiellement marins). La FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*), qui tient à jour des statistiques très complètes sur ces productions, dénombrait 506 espèces animales élevées en 2010, dans 190 pays utilisant des systèmes de production plus ou moins intensifs et des technologies variées. Les espèces élevées incluent principalement des poissons (327 espèces, correspondant à 65 % du volume total de production), des mollusques (102 espèces, soit 23 % du volume total de production), des crustacés (62 espèces, soit 10 % du volume total de production), et des amphibiens, des tortues, des holothuries, des oursins,

des méduses ou des ascidies (quinze espèces représentant, ensemble, 1,5 % du volume total de production).

L'aquaculture est le secteur qui affiche la croissance la plus dynamique dans l'ensemble des secteurs de la production animale, avec 8,9 % par an depuis 1970 (à comparer aux 2,8 % pour les autres filières animales au titre de la même période). L'aquaculture emploie 11 millions de personnes dans le monde. Mais cette forte production et cette croissance élevée cachent une grande disparité selon les pays. La Chine, pays où l'aquaculture est une activité traditionnelle, représente à elle seule 62 % de la production aquacole mondiale et l'Asie (en incluant la Chine) assure 89 % de la production totale. Il s'agit de données récemment révisées et consolidées, après une certaine surestimation de la production chinoise au cours des années précédentes. L'Europe ne contribue que pour 4,2 % à la production aquacole mondiale, soit 2,5 millions de tonnes (année 2010). C'est la Norvège qui est le plus gros producteur, avec 1 million de tonnes, puis viennent ensuite l'Espagne et la France avec environ 250 000 tonnes chacune.

Les espèces les plus représentées dans l'aquaculture chinoise sont les cyprinidés, c'est-à-dire les carpes. Ce sont des espèces phytophages, brouteuses ou détritivores, mais de plus en plus des aliments sont ajoutés dans les bassins d'élevage pour améliorer la productivité. L'Europe s'est orientée vers l'élevage d'espèces carnivores, comme le saumon (notamment en Norvège), ou d'autres, comme la trui-



© IFREMER - Olivier Dugornay

Elevage de crevettes au Centre Océanologique du Pacifique (COP), Tahiti, 2010.

te, le bar ou la daurade. En France, la production aquacole est constituée pour une grande partie de bivalves (huîtres et moules), représentant près de 200 000 tonnes (voir le tableau 1 ci-dessous).

La culture des huîtres et des moules est une activité traditionnelle en France, qui est très bien acceptée par les riverains des bassins. Elle occupe, sur la base de concessions maritimes, 18 000 hectares de parcs installés le long des côtes et elle génère 18 000 emplois se répartissant dans 4 600 exploitations.

Par ailleurs, 110 000 hectares d'étangs d'eau douce sont gérés dans le cadre de la production de carpes, de perches, de sandres, des alevins y sont placés en vue de leur grossissement. 35 000 tonnes de truites sont produites chaque année par 365 entreprises. Une trentaine d'entreprises réparties sur le littoral assurent le grossissement de poissons marins, tandis qu'une dizaine d'écloseries contribuent à l'approvisionnement en alevins.

La pisciculture se développe également en France d'Outre-mer, notamment avec l'élevage d'ombrines.

Espèces (noms français)	Espèces (noms scientifiques)	Production en France (2010)	Milieus de production
Huîtres creuses	<i>Crassostrea gigas</i>	120 000 tonnes	Estrans, eau profonde, marin
Moules	<i>Mytilus edulis</i>	74 000 tonnes	Estrans, eau profonde, marin
Truites	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	35 000 tonnes	Bassins à terre, eau douce
Carpes et perches	<i>Cyprinus carpio</i> <i>Perca fluviatilis</i>	10 000 tonnes	Etangs, eau douce, aquaculture extensive
Poissons marins : bars, dorades, turbots, ombrines	<i>Dicentrarchus labrax</i> , <i>Sparus aurata</i> , <i>Scophthalmus maximus</i> , <i>Sciaenops ocellatus</i>	6 200 tonnes	Cages <i>off-shore</i> , bassins à terre, marin
Esturgeons	<i>Acipenser sturio</i>	300 tonnes (caviar : 19 tonnes)	Rivières, eau douce

Tableau 1 : Principales espèces aquacoles élevées en France.



© IFREMER – Jean Prou

Poches d'huîtres creuses à La Tremblade (Charente-Martime).

Enfin, la France compte au nombre des pays producteurs de caviar, avec 19 tonnes (sur les 140 tonnes de la production annuelle mondiale).

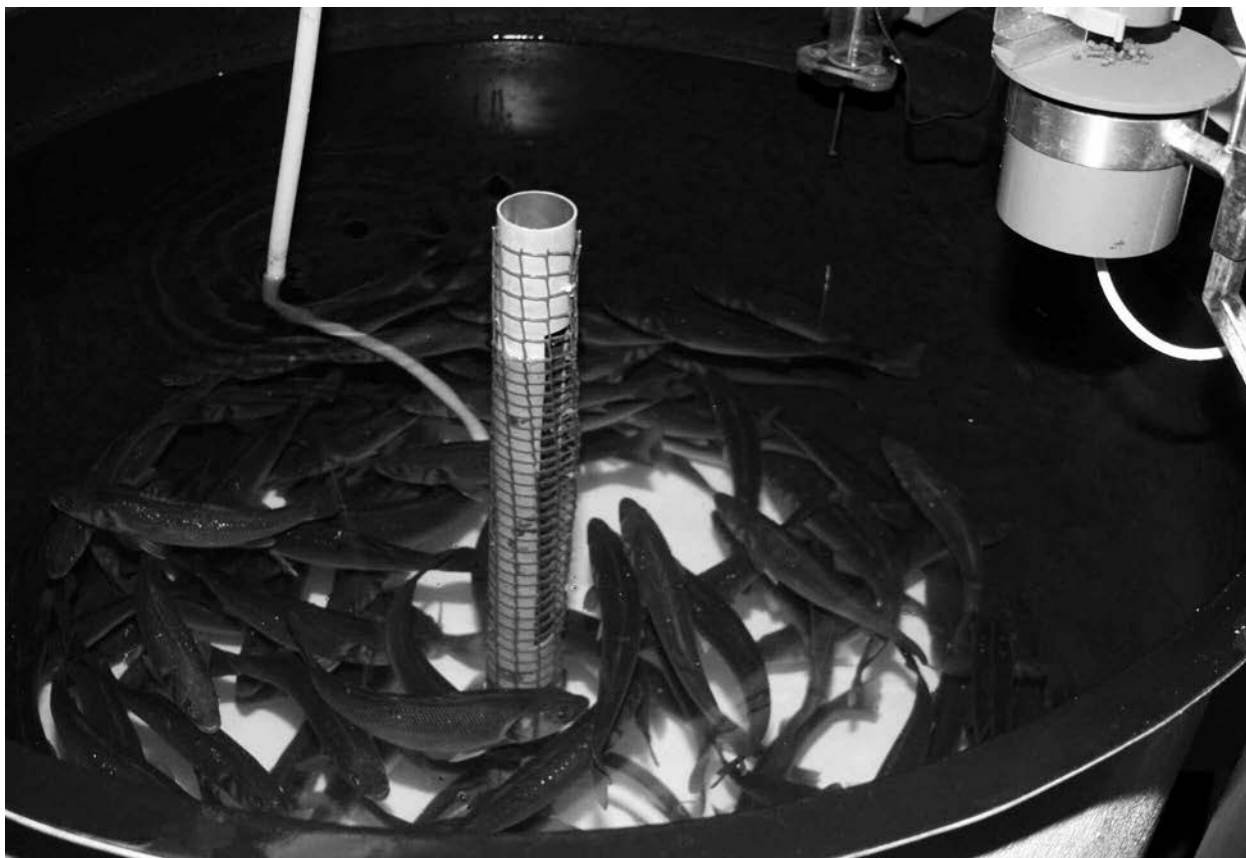
Malgré des productions modestes, l'aquaculture est en France une activité génératrice d'emplois et est structurante en matière d'aménagement du territoire.

Actuellement, la disponibilité en produits aquatiques est d'environ 16 kg par habitant et par an, qui proviennent aussi bien de la capture que de l'aquaculture (avec une forte variabilité suivant les régions du monde). La demande en produits aquatiques est croissante du fait de l'augmentation de la population, mais aussi celle de la demande individuelle : les produits aquatiques étant reconnus comme des sources de protéines, de lipides (notamment d'acides gras longs polyinsaturés de la série des omégas 3) et comme des micronutriments d'excellente qualité. Cette demande croissante devra être satisfaite par l'aquaculture, la FAO prévoit à ce titre une poursuite de l'accroissement de la production aquacole au cours des prochaines décennies. La Chine a d'ailleurs inclus l'augmentation de la production de l'aquaculture dans ses modèles de sécurité alimentaire. L'accroissement de cette activité est réel en Asie, mais il reste très modéré en Europe bien qu'il soit encouragé par l'Union européenne, l'Europe étant fortement importatrice de produits aquatiques. Pour réaliser réellement cet accroissement dans des conditions de durabilité, l'aquaculture devra relever certains défis, à la fois scientifiques, économiques et sociétaux.

Nourrir les poissons dans un contexte de compétition dans l'accès aux ressources alimentaires

Un des premiers défis que devra relever l'aquaculture sera celui de nourrir les poissons et les crustacés d'élevage. Jusque dans les années 1980, la majorité de la production était assurée par des espèces non nourries, c'est-à-dire des espèces (comme les huîtres et certaines espèces de carpes) s'alimentant à partir de la production primaire ou secondaire des bassins.

Actuellement, le pourcentage de production que représentent les espèces non nourries par rapport à la production aquacole totale est tombé à 30 %, car même si la production de bivalves et de carpes non nourries augmente, celle des crustacés et des poissons nourris progresse plus vite. De plus, afin d'augmenter la productivité, des aliments sont maintenant ajoutés pour nourrir des carpes phytoplanctoniques ou détritivores, afin d'accélérer l'efflorescence algale (*blooms*) et le développement de zooplancton. Il s'agit là d'aliments à faible valeur nutritionnelle. Mais les poissons carnivores sont nourris, quant à eux, avec des aliments spécialement adaptés à leurs besoins nutritionnels, en ce qui concerne les protéines et les acides aminés, les lipides et les acides gras essentiels, et les vitamines et les minéraux. Jusque dans les années 1980, ces aliments contenaient un pourcentage élevé de farines et d'huiles de poissons issus de la pêche minotière (reposant sur la capture de petits pois-



© IFREMER – B. Chatain

Bacs d'alimentation de poissons d'aquaculture.

sons pélagiques), ce qui constituait une alimentation proche de leur alimentation naturelle. Cependant, la pêche minière n'a pas vocation à augmenter et une part de ces petits poissons pélagiques peut donc trouver une meilleure utilisation dans l'alimentation humaine.

L'Union européenne a donc décidé de soutenir de nombreux projets de recherche et de développement associant chercheurs, éleveurs et fabricants d'aliments, pour développer des formules d'aliments contenant le moins possible de farines et d'huiles de poisson, mais tout en préservant de bonnes performances de croissance, d'efficacité alimentaire (poids de poisson produit/poids d'aliment consommé), de santé et de bien-être des poissons d'élevage, ainsi que leurs qualités nutritionnelles et organoleptiques pour les consommateurs.

Des techniques novatrices ont été mises en œuvre pour évaluer l'impact d'une alimentation différente sur le métabolisme et la qualité de la chair du poisson : séquençage de génomes (du saumon notamment), étude par micro-arrays de l'expression des gènes liés au métabolisme nutritionnel, aux fonctions immunitaires, au stress, et identification des gènes affectés (nutrigénomique). Les résultats de ces analyses ont montré que le taux d'inclusion des farines et huiles de poisson peut être abaissé jusqu'à 10 à 20 % du poids de l'aliment (projet européen AQUAMAX, <http://www.aquamaxip.eu/>). Les ingrédients de remplacement sont essentiellement d'origine végétale (farines de

céréales, telles que le blé, le maïs, le riz et l'orge, et huiles de palme, de soja, de tournesol ou de colza), mais ils se composent également de produits aquatiques, comme le krill, les polychètes, le zooplancton et les déchets de filetage des poissons pêchés. Les farines animales d'origine terrestre entrent dans l'alimentation des poissons produits en Asie et en Amérique. Elles étaient depuis une quinzaine d'années interdites en Europe, mais en février 2012, l'Union européenne a décidé de les autoriser. Cependant, les producteurs français ont choisi de ne pas les inclure dans l'alimentation des poissons, les consommateurs y étant très défavorables.

Aujourd'hui, 35 millions de tonnes d'aliments sont produites pour nourrir les poissons et les crustacés d'élevage. Cette production devrait atteindre 70 millions de tonnes en 2050, avec le développement prévu de l'aquaculture. Dans un contexte mondial de compétition pour l'accès aux ressources alimentaires et de pression croissante sur les céréales, d'autres ressources sont recherchées comme ingrédients dans les aliments pour poissons : des levures, des bactéries et des micro-algues (NAYLOR et *al.*, 2009). En France, la faisabilité technique et économique de la production de poissons à partir d'aliments incluant une proportion conséquente de micro-algues sera étudiée dans le cadre du projet GreenStars, lauréat de l'appel à projets Investissements d'Avenir dans la catégorie Instituts d'Excellence sur les Énergies Décarbonées.

Produire des animaux sains dans un environnement changeant

L'aquaculture, qu'elle soit pratiquée en milieu marin ou en eau douce, est particulièrement exposée aux risques environnementaux, et les maladies qui ont affecté de nombreux élevages ces dernières années ont été associées au changement global. Des maladies ont décimé des élevages de saumons atlantiques, au Chili, et de crevettes, en Asie, en Amérique du Sud et en Afrique, provoquant d'importantes pertes de production.

En Chine, la perte de production due aux catastrophes naturelles, aux maladies et à la pollution a été évaluée à 1,7 million de tonnes en 2010.

En France, la production d'huîtres souffre depuis plusieurs années d'une mortalité importante, qui a été associée au développement d'un herpesvirus et de plusieurs espèces de vibrios. Les changements environnementaux, tels que la température de l'eau, la salinité, la densité et la qualité du phytoplancton... peuvent expliquer une baisse de résistance de l'hôte (ici, les huîtres) et l'exposer aux pathogènes. Un programme de recherche démarre actuellement qui a pour but de suivre, par satellite, les changements environnementaux (température de surface, phytoplancton, particules en suspension) le long des côtes et dans les lagunes, et d'analyser ces données en relation avec la propagation de la maladie. Parallèlement, des études de génomique, et, récemment, le séquençage du génome de l'huître (ZHANG et

al., 2012), ont permis d'identifier des gènes liés à certaines mortalités, et donc d'élaborer des programmes de sélection génétique pour produire des souches d'huîtres résistantes.

Il est à noter que les pathogènes identifiés comme responsables des fortes mortalités d'huîtres constatées ces dernières années sont sans danger pour l'homme. En revanche, d'autres vibrios (comme *vibrio parahaemolyticus* ou *vibrio cholerae*), qui ne tuent pas le mollusque qu'ils ont infectés, peuvent être dangereux pour le consommateur, déclenchant notamment des gastro-entérites.

L'ANSES (Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail) considère que la contamination des animaux marins par les toxines produites par certaines espèces de micro-algues, comme le *Dinophysis*, *Alexandrium* ou le *Dinophysis Pseudo-Nitzschia*, est désormais devenue un problème de santé publique à l'échelle mondiale. Dans le cadre du changement global, et au niveau mondial, il semblerait que la prévalence d'efflorescences algales toxiques augmente (FEUFAR, 2008).

Enfin, l'accumulation dans l'eau de métaux lourds et autres contaminants (dioxines, PCB, PBDE) peut atteindre des niveaux inquiétants dans certains élevages, en Asie notamment. Des tests chimiques et biologiques sont en permanence développés et améliorés pour détecter ces contaminants, et de nouvelles toxines sont régulièrement identifiées grâce à des techniques d'analyse élaborées (métabolomique, spectrométrie de masse à haute résolution).



© IFREMER – Olivier Dugornay

Analyse génétique d'huîtres perlières au Laboratoire de génétique du Centre océanologique du Pacifique (COP), Tahiti, 2010.

En France, une surveillance sanitaire (microbiologique, phycotoxique et chimique) des coquillages vivants mis sur le marché est assurée. Par ailleurs, les règles d'importation de produits aquatiques en Europe sont très strictes. Le niveau de contaminant dans la chair des poissons d'élevage est maîtrisé, voire réduit, grâce à la surveillance de leur alimentation : les ingrédients entrant dans la formulation de leurs aliments sont soumis à des normes très strictes émanant de la Communauté européenne, et le remplacement des ingrédients marins (huiles et farines de poisson) par des ingrédients végétaux conduit à une réduction des teneurs en dioxines et en métaux lourds. Néanmoins, les espèces aquatiques sont très fortement affectées par la qualité de leur environnement et, dans un contexte de changement global, des mesures sont actuellement étudiées pour éloigner les élevages des sources de contaminants (éloignement des côtes par exemple, cages *off-shore*).

La nécessité de s'assurer de l'acceptabilité et de la durabilité des pratiques et produits de l'aquaculture

L'aquaculture est un secteur de production relativement récent, en Europe notamment. En effet, alors que les installations liées à la production conchylicole font partie du paysage français depuis longtemps, l'élevage de poissons marins est assez nouveau pour le citoyen et le consommateur français. Le consommateur ignore souvent le fait que 50 % des bars et 90 % des daurades consommés en France sont issus de l'aquaculture. Les réticences sont multiples : crainte de la pollution induite par cet élevage, conflits liés à une concurrence entre modes d'utilisation des zones côtières, suspicion d'une qualité moindre du poisson d'élevage par rapport au poisson pêché. Une enquête réalisée par France Agrimer (2011) révèle cependant que 65 % des consommateurs français ont une image positive du poisson d'élevage, et le label « origine France » rassure le consommateur.

Au niveau mondial, le développement accéléré de l'aquaculture ne s'est pas toujours fait dans l'intérêt des populations, comme par exemple les élevages intensifs de crevettes en Inde, qui ont conduit à une destruction importante des zones de mangroves, ont salinisé les nappes phréatiques et généré des conflits sociaux dus à la conversion de rizières en surfaces d'élevage de crevettes. La Cour suprême de ce pays a dû intervenir, en 1996, pour réguler les conditions du développement de cette branche de l'aquaculture.

L'intensification des élevages de saumons le long des côtes du Chili a conduit à la propagation fulgurante d'une maladie, l'anémie infectieuse (non transmissible à l'homme), qui s'est soldée par une perte majeure de la production, une crise économique (s'accompagnant d'un nombre important de licenciements) et un recours massif aux antibiotiques. Ces exemples montrent bien que, d'une part, les modes d'aquaculture retenus doivent être adaptés aux conditions locales (entendues au sens large :

environnement, attente des populations...), mais aussi, d'autre part, que les conditions de production doivent être sécurisées.

Depuis quelques années, une approche écosystémique est mise en œuvre pour s'assurer de la durabilité des différents types d'élevages dans les différents contextes. Des analyses du cycle de vie permettent d'objectiver l'impact de l'élevage sur l'environnement, en mesurant ses intrants (énergie utilisée, eau, oxygène, biomasse des alevins, protéines, lipides, cellulose et phosphore de l'aliment), ainsi que l'impact de ses infrastructures (comme le ciment) et de ses émissions d'azote et de phosphore pour produire une tonne de poisson.

Des paramètres, tels que le potentiel d'eutrophisation, l'impact potentiel sur le réchauffement global, le potentiel d'acidification, les besoins en eau, en énergie, la superficie et la production primaire nette utilisées, sont rassemblés pour comparer entre eux les différents systèmes de production. De plus, les services écosystémiques liés aux productions aquacoles sont étudiés en prenant en compte les quatre groupes de services définis par le *Millenium Ecosystem Assessment* (2005).

Parmi les biens et les services fournis, l'aquaculture contribue bien sûr, en premier lieu, au groupe des biens et des services de prélèvement, en produisant de la nourriture, mais aussi aux services de régulation, aux services culturels (savoirs, valeurs récréatives...) et aux services d'appui (cycle des nutriments, cycle de l'eau...). La perception des services écosystémiques rendus par l'aquaculture est très différente suivant les pays, comme l'a démontré une étude réalisée en France, au Brésil et en Indonésie (étude accessible en ligne à l'adresse suivante : <http://www.piscenlit.org/>).

D'autres domaines de recherche ont aussi pour but de fiabiliser les productions, en diminuant leur impact sur l'environnement, la biodiversité et les stocks sauvages. Il s'agit notamment de recherches sur :

- ✓ les cycles de vie des espèces (reproduction, développement larvaire, croissance), afin de pouvoir produire des alevins de qualité et limiter la capture d'alevins sauvages pour permettre leur grossissement ;
- ✓ l'environnement microbien, dans le but de limiter, voire de supprimer l'usage des antibiotiques (développement de vaccins, identification de peptides antimicrobiens...) ;
- ✓ les marqueurs génétiques de résistance au stress afin de produire des souches résistant à certaines pathologies ;
- ✓ le déterminisme du sexe et la triploïdisation en vue de produire des individus stériles et donc incapables de se reproduire dans la nature (au cas où ils s'échapperaient de structures aquacoles) ;
- ✓ les interactions génétiques ainsi que sur les interactions pathologiques entre les stocks sauvages et captifs ;
- ✓ le comportement et le bien-être des animaux aquatiques dans les élevages ;
- ✓ la qualité nutritionnelle, sanitaire et organoleptique du produit final proposé aux consommateurs.

Conclusion : l'avenir de l'aquaculture

Après une période de croissance effrénée, l'aquaculture entre aujourd'hui dans une phase plus mature où la durabilité est prise en compte. Parallèlement, de nouveaux challenges se présentent, la biodiversité offrant des possibilités infinies pour l'aquaculture. Ainsi, le fleuve Amazone recèle des espèces de poissons et de crustacés jusqu'à présent mal connues, qui affichent des potentiels de croissance élevés. Des micro-algues sont étudiées dans différents laboratoires du monde afin d'identifier des espèces capables de produire des lipides pour produire du bio-fuel et/ou des molécules d'intérêt nutritionnel. Certaines espèces d'invertébrés sont élevées en Chine pour produire des molécules pharmaceutiques. La production de perles de qualité, soutenue par une recherche performante, constitue déjà une source de revenus importante pour la Polynésie française. La production contrôlée en milieu aquatique ne se limitera pas à la simple (mais importante !) production alimentaire. En parallèle, les connaissances acquises en matière de biologie et de physiologie des espèces animales faisant l'objet d'aquaculture pourront être utilisées pour assurer une meilleure protection et gestion des stocks sauvages.

Note

* Directeur de recherche, IFREMER.

Bibliographie

- ANSES, *Consommation des poissons, mollusques et crustacés : aspects nutritionnels et sanitaires pour l'homme*, Rapport 2010, 190 pages, 2010.
- ANSES, *Bulletin épidémiologique, Santé animale et alimentation*, octobre 2011, n°45, 35 pages, 2011.
- EATiP, *The future of European Aquaculture. Our vision: a strategic agenda for research and innovation*, 41 pages, 2012. <http://www.eatip.eu/>
- FAO, *The state of world fisheries and aquaculture*, Rome, 104 pages, 2012. <http://www.fao.org/fishery/sofia/en>
- FEUFAR, *The future of European Fishery and Aquaculture research*, EU project, 2008. <http://www.feufar.eu/>
- MEA, *Ecosystems and human well-being, synthesis*, Island Press, Washington DC, 137 pages, 2005.
- NAYLOR (R. L.) & al., *Feeding aquaculture in an era of finite resources*, PNAS, 36, pp. 15103-15110, 2009.
- ZHANG (Guofan) & al., "The oyster genome reveals stress adaptation and complexity of shell formation", *Nature* 490, pp. 49-54. doi: 10.1038/nature11413, 2012.

Les algues spontanées, les algues cultivées et leurs utilisations

Par Yannick LERAT*

Outre les récoltes effectuées dans des biomasses sauvages, ce sont, chaque année, près de 15 millions de tonnes d'algues qui sont produites dans le monde.

L'application principale des macro-algues au niveau mondial concerne l'alimentation humaine.

Si nous avons choisi de mettre l'accent sur les algues alimentaires, c'est que celles-ci représentent, selon nous, un secteur clef pour le futur, à la fois dans les pays orientaux et dans les pays occidentaux. Mais les algues sont aussi sources de molécules d'intérêt pour la santé (au travers de compléments alimentaires) et de biomasse (pour la chimie et l'énergie).

Le risque est donc grand de voir s'instaurer une compétition entre les cultures nécessaires à l'alimentation humaine et celles destinées à la chimie/énergie.

Tout le défi est donc d'arriver à un développement harmonieux dans ces différents domaines d'application.

Les grandes algues

Le terme de *macro-algues* (ou grandes algues) recouvre une grande variété d'espèces, avec des adaptations spécifiques à des milieux environnants parfois extrêmes. Les macro-algues sont des végétaux eucaryotes photosynthétiques incorporant des chlorophylles associées à différents pigments. Ces variations de pigmentation permettent de classer les macro-algues en trois groupes différenciant celles-ci selon leur couleur.

On distingue donc :

- ✓ les algues brunes (les phéophycées), qui poussent dans des eaux allant de tempérées (sous nos latitudes métropolitaines) à froides, voire très froides (dans les océans Arctique et Antarctique),
- ✓ les algues rouges (les bangiophycées et les floridéophycées), qui sont présentes dans des eaux allant de tempérées à chaudes, en particulier dans la zone intertropicale,
- ✓ les algues vertes (les chlorophycées), qui poussent dans tous les types d'eaux et sont souvent associées à des

phénomènes de prolifération, car elles sont particulièrement bien adaptées à la croissance dans des eaux eutrophisées (les algues nitrophiles, par exemple).

L'algue ressource

Chaque année, ce sont près de 15 millions de tonnes d'algues qui sont produites dans le monde (FAO, 2010). Loin d'être anecdotique, cette ressource végétale atteint des tonnages équivalents à ceux de certaines productions agricoles terrestres.

Leur production a fortement augmenté au cours des dix dernières années, essentiellement portée par le développement de nouvelles zones de cultures. Les pays asiatiques sont leaders, avec en tête la Chine, la Corée, le Japon, mais aussi l'Indonésie. Environ 95 % de cette production est obtenue par culture. Le reste provient de récoltes effectuées dans des biomasses sauvages.

Les pays européens en produisent environ 200 000 tonnes par an, celles-ci proviennent quasi exclusivement de cueillettes pratiquées dans les populations

d'algues sauvages. Le tonnage produit par culture est pour l'instant très faible.

L'application principale des macro-algues au niveau mondial concerne l'alimentation humaine. Essentiellement consommées dans les pays asiatiques, par tradition, les algues se substituent aux légumes qui accompagnent les plats des pays occidentaux. Il est à noter que l'application principale des 10 000 tonnes de micro-algues produites annuellement est elle aussi l'alimentation humaine. Comme quoi nos aliments de demain sont peut-être déjà disponibles.

L'autre grande famille d'applications concerne les texturants (des substances colloïdales) qui sont eux aussi utilisés, pour partie, dans les formulations des aliments. Il s'agit notamment de l'alginate (extrait d'algues brunes), et de l'agar-agar et du carraghénane, qui sont, quant à eux, des extraits d'algues rouges. Environ 86 000 tonnes de ces colloïdes sont produites chaque année (en augmentation de 20 % sur les dix années écoulées) (BIXLER (H.J.) & PORSE (H.) (2011), "A decade of change in the seaweed hydrocolloids industry", *Journal of Applied Phycology* 23, pp. 321-335). En Europe et dans les pays occidentaux, ce sont principalement des algues brunes qui sont utilisées pour en extraire des alginates.

Les cultures d'algues

Les cultures d'algues, à l'échelon de la planète, s'avèrent très variées et vont, en termes de complexité, des techniques de bouturage les plus simples aux techniques les plus sophistiquées permettant de maîtriser l'ensemble du cycle de vie des algues produites.

Les algues brunes (*Laminaria sp*, *Undaria pinnatifida*, *Alaria esculenta*,...) sont généralement cultivées selon le système dit des *long lines* : les végétaux poussent sur un cordage porteur, en pleine eau, et sont maintenus à une profondeur déterminée par un système de bouées et de poids, l'ensemble étant ancré dans des fonds allant de 20 à 50 mètres de profondeur. Ces structures sont souvent implantées près de sources d'approvisionnement naturel en éléments nutritifs (nitrates, ammonium, phosphates), comme les embouchures de rivière, ou encore près d'autres sites de production aquacole (parc à huîtres, bassins d'élevage de poissons).

Dans d'autres cas, il est nécessaire d'apporter les sels nutritifs de façon artificielle, grâce à des jarres poreuses remplies d'une solution nutritive concentrée qui va diffuser lentement, ou par l'arrosage de la solution nutritive au moyen de bateaux pompes ; une autre technique est celle du trempage des lignes de culture dans des bassins amenés en mer et remplis là encore d'une solution concentrée en sels nutritifs. Après trempage, les lignes sont retendues en mer.

En règle générale, les éléments reproducteurs des algues (les sporophytes) sont collectés à la bonne saison à l'aide de collecteurs composés de fibres de coco ou de polyamide pelucheux enroulées autour d'un cadre et sont mis en culture dans des bassins placés dans des serres appropriées, où

la lumière et la température sont contrôlées. Les jeunes plants vont se développer au rythme des apports en lumière et en sels nutritifs, et seront prêts à être mis en mer quand ils atteindront une taille d'environ un demi-centimètre. Tout au long de leur croissance, les algues sont contrôlées, et leurs pathologies traitées.

La mise en mer est réalisée en enroulant les cordelettes porteuses des jeunes sporophytes autour d'un cordage porteur d'un diamètre plus conséquent pour lui permettre de résister aux mouvements de la mer et aux courants. Ce système de production est de loin celui qui est le plus utilisé en Chine, au Japon et en Corée. La manière de disposer les cordages, horizontalement ou verticalement, dépend des conditions hydrodynamiques du lieu de culture.

Les algues rouges sont cultivées de différentes manières :

Culture par reproduction asexuée (pour *Gracilaria sp*, *Eucheuma sp* ou *Kappaphycus alvarezii*) :

- ✓ dans des bassins peu profondsensemencés avec des boutures obtenues par fragmentation des thalles. Les algues y sont régulièrement retournées et la biomasse totale est homogénéisée au niveau du bassin ;
- ✓ sur des fonds de sable, à faible profondeur : des boutures d'algues sont plantées dans le substrat, puis récoltées quand elles ont atteint une taille commercialement intéressante ;
- ✓ sur des monolignes implantées à une profondeur de l'ordre d'un mètre soixante, dans des lagons soumis à des courants peu violents, sont fixés, à l'aide de liens, des brins d'algues d'une cinquantaine de grammes ;
- ✓ sur des radeaux flottants arrimés en mer et supportant des lignes sur lesquelles, comme dans le cas précédent, les brins d'algues sont fixés.

Culture par reproduction sexuée (*Porphyra sp*) :

- ✓ l'algue rouge *Porphyra sp* a un cycle de vie complexe dont la maîtrise désormais totale permet d'obtenir des plants de très grande qualité utilisés notamment dans la fabrication des makis sushis. Une des formes sous laquelle cette algue se présente, la génération Conchocelis (se présentant sous l'aspect de filaments), est cultivée selon la technique du *free living* dans des laboratoires spécialisés. À des moments déterminés de l'année, qui varient en fonction de la latitude à laquelle les futures algues seront produites, les filaments de conchocelis sont dispersés, se répandant sur des coquilles de mollusques bivalves qu'ils vont coloniser en y creusant des tunnels. Les coquilles ainsi « ensemencées » sont placées dans des bassins à température et à éclairage contrôlés, et leur développement sera suivi pendant deux mois. Parvenus à maturité, les filaments de conchocelis vont former des spores dont la libération dans le milieu extérieur peut être contrôlée avec précision. À une date déterminée, les coquilles sont placées dans des bassins particuliers, surmontés de grandes roues sur lesquelles des filets ont été fixés. La libération massive de spores va permettre d'ensemencer les filets, qui seront ensuite placés en mer pour y finir leur croissance. Les structures d'accueil peuvent être des systèmes de pieux

que l'on trouve près de la côte et sur lesquels seront attachés les filets, ou des systèmes en pleine mer ancrés par des fonds d'une cinquantaine de mètres, ce qui permet en général d'améliorer la productivité et la qualité de la production. Toutes les trois semaines, les algues pourront être récoltées à l'aide d'un système de coupe automatique se composant d'un bac à fond plat surmonté d'un système de tonte équipé d'une rehausse sur laquelle va courir le filet et qui permet également de fixer la hauteur de la coupe ;

- ✓ les algues vertes sont cultivées dans des lagunes, en particulier par reproduction asexuée (voir le cas des algues rouges), en *free-living* ou en fixant des bou-tures sur des filins ou des filets. Les techniques de récolte sont variables. Traditionnellement, les algues sont prélevées à la main (utilisation de fourches, fau-cilles, râpeaux), en particulier dans les pays à faible coût de main-d'œuvre. Quelques machines existent dans les pays développés où la main d'œuvre est plus onéreuse.

La mécanisation des procédures a principalement touché les algues de cueillette :

- ✓ en France, des bateaux goémonier ont des capacités de charge allant de 7 à 32 tonnes et utilisent un élé-ment hydraulique tournant, le scoubidou, pour arracher les laminaires (des algues de grande taille) ;
- ✓ des bateaux faucardeurs sont utilisés en Nouvelle-Écosse pour récolter les algues du genre *Ascophyllum* ;
- ✓ aux États-Unis, ce sont des bateaux spécialisés couplant un système de faucardage à un tapis roulant, d'une capacité de charge de 300 tonnes, qui sont employés pour la récolte de l'algue géante *Macrocystis* ;
- ✓ enfin, en Norvège, les champs de laminaires sont exploités à l'aide de bateaux spécialisés d'une capaci-té allant de 30 à 150 tonnes et équipés d'une drague en forme de peigne.

Les algues alimentaires

Nous avons choisi de mettre l'accent sur les algues ali-mentaires, car celles-ci sont, à notre avis, un secteur clef pour le futur, à la fois dans les pays orientaux et dans les pays occidentaux.

Les algues sont consommées comme des légumes en Asie, depuis l'aube de l'humanité. Les Japonais mangent en moyenne, sur une année, 1,4 kilogramme d'algues par per-sonne. Cette tradition ancienne et cette consommation quotidienne ont permis l'élaboration de nombreuses études épidémiologiques qui mettent en avant les bienfaits pour la santé de ce type d'alimentation.

Les algues présentent un intérêt nutritionnel connu et exploité depuis de nombreuses années, notamment par les populations du Sud-Est asiatique. La valeur nutritionnelle des algues s'explique en grande partie par la présence conjointe de trois grandes catégories de composants : des fibres, des protéines et des minéraux. Plus récemment, de nombreuses études épidémiologiques et cliniques ont mon-

tré qu'il existait des relations étroites entre la consom-mation d'algues (ou celle d'extraits d'algues) et la prévention de certaines pathologies. Les effets bénéfiques des algues sur la santé humaine seraient dus à la présence de métabo-lites présentant des propriétés anti-oxydantes et anti-radi-calaires (neutralisant une prolifération de radicaux libres nocive pour la santé), tels que des caroténoïdes, des poly-phénols et certaines vitamines.

Les algues puisent dans la mer une richesse incompa-rable d'éléments minéraux. La fraction minérale peut atteindre jusqu'à 36 % de leur matière sèche. Elles sont très riches en macro-éléments minéraux (comme le calcium ou le magnésium), ainsi qu'en oligoéléments (comme l'iode, le fer, le zinc, mais aussi le sélénium, le fluor, le bore ou le cuivre).

La teneur en protéines des algues marines est variable. Si les algues brunes disposent d'un contenu protéique res-treint (5 à 11 % de la matière sèche), il en va autrement des algues rouges dont certaines espèces possèdent une frac-tion protéique (allant de 30 à 40 % de la matière sèche) comparable, du point de vue quantitatif, à celle des légumi-neuses (le soja, par exemple). Les algues vertes actuellement peu valorisées, présentent également un contenu protéique non négligeable, puisque ce dernier peut atteindre 40 % de la matière sèche.

Le contenu total des algues en fibres alimentaires (rap-porté à la matière sèche) est important (de 32 à 50 %).

Parmi les fibres alimentaires insolubles, on trouve une fraction cellulosique, qui est présente en faible proportion chez les trois phylla, ainsi que de l'amidon floridéen (notam-ment dans des algues rouges). Les fibres insolubles sont associées classiquement à des effets sur la diminution du temps de transit au niveau du côlon.

Plus intéressante, la fraction de fibres solubles représen-te de 51 à 56 % des fibres totales chez les algues vertes et rouges, et de 67 à 87 % chez les algues brunes. Les fibres solubles sont généralement associées à des comportements d'hydratation (absorption, rétention, gonflement) qui influencent le transit du bol alimentaire dans l'estomac et l'intestin grêle, et qui peuvent avoir des effets hypocholes-térolémiants et hypoglycémiant.

La nature des fibres solubles est variable en fonction du phyllum considéré. Les fibres solubles sont pour les algues rouges : les agars, les carraghénanes et les xylanes. Pour les algues brunes, les fibres solubles sont représentées par les laminaranes, les alginates et les fucanes.

Le rôle des polyphénols issus de végétaux terrestres dans la lutte contre le stress oxydatif n'est plus à démontrer. Les polyphénols limitent le développement de certains cancers et interviennent dans la prévention des accidents cardio-vasculaires en protégeant les lipoprotéines de faible densité (LDL) contre l'oxydation.

En s'opposant aux phénomènes d'oxydation des lipides cellulaires et de l'ADN, les polyphénols jouent également un rôle dans le maintien de la fluidité membranaire et dans la prévention des altérations génomiques et des mutations.

La plupart des algues marines contiennent des polyphé-nols, appelés phlorotannins. À la différence des polyphénols

issus des végétaux terrestres qui dérivent de l'acide ellagique, les polyphénols algaux dérivent d'unités phloroglucinol.

En fonction des types de liaisons qui relient les monomères entre eux, les phlorotannins se classent en quatre grandes familles de composés : les phloroéthols, les fucols, les fucophloroéthols et les fualols. À cette diversité de structures, s'ajoute une grande variabilité du degré de polymérisation ; les phlorotannins constituent ainsi un ensemble de molécules très hétérogène offrant une grande variété d'activités biologiques potentielles. L'activité antioxydante d'extraits de polyphénols d'algues brunes et d'algues rouges a été mise en évidence par des études effectuées *in vitro*, ainsi que sur des modèles animaux.

Dans les algues, comme chez les autres végétaux, les caroténoïdes jouent un rôle dans l'absorption de l'énergie lumineuse. Ils assurent, d'une part, la transmission de celle-ci à la chlorophylle et, d'autre part, la protection des cellules contre les effets nocifs des rayons ultraviolets. Les caroténoïdes sont de puissants antioxydants. De nombreuses études ont permis de faire le lien entre une alimentation riche en caroténoïdes et une diminution des risques de maladies cardiovasculaires, de certaines formes de cancer (rôle joué par le carotène et le lycopène), ainsi que de certaines maladies ophtalmologiques (rôle de la lutéine et de la zéaxanthine dans la prévention de la cataracte et de la dégénérescence maculaire).

Les algues brunes sont particulièrement riches en caroténoïdes, notamment en carotène, en violaxanthine et en fucoxanthine.

Les principaux caroténoïdes des algues rouges sont le 13-carotène, l'a-carotène et leurs dérivés dihydroxylés que sont la zeaxanthine et la lutéine.

La composition en caroténoïdes des algues vertes reste voisine de celle des plantes supérieures : les principaux caroténoïdes présents sont le carotène, la lutéine, la violaxanthine, l'anthéroxanthine, la zéaxanthine et la néoxanthine.

De nombreuses études ont mis en évidence les propriétés antioxydantes des caroténoïdes algaux et leur rôle dans la prévention de diverses pathologies. Il a ainsi été montré que la fucoxanthine inhibait des proliférations de cellules tumorales.

Les algues constituent une source non négligeable de vitamine C. Leurs teneurs en vitamine C sont en moyenne de 500 à 3 000 mg/kg de matière sèche pour les algues brunes et vertes (des teneurs élevées comparables à celles du persil, des cassis ou des poivrons), alors que les algues rouges contiennent des teneurs en vitamine C de l'ordre de 100 à 800 mg/kg.

Les algues brunes contiennent des teneurs en vitamine E plus importantes que celles observées chez les algues vertes et rouges. Parmi les algues brunes, les teneurs les plus élevées sont observées chez les *Fucaceae* (*Ascophyllum* et *Fucus sp.*), qui contiennent entre 200 et 600 mg de tocophérols/kg de matière sèche. Des différences qualitatives ont par ailleurs été observées entre phylum : les algues brunes contiennent de l'alpha-, du bêta- et du gamma-

tocophérol, alors que les algues vertes et rouges contiennent seulement de l'alpha-tocophérol.

Les algues constituent une source de vitamines du groupe B. À la différence des végétaux terrestres, les algues contiennent de la vitamine B 12, qui est particulièrement indiquée non seulement dans la prévention des effets liés au vieillissement, mais aussi dans le traitement du syndrome de la fatigue chronique (SFC) et dans celui de l'anémie.

Autres applications (non alimentaires) des algues

À côté de l'alimentation humaine, d'autres applications sont réservées aux algues dans notre quotidien. La plus ancienne est sans doute l'utilisation des algues échouées sur les plages pour amender les terres agricoles. Leur dégradation lente pendant la période hivernale apporte aux sols des quantités importantes de minéraux (potassium, calcium, magnésium...) et de composés organiques qui vont retenir l'eau tout en aérant la terre. Toutes les zones côtières où des algues sont disponibles ont utilisé un jour cet engrais naturel. Il continue à être utilisé aujourd'hui pour des productions artisanales ou à forte valeur ajoutée (produits agricoles certifiés « bio », par exemple). En France, les algues sont listées au titre des substances autorisées en engrais et amendements pour les terres agricoles.

L'alimentation animale est une autre utilisation ancestrale des algues. Dans le passé, les troupeaux étaient emmenés sur l'estran pour se nourrir du goémon directement sur les roches. De nos jours, des farines d'algues brunes sont préparées et incorporées dans les formulations d'aliments pour jeunes animaux. C'est un marché beaucoup plus restreint que celui des colloïdes, mais qui perdure depuis des années.

Les produits cosmétiques sont une autre application traditionnelle des algues. En thalassothérapie ou pour des produits de soins corporels, la présence de polysaccharides confère une dermo-compatibilité remarquable qui a permis le développement de gammes spécifiques de produits. La découverte de certains actifs (des hydratants, des antibactériens et des antioxydants) a permis d'enrichir la gamme de ces produits, dont la diversité trouve son origine dans celle des espèces d'algues exploitables. Les tonnages utilisés par cette industrie, très faibles, peuvent donc s'appuyer sur une production par cueillette d'algues sauvages, dans leur milieu naturel.

À côté de ces applications non alimentaires, que nous qualifierons de traditionnelles, d'autres sont en train d'émerger. Il s'agit de marchés de substitution dans lesquels on cherche à remplacer une ressource pétrochimique par une source durable, si possible végétale. La chimie des spécialités s'intéresse aux algues, comme le font également la chimie des matériaux et l'énergie. La logique présidant à ce mouvement est toujours la même : les industriels recherchent une biomasse végétale dont la production serait durable. Or, les quantités de matière nécessaires sont telles que les productions agricoles ne pourraient pas supporter à elles seules leur substitution complète au pétrole. Il en



résulterait une compétition entre les cultures nécessaires à l'alimentation humaine et celles destinées à la chimie/énergie. C'est ce qui est en train de se mettre en place dans les pays émergents, vers lesquels les pays développés délocalisent leur production de biomasse pour la chimie et l'énergie. La FAO a publié une alerte face aux famines qui s'installent dans certains pays émergents ayant adhéré à ce modèle de développement. Le modèle économique associé aux algues sauvages en matière de production d'énergie n'est pas encore viable, mais il pourrait l'être pour certaines spécialités chimiques à valeur ajoutée.

Conclusion

Les macro-algues peuvent apporter des solutions qui soient économiquement et techniquement viables pour plusieurs domaines clefs du développement durable. Elles sont sources de nourriture pour l'homme (comme légumes) ou pour les animaux d'élevage, de molécules d'intérêt pour la santé (au travers de compléments alimentaires) et de biomasse (pour la chimie et l'énergie).

Les points forts de ces végétaux sont :

- ✓ une faible utilisation de l'eau douce pour les algues marines (l'essentiel des espèces),
- ✓ des zones de production sur des surfaces non agricoles,
- ✓ leur capacité à absorber des sels nutritifs présents en excès dans certaines baies marines ou ailleurs, qui permet de réhabiliter des sols pollués par une surexploitation agricole,
- ✓ une productivité très élevée par rapport aux végétaux terrestres (de 150 à 300 tonnes de matière sèche par hectare et par an) sans qu'il soit nécessaire de recourir à des variétés OGM.

Ces atouts font l'objet de nombreuses investigations de la part d'entreprises relevant de différentes filières qui préparent leur stratégie matières premières pour l'avenir.

Note

* Directeur scientifique, Centre d'Étude et de Valorisation des Algues (CEVA), (Presqu'île de Pen Lan, à Pleubian – Finistère).



L'exploitation industrielle des micro-algues

Par Pierre CALLEJA*

Initiée dès les années 1960, l'exploitation industrielle des micro-algues a vraiment débuté dans les années 1970 avec l'aquaculture marine.

Les technologies actuelles entrouvrent la possibilité d'une production à grande échelle, à haut rendement et à faible coût de production de toutes les souches de micro-algues d'intérêt.

Le XXI^e siècle devrait être celui des micro-algues, et c'est une vraie révolution eu égard aux importantes opportunités qu'elles offrent dans les domaines de la nutrition, de la cosmétologie, de la santé, de la chimie verte et de l'énergie. Nous allons bientôt les retrouver dans tous les produits que nous utilisons au quotidien.

La colonisation par l'homme de la production industrielle des micro-algues va passer par plusieurs étapes successives dans la maîtrise de nouvelles générations technologiques.

L'édition française de l'*Atlas de biologie* de Günter Vogel et Hartmut Angenmann (parue chez Stock, en 1970) mentionne en page 41 : « Parmi les cellules isolées que l'on peut assimiler à des organismes complets et autonomes, celles qui présentent le degré d'organisation le plus élémentaire constituent la catégorie des protistes. Mais ces êtres présentant entre eux des différences notables, cette catégorie a été subdivisée en plusieurs groupes : le premier groupe, celui des procaryotes, comprend les bactéries et les cyanophycées ».

Vient ensuite le groupe des eucaryotes, qui est composé, d'une part, des flagellés qui regroupent les zooflagellés et phytoflagellés et, d'autre part, de nombreux autres protistes unicellulaires divisés entre protistes végétaux et protistes animaux.

Mais contre toute attente, le terme de *micro-algue* n'apparaît à aucun moment dans cet Atlas.

Aucune mention, non plus de cette notion dans l'édition 2013 du dictionnaire de la langue française *Le Robert*.

C'est Lopez Gomara, le secrétaire d'Herman Cortes, qui, pour la première fois, mentionne des micro-algues en 1552 dans son relevé d'expédition en Amérique du Sud à propos d'Aztèques. Il y raconte que ce peuple, basé à Tenochtitlán (aujourd'hui Mexico), la capitale aztèque bâtie sur une île située sur le lac (d'eau douce) disparu de Texcoco, ramassait, à la saison chaude, « une purée bleue-verte » à l'aide de filets à mailles très fines. Il s'avère que cette pâte colorée n'était autre que la cyanophycée *Spirulina maxima*, qu'ils faisaient sécher au soleil avant de la croquer comme un gâteau sec. Cyanophycée à paroi fine sans cellulose, diges-

te, la spiruline, connue pour sa grande valeur nutritive (75 % de protéines), offrait alors aux Aztèques une source importante d'acides aminés, de bêta-carotène et d'acide gamma-linoléique (GLA).



© Peter T. Furst, in *Human nature*, 1978

Photo 1 : Récolte de spiruline par les Aztèques dans la vallée de Mexico.

Toujours dans l'édition 1970 de l'*Atlas de biologie* de Günter Vogel et Hartmut Angenmann, les cyanophycées sont décrites (p. 43) comme des « algues bleues unicellulaires autotrophes ».

C'est à partir de ce classement général que l'on va commencer à considérer, à tort, sous le terme *micro-algues*, des protistes photosynthétiques [les protistes ne sont ni des plantes ni des animaux ni des champignons, et les algues se définissent comme des plantes sans floraison capables de vivre principalement dans l'eau, ndlr].

En réalité, la vision dichotomique qui consiste à partager les êtres entre animaux et végétaux ne peut pas s'appliquer aux protistes. Les protistes sont à l'origine de la séparation du règne animal et du règne végétal. Règne végétal que nous nous représentons surtout par les plantes, lesquelles ne vont apparaître que bien plus tardivement avec la sortie des eaux d'une algue verte chlorophycée.

D'un côté, les protistes purs autotrophes ne sont pas aussi nombreux que cela : les phytoflagellés et une bonne majorité des protophytes sont capables d'absorber, *via* un transporteur ou par simple osmose, le carbone organique présent dans le milieu où ils vivent ; de l'autre, les protozoaires et les zooflagellés, bien que dépourvus de chloroplastes, possèdent des plastes photosensibles qui sont capables de capter l'énergie lumineuse. En fait, au stade de l'évolution où sont apparus les protistes, il n'y avait pas encore de séparation tranchée entre les deux règnes (végétal et animal) et la plupart des protistes sont, de fait, mixotrophes.

Dans une nouvelle édition de l'*Atlas de biologie* de Günter Vogel parue en 1994, les cyanophycées ont été rattachées au monde des bactéries (cyanobactéries). Par conséquent, à ce jour, on peut considérer que le terme de *micro-algues* englobe donc *a minima* les phytoflagellés, les protophytes, des zooflagellés, voire des protozoaires.

Il n'existe pas encore de définition juste des micro-algues. Toutefois, on pourrait en proposer la suivante : « Les micro-algues sont des protistes eucaryotes autotrophes et/ou mixotrophes capables – en présence de lumière – de capter l'énergie lumineuse à partir de leurs plastes ».

Partant de cette définition, nous pouvons en déduire que les micro-algues peuvent être cultivées soit par autotrophie dans des bassins à ciel ouvert ou dans des photobioréacteurs, soit dans des fermenteurs hétérotrophes ou mixotrophes (cela, grâce à leur capacité photohétérotrophique).

La première génération

La toute première exploitation industrielle de micro-algues (ou plutôt d'une cyanophycée) apparaît, là encore, du côté des Aztèques, mais cette fois dans les années 1960. En effet, la société SOSA TEXCOCO, dirigée par le Français Hubert Durand-Chastel, exploitait, dans le reste de ce qui fut autrefois le lac aztèque Texcoco, le carbonate de sodium. Le lac Texcoco recevait alors l'eau des neiges fondues, qui drainait les sels des montagnes. La forte évaporation ainsi que les assèchements successifs réalisés par

l'homme aboutiront à une forte concentration en carbonate de calcium et donc à une forte alcalinité de l'eau du lac.

Mais chaque été, l'exploitation du carbonate de sodium était perturbée par une mystérieuse biomasse bleue-verte. C'est Madame Geneviève Clément, de l'Institut Français du Pétrole, qui, intéressée par les études du botaniste belge Jean Léonard, identifia lors d'un séjour au Mexique la spiruline dans le lac Texcoco. À la fin des années 1950, Jean Léonard, au retour d'une expédition au Sahara, avait confié à son confrère Pierre Compère un échantillon de galette verte séchée achetée sur un marché au Tchad. Lui-même l'avait identifiée comme de la spiruline.

La société SOSA TEXCOCO devint ainsi la toute première société dans le monde à exploiter industriellement la spiruline.

La production de micro-algues en milieu lacustre alcalin fut la première génération technologique de l'exploitation industrielle des micro-algues, basée sur la capacité de la spiruline à se développer en autotrophie, dans une eau salée au pH très basique empêchant ainsi le développement de compétiteurs ou de prédateurs. Ces conditions de culture extrêmes permettent d'atteindre une productivité de l'ordre d'un gramme de matière sèche par litre.

Ce mode de culture fut ensuite copié dans divers endroits du monde qui présentaient des conditions de culture similaires. Toutefois, il ne permettait que de produire des espèces extrêmophiles, telles que la spiruline ou *Dunaliella salina*, une micro-algue halophile capable de survivre dans des eaux saturées en sel, et qui fut d'abord cultivée par des Russes, à partir de 1966, pour la production de β -carotène. L'activité anti-oxydante des caroténoïdes, que ces micro-algues produisent pour protéger leur unique cellule contre la lumière intense et l'oxydation par des radicaux libres, est utilisée en complément nutritionnel et en cosmétologie.

La deuxième génération

C'est avec le démarrage, à la fin du XX^e siècle, de l'aquaculture marine, que l'homme va s'intéresser de plus près aux micro-algues. Durant les années 1970, deux pays, le Japon et la France, vont se lancer activement à la conquête de la production industrielle des poissons marins et des crevettes (de la famille des *Penaeidae*).

Avant cela, l'homme avait progressivement maîtrisé (dès l'Antiquité, en Asie, puis à partir du Moyen Âge, en Europe) la production en étang d'espèces d'eau douce, telles que les carpes et les poissons chats. Puis, au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, en France, se développa l'élevage des truites en bassins alimentés par des rivières. Les Norvégiens firent ensuite progresser ce modèle en évoluant vers la production de saumons dans des cages en mer (le saumon et la truite sont tous deux des salmonidés, qui sont proches dans leur mode d'élevage). Les premiers pas d'élevages en mer étant réalisés, il fallait poursuivre avec la production d'espèces marines.

Mais l'aquaculture d'espèces marines était une activité bien plus complexe que la pisciculture. En effet, la production était bloquée par deux verrous technologiques :

d'abord, la maîtrise de la reproduction en captivité et l'incubation des pontes des espèces marines, mais surtout le nourrissage des larves durant les premiers jours de leur phase trophique.

Dès que les premières pontes de poissons marins (induites par l'administration d'hormones et une fécondation manuelle) furent maîtrisées (BARNABÉ (G.), 1976 ; GIRIN (M.), 1979), on réussit à nourrir les larves, naturellement planctophages, en recréant dans les écloséries marines toute la chaîne alimentaire présente dans les océans, à savoir la production de micro-algues destinées à nourrir la production de zooplancton, zooplancton destiné à son tour à nourrir les larves de poissons marins et de crevettes *Penaeidae*s.

C'est le développement des techniques de production en masse des animaux proies *Artemia salina* et *Brachionus plicatilis*, qui permit le lancement à grande échelle des premiers élevages aquacoles de crevettes *Penaeidae*s et de poissons marins.

Les premiers aquaculteurs marins commencèrent donc à produire de façon très rudimentaire, dans des gaines en plastique suspendues le long de tubes néons, plusieurs souches de micro-algues. Cette biomasse fraîche servait d'aliment fourrage pour les proies vivantes. Les premières souches utilisées étaient particulièrement rustiques comme notamment *Tetraselmis suecica*, une chlorophycée marine flagellée qui présente de plus une balance équilibrée entre acides aminés et acides gras, ou encore une autre micro-algue robuste, elle aussi flagellée, *Isochrysis galbana* (une petite haptophyte, de couleur dorée [en grec, *chrysis* signifie « or »]).

La deuxième génération technologique de production industrielle des micro-algues est apparue au début des années 1980, avec l'invention du photobioréacteur (PBR). Cette fois, il ne s'agissait plus d'alimenter en biomasse fourrage les écloséries marines, mais de tenter l'aventure de l'exploitation industrielle des micro-algues pour en extraire de précieuses molécules.

L'intérêt des photobioréacteurs était d'optimiser la production photosynthétique des micro-algues en culture axénique continue, permettant ainsi un meilleur contrôle de la production et l'utilisation de bien d'autres espèces de micro-algues que celles croissant naturellement dans les espaces ouverts ou en gaines de plastique.

Le premier photoréacteur thermo-régulé par flottation sur une surface d'eau représentait 100 mètres carrés de surface déployée de photo-réception et permettait des productions contrôlées de biomasse sèche d'une teneur de 3 g/l, soit dix fois plus qu'en système lagunaire.

Les deux principales espèces cultivées furent le *Porphyridium cruentum*, une petite rhodophycée, micro-algue sphérique de couleur rouge pour obtenir des polysaccharides sulfatés, des phycobiliprotéines et des antioxydants comme la superoxyde dismutase (SOD) et l'*Haematococcus pluvialis* pour la production d'astaxanthine, un antioxydant.

En 1992, après de longues années de recherche et développement, le Commissariat à l'énergie atomique et aux

énergies alternatives (CEA), avec l'aide de Sofinnova (une société de capital-risque), décida de tenter l'industrialisation d'un photobioréacteur dans le cadre de la société Thallia Pharmaceuticals (Rhône). La société visait le marché à haute valeur ajoutée des nouvelles molécules thérapeutiques dérivées des micro-algues. Le réacteur fut construit en 1997 près de Tarbes, avec une première tranche de 1 000 m² de surface, et fonctionna d'une façon continue, sans incident, pendant un an. Le *Porphyridium* était l'espèce retenue.

Les coûts de production à ce stade étaient particulièrement élevés, mais c'est surtout la surévaluation du marché qui entraîna la mise en liquidation judiciaire de la société, en août 1999.

Cette deuxième génération, qui correspond bien à une première tentative de production industrielle hors plan d'eau, permit d'étudier plusieurs nouvelles espèces et de faire progresser considérablement les connaissances sur les micro-algues. Toutefois, les PBR ne permettaient de résoudre qu'une partie des problèmes. Bien que la productivité fût passée de 0,3 gramme par litre à 3 grammes par litre de matière sèche grâce à une meilleure gestion de l'énergie lumineuse, ce sont des questions relatives à la contamination et au coût de la biomasse qui ne permirent pas le démarrage de l'exploitation industrielle.

La troisième génération

Alors que les Européens se concentraient sur le métabolisme photosynthétique des micro-algues, apparaissait au Japon, puis aux États-Unis, la troisième génération technologique de production industrielle des micro-algues. Celle-ci allait faire figure de base à l'exploitation industrielle actuelle des micro-algues dans le monde.

Toujours pour alimenter en micro-algues les besoins de plus en plus importants des écloséries marines japonaises, qui multipliaient les succès en matière de maîtrise de la production de nouvelles espèces marines, la société Yakult Honsha avait réalisé que la *Chlorella*, une micro-algue très répandue dans les plans d'eau douce et bien connue depuis l'Antiquité pour sa haute teneur en protéines, pouvait être cultivée totalement dans le noir à partir d'apports carbonés, comme on cultivait déjà des bactéries et des levures. Le 2 septembre 1965, Yakult Honsha déposait un brevet intitulé *Method of industrial Cultivation of Unicellular Green Algae such as Chlorella*.

Ce dépôt est le tout premier brevet se rapportant à la production de micro-algues par hétérotrophie.

Au cours des années 1990, la maîtrise de l'hétérotrophie de *Chlorella* va enfin permettre de produire à faible coût et en grands volumes, la biomasse de micro-algues destinées notamment aux écloséries marines asiatiques, puis européennes.

L'hétérotrophie permit la résolution des principaux points de blocage attachés à la production des micro-algues en autotrophie, tant en bassins qu'en photobioréacteurs (PBR), à savoir :

- ✓ disparition de la problématique de contamination,



Figure 1 : Les quatre générations technologiques successives de culture.

- ✓ explosion des rendements (multipliés jusqu'à plus de 200 fois),
- ✓ réduction drastique du coût de production,
- ✓ modélisation et reproductibilité parfaite de la production permettant l'industrialisation.

L'hétérotrophie des micro-algues arrive aux États-Unis en 1985, avec la création de la société Martek Biosciences. Martek est une entreprise dont les fondateurs travaillaient pour la société Martin Marietta Corporation. Cette société opérait pour le compte de la NASA dans le cadre d'un programme pour la conquête de Mars, dont l'un des objectifs était de produire de l'oxygène à partir de micro-algues. Lorsque les programmes pour cette agence spatiale américaine se sont arrêtés, trois chercheurs, le Dr Richard J. Behrens, David Kyle et Paul Behrens, qui avaient pressenti le potentiel des micro-algues, essayèrent depuis Martin Marietta Corporation pour fonder la société Martek, grâce à leurs indemnités de licenciement.

Martek se spécialisera dans la production de souches fortement productrices d'acides gras polyinsaturés, les *thrautochytrides*, qui ne possèdent pas de chloroplastes. À noter qu'en 2012, Martek a réalisé plus d'un demi-milliard de dollars de chiffre d'affaires à partir des huiles produites par ses souches.

Récemment, les *thrautochytrides* ont été reclassés dans la famille des champignons. On les trouve en abondance dans le milieu marin, notamment en présence de décomposition de matière organique.

« Mangez du poisson, ça rend intelligent ! », ou « ingurgez une bonne cuillère d'huile de foie de morue ! », disaient nos grand-mères. Même si elles avaient bien raison, elles ne se doutaient pas que tout cela est avant tout affaire de micro-algues !... En effet, les micro-algues sont les seules productrices sur Terre de plusieurs acides gras polyinsaturés essentiels pour l'homme, des molécules que l'on retrouve en périphérie de nos neurones et qui ont pour rôle de faciliter la transmission de nos pensées.

La technologie de quatrième génération

Aujourd'hui, la grande majorité des acteurs du monde de la production industrielle des micro-algues évolue vers la mixotrophie [c'est-à-dire l'exploitation de la capacité de certaines micro-algues d'utiliser diverses sources de carbone, par autotrophie et par hétérotrophie, ndr]. Quasi inexistante au début des années 2000, cette technologie représentera plus de 80 % des volumes de micro-algues produits en 2020. La société Fermentalg est la première société en Europe à avoir

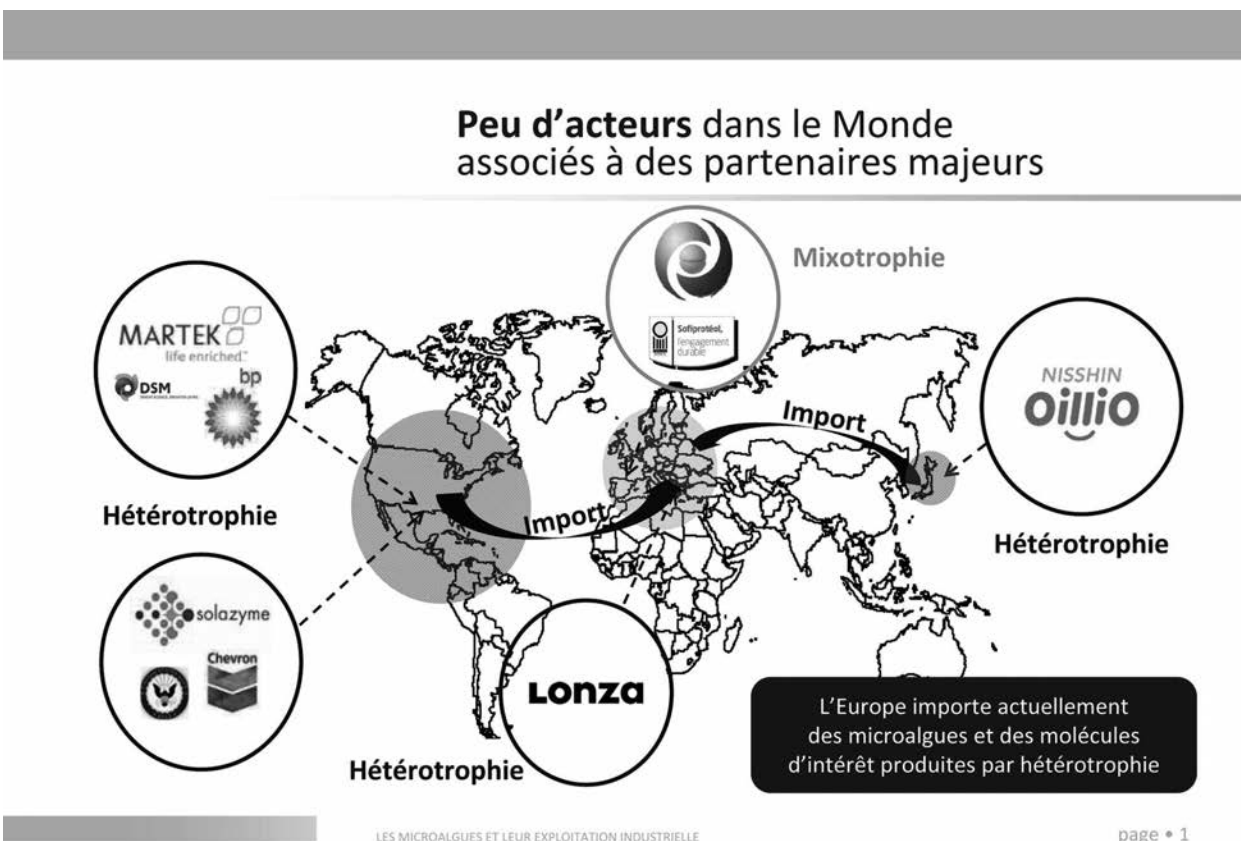


Figure 2 : Peu d'acteurs dans le monde, associés à des partenaires majeurs.

© Fermentalg

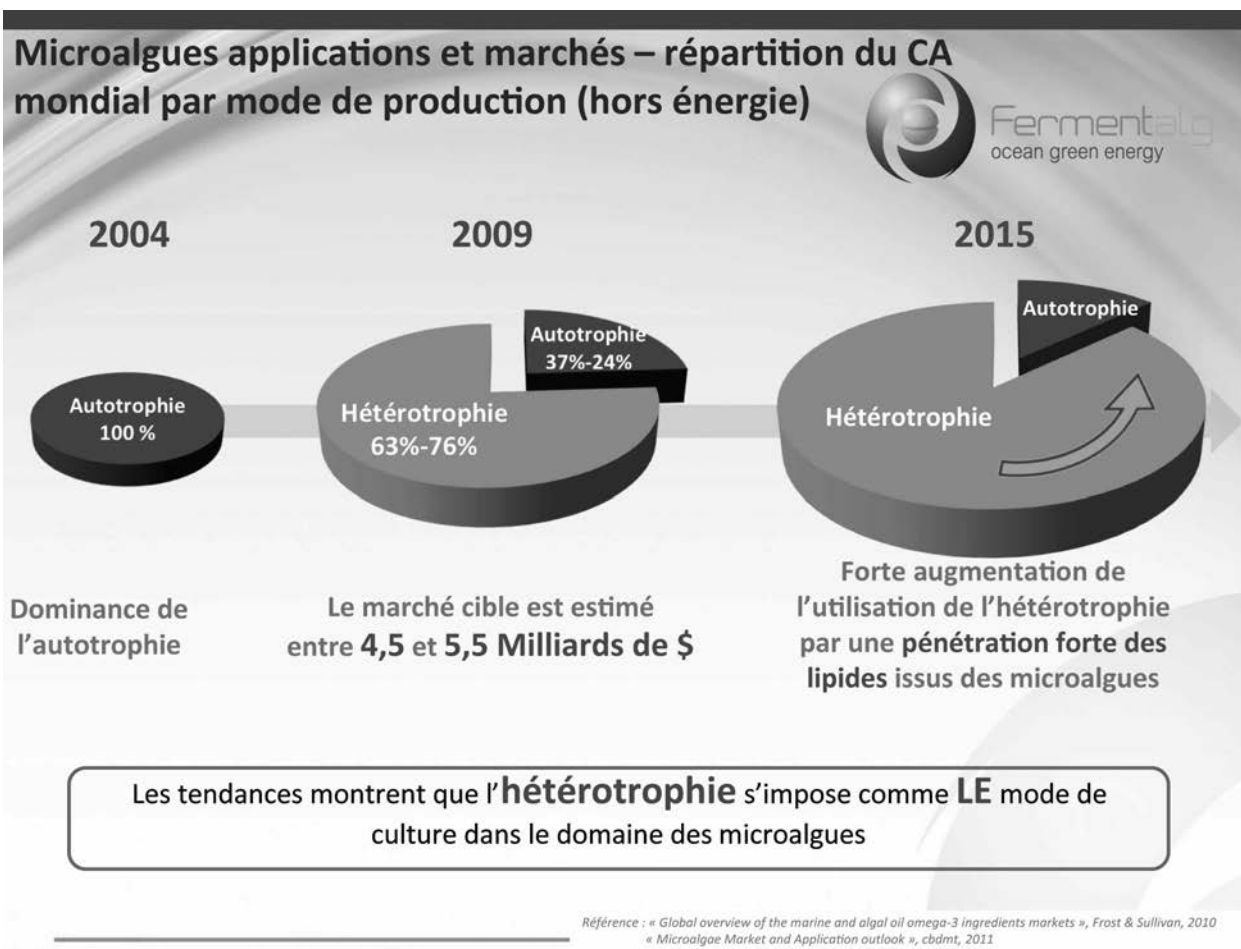


Figure 3 : Micro-algues : applications et marchés (répartition du CA mondial par mode de production).

© Fermentalg

développé et breveté une technologie de rupture, la mixotrophie à dominante hétérotrophe, et s'impose aujourd'hui comme le leader européen de la culture de micro-algues et le leader mondial sur la technologie de la mixotrophie.

Il s'agit là de la quatrième génération dans les technologies de production industrielle des micro-algues. Elle s'appuie sur les énormes acquis de la troisième génération, tout en activant la voie métabolique photosynthétique.

Dans la nature, les micro-algues ne peuvent capter l'énergie lumineuse qu'au gré du caprice des nuages, des mouvements de l'eau en surface, du vent et de la densité de la biomasse présente. En réalité, comme pour un panneau solaire, seul le plan d'eau, en surface, permet la captation, et les souches ne font que des micro-passages très brefs au contact de la lumière solaire.

Trois milliards d'années d'évolution ont permis aux micro-algues de développer une parfaite activité photosynthétique à partir de micro flash lumineux d'intensité

variable, tout en continuant à absorber à volonté le carbone organique éventuellement présent autour d'elles.

La mixotrophie, ou photohétérotrophie, découle de ces constats. Elle permet désormais de produire de façon industrielle – c'est-à-dire à grande échelle, à haut rendement et à faible coût de production – toutes les souches de micro-algues.

Briques primaires de la construction du vivant qui, par empilement de couches successives, ont évolué jusqu'à nous, les micro-algues représentent, de par les innombrables molécules qu'elles sont capables de synthétiser, un gisement exceptionnel à explorer. Le XXI^e siècle sera l'ère des micro-algues. Nous allons les produire abondamment pour satisfaire tous les domaines de nos activités.

Note

* Président directeur général et fondateur de Fermentalg.

Les matériaux marins (graviers, sables...)

Par David CLAVELEAU, Nicolas DELSINNE, Agnès GARCON, Thierry HAUCHARD, Laetitia PAPORE et Christophe VERHAGUE*

L'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG) est aujourd'hui une organisation professionnelle reconnue pour avoir mis en place une politique d'exploitation des ressources qui répond aux objectifs de la Stratégie nationale pour la biodiversité (SNB). L'engagement volontaire de la profession a d'ailleurs été officiellement reconnu par la ministre de l'Écologie, Mme Delphine Batho, lors du colloque intitulé « Le temps de l'engagement pour la biodiversité », qui s'est tenu le 17 décembre 2012.

Parmi l'ensemble des activités de la profession, l'extraction de granulats marins a fait l'objet de différentes études visant à mesurer les effets de l'exploitation en mer et à déterminer la capacité de recolonisation du milieu après la fin de l'activité.

Pour illustrer ce propos, deux études sont présentées ici. La première a été menée en Manche orientale sur deux sites d'extraction, et la seconde a été réalisée sur la côte atlantique, au large de l'embouchure de la Loire.

Au-delà des résultats apportés sur l'effet réel de l'extraction sur l'environnement, c'est la volonté manifeste des professionnels de rendre leur activité soutenable qui apparaît à travers ces initiatives.

Préambule

Les granulats marins devraient jouer en France un rôle croissant dans l'approvisionnement en matériaux du secteur du bâtiment, mais aussi en matière de protection contre l'érosion côtière par le « rechargement » de certaines plages.

Actuellement, la production nationale de granulats est à 98 % d'origine terrestre ; cependant, le contexte actuel se caractérise par un épuisement des ressources terrestres et une augmentation des difficultés d'accessibilité (contraintes environnementales, urbanistiques et sociales). C'est pourquoi l'extraction en mer, qui reste encore marginale (2 %), apparaît être une solution intéressante du fait des importantes ressources disponibles dans les eaux territoriales françaises. Il faut cependant noter que cette activité maritime est beaucoup plus coûteuse qu'à terre du fait des outils et du personnel nécessaires pour l'exploitation en mer et des différentes taxes qui s'appliquent.

Les substances minérales, comme les granulats marins contenus dans les fonds marins de la mer territoriale et du

plateau continental, sont considérées en droit comme des substances de mines. Les autorisations d'extraction dans les eaux marines relèvent donc du Code minier (1).

Les gisements de granulats marins

Les granulats marins regroupent les sables et les graviers présents sur les fonds marins, qu'ils soient de nature siliceuse ou calcaire. Satisfaisant à l'ensemble des normes en vigueur (CE, NF et Qualifrais, pour le maraîchage), les granulats marins sont adaptés à une grande diversité d'utilisations : génie civil, bâtiment, rechargement de plages, agro-industrie, agriculture, maraîchage...

Mais en raison de la localisation géographique des gisements exploités et de la valeur intrinsèque des granulats au regard du coût de leur transport par camions, les granulats marins ne peuvent néanmoins répondre qu'aux besoins de marchés proches du littoral et d'agglomérations reliées à la mer par des voies d'eau navigables.

Présentation de l'UNPG

L'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG) est l'organisation professionnelle qui représente l'ensemble des industriels extrayant des granulats, c'est-à-dire du sable et des graviers provenant de gisements de roches meubles, terrestres et marines, de gisements de roches massives ou du recyclage de produits de démolitions. Ces matériaux alimentent principalement le secteur du bâtiment et des travaux publics.

L'ensemble de l'activité des producteurs de granulats représente un chiffre d'affaires proche de 4 milliards d'euros et occupe 15 000 personnes.

L'UNPG regroupe plus de 800 entreprises, qui exploitent environ 1 600 carrières. Elles assurent plus de 80 % de la production nationale ou l'équivalent de 379 millions de tonnes (chiffre 2011).

L'UNPG est l'interlocutrice des pouvoirs publics pour tout dossier d'intérêt national concernant l'industrie des granulats. Elle accompagne les entreprises adhérentes dans les domaines de la santé-sécurité, de la protection de l'environnement, de la normalisation des produits, du transport, etc.

L'UNPG est membre de la fédération UNICEM (Union nationale des industries de carrières et matériaux de construction).

Caractérisation des granulats marins

De par leur nature, les matériaux considérés se répartissent entre :

- ✓ les sables et graviers siliceux (recherchés pour la forme de leurs grains et pour leur propreté, et adaptés aux applications béton),
- ✓ les sables coquilliers (utilisés comme amendements calcaires afin de corriger l'acidité des sols).

Localisation des gisements

Les granulats marins sont principalement des alluvions fluviatiles ou littorales, immergées il y a de cela quelques milliers d'années lors de la remontée du niveau des mers suite à la dernière glaciation. Étroitement liés à la géologie, les gisements de granulats marins sont principalement localisés :

- ✓ au niveau des paléo-vallées (les anciens lits des fleuves actuels),
- ✓ au large des principaux estuaires,
- ✓ dans les bancs de sable ou autres accumulations sédimentaires créés par les courants.

Leur identification résulte principalement des campagnes géophysiques réalisées par l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (IFREMER) à partir des années 1970, ainsi que des études menées par des universités françaises (voir la figure 1).

Ces recherches ont depuis été compilées afin d'aboutir à une estimation affinée de ces gisements dans la zone économique exclusive (ZEE) française au travers d'une convention entre l'IFREMER et le Bureau de recherche géologique et minière (BRGM), initiée et pilotée par le ministère en charge des Mines. Ce dernier a confié à l'IFREMER la réalisation d'un inventaire des ressources en matériaux marins pour onze départements côtiers sur les façades Manche et Atlantique (2004-2005), ainsi que l'identification des zones de moindres contraintes et la construction d'un système d'information géographique (SIG) (2006- 2010). Ce travail est

actuellement complété pour les départements des Landes et des Pyrénées-Atlantiques, ainsi que sur le pourtour côtier de la Bretagne (www.ifremer.fr/sextant/fr/web/granulats-marins).

L'UNPG a participé à cette étude en collaboration, entre autres, avec le Comité national des pêches maritimes et des élevages marins (CNPMM).

L'extraction de granulats (sables et graviers) par aspiration en marche et ses impacts sur le milieu marin

L'extraction de granulats est réalisée aujourd'hui par des navires équipés de dispositifs d'extraction par aspiration en marche, dont le principe de fonctionnement est explicité par la figure 2.

Un mélange d'eau et de sédiments (a) est aspiré par l'élinde (b) ; il est remonté à bord, puis déversé dans la cale du navire (c) au moyen d'une pompe spécialement adaptée à l'abrasivité et à la granulométrie des matériaux extraits. L'eau qui a permis de les transporter jusqu'à la cale est ensuite restituée à la mer par surverse ou déverse, entraînant avec elle les particules sédimentaires les plus fines qui n'ont pas pu se déposer, ce qui génère un panache turbide localisé et temporaire (quelques heures).

L'exploitation d'un gisement s'opère par passages successifs à faible vitesse (de l'ordre de 2 nœuds) au sein des périmètres concédés, en créant des sillons de faible profondeur (environ 30 centimètres), pour une largeur moyenne de 2 mètres. Le temps de chargement des navires est compris entre 1 et 5 heures, selon la capacité du navire, la nature des matériaux, la profondeur du gisement et les conditions nautiques.

Les navires dédiés à l'extraction de matériaux marins utilisent les technologies les plus avancées dans leur domaine. Ils sont équipés d'un système d'autocontrôle de leur positionnement et d'enregistrement automatique et inviolable des données d'extraction (tracés, période, vitesse, profondeur...), qui sont transmises aux autorités de tutelle en

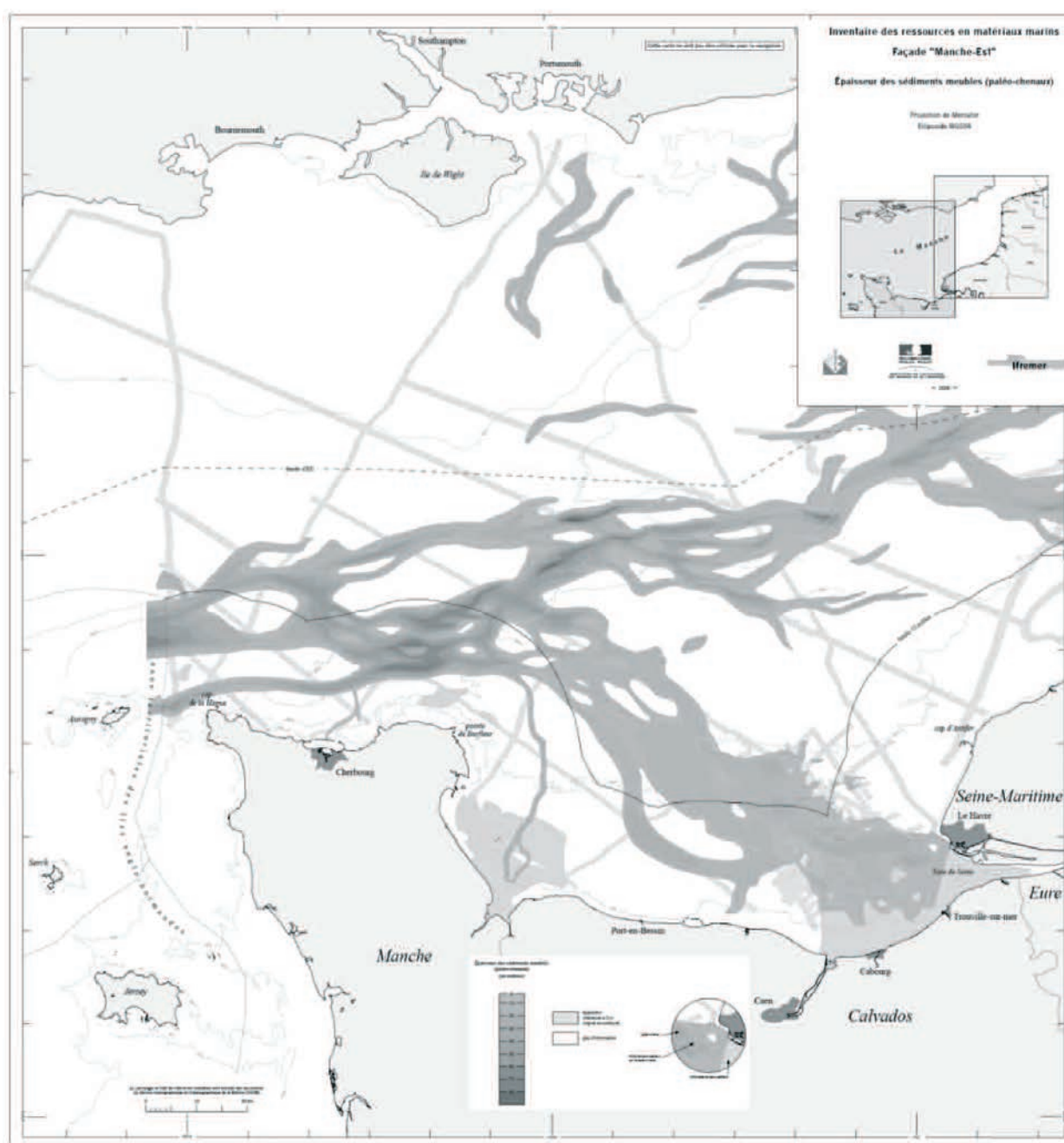


Figure 1 : Localisation des gisements de granulats marins en Baie de Seine et en Manche centrale (IFREMER, 2006).

charge du suivi et du contrôle de cette activité. Ces moyens techniques permettent de s'assurer du respect de l'ensemble des prescriptions réglementaires, notamment en ce qui concerne les limites des périmètres d'exploitation.

Le suivi des effets de l'extraction sur l'environnement

Éviter et réduire les impacts

Comme toute activité humaine, l'exploitation des granulats marins a un impact sur le milieu physique et biologique marin.

Comme pour les milieux terrestres, les exploitants doivent définir et mettre en œuvre les mesures nécessaires pour éviter et réduire les impacts de leurs projets sur le milieu marin. Il est cependant difficile de transposer à la mer les mêmes mécanismes que ceux utilisés pour les milieux terrestres.

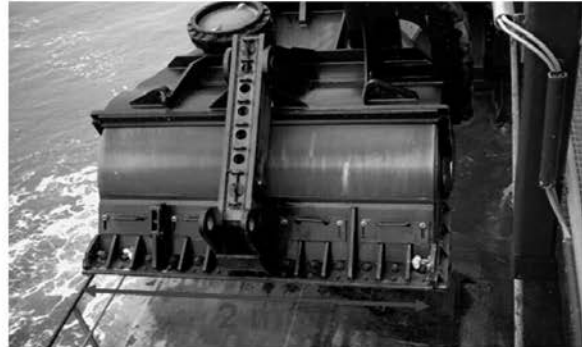
Un guide d'évaluation des incidences des projets d'extraction de matériaux en mer sur les sites Natura 2000 (2) expose le type de mesures envisageables pour éviter ou réduire les incidences, et ainsi éviter tout impact résiduel significatif. Il s'agit notamment :

- ✓ de l'évitement de zones présentant des enjeux environnementaux significatifs, définis globalement dans

a) Aspiration par une élinde



b) Zoom sur une élinde



c) Granulats + eau dans la cale



Figure 2 : Principe de l'extraction en marche de granulats marins à l'aide d'une drague aspiratrice.

les documents d'orientation et de programmation de Natura 2000 (il s'agit notamment d'éviter les zones de nurseries et de frayères identifiées),

- ✓ du choix de zones dont les caractéristiques sont favorables à une recolonisation biologique des fonds marins,
- ✓ de l'adaptation des pratiques d'exploitation pour limiter les impacts et favoriser la résilience du milieu grâce à toute une série de mesures, certaines étant d'application systématique (éviter toute mise à nu du substratum rocheux en maintenant une couverture sédimentaire suffisante), d'autres pouvant être mises en œuvre en fonction de la sensibilité des zones concernées, notamment vis-à-vis de la pêche.

Protocoles existants pour l'établissement de l'état de référence initial et le suivi du milieu marin

L'établissement d'un état initial est nécessaire pour le suivi des effets/pressions d'une activité extractive sur le milieu marin.

Des protocoles scientifiques sont systématiquement mis en œuvre pour analyser l'état initial des sites et surveiller, à intervalles réguliers, l'effet des extractions au regard des impacts identifiés dans les études d'impacts.

Les résultats de ces suivis environnementaux sont essentiels et peuvent conduire à une adaptation des méthodes et

périodes d'exploitation pour limiter les effets de l'extraction et favoriser la restauration du milieu.

Comme pour l'évaluation des impacts, l'orientation des suivis se fait selon les objectifs de conservation du site, proportionnellement à la pression de l'activité sur l'environnement. Le suivi doit être adapté à chaque situation particulière.

Dans le cadre d'une exploitation de granulats marins, le maître d'ouvrage pourra se référer aux protocoles recommandés par l'IFREMER (<http://wwwz.ifremer.fr/drogm/Ressources-minerales/Materiaux-marins/Protocoles>).

Il est recommandé de mener au minimum les opérations suivantes : une cartographie morpho-bathymétrique, une cartographie morpho-sédimentaire et un inventaire biologique.

Ces dispositions sont aujourd'hui reprises dans les arrêtés préfectoraux d'ouverture de travaux, qui définissent les conditions d'exploitation et les mesures périodiques de suivi des exploitations de granulats marins.

L'amélioration des connaissances

Au moment où se mettent en place les différentes stratégies et directives européennes dans le domaine maritime, il est nécessaire de s'assurer que les interlocuteurs administratifs, les utilisateurs du milieu (pêcheurs, plaisanciers...) et les ONG puissent disposer d'informations robustes et intégrées en matière d'exploitation des granulats marins.

Il s'agira d'évaluer l'évolution de la biodiversité au travers des suivis d'exploitation des granulats marins, en cohérence avec l'animation des aires marines protégées et des futurs plans d'action pour le milieu marin (PAMM) de la directive cadre Stratégie pour le milieu marin (DCSMM). Cette action évaluatrice doit permettre de s'assurer que l'activité d'extraction est compatible avec les nombreuses attentes entourant la protection et la valorisation de la biodiversité marine.

Il faut pouvoir faire apparaître la contribution positive que ce secteur industriel peut apporter, non seulement au travers d'une gestion responsable, mais aussi grâce aux données acquises sur les sites qui permettent de mieux appréhender l'évolution du milieu marin dans lequel s'exerce l'activité.

Voici quelques exemples d'études spécifiques qui ont été menées sur les façades Manche et Atlantique.

En Manche : le Groupement d'intérêt scientifique « Suivi des impacts de l'extraction de granulats marins » (GIS SIEGMA)

Ce GIS comprend des membres de droit (collectivités territoriales), un collège scientifique (CNRS, universités de Haute-Normandie, IFREMER, CSLN & CRITT Estran) et un collège des usagers (Comités régionaux des pêches de Haute & Basse-Normandie, GIE Graves de Mer, GIE Gris Nez, GIE GMN & l'UNICEM). Un comité de pilotage évalue et valide les propositions d'études d'un comité scientifique ; il peut également formuler des orientations qui sont soumises à ce dernier.

L'intégration d'usagers de la mer au GIS SIEGMA permet, en outre, de partager les connaissances, de parvenir à une meilleure compréhension mutuelle entre ces différentes professions et d'améliorer les relations entre elles.

Le protocole d'étude scientifique reprend les recommandations du Conseil international pour l'exploration de la mer (CIEM) visant à mieux déterminer les effets de l'extraction sur l'environnement. Rédigées en 1992, ses thématiques sont les suivantes :

- ✓ la fréquentation halieutique des secteurs d'extraction (Recommandation CIEM n°9),
- ✓ les relations trophiques entre poissons et proies benthiques (Recommandation CIEM n°1),
- ✓ les modalités et les conséquences du dépôt des sables de surverse (Recommandation CIEM n°11),
- ✓ la restauration des sites après l'arrêt des extractions (Recommandation CIEM n°9).

Pour permettre l'étude de ces thématiques scientifiques, le GIS SIEGMA a été mis en place de 2003 à 2007 sur les sites d'extraction de sables et de galets situés au large de Dieppe (phase I, l'exploitant est le GIE Graves-de-Mer), dont l'exploitation a débuté dans les années 1980. Afin de mieux appréhender ces impacts, les études ont ensuite été déplacées en Baie de Seine (phase II, l'exploitant est le GIE GMN) (3) sur un site d'extraction qui se caractérise par un environnement moins dynamique et plus sableux (voir la figure 3). Ce site a été le siège d'une extraction expérimentale (entre 2006 et 2011).

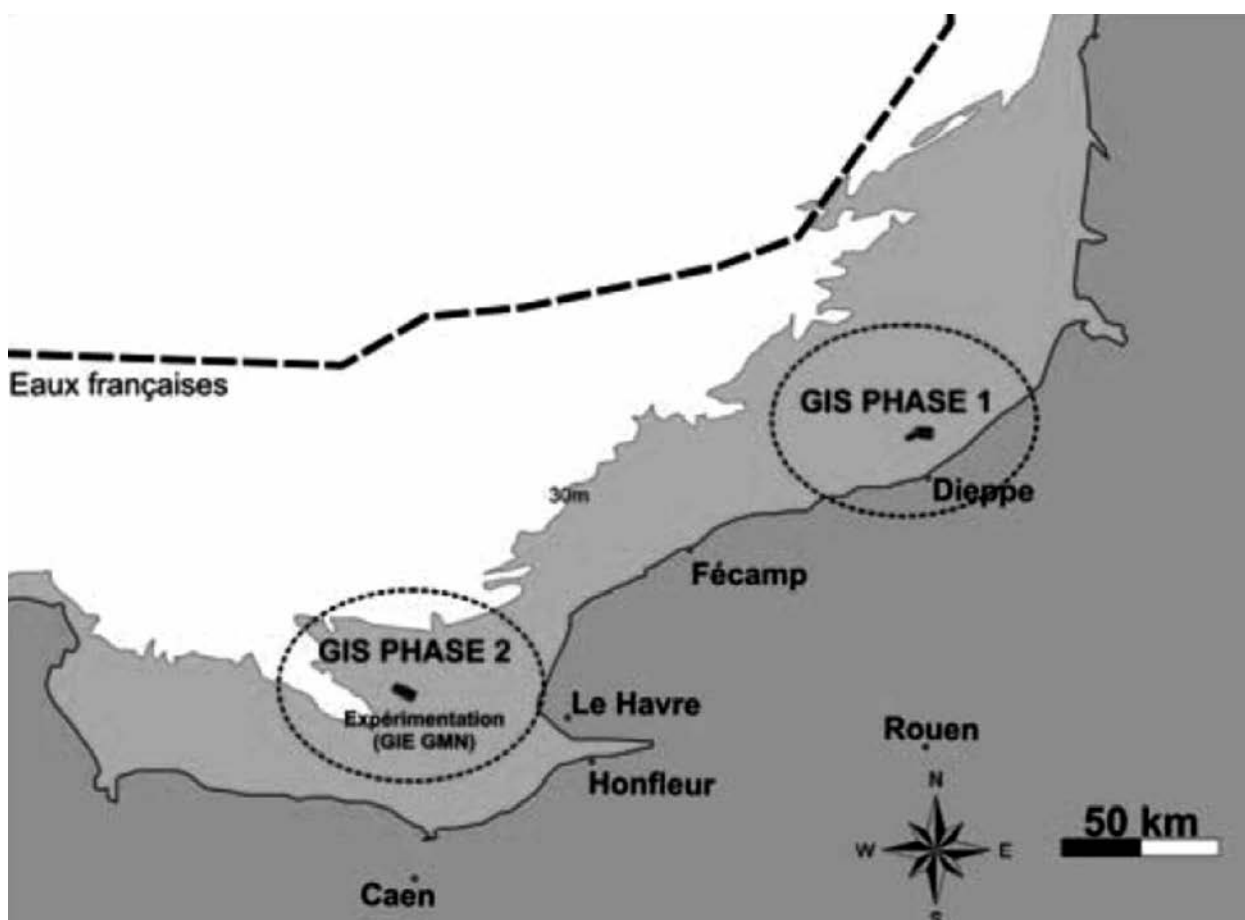


Figure 3 : Localisation des sites ateliers du GIS SIEGMA au large de Dieppe et en Baie de Seine.

Une plus grande pluridisciplinarité et l'étude des effets à des échelles de temps différents (court, moyen et long termes) ont permis de comprendre les processus de recolonisation du milieu et l'évolution post-extraction des sites exploités. Ces études ont fourni une quantité d'informations considérable, ce qui a permis d'apporter des éléments de réflexion sur les améliorations à apporter aux schémas d'exploitation actuels.

Le bilan de ces études effectuées en Manche orientale a montré notamment que les effets de l'extraction sont localisés, limités dans le temps et réversibles, et que des effets bénéfiques temporaires et localisés pouvaient apparaître grâce à la mise à disposition de nutriments dans la colonne d'eau *via* le rejet de la surverse ou, plus durablement, à travers une diversification des habitats permettant dans certains cas une augmentation de la biodiversité, en comparaison de l'état initial.

Le GIS SIEGMA a, en outre, permis la valorisation de ces études à travers :

- ✓ *des formations diplômantes, des publications et des communications* : thèses, bourses postdoctorales, stages de Master Recherche ; publications conjointes Université-IFREMER ; communications lors de congrès en Chine, au Japon, en Finlande, en Belgique et aux Pays-Bas ;
- ✓ *la dissémination des connaissances* (documents, formation et réunions d'information et de vulgarisation scientifique – pour les administrations, les collectivités, les usagers de la mer, les étudiants, les enseignants, les scolaires et le grand public).

En Atlantique : les études menées sur le site de la concession du Pilier

Un autre exemple de suivi est celui de la concession du Pilier, au large de Noirmoutier. Le gisement du Pilier, identifié par le CNEOX (devenu IFREMER) en 1974, a commencé à être exploité sur la base d'un permis délivré en 1986. Il fait l'objet depuis 1999 d'une autorisation d'exploitation qui prendra fin en 2018. Il s'agit d'une concession de 8 km² sur laquelle six sociétés – à savoir, DTM, les Sabliers de l'Odet, les Sablières de l'Atlantique, CETRA, STFMO et SARELO – sont co-titulaires du titre minier, conjointement et solidairement.

Dans le cadre du suivi environnemental réglementaire, un bilan est fait tous les cinq ans sur une zone élargie, d'une superficie de 40 km², à partir d'un cahier des charges établi par l'IFREMER. Il s'agit, lors de ce bilan, d'évaluer l'évolution de la zone d'exploitation et de ses abords au cours des cinq années écoulées, les anciens bilans servant d'état de référence et permettant la réalisation de comparaisons avec les résultats enregistrés au cours du temps. Ce bilan comprend, entre autres, une analyse de la bathymétrie sur la superficie considérée, une analyse morpho-sédimentaire établie par des mesures de sonar à balayage latéral dans cette même zone et une étude benthique de dix stations situées dans et hors de la concession.

À ces programmes de suivi s'ajoutent d'autres études venant compléter les informations de surveillance fournies lors de ces bilans. Par exemple, le bureau SOGREA a mené une étude hydro-sédimentaire complexe alliant des mesures *in situ* et une modélisation. Cette étude a permis de cerner la dynamique d'ensemble de la concession (bathymétrie, transports sédimentaires) et, par ailleurs, d'expliquer les évolutions du littoral nord de l'Île de Noirmoutier.

Une étude halieutique a également été menée en 2006 par l'IFREMER dans le cadre du programme Pecos, afin de mesurer l'impact de l'exploitation du Pilier sur le nombre de poissons présents sur ce site. Il s'est avéré que le nombre d'individus était plus élevé à l'intérieur de la concession qu'à l'extérieur, et que leur taille était supérieure. En effet, sur 200 000 m² chalutés dans la concession du Pilier, plus de 4 600 individus ont été recensés, contre 3 600 sur 250 000 m² chalutés hors de la concession. Cette observation montre que s'il existe bien un impact direct de l'extraction sur le benthos (c'est-à-dire sur les communautés d'organismes vivant à proximité du fond de la mer), l'impact indirect sur la communauté halieutique est en revanche plus difficile à appréhender. Cette étude est actuellement complétée par un suivi réalisé par le Comité régional des pêches et élevages marins des Pays de Loire.

La biodiversité globale ne semble pas non plus affectée par l'extraction. Ce phénomène peut s'expliquer par le remaniement des fonds marins, où se forment ensuite des niches écologiques propices au développement de différentes espèces.

Enfin, dans le cadre du programme PREVIMER (pilote par l'IFREMER pour les prévisions météorologiques côtières), des mesures journalières de température, de salinité et de pression des eaux effectuées à bord d'un des navires extracteurs ont permis de réaliser différents profils traduisant une évolution globale des eaux de surface et de profondeur, depuis 2009. Ainsi, il est possible de suivre les variations interannuelles de ces paramètres liées au débit de la Loire, à l'échelle saisonnière.

Les extracteurs de granulats marins : une profession en avance sur les préconisations de la directive cadre de la Stratégie pour le milieu marin (DCSMM)

Afin de réaliser ou de maintenir un bon état écologique du milieu marin, au plus tard en 2020, la directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 appelée « directive cadre Stratégie pour le milieu marin » conduit les États membres de l'Union européenne à prendre les mesures nécessaires pour réduire les impacts des activités sur ce milieu.

En France, la directive a été transposée dans le Code de l'environnement et s'applique aux zones sous souveraineté ou juridiction française, lesquelles sont divisées en quatre sous-régions marines : la Manche-Mer du Nord, les mers celtiques, le golfe de Gascogne et la Méditerranée occidentale.

À travers ces exemples d'études menées par la profession, certains objectifs de la DCSMM sont d'ores et déjà atteints en ce qui concerne l'extraction de granulats marins :

- ✓ Le suivi environnemental réalisé depuis l'ouverture des premières concessions dans les années 1980 rendent les informations acquises très précieuses, car il confère aux états initiaux et aux stations de référence, servant de base de comparaison pour les suivis, des références pour suivre l'évolution des caractéristiques biologiques et sédimentaires au cours des trois dernières décennies.

Dans ce cadre, la profession s'est portée volontaire pour mettre à disposition des données qui représentent un réseau conséquent d'enregistrements s'étirant le long des façades maritimes Manche et Atlantique.

- ✓ Les recommandations émises, qui découlent des résultats de ces programmes, ont permis d'adapter les schémas d'exploitation en mer afin de réduire les impacts sur l'environnement et de favoriser la recolonisation biologique.

Au-delà de cet aspect, ces initiatives ont permis un rapprochement entre les professionnels et les pêcheurs. Sur

certaines concessions, cela a conduit à une organisation de co-activité sur les sites d'extraction.

Notes

* Membres de la commission Granulats marins de l'UNPG.

(1) La procédure est définie par le décret n°2006-798 du 6 juillet 2006 modifié relatif à la prospection, à la recherche et à l'exploitation de substances minérales ou fossiles contenues dans les fonds marins du domaine public et du plateau continental métropolitains : <http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=LEGITEXT00006053979>

(2) <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Evaluation-des-Incidences.html>

Guide pour l'évaluation des incidences des projets d'extraction de matériaux en mer sur les sites Natura 2000 (2010).

Partie 1. 2010. Analyse des incidences potentielles :

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/couv_et_doc_analyse_p_1_a_p36_reduire.pdf

Partie 2. 2010. Guide méthodologique :

http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/guide_metho-do_extraction_materiaux_partie_1_reduire.pdf

(3) Le GIE GMN (Granulats Marins de Normandie) est composé des entreprises Eurovia, GSM et Cemex.

Les ressources minérales marines État des connaissances sur l'importance des dépôts

Par Yves FOUQUET*

Depuis quelques années, du fait d'une forte demande émanant des pays émergents, des tensions sont apparues dans l'approvisionnement en métaux de base ou en métaux rares. En un siècle, la consommation mondiale des quinze principaux métaux a été multipliée par 20 en tonnage, alors que la population mondiale n'était multipliée que par 3,6. Les cours de ces métaux se sont envolés. Quatre axes sont discutés pour répondre à cette demande croissante : le recyclage, l'optimisation des technologies, la substitution et, enfin, l'exploration de nouvelles ressources primaires, y compris en mer. Trois types de ressources métalliques potentielles sont connus dans les grands fonds marins : les sulfures hydrothermaux, les encroûtements cobaltifères et les nodules polymétalliques. Outre des métaux de base (comme le cuivre, le zinc, le plomb, le nickel ou le cobalt) et des métaux précieux (or et argent), ces minéralisations peuvent contenir des métaux dits rares (tels que platine, tellure, molybdène, zirconium, yttrium, indium, germanium, gallium et terres rares) devenus importants en raison de leur utilisation dans les technologies avancées et les énergies « vertes ».

Quelles est l'importance des minéralisations océaniques par rapport aux réserves connues sur les cinq continents ?

Introduction

L'alignement de la consommation des pays émergents sur le standard européen nécessitera l'augmentation de la production de cuivre et de zinc de 65 à 70 % au cours des prochaines années. Il faut donc relancer l'exploration, non seulement sur les continents, mais aussi dans les océans (qui couvrent 71 % de la surface terrestre et dont 60 % atteignent des profondeurs dépassant les 2 000 mètres). Les explorations scientifiques menées dans les grands fonds depuis une trentaine d'années ont permis d'identifier plusieurs processus géologiques et géochimiques conduisant à la concentration de métaux sous la forme de nodules polymétalliques, d'encroûtements cobaltifères et de dépôts de sulfures hydrothermaux.

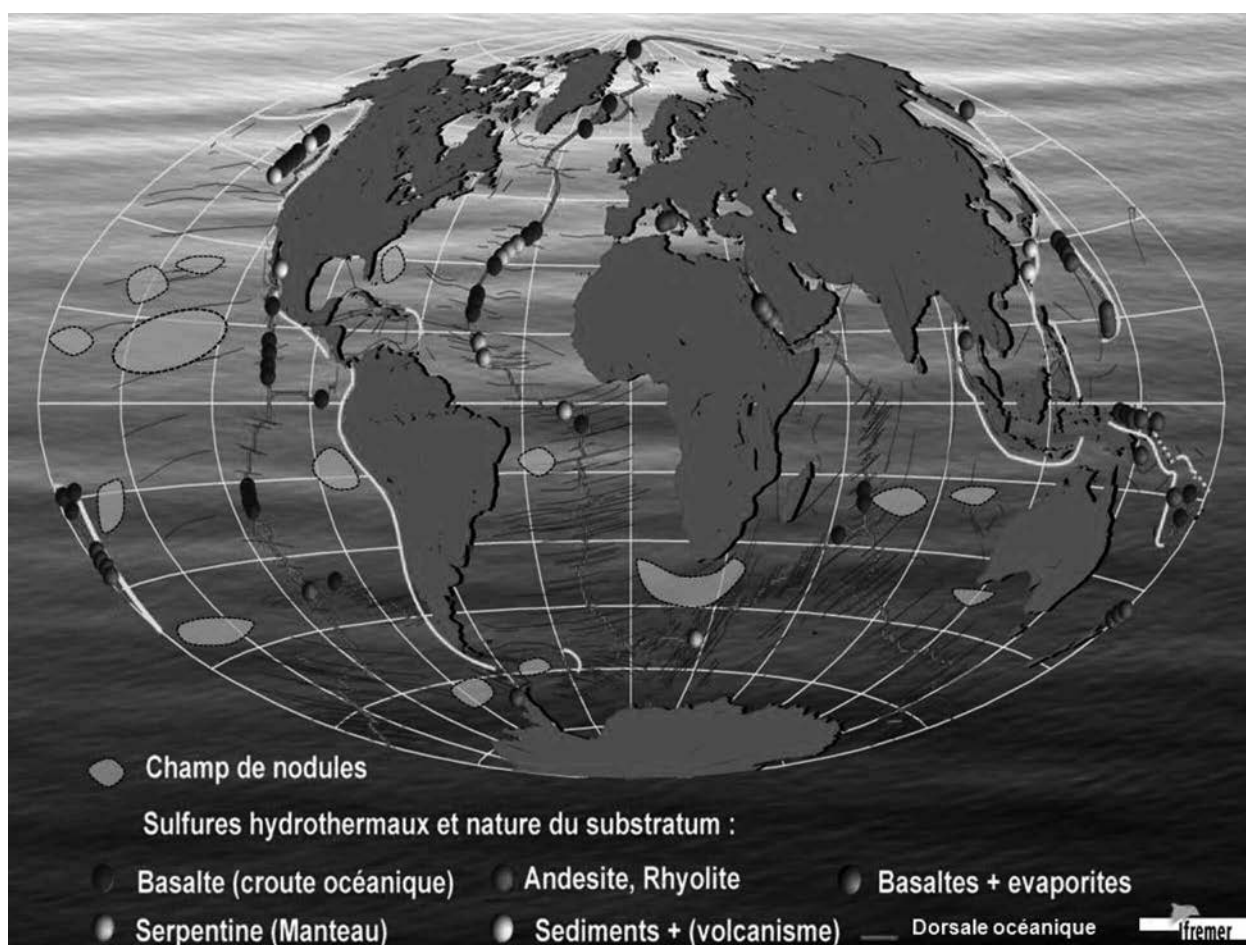
Ces découvertes ouvrent de nouvelles frontières pour la recherche et l'identification de nouvelles ressources minérales. Il faut noter que sulfures hydrothermaux, nodules et encroûtements sont liés à des processus toujours actifs et spécifiquement sous-marins (ils n'ont pas d'équivalents en domaine aérien sur la croûte continentale). Les minéralisa-

tions hydrothermales sont constituées de dépôts massifs de minerais sur le plancher océanique ; leur exploitation ne nécessitera pas le creusement de galeries et ne générera donc pas de volumes importants de stériles miniers. Ces facteurs convergent pour minimiser les coûts (infrastructures facilement transportables par voie de mer), l'impact environnemental et la dépense énergétique nécessaire aux exploitations.

Enjeux géopolitiques

Les pays développés sont de plus en plus dépendants des apports extérieurs en métaux. Ces pays représentent 20 % de la population mondiale, mais consomment 80 % des ressources. Si ces dernières devaient être partagées équitablement, les pays développés recevraient moins du quart de leur consommation actuelle.

La Chine est, quant à elle, passée d'une consommation de 0,66 kg de zinc par an et par habitant en 1996, à une consommation de 1,07 kg en 2000, et de 3 kg en 2010.



© IFREMER

« Les explorations scientifiques menées dans les grands fonds depuis une trentaine d'années ont permis d'identifier plusieurs processus géologiques et géochimiques conduisant à la concentration de métaux sous la forme de nodules polymétalliques, d'encroûtements cobaltifères et de dépôts de sulfures hydrothermaux. », localisation des sites hydrothermaux et des champs de nodules à l'échelle mondiale.

Pour que l'ensemble de la population mondiale atteigne le niveau de vie moyen des pays développés, il faudrait disposer de l'équivalent de trois fois les ressources actuellement connues sur Terre. Les besoins de pays à fort taux de croissance, tels que la Chine ou l'Inde, ne pourront pas être satisfaits par leur seule production intérieure. L'accroissement de la demande réduit considérablement la durée actuellement estimée des réserves en métaux.

L'Europe dépend de plus en plus d'approvisionnements extérieurs pour ses métaux. Une telle situation présente des risques importants en cas de tension sur les marchés. Il devient donc nécessaire de fournir un important effort d'exploration afin d'identifier de nouvelles réserves. En raison de l'épuisement des ressources terrestres, des minerais de plus en plus pauvres sont exploités à des profondeurs de plus en plus grandes. Cependant, les limites de concentration des minerais ne peuvent être abaissées en dessous d'un certain seuil, en raison de l'augmentation des besoins éner-

gétiques nécessaires à leur extraction et d'un impact environnemental plus fort.

Dans les décennies à venir, notre approvisionnement en métaux passera donc par l'apport d'une composante durable (le recyclage) dans le cycle d'utilisation des métaux, ainsi que par la découverte de nouveaux gisements riches dans des sites potentiels encore peu explorés. Le vaste domaine océanique constitue à cet égard un atout qui ne doit pas être négligé. Dans ce contexte, l'Autorité Internationale des Fonds Marins (AIFM) a élaboré des législations spécifiques pour l'exploration des sulfures et des nodules polymétalliques dans les eaux internationales. Plusieurs permis ont été délivrés au début des années 2000, pour les nodules, et depuis 2011, pour les sulfures.

Dans les ZEE nationales, plusieurs permis d'exploration et deux permis d'exploitations ont été délivrés portant sur des minéralisations profondes durant ces deux dernières années (voir la figure 1 de la page suivante).

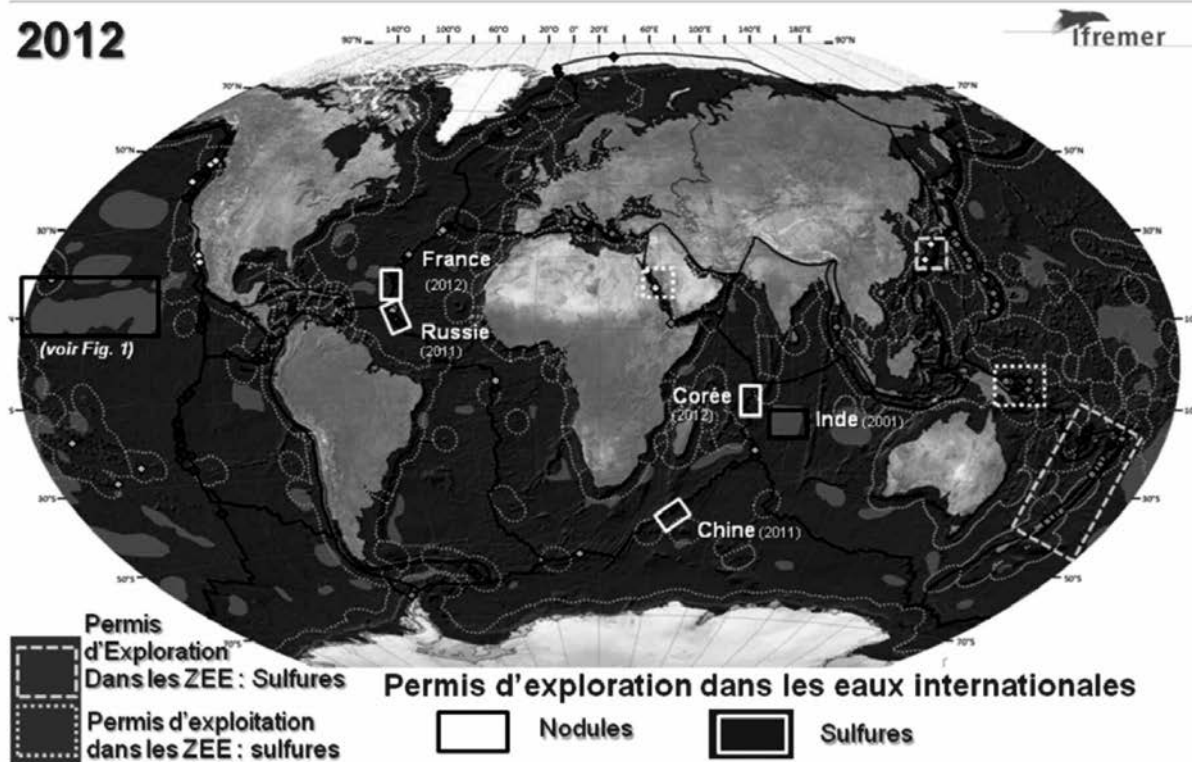


Figure 1 : Localisation des permis d'exploration et d'exploitation attribués dans les zones économiques exclusives (ZEE) et des permis d'exploration attribués par l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) dans les eaux internationales. Les zones en gris clair, dans les océans, permettent de visualiser les principaux champs de nodules polymétalliques. Les losanges, sur les dorsales (traits noirs, au centre des océans), indiquent les principaux champs hydrothermaux connus.

Les différents types de minéralisation et leur importance relative

Les nodules polymétalliques

Les nodules polymétalliques se présentent sous la forme de boules sombres de 5 à 10 centimètres de diamètre contenant environ 40 % d'eau. Ils sont principalement composés d'hydroxydes de manganèse et de fer. Ils se forment à partir de complexes métalliques dissous dans l'eau de mer ou présents dans les sédiments.

On les trouve à des profondeurs supérieures à 4 000 mètres, dans des zones à faible taux de sédimentation. Leur intérêt minier qui a été souligné tient au fait que leur teneur en nickel est égale ou supérieure à celle des gisements de latérites, ou que leur teneur en cuivre est supérieure à celle des grands gisements de porphyres cuprifères (0,5 % de cuivre) exploités à terre, et que leur concentration en cobalt équivaut à celles des gisements terrestres. Dans les nodules polymétalliques du Pacifique, la concentration moyenne est de 0,42 % en cuivre, 0,63 % en nickel, 0,24 % en cobalt et 18,50 % en manganèse. Ces nodules contiennent également un certain nombre de métaux mineurs ou précieux, à de faibles teneurs (du cérium, du zirconium, du molybdène, du tellure, de l'yttrium, du thallium,

du tungstène, du lithium et des terres rares, notamment...). Ces éléments peu étudiés jusqu'à présent pourraient augmenter sensiblement la valeur des nodules jusque-là considérés pour le nickel, le cuivre et le cobalt.

La région d'exploration la plus intéressante actuellement connue est la zone Clarion-Clipperton, dans le Pacifique nord. Dans ce secteur, plusieurs permis d'exploration ont été accordés par l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) (voir la figure 2 de la page suivante). À l'échelle mondiale, la zone de Clarion-Clipperton est la plus riche en métaux et en poids de nodules au mètre carré (de 8 à 10 kg m²). Les nodules y sont particulièrement concentrés en cuivre (0,82 %), en nickel (1,28 %) et en manganèse (25,40 %). Les estimations sur cette zone montrent que sur une surface d'environ 9 millions de km² (soit 15 % des fonds du Pacifique), à des profondeurs allant de 4 000 à 5 000 mètres, le poids total des nodules est de 34 milliards de tonnes, soit 7,5 milliards de tonnes de manganèse, 340 millions de tonnes de nickel, 275 millions de tonnes de cuivre et 78 millions de tonnes de cobalt.

En ce qui concerne le cuivre, la consommation mondiale annuelle est d'environ 16 millions de tonnes. Les nodules de la zone Clipperton représentent ainsi une réserve couvrant environ 17 années de la consommation mondiale. Des estimations de l'*United States Geological Survey* (USGS) montrent que la ressource potentielle en cuivre contenu dans des nodules polymétalliques à l'échelle mondiale est d'environ

ron 700 millions de tonnes, ce qui est du même ordre de grandeur que les réserves prouvées dans les mines continentales (630 millions de tonnes). Notons qu'à terre, les ressources potentielles en cuivre sont estimées à 3 milliards de tonnes (Source : USGS).

Jusqu'à présent, les nodules de manganèse ont été considérés comme des réserves minérales potentielles. Les investigations menées dans les années 1970 et 1980 n'ont pas abouti à leur exploitation pour diverses raisons : une profondeur supérieure à 4 000 mètres de fond, une mauvaise estimation de la ressource, le coût élevé des traitements métallurgiques, des problèmes politiques liés au droit de la mer et, enfin, l'effondrement du cours des métaux.

L'évaluation de leur potentiel impliquerait maintenant d'inventorier les zones les plus riches en nodules grâce aux outils modernes de cartographie et d'imagerie à haute résolution, et de mieux comprendre les processus de formation des nodules présentant les plus fortes concentrations.

Des travaux sont réalisés pour analyser les métaux rares qui ne l'avaient pas été systématiquement durant les années 1970 et les années 1980. En 2001, la France a obtenu, pour une période de 15 ans, un permis minier dans les eaux internationales du Pacifique nord, dans la zone Clarion-Clipperton. Du fait de l'important effort d'exploration mené par la France dans les années 1970, cette zone est l'une des plus intéressantes au monde en termes de concentration en métaux et de densité des nodules présents

sur le fond marin. À ce jour, 13 permis d'exploration ont été accordés par l'Autorité Internationale des Fonds Marins (AIFM). Quatre de ces permis ont été délivrés depuis 2011 dans la zone Clarion-Clipperton. Certains de ces permis sont directement soutenus par des industriels (voir la figure 2 ci-dessous).

Les encroûtements (notamment cobaltifères)

Des encroûtements d'oxydes ferro-manganésifères sont répertoriés dans tous les océans, dans des environnements où la combinaison de courants et de faibles taux de sédimentation empêche le dépôt de sédiments depuis plusieurs dizaines de millions d'années. Ils sont associés aux élévations sous-marines intra-plaques, aux monts sous-marins isolés et aux alignements volcaniques. Les encroûtements atteignent de quelques centimètres à vingt-cinq centimètres d'épaisseur et couvrent des surfaces de plusieurs dizaines de kilomètres carrés. Ils se déposent généralement sur des substrats durs (volcans sous-marins, anciens atolls immergés) à des profondeurs variant entre 400 et 4 000 mètres.

Leur croissance est très lente (de 1 à 6 millimètres par millions d'années) : ainsi, les croûtes les plus épaisses peuvent être âgées de plus de 60 millions d'années. Les plus fortes concentrations en métaux se forment aux profondeurs les plus appauvries en oxygène.

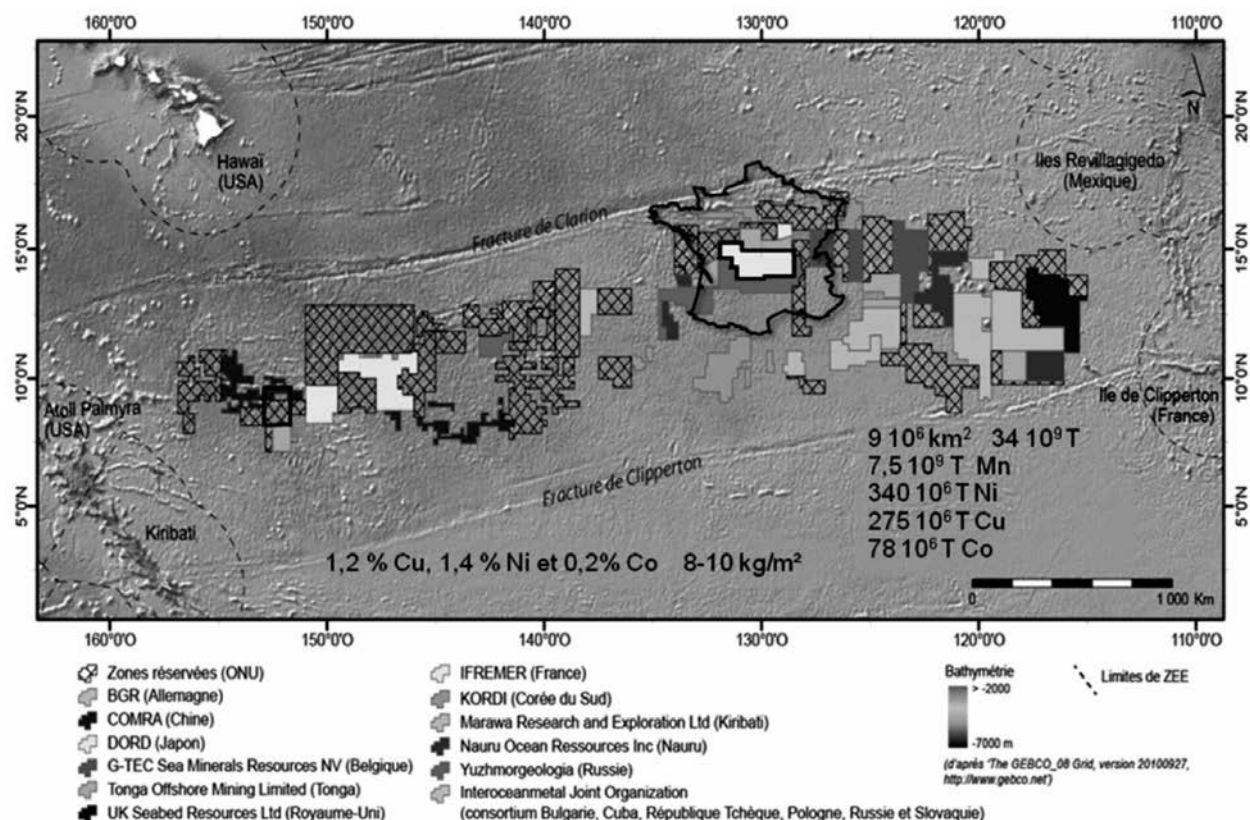


Figure 2 : Position des permis accordés par l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) dans la zone à nodules de Clarion-Clipperton. Les deux zones des permis accordées à la France sont en blanc et entourées d'un trait noir. La carte de France superposée est à l'échelle, ce qui permet de mieux visualiser la dimension des zones bénéficiant de permis.

Les processus de précipitation qui leur ont donné naissance sont probablement influencés et renforcés par l'activité bactérienne.

Les estimations montrent que 6,35 millions de kilomètres carrés, soit 1,7 % de la surface des fonds des océans, sont recouverts d'encroûtements de manganèse. Les premières investigations systématiques ont démarré en 1981 dans l'océan Pacifique central. De nombreux pays se sont intéressés depuis vingt ans à cette ressource potentielle : Japon, États-Unis, Russie, Allemagne, France, Corée, Royaume-Uni, Chine. Un très faible nombre de volcans immergés (estimés à 50 000) ont été étudiés dans l'océan Pacifique. Les dépôts présentant le plus fort potentiel économique sont riches en cobalt et en platine. Ils sont tous situés dans l'océan Pacifique. Les échantillons les plus riches se situent sur les bords externes des plateaux sous-marins (notamment dans l'archipel des Tuamotu) et sur d'anciens volcans sous-marins, à des profondeurs comprises entre 800 et 2 500 mètres. En octobre 2012, l'AIFM a validé le texte juridique encadrant les permis d'exploration pour les encroûtements situés dans les eaux internationales. La Chine, le Japon et la Russie ont déposé des demandes qui seront examinées en juillet 2013.

Comme les nodules, les encroûtements sont essentiellement constitués d'oxydes de fer et de manganèse. Ils sont, cependant, en moyenne trois fois plus riches en cobalt

(0,7 % en moyenne), et souvent fortement concentrés en platine.

Leur valeur « métal contenu » est deux à trois fois supérieure à celle des latérites exploitées à terre. Les encroûtements marins sont parmi les minéralisations en cobalt les plus riches connues sur Terre. Leurs concentrations en cobalt sont bien plus élevées que celles des minerais exploités à terre, dont la teneur n'excède pas 0,1 à 0,4 %.

Les encroûtements marins pourraient constituer un véritable minerai de cobalt et non un sous-produit d'autres exploitations, comme c'est le cas aujourd'hui.

Le platine et les métaux rares, présents à des concentrations importantes dans certains sites, pourraient également conduire à une valeur ajoutée non négligeable. Comme pour les nodules, plusieurs métaux mineurs sont présents dans les encroûtements. En plus du cobalt, les croûtes d'oxyde de manganèse peuvent être une source potentielle de nombreux autres éléments métalliques, tels que le titane, le tellure, le tungstène, le niobium, le bismuth, l'yttrium, le nickel, le platine, le phosphore, le thallium, le zirconium, le molybdène et les terres rares. Les concentrations en terres rares, comprises entre 0,15 et 0,25 %, sont sensiblement plus faibles que dans les mines terrestres (> 5 %), mais les tonnages peuvent être comparables.

Cette observation justifie de progresser dans la connaissance des paramètres géologiques et chimiques qui condi-



© IFREMER-Campagne Nixonaut

« Les encroûtements marins sont parmi les minéralisations en cobalt les plus riches connues sur Terre. Leurs concentrations en cobalt sont bien plus élevées que celles des minerais exploités à terre, dont la teneur n'excède pas 0,1 à 0,4 % », découverte d'encroûtements cobaltifères lors de la campagne Nixonaut réalisée en 1987 dans le Pacifique Sud.

tionnent la formation des accumulations les plus riches. Au plan scientifique, des efforts demeurent nécessaires pour mieux comprendre les règles de répartition, la variabilité des épaisseurs et de composition, et les divers processus impliqués dans la formation des encroûtements.

Du point de vue économique, beaucoup reste à faire pour évaluer les dépôts, localiser les zones les plus fortement concentrées en métaux et identifier des zones relativement planes et continues sur lesquelles un ramassage serait possible sans trop de dilution dans du substrat stérile. Les concentrations les plus élevées (maximum de 1,9 % pour le cobalt et de 4,5 g/t de platine) sont situées en Polynésie. Dans la zone des Tuamotu, les croûtes forment un tapis plat et continu sur des formations sédimentaires indurées. Dans cette zone, on estime qu'une surface de 100 km² de fond marin contient environ 10 millions de tonnes de croûtes polymétalliques, ce qui représente plus de 100 000 tonnes de cobalt et 10 tonnes de platine (pour des concentrations de 1 % en Cobalt (Co) et de 1 g/t en platine (Pt)).

Les images sonar réalisées en Polynésie ont permis de déterminer que les substrats durs favorables à la formation des encroûtements représentent environ 50 000 km². Il y aurait donc en Polynésie, environ 50 millions de tonnes de

cobalt et 5 000 tonnes de platine, ce qui représente, au taux de consommation mondiale actuel (88 000 t/an pour le cobalt et 230 t/an pour le platine), près de 600 ans de ressources pour le cobalt et près de 22 ans pour le platine. Il convient cependant de nuancer ces chiffres, car beaucoup de zones, telles que les pentes des volcans, présentent des rugosités trop élevées pour un ramassage efficace. Comme pour les nodules, une réelle évaluation du potentiel des encroûtements métallifères implique de réaliser des cartographies en haute résolution près du fond marin afin de déterminer la continuité des minéralisations et de rechercher des zones relativement plates, qui seraient seules favorables à un ramassage. Ces opérations mettant en œuvre des submersibles devraient également permettre de sélectionner et de comprendre la formation des zones les plus riches.

Les sulfures polymétalliques hydrothermaux

Les sulfures polymétalliques hydrothermaux sont le résultat de la circulation d'eau de mer dans la croûte océanique, sous l'effet de gradients thermiques importants. On les trouve sur toutes les structures sous-marines



© IFREMER-Victor/Campagne SERPENTINE

« Les sulfures polymétalliques hydrothermaux sont le résultat de la circulation d'eau de mer dans la croûte océanique, sous l'effet de gradients thermiques importants. On les trouve sur toutes les structures sous-marines d'origine volcanique, en particulier le long des 60 000 kilomètres de dorsales sous-marines. », sulfures d'un site hydrothermal inactif (se situant à 3 700 mètres de profondeur) observé lors de la campagne océanographique Serpentine menée par l'IFREMER sur la dorsale médio-atlantique.

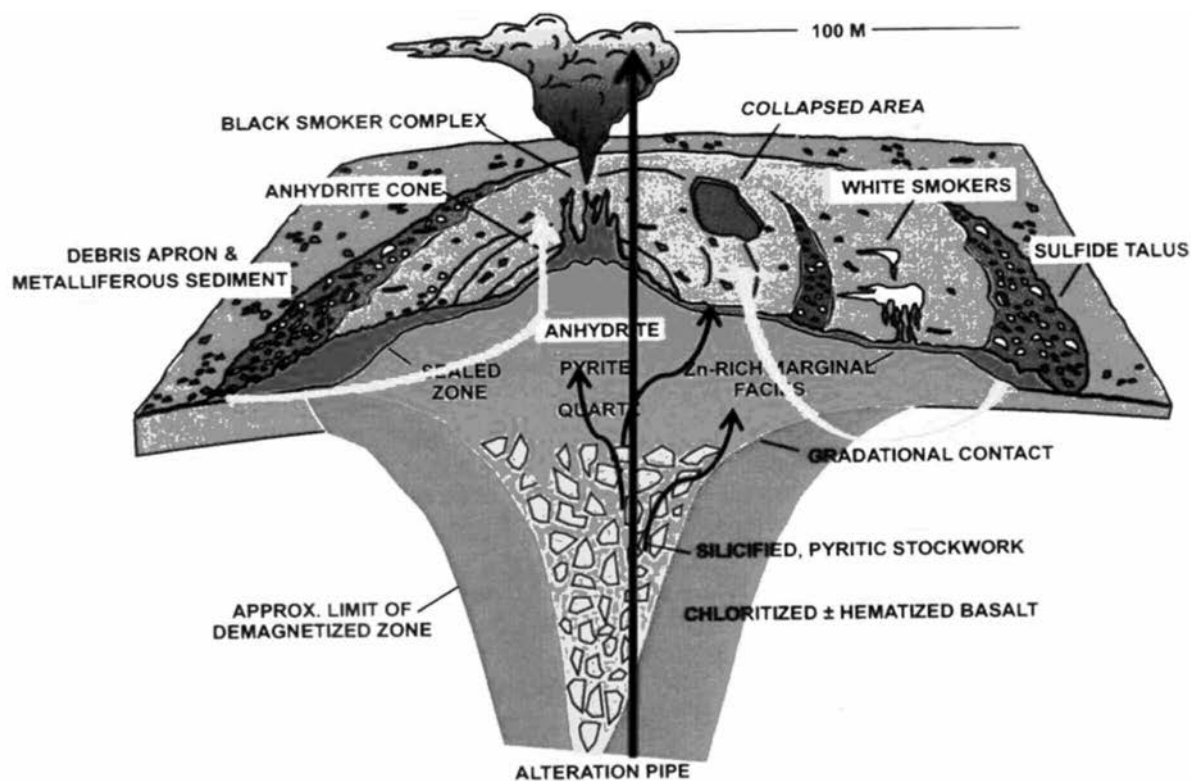


Figure 3 : Exemple d'amas sulfuré hydrothermal sur une dorsale lente (site TAG, à 23°N sur la dorsale atlantique). Noter la dimension réduite du dépôt par rapport à celle des champs de nodules.

d'origine volcanique, en particulier le long des 60 000 kilomètres de dorsales sous-marines. L'activité hydrothermale est un important mécanisme d'extraction, de transport et de concentration des métaux, qui s'accumulent sous la forme d'amas massifs de sulfures métalliques (voir la figure 3 ci-dessus).

Selon le contexte et la nature du substratum impliqué, les minéralisations hydrothermales peuvent être fortement concentrées en cuivre, en zinc, en or, en argent, en cobalt, en plomb et en baryum, mais aussi en éléments plus rares, tels que le cadmium, l'indium, le sélénium, le gallium, le germanium, l'antimoine et le mercure.

De manière générale, par rapport aux nodules et aux encroûtements de manganèse, il s'agit de minerais potentiellement riches en métaux, puisque leur teneur totale en cuivre + zinc est fréquemment supérieure à 10 %.

En raison de la salinité de l'eau de mer et de l'élévation de la température d'ébullition de l'eau, proportionnellement à la profondeur, les fluides circulant dans la croûte océanique ont une grande capacité à transporter les métaux. Ce type de minerai est bien connu dans les gisements fossiles exploités à terre et formés sous la mer au cours des temps géologiques. Une partie importante du cuivre, du zinc, de l'argent et de l'or exploités sur les continents sont produits à partir de ce type de gisement.

Après trente-cinq années d'exploration dans tous les océans, la découverte de près de 150 sites hydrothermaux (voir la figure 1 de la page 51) démontre l'importance des

processus hydrothermaux associés au volcanisme sous-marin. Des minéralisations sulfurées sont maintenant connues à des profondeurs comprises entre 800 et 5 000 mètres et des champs hydrothermaux ont été localisés dans les principaux contextes géodynamiques (dorsales lentes et rapides, bassins arrière-arc, arcs insulaires) et sur des substratums variés (basaltes, andésites, dacites, sédiments, roches ultrabasiques du manteau).

Les premières minéralisations découvertes à la fin des années 1970 représentaient seulement quelques dizaines de milliers de tonnes de sulfures polymétalliques. On connaît maintenant une vingtaine de champs hydrothermaux dont les dimensions et les concentrations en métaux sont similaires à celles de mines exploitées à terre, c'est-à-dire de quelques millions à plusieurs dizaines de millions de tonnes.

Le dépôt le plus important se situe dans la fosse Atlantis, sur l'axe central de la Mer Rouge, où des sédiments métallifères totalisent (en poids sec) environ 100 millions de tonnes.

Les techniques d'exploration depuis la surface permettent essentiellement de localiser les sites actifs. Cependant, des explorations systématiques effectuées sur certaines portions de la dorsale atlantique ont montré l'existence de nombreux sites inactifs anciens, de dimensions souvent plus importantes que celles des sites actifs. Ces dépôts constituent une ressource minérale potentielle qui a commencé, depuis quelques années, à intéresser l'industrie pour les sites situés dans les eaux économiques des États. Plusieurs

compagnies minières ont déposé des permis pour évaluer et exploiter des amas sulfurés hydrothermaux dans le sud-ouest du Pacifique et en Mer Rouge (voir la figure 1 de la page 51).

Malgré des connaissances encore parcellaires, plusieurs auteurs ont tenté d'estimer les quantités de métaux accumulés dans les minéralisations hydrothermales. Ces approches sont souvent biaisées du fait que les techniques d'exploration efficaces ne permettent de localiser que les sites actifs. La zone la mieux connue et la mieux explorée actuellement, à la fois pour les sites actifs et les sites inactifs, est celle étudiée par la Russie depuis plus d'une dizaine d'années (et aussi dans le cadre d'une coopération entre la France et la Russie), entre 13°N et 21°N sur la dorsale Atlantique. Une exploration systématique de cette portion de dorsale lente sur environ 1 000 kilomètres de long et 20 kilomètres de large a permis de localiser sept champs hydrothermaux majeurs dont quatre dépôts inactifs. L'ensemble de ces minéralisations totalise plus de 75 millions de tonnes de sulfures. En considérant qu'environ 40 000 kilomètres des 60 000 kilomètres de dorsales sont des dorsales lentes, on peut estimer que la portion de ces dernières ayant moins d'un million d'années (20 kilomètres de large pour un taux d'ouverture de 2 cm/an) contient 40 X 75 millions de tonnes, soit environ 3 000 millions de tonnes de minéralisations sulfurées. Les amas sulfurés fossiles actuellement situés sur les continents et formés en milieu sous-marin au cours des temps géologiques représentent actuellement environ 850 millions de tonnes de sulfures. Avec une teneur de 5 % en cuivre, les minéralisations des océans actuels représentent donc environ 150 millions de tonnes de cuivre, ce qui correspond à une dizaine d'années de consommation mondiale (15,8 millions de tonnes/an). Les réserves mondiales en cuivre sur les continents sont estimées à 630 millions de tonnes, soit à une quarantaine d'années de réserves au rythme de consommation actuel. Notons, enfin, qu'au-delà de la largeur des 20 kilomètres considérée dans nos estimations, des dépôts de sulfures hydrothermaux enfouis sous une couverture de sédiments existent sur l'ensemble de la largeur de l'océan. En l'état actuel des technologies, ces dépôts sont difficilement détectables.

En raison de leur richesse en métaux, de leur emprise minimale (quelques hectares) sur le fond, de leur caractère

massif ne générant pas de stériles et de la profondeur plus faible que celle des nodules, l'exploitation des sulfures constituera sans doute, avant les encroûtements cobaltifères et les nodules, la première exploitation minière dans les grands fonds océaniques.

Un cas particulier : les terres rares présentes dans les sédiments marins

L'annonce de la découverte par des chercheurs japonais de stocks importants de terres rares dans des sédiments marins du Pacifique a fait l'objet de très nombreux articles dans la presse mondiale, en 2011. Les concentrations annoncées (de l'ordre 0,1 à 0,2 % de terres rares) sont nettement inférieures à celles des minerais exploités à terre (de l'ordre de 5 %) et sont similaires à celles des encroûtements cobaltifères dans lesquels les terres rares sont associées à d'autres éléments valorisables, tels que le cobalt et le platine. Dans les sédiments marins, la concentration maximale en terres rares lourdes, tel que le dysprosium (72 g/t), est plus faible que celle des gisements terrestres (par exemple, à Mount Weld, en Australie, avec 500 g/t) et est comparable à celle des encroûtements (58 g/t). Le dysprosium est l'une des terres rares indispensables à la fabrication d'aimants permanents, et dont l'offre pourrait être insuffisante à très court terme. La connaissance du potentiel réel en terres rares des sédiments de Polynésie implique de réaliser un maillage d'échantillonnage resserré afin de déterminer la continuité latérale et les variations des concentrations en terres rares. La conclusion de l'équipe japonaise qui indique qu'un kilomètre carré de ces boues fournirait un cinquième de la consommation mondiale de terres rares (1 377 tonnes en 2009), paraît prématurée. Il est probable que les zones les plus riches n'ont pas encore été découvertes, ce qui implique de reprendre les collections existantes de nodules, d'encroûtements et de carottes de sédiments sous-marins pour y rechercher les fortes concentrations de terres rares lourdes et de mener des campagnes spécifiques pour définir l'extension des zones riches.

Note

* Unité de Recherche Géosciences Marines, Laboratoire de Géochimie et Métallogénie de l'IFREMER (Brest).

Les énergies marines, des énergies d'avenir

Par Georgina GRENON* et Julien THOMAS** (1)

Les énergies marines représentent un potentiel théorique plusieurs fois supérieur aux besoins électriques mondiaux et contribueront à améliorer l'indépendance énergétique tout en nous permettant de progresser vers une décarbonation du mix électrique. Si ce potentiel énergétique, environnemental et industriel n'est pas encore exploité, de premiers essais prometteurs font déjà rêver les industriels, les énergéticiens, les populations riveraines et les États : tous friands de leviers de croissance et de créations d'emplois, en plus de la réalisation des objectifs énergétiques et environnementaux proprement dits. Comme toutes les grandes innovations en matière d'énergie, les cycles sont longs, et le pari que représente un développement fiable et à des coûts maîtrisés de ces énergies nécessite d'adopter une vision de long terme. La capacité à exploiter les potentialités qu'offrent les énergies marines dépendra de l'implication de tous.

Les énergies marines électriques : un foisonnement de technologies visant un même objectif

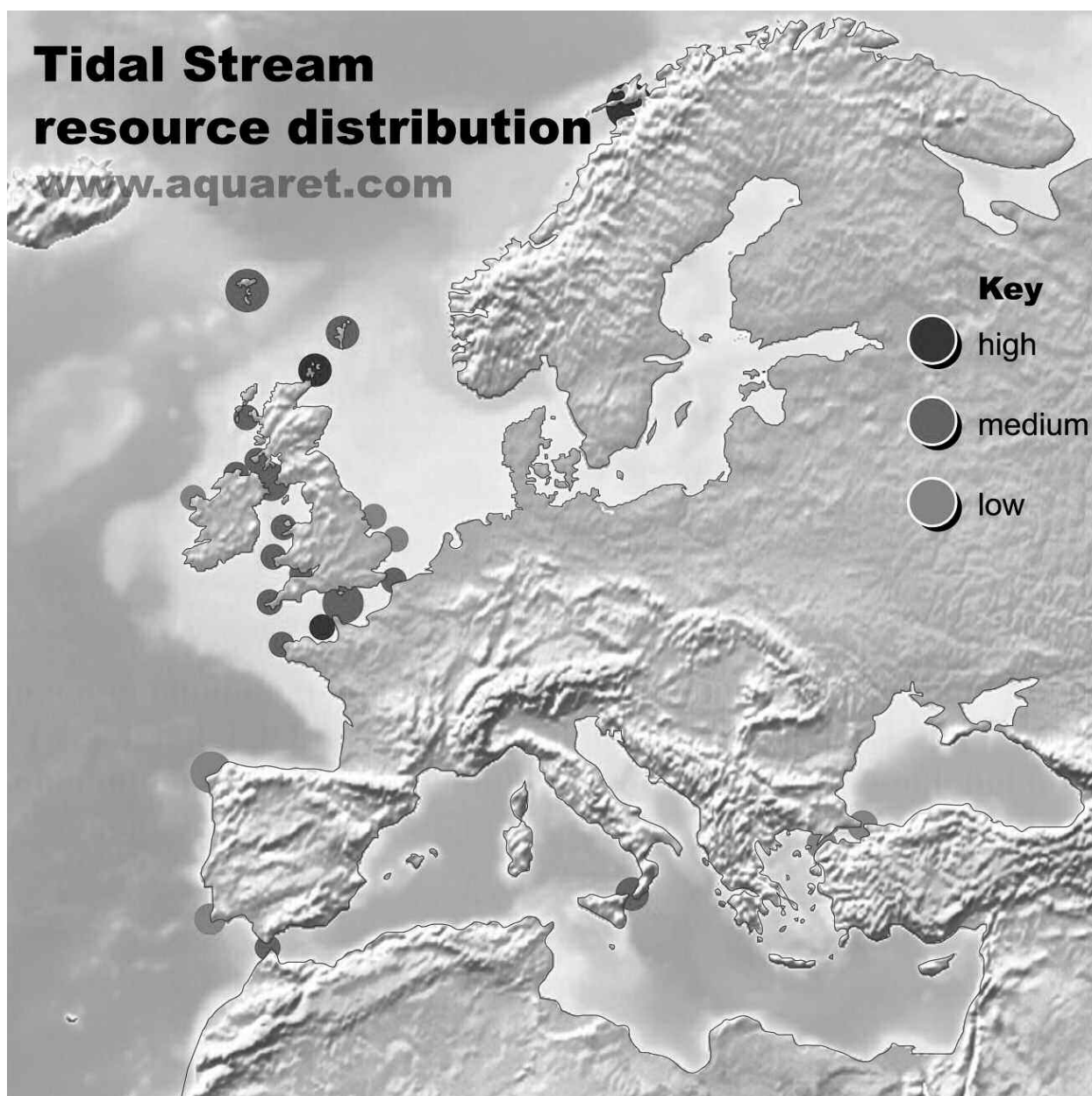
Les termes *énergies marines* désignent l'ensemble des technologies permettant de produire de l'électricité à partir des différentes forces (ou ressources) du milieu marin. La mer est une source inépuisable de différentes formes d'énergie : en font partie l'énergie hydrolienne, l'énergie houlomotrice, l'énergie thermique des mers, l'énergie osmotique et l'énergie marémotrice.

Les énergies marines, un potentiel énorme non encore exploité

Le potentiel total théorique des énergies marines dans le monde a été estimé par l'Agence internationale de l'énergie dans une fourchette allant de 20 000 à 90 000 térawatts-heure/an (TWh/an) ; en comparaison, la consommation mondiale d'électricité est de l'ordre de 16 000 TWh/an. Même si l'écart entre le potentiel théorique et la ressource réellement exploitable dans les prochaines années est une chose indéniable, on peut considérer que ces technologies feront partie de celles qui pourront contribuer à l'indépendance énergétique des pays, non seulement grâce à une électricité renouvelable, mais aussi en injectant dans les réseaux une électricité à un niveau de prévisibilité bien plus élevé que celui de la plupart des sources d'électricité renouvelables connues à ce jour. Le faible impact environnemental des énergies

marines est lui aussi porteur d'espérance : avec un bilan carbone parmi les plus faibles – toutes technologies électriques confondues – ces énergies présentent de réelles opportunités de décarboner les territoires insulaires, et les premiers essais, effectués dans des conditions réelles, ont apporté la preuve d'un faible impact sur l'environnement marin. Ces technologies si innovantes, créées de toute pièce, représentent aussi un potentiel industriel très convoité, car les activités relatives à la fabrication, à la mise en service et à la maintenance de ces installations exigeront une base logistique implantée à proximité. À titre d'exemple, on estime aujourd'hui qu'en ce qui concerne les technologies hydroliennes les plus avancées, un minimum de 50 à 60 % de la valeur ajoutée d'une installation devraient être produits localement.

Mais ce potentiel énergétique, environnemental et industriel n'est pas encore exploité : les filières n'en sont qu'à leurs débuts et ont besoin de se structurer et de se consolider pour avancer. Si des essais en mer ont été réalisés – ou sont en cours – sur certaines familles de technologies, il n'existe à ce jour aucun parc en production. De plus, il n'y a encore que peu d'informations sur la façon dont des machines implantées au sein d'un même parc pourront interagir entre elles, d'autant plus que les solutions aujourd'hui en développement présentent de fortes différences entre elles. Aussi, il est peu probable qu'existe à terme une unique solution par famille technologique. Ainsi, l'exploitation des gisements de chacune des énergies marines passera très probablement par un recours à plusieurs solutions complémentaires entre elles.



Le potentiel européen de l'énergie hydrolienne.

© Aqua-Ret

De premiers essais prometteurs qui font rêver les industriels, les énergéticiens, les populations riveraines et... les États

Le marché autour des énergies des mers n'en est encore qu'à ses débuts, mais la filière commence à se développer dans certaines régions clés. La diversité des potentiels de ressources et la maturité des technologies nécessaires à leur exploitation accélèrent actuellement le développement de cette industrie nouvelle. Aujourd'hui, le marché est tiré par la Grande-Bretagne, l'Irlande, la France, le Portugal, l'Australie, les États-Unis et le Japon.

Pour les industriels, et notamment pour ceux qui sont basés à proximité des gisements, il s'agit d'une opportunité de créer de nouvelles filières globales et de proposer un

puissant levier de croissance aux différents maillons de la chaîne d'approvisionnement et de services.

Mais si l'innovation et les outils de production ainsi que leur installation sont du ressort de tout type d'acteurs allant de la petite *start-up* à de grosses multinationales, il reviendra aux énergéticiens d'exploiter ces installations de production électrique. Cette rupture technologique devient donc un levier de croissance et de différenciation important – ce qui est rare et mérite donc d'être souligné –, voire de repositionnement pour l'avenir.

Si l'acceptabilité des énergies renouvelables pour l'ensemble des citoyens est assez répandue, l'attitude réservée habituellement par les populations riveraines peut s'avérer moins accueillante du fait de l'impact visuel de celles-ci, ainsi que de celui de leur logistique, ou tout simplement par



une réaction de principe du type : « oui, mais pas chez moi ». Or, il s'avère que, par expérience et par analogie avec des technologies plus avancées, comme l'éolien en mer, l'importante création de valeur autour de ces gisements est susceptible d'améliorer sensiblement l'accueil réservé par les populations locales. Celles-ci ne manquent pas de remarquer les effets bénéfiques en termes d'emplois directs, de retombées indirectes et de taxes locales à reverser aux communes concernées, ainsi que d'autres efforts faits par les porteurs de projets pour mieux intégrer ces activités existantes ou nouvelles dans le paysage et le contexte local.

Face à ces attentes, les États, à la recherche de leviers de croissance et engagés sur des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (tout en veillant à la maîtrise de leur impact final), n'ont pas tardé à lancer des programmes dédiés au développement et à la consolidation de ces filières.

Des efforts considérables restent à faire pour transformer l'essai... Les cinq à dix années à venir seront à cet égard décisives

Que l'on soit en Écosse, en Irlande, au Canada, en Australie, en Bretagne ou en Basse Normandie, l'information circule très vite. La communauté internationale est attentive aux informations provenant des essais réalisés, car il s'agit de technologies innovantes, et il faudra faire preuve de courage et d'intelligence pour franchir les prochaines étapes.

Tout d'abord, il faudra montrer que « ça marche », faire sauter les verrous technologiques et sociétaux les plus importants, comprendre le fonctionnement des machines en interaction avec d'autres machines dans un même parc, réaliser les raccordements électriques sous-marins nécessaires dans des conditions extrêmes jamais rencontrées jusque-là (courants marins, houle, vent, profondeurs importantes) et démontrer la fiabilité des systèmes et l'efficacité des opérations de maintenance.

Méthodiquement, il faudra donc s'assurer d'une baisse progressive des risques associés (risques technologiques, risques « pays », etc.) et avancer sur une courbe d'apprentissage qui devrait permettre une réelle baisse des coûts de production de l'électricité.

Il faudra aussi faire de la pédagogie, car les investisseurs et les autres parties prenantes au développement commercial de ces technologies ignorent encore, dans la pratique, le potentiel et le calendrier de maturation de ces technologies, qu'ils associent encore à de grandes idées. Les gros investisseurs institutionnels sont, à terme, la cible à atteindre, car, il ne faut pas l'oublier, ces installations sont à forte intensité capitalistique, comme la plupart des grands projets d'infrastructures.

Les cinq à dix prochaines années seront décisives pour l'émergence de ces technologies et pour le début d'un déploiement fiable à des coûts maîtrisés. Mais, dans le court et moyen terme, il faudra être collectivement prêts à accepter de payer pour une électricité qui devrait rester plus chère que la moyenne des prix constatés sur le marché de

gros durant les dix à quinze prochaines années. Si la situation s'avère plus intéressante dans les réseaux isolés ou insulaires vu les coûts réels de l'électricité produite sur place, les risques et surcoûts associés aux facteurs climatiques seront d'autant plus marqués. Cela dit, comme pour toutes les grandes innovations dans le domaine de l'énergie, les cycles sont longs et le pari nécessite d'adopter une vision à beaucoup plus long terme.

Il faut certainement faire vite, car l'avantage aux premiers entrants sera important. Mais il ne faudra pas pour autant brûler les étapes, sous peine de risquer de perdre la confiance des parties prenantes, dont la contribution est indispensable à la réussite collective de cette aventure marine. Le potentiel que représentent les énergies marines est grand et la capacité à l'exploiter dépendra de l'implication de tous.

Et la France dans tout ça ?

Le développement des énergies marines renouvelables est un des secteurs prioritaires identifiés par la France pour sa transition énergétique ; il devrait faciliter une plus grande diversification de ses sources énergétiques, assurer une plus grande sécurité d'approvisionnement et permettre le développement de nouvelles filières industrielles qui leur sont associées.

En France, la ressource est concentrée majoritairement au large des côtes de Normandie, de Bretagne et des Pays de la Loire, et des opportunités sont aussi à saisir dans les territoires d'outre-mer. La feuille de route pour la transition écologique montre l'engagement du gouvernement dans l'exploitation de ces ressources et le développement des emplois que l'émergence des industries connexes devrait générer. Pour cela, des premiers pas importants ont été faits afin de soutenir les travaux de recherche et développement indispensables à la maturation de ces filières. Comme pour d'autres pays, la bancabilité des technologies et la réduction de leurs coûts sont, en France, essentielles. Il en va de même de la mise en place des chaînes d'approvisionnement nécessaires à l'exploitation de ces nouvelles sources d'énergie renouvelables à l'échelle commerciale.

Un certain nombre d'initiatives ont été prises depuis 2005, notamment à travers le financement *ad hoc* de projets par l'État et des agences régionales. En 2009, un appel à projets de l'ADEME, soutenu par le Programme d'Investissements d'Avenir, a permis le financement de deux prototypes d'hydroliennes (Sabella D10 et ORCA), d'un prototype d'houlomoteur (S3) et de deux prototypes d'éoliennes flottantes (Winflo et Vertiwind). En complément, des démonstrateurs sont en cours d'expérimentation à La Réunion (ETM, houlomoteur) ; de même, cinq sites d'essais sont en cours de mise en service en métropole et de nombreux projets sont en cours de développement (ETM, SWAC, houlomoteur, hydrolien, éolien flottant...).

L'année 2012 a marqué un tournant avec le démarrage de plusieurs initiatives très structurantes pour les filières concernées, parmi lesquelles nous citerons :





© Technip

Eolienne flottante, vue d'artiste d'un prototype appelé à être déployé en région Provence Alpes Côte d'Azur.





- ✓ la labellisation de l'Institut d'excellence en énergies décarbonées (IEED), appelé France Énergies Marines, a confirmé le soutien de l'État à la création de filières compétitives en France et à la mise en place d'un réseau pérenne de sites d'essais en mer,
- ✓ la réalisation et la publication d'une étude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques des énergies marines renouvelables (www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/120615_etude_version_finale.pdf),
- ✓ la désignation en tant que lauréat du projet de ferme éolienne flottante porté par EDF Energies Nouvelles, dans le cadre de l'appel à projets européen NER300. L'ensemble, d'une puissance de 26 mégawatts, devrait être opérationnel en 2016 dans la région Provence Alpes Côte d'Azur,
- ✓ le lancement, au cours de l'année 2012, de plusieurs études visant à approfondir la connaissance du secteur afin d'affiner la vision stratégique en matière d'hydroliennes. Parmi ces travaux on peut citer :
 - a) une demande d'informations à destination de l'ensemble des acteurs embrassant un périmètre très large allant de la vision qu'avaient les acteurs du secteur jusqu'à l'économie et le financement des projets, en passant par l'évaluation de leurs impacts sur l'environnement ou sur les activités existantes ;
 - b) des rencontres régulières avec les acteurs les plus importants, ainsi qu'avec l'ensemble des porteurs des technologies les plus avancées, lesquelles ont permis d'apporter des éléments techniques complémentaires ;
 - c) une étude sur les modalités d'évacuation et de raccordement de la production électrique hydrolienne au réseau, étude confiée à RTE dont le rapport a été rendu public en janvier 2013 ;
 - d) la proposition d'une méthodologie d'analyse multicritères, dans une optique d'identification de zones potentiellement propices au déploiement de l'hydrolien.

Notes

* Chargée de mission pour les Filières Vertes à la direction générale de l'Énergie et du Climat (DGEC), ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

** Ingénieur des Ponts, des Eaux et des Forêts, adjoint au chef du bureau des Énergies renouvelables à la direction générale de l'Énergie et du Climat (DGEC), ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

(1) Cet article n'engage que la responsabilité de ses auteurs.

La nature, source d'inspiration

La nature fait bien les choses. Elle inspire ceux qui arrivent à voir au-delà de l'évidence. Tel semble être le cas d'une innovation de rupture dans la famille des technologies houlomotrices. Selon la petite histoire, le plongeur professionnel d'origine finlandaise Rauno Koivusaari explorait l'épave d'un vieux bateau quand il s'est aperçu qu'une partie lourde et rectiligne de la carcasse de ce bateau oscillait sans subir de dommages, portée qu'elle était par la force de la houle profonde. Cela lui a semblé être une évidence : la houle est fortement énergétique ! Des années de recherche, de modélisations et de développements ont suivi et, aujourd'hui, les premiers prototypes à grande échelle de la technologie WaveRoller (qui reproduisent ce mouvement naturel de l'épave inspiratrice) permettent de générer de l'électricité dans des conditions réelles, en toute simplicité.

LES TECHNOLOGIES (Source : Rapport Énergies décarbonées, DGEC, 2011)

L'énergie hydrolienne

Cette technologie utilise l'énergie cinétique des courants marins. Une hydrolienne peut être comparée à une éolienne sous-marine. Il s'agit non pas d'utiliser la force motrice du vent, mais celle des courants marins. Ces derniers présentent plusieurs avantages comme leur prévisibilité – celle en particulier liée aux marées – et le fait d'autoriser l'installation de fermes assez compactes, avec des turbines proches les unes des autres.

La taille des hydroliennes varie : ainsi, les derniers prototypes à l'essai ont des rotors allant jusqu'à vingt mètres de diamètre.





© DCNS

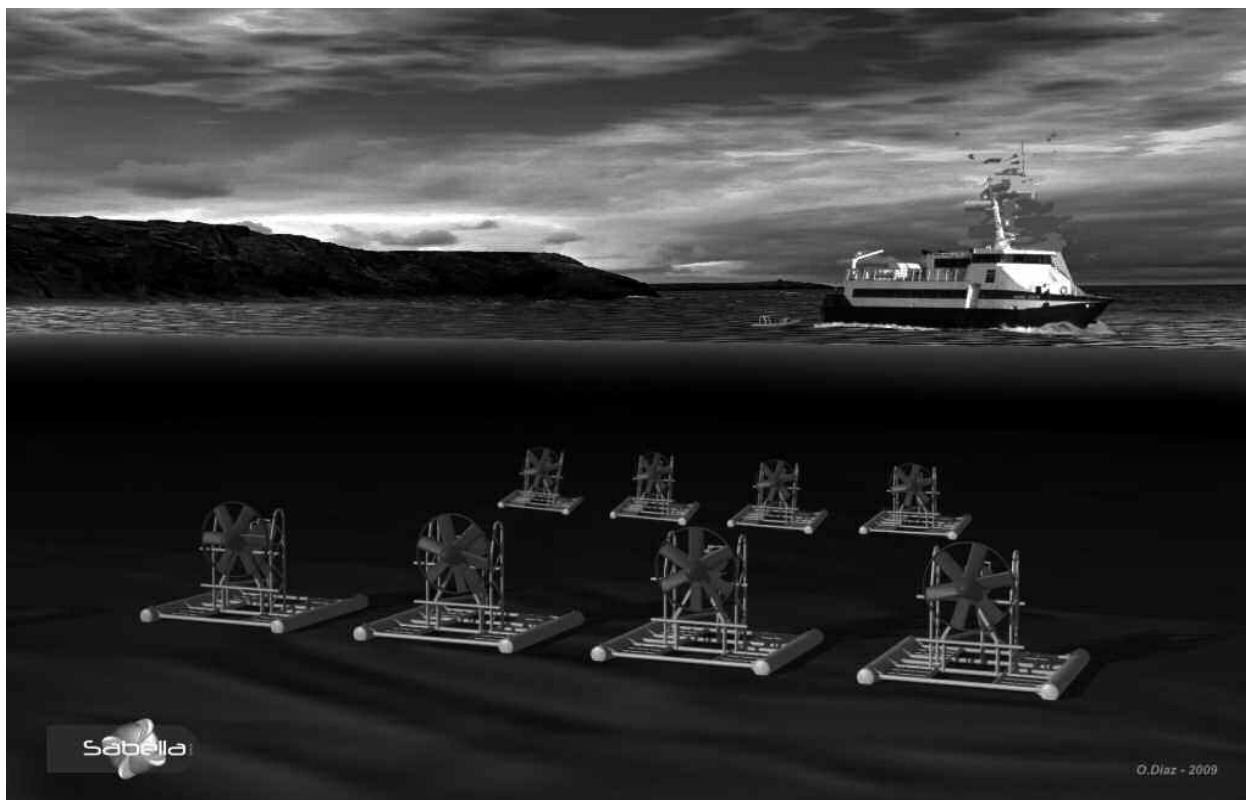
Opération de mise à l'eau du démonstrateur hydrolien « Arcouest » par EDF en région Bretagne.



© ALSTOM

Embarquement d'une hydrolienne Alstom-TGL (Tidal Generation Limited) d'une puissance d'un mégawatt (MW).





© SABELLA

Vue d'artiste d'un champ d'hydroliennes.

(suite)

LES TECHNOLOGIES (Source : Rapport Énergies décarbonées, DGEC, 2011)

L'énergie houlomotrice

Le vent soufflant au-dessus de grandes surfaces marines crée des vagues. L'énergie houlomotrice est l'énergie cinétique potentielle due aux mouvements des vagues. La houle peut voyager sur de très longues distances et apporter sur une côte de l'énergie qu'elle a collectée très loin en mer. Différentes technologies sont à l'essai. Les plus répandues font appel à un flotteur (ou à un autre dispositif moteur) ancré au fond et mis en mouvement par la houle. Le mouvement est soit immédiatement converti en électricité (par exemple, grâce à des technologies telles que Pelamis, Wave Roller ou AWS), soit transmis à une pompe qui met un fluide sous pression, fluide qui est transporté à terre pour produire de l'électricité (technologie CETO, par exemple). Une troisième technique repose sur l'utilisation d'une colonne d'eau comme d'un piston pour pousser de l'air et faire tourner la turbine d'un électrogénérateur (par exemple, la colonne d'eau oscillante du LIMPET 500).

L'énergie thermique des mers : une opportunité pour des zones extrêmes

Dans l'océan, en zone intertropicale, la différence de température entre l'eau de surface et l'eau profonde dépasse les 20°C. Le principe de l'énergie thermique des mers est d'exploiter une partie de la chaleur de l'eau de surface au moyen d'une machine thermodynamique qui convertit la chaleur en énergie électrique.



L'énergie osmotique

L'énergie osmotique désigne l'énergie exploitable à partir de la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce. Afin de produire de l'énergie osmotique, on installe une membrane semi-perméable en contact avec de l'eau douce sur l'une de ses faces et avec de l'eau de mer sur l'autre face : elle est donc soumise à une pression dite osmotique. Ce phénomène peut être mis à profit pour récupérer de l'énergie. La faisabilité technico-économique de cette technologie est à l'étude. La clé sera le développement des membranes nécessaires au procédé, qui soient suffisamment résistantes à l'usure et dont les coûts de production soient acceptables.

L'énergie marémotrice

L'exploitation de l'énergie marémotrice consiste à profiter du flux et du reflux de la marée pour alternativement remplir et vider un bassin de retenue en actionnant des turbines qui incorporées dans le barrage entraînent un générateur d'électricité.

Aujourd'hui, la France est un des pays pionniers dans cette technologie, sans pour autant que soit envisagé un développement dans le court terme. Plusieurs pays dans le monde ont renoncé à des projets d'envergure. En effet, les coûts élevés, les faibles taux de réussite et les incidences négatives sur l'écosystème sont jugés rédhibitoires. À ce jour, la Corée du Sud est l'un des seuls pays à poursuivre ses efforts dans ce domaine, sa première usine marémotrice, d'une puissance de 254 mégawatts (légèrement supérieure à celle de la centrale marémotrice de La Rance, qui est de 240 MW), a été mise en service récemment sur le lac Sihwa.



Vision d'artiste d'un prototype d'Énergie thermique des mers, projet en développement en région Martinique.

© DCNS

Les influences réciproques entre les statuts des espaces maritimes et les statuts des ressources marines

Par Niki ALOUPI*

À chaque statut de zone maritime (à savoir les espaces maritimes soumis à la souveraineté ou aux juridictions nationales et les espaces internationaux) correspond un statut différent des ressources marines biologiques et non biologiques, pour ce qui concerne les eaux surjacentes, les fonds marins et le sous-sol de ceux-ci. L'évolution du droit international à cet égard illustre le rapport que ces deux statuts entretiennent entre eux : les développements technologiques ayant permis une exploitation toujours plus poussée des ressources marines, le zonage maritime a évolué en fonction ; les règles internationales relatives à chaque zone régissent dès lors la gestion de ces ressources. Mais cette évolution traduit également une mutation profonde dans les préoccupations de la communauté internationale : on a assisté, en effet, au passage du seul souci de sauvegarder les prérogatives souveraines de chaque État pris individuellement à une volonté de protéger les intérêts des pays les moins développés et ceux de l'humanité prise dans son ensemble.

Les interactions et les influences réciproques entre les zones maritimes et les ressources marines, ainsi que l'évolution du droit international de la mer depuis maintenant soixante ans, traduisent « les effets d'une inévitable dynamique du « contenu » vers le « contenant » » (1). La fonctionnalisation graduelle de l'espace maritime (à l'instar de celle de tout espace dont le régime dépend, en définitive, de l'utilisation que l'on peut en faire) a conduit à la mise en place d'un zonage de plus en plus complexe visant à concilier les différents intérêts en présence, qui se sont souvent avérés conflictuels à l'égard notamment d'exploration et d'exploitation des ressources biologiques et minérales. Aux statuts des espaces correspondent alors les statuts des ressources qui y sont présentes (2), de telle manière que la détermination du régime juridique de chaque zone a, comme corollaire nécessaire, la fixation des règles quant à la gestion des ressources naturelles qui s'y trouvent.

À l'évidence, ce régime n'est pas dessiné *in abstracto*, mais en fonction des besoins sociaux, d'une part, et des avancées scientifiques et techniques, d'autre part. La combinaison de ces différents facteurs explique les mutations du droit international en la matière, qui ont permis d'y faire face. Or, les rapports que le droit entretient avec la réalité sont à double sens : en effet, si le droit de la mer s'est progressivement adapté aux changements technologiques et aux revendications étatiques qui en ont résulté, la réalité de

l'exploitation des ressources a dû, quant à elle, se conformer aux diverses règles juridiques qui se sont développées au fur et à mesure et est désormais circonscrite par celles-ci. Ces interférences mutuelles ne sont certes pas l'apanage du droit de la mer – au contraire, c'est l'ensemble du droit qui s'y trouve confronté – mais force est de constater qu'il s'agit là d'un domaine où elles trouvent une illustration parfaite.

La mer, dans la mesure où elle constitue non seulement un « support plane des communications », mais également, et surtout, un « réservoir de richesses » (3), fournit, par ailleurs, un exemple topique de l'opposition originelle et de la conciliation croissante entre les deux dynamiques qui ont façonné l'ordre juridique international, à savoir une tendance à une appropriation nationale et une extension de la souveraineté étatique maximale, d'une part, et celle d'une gestion collective, dans l'intérêt de la communauté internationale prise dans son ensemble, voire de l'humanité tout entière, d'autre part. Au cœur de cet équilibre difficile et toujours recherché, tiraillée entre ces deux tendances opposées et pouvant servir de support à l'une comme à l'autre, se trouve la notion de la liberté.

À cet égard, l'évolution linéaire du droit de la mer a eu un effet inversement proportionnel sur sa liberté : si elle fut, à l'origine, revendiquée et acceptée pour protéger les intérêts des États maritimes contre les appétits d'appropriation des plus grandes puissances navales, elle a été par la suite

restreinte pour répondre aux aspirations des États les plus vulnérables et a enfin été profondément transformée dans sa conception même afin de canaliser toute utilisation étatique individualisée au profit du bien commun. Ainsi, la liberté de la haute mer, entendue tout à la fois comme liberté de navigation et d'exploitation des ressources biologiques et non biologiques (4), fut défendue, dès 1609, par le Hollandais Grotius en réponse à la prétention anglaise de s'approprier les pêcheries de la Mer du Nord. Elle s'est imposée dès le XIX^e siècle dans le droit coutumier de la mer, qui a été codifié par la deuxième Convention de Genève (de 1958) et par la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982 (ci-après désignée par l'expression Convention de Montego Bay).

Or, il s'est rapidement avéré que les ressources halieutiques (en théorie, exploitées librement par tous, mais, en réalité, par les seules puissances maritimes) étaient épuisables (5) et que le régime de non-appropriation mis en place pour la haute mer conduisait inévitablement à une utilisation abusive de celle-ci.

Cette prise de conscience, combinée aux progrès scientifiques qui ont mis en lumière le potentiel de l'exploration des ressources non biologiques (notamment du pétrole) et à la crainte du « Tiers monde » de ne pas disposer des moyens techniques et financiers pour participer activement à la course à l'exploitation des richesses, a ouvert la voie vers un double mouvement, qui est venu bouleverser le droit de la mer. D'une part, les pays en développement ont affirmé leur volonté d'utiliser les ressources adjacentes à leurs côtes afin de promouvoir leur économie et d'éviter la surexploitation imposée par des États puissants ; des « droits souverains », revendiqués sur des étendues maritimes de plus en plus importantes ont alors donné naissance à la zone économique exclusive (ci-après, ZEE) et au plateau continental. D'autre part, la prétention selon laquelle les ressources situées au-delà des limites des juridictions nationales devraient être utilisées dans l'intérêt de la communauté internationale dans son ensemble a ouvert la voie à la notion de « patrimoine commun de l'humanité », qui a trouvé sa consécration dans la création de la « Zone », dont les ressources (nodules et sulfures polymétalliques) sont soumises à une gestion collective.

Le système des zones maritimes, tel que prévu par la Convention de Montego Bay, partiellement codificatrice du droit coutumier, reprend les différentes étapes de ce développement. Illustration du passage d'une simple dualité entre le territorial et l'international (6) à une pluralité de statuts intermédiaires entre ces deux extrêmes, le zonage maritime actuel renferme en effet l'historique de l'utilisation de la mer et de ses ressources (7).

Eaux territoriales, ZEE et plateau continental, haute mer et « Zone » sont autant d'espaces maritimes aux statuts différenciés (auxquels correspondent des régimes différents quant à l'exploitation de leurs ressources aussi bien traditionnelles que récemment rendues accessibles) qui constituent le résultat d'une profonde transformation du droit de la mer et traduisent la prise en compte, par le droit international, de la nécessité de gérer efficacement et de manière

aussi égalitaire que possible (8) l'ensemble des richesses marines. Il convient alors, afin d'appréhender les modalités d'exploitation de ces dernières, d'étudier tour à tour le régime juridique des zones maritimes soumises à souveraineté ou à juridiction étatiques, puis celui des espaces maritimes internationalisés.

Le cadre juridique des espaces maritimes soumis à la souveraineté ou à la juridiction nationales et le régime des ressources s'y trouvant

Aussi bien les eaux intérieures (9) (c'est-à-dire les espaces maritimes complètement enclos dans un territoire terrestre) que la mer territoriale (10) sont soumis à la souveraineté de l'État riverain. Ce dernier y exerce donc des compétences exclusives pour ce qui concerne la pêche et les ressources minérales. La largeur de la mer territoriale, restée pendant longtemps cantonnée à ce qui était traditionnellement considéré comme « la portée des canons », à savoir trois ou quatre milles nautiques, et vainement débattue lors des conférences de codification de 1930, de 1958 et de 1960, a été fixée, en vertu de l'article 3 de la Convention de Montego Bay, à 12 milles marins à partir de lignes de base. Cette extension de la largeur de la mer territoriale a été justifiée, entre autres, par le besoin de protéger l'équilibre des ressources biologiques dans les zones adjacentes aux côtes, mais, l'étendue de cette zone restant tout de même réduite, cela n'a pas d'incidence pratique majeure sur les pêcheries (11).

Le fait que l'État côtier concerné (et *a fortiori* l'État du port concerné) y exerce sa souveraineté a toutefois une grande importance notamment pour ce qui concerne le renforcement de ses prérogatives en matière de lutte contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (dite pêche INN), notamment en prenant des mesures coercitives contre les navires de pêche étrangers naviguant dans ses eaux et pallier ainsi aux défaillances et au laxisme éventuels des États du pavillon concerné (dans le cadre du phénomène de la « complaisance »). À titre d'exemple, un nouveau traité visant à prohiber l'accès des ports de pêche aux navires se livrant à de telles pratiques illicites a été adopté le 1^{er} septembre 2009 par 91 pays à l'issue de négociations conduites par la FAO (12). Ce n'est donc pas tant en raison de la présence de ressources halieutiques dans la mer territoriale que cette zone s'avère importante quant à la gestion de celles-ci, mais plutôt en raison de l'ampleur des pouvoirs qu'y exerce l'État côtier, qui peut ainsi contribuer à leur protection et à leur conservation.

Mais il en va tout autrement pour la ZEE et le plateau continental, ces espaces maritimes *sui generis*, dont l'apparition dans la pratique internationale est bien plus récente. La véritable raison d'être de leur consécration réside précisément dans le souci des États côtiers d'assurer l'exclusivité de l'exploitation des ressources s'y trouvant, le statut de ces zones est donc intrinsèquement lié à la gestion des richesses marines.



© YONHAP NEWS AGENCY/MAXPPP

« Le fait que l'État côtier concerné (et a fortiori l'État du port concerné) y exerce sa souveraineté a toutefois une grande importance notamment pour ce qui concerne le renforcement de ses prérogatives en matière de lutte contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (dite pêche INN), notamment en prenant des mesures coercitives contre les navires de pêche étrangers naviguant dans ses eaux. », arraisonnement par des garde-côtes coréens d'un bateau de pêche chinois pêchant illégalement dans les eaux territoriales de la Corée du Sud.

En effet, plus des deux tiers des ressources halieutiques de la planète se trouvent dans, ou transitent par, les ZEE revendiquées par l'ensemble des États côtiers.

La pêche a d'ailleurs été le point de départ d'une prise de conscience de l'importance que revêtait une telle zone pour les pays en développement (13).

Ainsi, les États latino-américains avaient expressément revendiqué une « mer patrimoniale » d'une largeur de 200 miles marins dès les années 1970 (14), décennie au cours de laquelle les pays africains avaient repris la même idée en adoptant la dénomination « zone économique », qui a à son tour conduit lors de la troisième conférence, et à la suite de ce que l'on a appelé le compromis Castaneda, au concept d'une ZEE de 200 miles marins à partir des lignes de base.

Il s'agit donc d'une zone « située au-delà de la mer territoriale et adjacente à celle-ci » dont le statut concerne les eaux surjacentes, les fonds marins et leur sous-sol (15).

L'article 56 de la Convention de Montego Bay accorde des « droits souverains » aux États côtiers « aux fins d'exploration et d'exploitation, de conservation et de gestion des ressources naturelles, biologiques ou non biologiques ».

Les pouvoirs « souverains » reconnus au chef de l'État côtier concerné sont donc à finalité économique, et doivent être considérés comme exclusifs, dès lors que celui-ci « fixe le volume admissible des captures en ce qui concerne les res-

sources biologiques » (article 61) et détermine seul « sa capacité d'exploitation » de ces ressources (article 62).

Quant aux poissons grands migrateurs, qui peuvent faire l'objet de captures en dehors de la ZEE, ils sont régis par l'accord du 4 août 1995 relatif à la conservation et à la gestion des stocks de poissons chevauchants et grands migrateurs, qui a été adopté afin de concilier les intérêts des États côtiers avec ceux des États du pavillon des navires de pêche.

Cependant, en dépit de la réticence initiale des grandes puissances maritimes quant à la territorialisation entraînée par l'inscription de la ZEE dans le droit positif, il semble, à l'analyse, que les avantages pour les pays en développement n'ont pas été aussi nombreux que l'on aurait pu le penser, tout comme les inconvénients pour les pays développés ont été bien moins importants que ceux craints.

On a en effet assisté à un renversement paradoxal de la situation attendue, l'établissement des ZEE ayant plutôt bénéficié aux nations les plus riches, en raison notamment de l'incapacité matérielle des pays en développement d'utiliser de manière optimale cette zone maritime (16). Cette réalité entre en contradiction avec l'argument avancé au sein de la troisième conférence sur le droit de la mer afin de consacrer cette zone, selon lequel « l'État côtier n'agirait pas seulement pour la satisfaction de ses intérêts propres, mais [aussi] ainsi qu'un mandataire de la communauté interna-

tionale, dont il est de l'intérêt que les ressources biologiques de la mer, [qui sont] surtout présentes à proximité des côtes, soient effectivement protégées » (17).

Quant à la notion de plateau continental, qui trouve son origine dans la célèbre déclaration Truman de 1945, même s'il est juridiquement distinct de la ZEE, il ne s'en dissocie véritablement que par le fait qu'il peut déborder vers le large, à savoir au-delà de la limite des 200 miles marins. Défini comme l'ensemble que constituent « les fonds marins et leur sous-sol [...] sur toute l'étendue du prolongement naturel du territoire terrestre de l'Etat » (18), il illustre la même approche fonctionnelle que celle régissant la ZEE. En effet, l'État riverain y exerce des « droits souverains aux fins de son exploration et de l'exploitation de ses ressources naturelles » (19) qui s'étendent non seulement aux ressources minières, mais aussi aux espèces biologiques sédentaires. Aux antipodes de ces trois zones consacrant les compétences exclusives de l'État côtier sur ses richesses marines se trouve le régime des espaces internationalisés.

Le cadre juridique régissant des espaces non susceptibles d'appropriation nationale, et le régime juridique des ressources s'y trouvant

Archétype des espaces internationalisés, la haute mer ne peut pas être légitimement soumise à la souveraineté d'un État (20) et est dès lors ouverte à la libre utilisation par tous (21). Mais si tous les États, par le biais des navires battant leur pavillon, peuvent alors faire un libre usage de la haute mer et s'approprier des ressources (notamment ichtyologiques) qu'ils en extraient, il leur incombe également, comme corolaire à leurs droits, le devoir de protéger et de conserver lesdites ressources. À cet égard, la réglementation internationale – qu'il s'agisse des conventions régionales (22) ou universelles (23) – est de plus en plus stricte, cela afin d'éviter la surexploitation et de sauvegarder les intérêts des pays les moins puissants techniquement et financièrement. La liberté de la pêche est donc désormais restreinte par divers accords internationaux (24) qui illustrent ainsi le passage d'une vision purement « négative » d'un liberté conçue comme accordant à chaque État pris individuellement un droit d'exploitation à une vision plus « positive » privilégiant une gestion plus ou moins collective (25).

La Zone, c'est-à-dire les hauts fonds marins, tout comme l'exploitation de ses ressources (minérales, solides, liquides ou gazeuses, y compris les nodules polymétalliques ; mais, malheureusement rien n'est dit sur les ressources biologiques) (26) qui sont, quant à elles, expressément soumises à une telle gestion collective, constituent alors un véritable paradigme d'« internationalisation positive ».

Si la Zone est elle aussi un espace inappropriable, son exploitation est cette fois-ci placée sous le contrôle de l'« Autorité », institution internationale, et est conduite soit directement par l'« Entreprise », soit par les États parties et les personnes relevant de leur juridiction. Mais dans cette dernière hypothèse, l'appropriation des ressources extraites, contrairement à ce qu'il en est pour celles de la haute mer, ne peut s'effectuer que par la médiation d'un contrat conclu

avec l'« Autorité ». Si ce régime ambitieux est largement resté lettre morte en raison de réticences politiques face à la redistribution des richesses, d'une part, et des difficultés technologiques et économiques inhérentes à l'exploitation des nodules polymétalliques, d'autre part (27), il n'en demeure pas moins que l'affectation des ressources du fond des mers au patrimoine commun de l'humanité reste en soi une notion révolutionnaire qui souligne le passage d'une société internationale à une véritable communauté internationale à l'ensemble de laquelle devrait profiter l'exploration des ressources marines.

Notes

* Professeur à l'Université de Strasbourg.

(1) ALLAND (D.), « Les représentations de l'espace en droit international public », *Arch. Phil. Droit*, p. 173, 1987.

(2) COMBACAU (J.) & SUR (S.), *Droit International Public*, Monchrestien, 10^e ed., p. 408, 2012.

(3) DUPUY (P.-M.) & KERBAT (Y.), *Droit International Public*, Dalloz, 11^e éd., p. 820, 2012.

(4) Voy. Intervention de GIDEL (G.), *Annuaire de la CDI*, vol. II, p. 69, 1950.

(5) En effet, « les spécialistes prévoient l'effondrement des espèces animales marines comestibles aux environs de 2048 et ils ont acté le fait que 63 % des ressources halieutiques mondiales doivent être reconstituées » [« *scientists have projected the collapse of sea-food producing species stocks by 2048, and have noted that 63 % of assessed fish stocks worldwide require rebuilding* »]. Voir YOUNG (M. A.), *Trading Fish, Saving Fish*, Cambridge University Press, p. 4, 2011.

(6) ALLAND (D.), « Les représentations de l'espace en droit international public », *op. cit.*, p. 172

(7) Sur l'évolution historique du principe de la liberté de la haute mer, parmi une abondante littérature, voir DAILLIER (P.), FORTEAU (M.) & PELLET (A.), *Droit international public*, LGDJ, 8^{ème} éd., 2009, pp. 1279-1288 ; VICUNA (F.O.), « Les législations nationales pour l'exploitation des fonds des mers et leur incompatibilité avec le droit international », *AFDI*, pp. 811-812, 1978 et *The Changing International Law of High Seas Fisheries*, CSICL, pp. 8-9, 1999.

(8) Voir LANGAVANT (E.), *Droit de la mer : le droit des richesses marines*, Cujas, p. 304, 1985.

(9) Articles 2.1 et 8 de la Convention de Montego Bay. L'instauration d'une mer territoriale est apparue dans la pratique internationale dès la fin du XVII^e siècle, peu après l'affirmation du principe de la liberté de la haute mer (principalement pour des raisons de sécurité).

(10) Article 2.1 de la Convention de Montego Bay et article 1 de la Convention de Genève de 1958.

(11) Il en va de même pour la zone contigüe (article 33), qui ne peut s'étendre au-delà des 24 miles marins des lignes de base et qui ne permet à l'État côtier d'exercer son contrôle qu'à l'égard d'infractions à sa législation nationale dans les domaines douanier, fiscal, sanitaire et d'immigration ; elle est dès lors en toute hypothèse sans incidence pour les ressources halieutiques.

(12) Il s'agit de l'accord sur les mesures du ressort de l'État du port visant à prévenir, à contrecarrer et à éliminer la pêche illicite, non déclarée et non réglementée, qui constituera le tout premier traité portant spécifiquement sur ces problèmes.

(13) Dans ce sens, voir KWIATKOWSKA (B.), *The 200 mile exclusive economic zone in the new law of the sea*, Dordrecht, Nijhoff, p. 2, 1989.

(14) L'émergence du concept d'une telle zone remonte toutefois beaucoup plus loin dans le temps. Voir SLIM (H.), « Aspects juridiques, scientifiques et économiques de la zone en deçà des 200 miles : plateau continental et zone économique exclusive », in *Le plateau continental dans ses rapports avec la zone économique exclusive*, INDEMER, symposium international de Meknès, Pedone, pp. 61-62, 2005 ; ORREGO VICUNA (F.) (ed.), *The Exclusive Economic Zone: A Latin American Perspective*, Foreign Relations of the Third World, n°1, pp. 7-60 et pp. 75-80, 1984.

(15) Article 56 § 1 de la Convention de Montego Bay.

(16) Dans ce sens : RIGALDIES (F.), « La zone économique exclusive dans la pratique des États », *The Canadian Yearbook of International Law*, vol. 35, p. 23, 1997.

(17) DUPUY (P.-M.) & KERBAT (Y.), *op. cit.*, p. 844.

(18) Article 76 § 1 de la Convention de Montego Bay.

(19) *Ibidem*, article 77 § 1.

(20) *Idem*, article 89.

(21) *Idem*, article 87, § 1 e) pour la liberté de la pêche.

(22) À titre d'exemple : Conventions sur les pêcheries de l'Atlantique du Nord-Est du 24 juin 1959 ; de l'Atlantique Nord du 1^{er} juin 1967 ; de l'Atlantique du Nord-Ouest du 24 octobre 1978 ; sur la pêche, conclue en 1987 entre les États-Unis et les États insulaires du Pacifique Sud ; du 16 juin 1994, sur la conservation et la gestion des ressources de lieu jaune dans la partie centrale de la Mer de Béring.

(23) Articles 116 à 119 de la Convention de Montego Bay. Voir également l'accord de Rome de 1993 conclu au sein de la FAO visant à favoriser le respect par les navires de pêche en haute mer des mesures internationales de conservation et de gestion, article III, § 3.

(24) LE HARDY (M.), *Que reste-t-il de la liberté de la pêche en haute mer ?*, Institut du droit économique de la mer Monaco, Pedone, Paris, 2002.

(25) Dans ce sens, voir DUPUY (P.-M.) & KERBAT (Y.), *op. cit.*, pp. 852 et 855.

(26) Partie XI de la Convention de Montego Bay et Accord du 29 juillet 1994.

(27) ROBERT-CUENDET (S.), « L'avis consultatif du TIDM du 1^{er} février 2011 », *AFDI*, p. 440, 2011.

BULLETIN D'ABONNEMENT

A retourner accompagné de votre règlement
aux Editions ESKA <http://www.eska.fr>
12, rue du Quatre-Septembre - 75002 Paris
Tél. : 01 42 86 55 73 - Fax : 01 42 60 45 35

Je m'abonne pour 2013, aux Annales des Mines

Responsabilité & Environnement

4 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 89 €	<input type="checkbox"/> 109 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 117 €	<input type="checkbox"/> 141 €

Responsabilité & Environnement + Réalités industrielles

8 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 171 €	<input type="checkbox"/> 206 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 215 €	<input type="checkbox"/> 278 €

Responsabilité & Environnement + Réalités industrielles + Gérer & Comprendre

12 numéros	France	Etranger
au tarif de :		
Particuliers	<input type="checkbox"/> 219 €	<input type="checkbox"/> 276 €
Institutions	<input type="checkbox"/> 324 €	<input type="checkbox"/> 387 €

Nom

Fonction

Organisme.....

Adresse

.....

Je joins : un chèque bancaire
à l'ordre des Editions ESKA
 un virement postal aux Editions ESKA,
CCP PARIS 1667-494-Z
 je souhaite recevoir une facture

DEMANDE DE SPÉCIMEN

A retourner à la rédaction des Annales des Mines
120, rue de Bercy - Télédod 797 - 75572 Paris Cedex 12
Tél. : 01 53 18 52 68 - Fax : 01 53 18 52 72

Je désire recevoir, dans la limite des stocks
disponibles, un numéro spécimen :

de la série **Responsabilité & Environnement**
 de la série **Réalités industrielles**
 de la série **Gérer & Comprendre**

Nom

Fonction

Organisme.....

Adresse

.....

Publié par
**ANNALES
DES
MINES**
Fondées en 1794

Fondées en 1794, les Annales des Mines comptent parmi les plus anciennes publications économiques. Consacrées hier à l'industrie lourde, elles s'intéressent aujourd'hui à l'ensemble de l'activité industrielle en France et dans le monde, sous ses aspects économiques, scientifiques, techniques et socio-culturels.

Des articles rédigés par les meilleurs spécialistes français et étrangers, d'une lecture aisée, nourris d'expériences concrètes : les numéros des Annales des Mines sont des documents qui font référence en matière d'industrie.

Les Annales des Mines éditent trois séries complémentaires :

**Responsabilité & Environnement,
Réalités Industrielles,
Gérer & Comprendre.**

RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* propose de contribuer aux débats sur les choix techniques qui engagent nos sociétés en matière d'environnement et de risques industriels. Son ambition : ouvrir ses colonnes à toutes les opinions qui s'inscrivent dans une démarche de confrontation rigoureuse des idées. Son public : industries, associations, universitaires ou élus, et tous ceux qui s'intéressent aux grands enjeux de notre société.

RÉALITÉS INDUSTRIELLES

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* fait le point sur un sujet technique, un secteur économique ou un problème d'actualité. Chaque numéro, en une vingtaine d'articles, propose une sélection d'informations concrètes, des analyses approfondies, des connaissances à jour pour mieux apprécier les réalités du monde industriel.

GÉRER & COMPRENDRE

Quatre fois par an, cette série des *Annales des Mines* pose un regard lucide, parfois critique, sur la gestion « au concret » des entreprises et des affaires publiques. *Gérer & Comprendre* va au-delà des idées reçues et présente au lecteur, non pas des recettes, mais des faits, des expériences et des idées pour comprendre et mieux gérer.

L'INDUSTRIE
AU
CONCRET

La zone : un concept révolutionnaire, ou un rêve irréaliste ?

Par Élie JARMACHE* (1)

La communauté internationale a adopté le principe du patrimoine commun de l'humanité appliqué aux fonds marins situés au-delà des zones sous juridictions nationales et à leurs ressources. L'exploitation des ressources minérales est dès lors fondée sur un dispositif dont le maître-mot est le partage : partage des sites miniers avec l'instauration d'un secteur réservé, partage des revenus par la redistribution de bénéfices tirés de la commercialisation de produits extraits des ressources. Or, il n'est pas certain (malgré le récent engouement pour les ressources des fonds marins dans la Zone, matérialisé par l'accroissement du nombre des demandes de contrats d'exploration pour les trois types de ressources faisant l'objet d'une réglementation : nodules polymétalliques, sulfures polymétalliques et cobalt) que quiconque puisse prévoir le passage prochain à l'exploitation minière. Il faut dire que l'histoire du principe de patrimoine commun de l'humanité, tel qu'il est consacré dans le régime juridique établi par la Partie XI de la convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982, est assez riche en péripéties pour que la question soit posée de son effectivité, voire de sa soumission au principe de réalité. Le principe de réalité est autant celui de l'économie, qui y a toute sa place, que celui tiré de ce qu'il convient de nommer *l'impératif écologique*.

La Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982 (que nous désignerons ci-après par *la Convention*) est un bel exemple de codification du droit de la mer et d'innovations juridiques majeures s'agissant des espaces maritimes. Relèvent de la première catégorie la mer territoriale, la zone contiguë et le plateau continental. Portent, quant à elles, la marque de la nouveauté la zone économique exclusive (ZEE) et la Zone, dont la définition ouvre la Convention (2). La nouvelle définition de la haute mer posée à l'article 86 de la Convention donne une indication du rétrécissement du champ géographique de cet espace. L'extension du plateau continental au-delà des 200 miles marins doit figurer au nombre des nouveautés d'autant plus qu'une institution nouvelle vient enrichir la famille des organisations internationales ; il s'agit de la Commission des limites du plateau continental (CLPC), dont la mission est de rendre légitime toute demande d'extension de cet espace conformément à des critères scientifiques et techniques, en application de la Convention, de ses normes et d'une procédure que la CLPC a déterminée dans son règlement intérieur (3).

Un régime juridique particulier

La création de la Zone, espace situé sous la colonne d'eau qui se trouve elle-même au-delà de la juridiction nationale, introduit une nouvelle dimension dans le droit des espaces

maritimes en dissociant la haute mer des fonds marins. La première nommée conserve le régime de la liberté, tel qu'il est décliné à l'article 87 de la Convention. La plus emblématique des expressions de la liberté est celle de la navigation qui, pour l'heure, n'est soumise à aucune des réserves qui accompagnent l'énoncé des autres activités (liberté de la recherche scientifique, liberté de la pose des câbles et des pipelines).

Les fonds marins situés au-delà de la juridiction nationale ont un régime juridique bien identifié dans la Partie XI de la Convention. Ce régime couvre ainsi l'espace, les ressources et les activités (4). Ce régime s'accompagne de la mise en place d'une institution nouvelle, l'Autorité internationale des fonds marins. « Le destin de l'Autorité » (5) s'organise autour de la notion de patrimoine commun de l'humanité ; elle a la charge d'assurer la gestion de la Zone et de ses ressources naturelles. Elle a la responsabilité de l'intégrité de ce patrimoine. Les principes régissant la Zone sont exprimés en toute clarté. Il suffira d'en rappeler certains : « Aucun État ne peut revendiquer ou exercer de souveraineté ou de droits souverains sur une partie quelconque de la Zone ou de ses ressources » ; « l'humanité entière, pour le compte de laquelle agit l'Autorité, est investie de tous les droits sur les ressources de la Zone. Ces ressources sont inaliénables » (6). Pour compléter l'énoncé des principes relatifs à ce qui caractérise à la fois l'humanité et le rôle de

l'Autorité, il est indiqué que cette dernière « assure le partage équitable des avantages financiers et autres avantages économiques tirés des activités menées dans la Zone par un mécanisme approprié » (7).

Ce régime juridique pour être complet doit intégrer les annexes III et IV de la Convention, qui traitent, respectivement, des « dispositions de base régissant la prospection, l'exploration et l'exploitation », avec un accent particulier mis sur les contrats, et du « Statut de l'Entreprise », organe de l'Autorité qui mène des activités dans la Zone et ce, « conformément aux principes d'une saine gestion commerciale » (8). La référence à ces deux annexes permet de voir dans l'Autorité une institution hybride dès son origine : structure intergouvernementale classique regroupant les États parties à la Convention, avec des organes délibérants rencontrés sous d'autres cieux et pour d'autres sujets (assemblée et conseil plus restreint), d'une part, et opérateur minier qui contracte avec d'autres opérateurs miniers, et donc avec des concurrents potentiels, dès lors que les principes sont ceux d'une saine gestion commerciale, d'autre part. On peut s'interroger sur la difficulté de l'exercice...

Le principe de réalité avait rattrapé une première fois le régime juridique des fonds marins et des ressources naturelles, dès la phase de préfiguration de l'Autorité. La Convention n'étant pas encore en vigueur, la 3^e Conférence sur le droit de la mer avait mis en place un régime protecteur des investissements déjà effectués dans la future Zone par un certain nombre d'opérateurs identifiés dans une résolution annexée à l'Acte final de la conférence, la Résolution II (9). Les principes conduisant à l'attribution des sites aux investisseurs pionniers ont été réécrits afin d'éviter le blocage d'un système qui venait d'être adopté, et certaines obligations ont été atténuées ou supprimées. Cette phase a duré près de quatre ans (1983-1987) (10), période pendant laquelle les pionniers, ceux de la région Clarion-Clipperton (France, ex-URSS, Japon) ont dû régler leurs conflits de chevauchements de sites (des chevauchements d'une ampleur avérée).

La perspective d'une entrée en vigueur prochaine de la Convention en 1993 a conduit à la deuxième collision du régime des grands fonds marins avec le principe de réalité. La conviction était alors partagée par de nombreux États qu'une Convention sans les États-Unis ne serait pas une convention universelle, et quelle serait forcément bancale. À cela, au moins une raison certaine : il y avait, au nombre des investisseurs pionniers visés par la Résolution II, des *consortiums* sous contrôle des États-Unis ou qui étaient enregistrés dans ce pays (11).

Des négociations engagées sous l'égide du Secrétaire général des Nations Unies ont conduit à des modifications substantielles de la Partie XI et des Annexes de la Convention. Le résultat s'analyse comme un protocole additionnel à la Convention, « l'Accord concernant l'application de la Partie XI de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer du 10 décembre 1982 ». L'Assemblée générale des Nations Unies adopte une résolution fin juillet 1994, conforme au nouvel accord, soit à quelques semaines

seulement de l'entrée en vigueur de la Convention (novembre 1994) (12). Celle-ci complète, en le transformant sur des points importants, le régime juridique de la Partie XI et des Annexes. Est ainsi suspendue la mise en place de l'Entreprise dont les fonctions sont confiées au secrétaire général de l'AIFM. Il est décidé que la commission de la planification économique prévue par la Convention (article 163) ne serait pas créée et il revient à la commission juridique et technique (CJT) d'en assurer les fonctions. Enfin, et sans qu'il soit besoin d'en dire davantage, « en cas d'incompatibilité entre le présent Accord et la Partie XI, les dispositions du présent Accord l'emportent » (13) (il est également mis en place un comité des finances, non prévu initialement).

Le formalisme de l'accès aux ressources

Que reste-t-il donc du patrimoine commun de l'humanité ? Beaucoup de règles subsistent, qui s'organisent autour du contrôle de l'accès aux ressources de la Zone et autour des organes qui en ont la responsabilité.

Les ressources de la Zone ne sont pas de libre accès ; c'est à cela que l'on constate un des effets de la dissociation de la Zone d'avec la haute mer. Le régime est celui du dépôt d'un plan de travail d'exploration qui, s'il est approuvé par le Conseil après examen et recommandation dans ce sens de la CJT, est converti en contrat garantissant au demandeur des droits exclusifs sur le secteur qui lui a été attribué et lui imposant des obligations dont la bonne exécution est vérifiée lors de l'examen du rapport annuel d'activités établi par le contractant.

La partie amont de ce processus est très formelle puisque la demande doit avoir le soutien d'un État de patronage, qu'il s'agisse de l'État de nationalité ou de contrôle effectif. L'État doit certifier que le futur contractant dispose bien des capacités financières pour mener à bien son programme d'activités sur toute la durée du contrat (qui est de quinze ans). L'engagement financier du demandeur devient ainsi d'une certaine façon celui de l'État qui le patronne. On ne saurait mieux souligner que le régime juridique du patrimoine commun de l'humanité est aussi placé sous la responsabilité des États. Ceux-ci sont coresponsables de la gestion des ressources avec l'Autorité, qui est une organisation d'États, même si les acteurs de l'exploration, et demain, de l'exploitation, sont des opérateurs privés ou semi-publics. La prise de conscience du rôle des États patronnant une demande a conduit le Conseil de l'Autorité à saisir pour avis la Chambre pour le règlement des différends relatifs aux fonds marins du Tribunal international de la mer (sis à Hambourg).

L'avis rendu le 1^{er} février 2011 répondait aux trois questions suivantes :

- ✓ Quelles sont les responsabilités et les obligations juridiques des États, parties à la Convention, qui patronnent des activités menées dans la Zone ?
- ✓ Dans quelle mesure la responsabilité d'un État partie est-elle engagée à raison de tout manquement aux dispositions de la Convention (et en particulier celles

de sa Partie XI et de l'Accord de 1994) par une entité qu'il a patronnée ?

- ✓ Quelles sont les mesures nécessaires et appropriées qu'un État qui patronne la demande doit prendre pour s'acquitter de l'obligation qui lui incombe en application de la Convention (article 139), de son Annexe III et de l'Accord de 1994 ? (14).

Il faut distinguer au sein de l'Autorité deux instances qui jouent un rôle majeur dans l'accès aux ressources minérales : le secrétaire général et la commission juridique et technique (CJT). Le secrétaire général encadre la procédure en recevant la demande et en vérifiant qu'elle remplit toutes les conditions formelles et administratives, avant de la transmettre à la CJT. Il ferme la boucle de l'examen de la demande et de son approbation en négociant avec le futur contractant le plan de formation, dont les grandes lignes ont été annoncées dans le programme des activités. Enfin, il est le signataire du contrat au nom de l'Autorité. De fait, il a une fonction d'animation permanente de tout le dispositif, là où les organes ne se réunissent qu'une fois l'an, en session ordinaire.

La CJT vient compléter le rôle dévolu au secrétariat général en étant, en quelque sorte, la « cheville ouvrière » de l'Autorité. Elle est présentée comme un organe du Conseil et on peut prendre l'exacte mesure de l'importance du Conseil en se reportant à la liste des fonctions de la CJT (15). Celle-ci élabore les règlements de prospection et d'exploration

des ressources minérales, avec, successivement, les règlements nodules, les règlements sulfures et ceux relatifs aux encroûtements de cobalt (16). Composé à l'origine de quinze membres justifiant de diverses compétences (juridiques, économiques, scientifiques, notamment en géologie, en biologie et en écologie), elle comprend actuellement vingt-cinq membres (la Convention ayant prévu que le Conseil pouvait en élargir la composition) (17). Son activité principale est, depuis la session de juillet 2012, l'examen des demandes de plans de travail ; cinq de ces plans ont été présentés à cette session (trois pour l'exploration de nodules et deux autres pour des sites de sulfures). Les deux semaines de session ont été consacrées à cet examen fait de l'audition de l'entité (et/ou de l'État) à l'origine de la demande. Cette situation a conduit, dans le budget 2012-2014, à inscrire la tenue de deux réunions par an afin de pouvoir disposer du temps nécessaire pour l'examen des nombreux points à son ordre du jour (18).

La commission est chargée de l'évaluation des rapports annuels d'activités remis par les contractants, une soumission qui constitue d'ailleurs une obligation pour ces derniers ; cela permet de vérifier la conformité de leurs activités (dépenses comprises) avec ce qui avait été annoncé lors de la présentation de leur programme de travail. Dans l'exercice de ce contrôle, on retrouve toute la complexité de la gouvernance de l'Autorité : d'une part, la CJT s'adresse au secrétaire général quand il s'agit du détail des rapports



© Dirk Wiersma/SCIENCE PHOTO LIBRARY-BIOSPHOTO

« La CJT élabore les règlements de prospection et d'exploration des ressources minérales, avec, successivement, les règlements nodules, les règlements sulfures et ceux relatifs aux encroûtements de cobalt. », nodules de manganèse.

annuels, c'est à celui-ci qu'il revient d'alerter le contractant concerné, si le rapport révèle des lacunes. Le cas échéant, il pourrait aussi saisir l'État de patronage en l'informant du caractère réitéré des défaillances d'un contractant ; d'autre part, la CJT est tenue d'informer le Conseil des tendances révélées lors de son examen des rapports annuels, ainsi que des améliorations à y apporter. Ce fut le cas, lors de la 18^{ème} session, en juillet 2012, qui a vu le Conseil adopter une décision (19) qui, à partir du rapport du président de la CJT, s'adresse en fait aux contractants et aux États qui patronent les demandes, rappelant au passage toute l'importance qu'il attache à l'examen de ces rapports, en particulier lorsqu'un contractant envisage de demander un nouveau contrat (la qualité des rapports soumis au titre d'un contrat antérieur étant une des conditions de l'approbation d'un nouveau contrat).

Se dessine ainsi le système de gouvernance de la Zone et de ses ressources autour de deux binômes, le secrétariat général et la CJT, d'une part, et le Conseil et la CJT, d'autre part. L'Assemblée n'est pas méconnue dans ce système : elle adopte le budget, elle est le lieu où se tiennent les élections, elle a la capacité du dernier mot, c'est-à-dire qu'elle entérine les décisions déjà visées par le Conseil. Ainsi, par exemple, les règlements de prospection et d'exploration portent la marque d'une adoption par l'Assemblée, même si l'essentiel du débat de fond a eu lieu au préalable au Conseil.

Droit des fonds marins et écologie

L'analyse juridique du régime serait incomplète, et le souci porté à la Zone également, si l'on omettait d'évoquer l'importance de l'objectif écologique de la protection du milieu marin. La Convention est explicite sur ce point : en son article 145, elle confie à l'Autorité la responsabilité de « protéger efficacement le milieu marin des effets nocifs que pourraient avoir ces activités » en adoptant « les règles, règlements et procédures appropriés » (20). Cet objectif n'a pas été modifié par l'avènement de l'Accord de 1994 : il faut voir là comme un écho à l'obligation générale faite aux États de protéger et de préserver le milieu marin dont il est question à l'article 192, article qui ouvre la Partie XII consacrée précisément à l'environnement marin.

Dès 2001, soit après la mise en œuvre du règlement nodules, des lignes directrices ont été élaborées sous la forme de normes non contraignantes, de recommandations faites aux contractants. Il est vrai que le premier règlement était pauvre en dispositions consacrées à la protection du milieu marin, ce qui n'est pas le cas des deux autres règlements, plus fournis sur le sujet de l'environnement. Sur la base des résultats d'ateliers scientifiques régulièrement organisés par le secrétariat, un document constitutif des recommandations destinées aux contractants est adopté par la CJT (21). Il est révisé en 2010, puis, plus récemment, des adaptations ont été apportées lors de la dernière session de la CJT, en février 2013. Ce texte vise tous les types de minéraux, affirmant ainsi sa vocation à durer.

La tendance générale est celle visant à accroître sur le contractant la pression des contraintes écologiques : ainsi, on peut lire qu'il est demandé (*required*) au contractant, avant le début de ses activités d'exploration, de soumettre à l'Autorité une évaluation d'impact sur le milieu marin des dites activités « à l'exception de celles considérées par la CJT comme ne causant pas potentiellement de dommages au milieu marin ». Il est demandé aussi au contractant de proposer un programme de surveillance qui permette d'identifier les effets potentiels des activités envisagées sur le milieu marin. La liste est longue des recommandations qui souvent sont des règles avec effet contraignant s'ajoutant aux obligations découlant du contrat lui-même. Un domaine où la contrainte environnementale a fini, fort légitimement, par s'imposer est celui de l'usage d'équipements permettant de tester le système de collecte des ressources (*test mining*). Un exemple de la prise de conscience du fait que toute activité sur les fonds marins a par nature un impact sur les écosystèmes, est la fixation de l'objectif de désignation des zones témoins de préservation autour des sites d'exploration. Bien que neuf zones témoins aient été désignées en conclusion de travaux scientifiques, la décision de leur conférer une certaine visibilité ne s'est pas imposée facilement au sein du Conseil ; c'est chose faite depuis la 18^{ème} session de l'AIFM qui s'est tenue en juillet 2012 (22). Il est vrai que le constat établi au sein de la CJT est le besoin urgent de disposer de données environnementales, et les contractants sont vivement invités à contribuer à l'effort nécessaire pour combler ces lacunes et à transférer à l'Autorité toutes leurs données non couvertes par la confidentialité (23).

Ce sont là quelques indications de la tendance à l'emprise croissante de la protection du milieu sur les objectifs initiaux du régime juridique des fonds marins, qui étaient de favoriser l'accès aux sites en vue d'une exploitation minière pour un partage des bénéfices, dont une partie devant être affectée au patrimoine commun de l'humanité. Il va se poser un jour la question de la pertinence des objectifs miniers eu égard au poids de la contrainte écologique. Ce ne sera pas la première fois que ce conflit de valeurs ou d'usages se constatera, les exemples sont nombreux dans les espaces sous juridictions nationales. Et il ne faut pas exclure que le dépassement de ce conflit puisse se faire par la consécration du principe de précaution écologique. Dès lors, il ne faudra pas hésiter à reconnaître dans la préservation des fonds marins le nouveau paradigme du patrimoine commun de l'humanité. C'est une hypothèse qui ne retient pas, comme facteur déterminant, la volonté sans faille de certains États et acteurs miniers de parvenir à l'extraction minière.

La Zone est donc bien, au terme de cette étude, un concept révolutionnaire de par son avènement en tant qu'espace au régime dissocié de celui, très classique, de la haute mer, dont les ressources sont non plus accessibles au premier venu (selon la formule du « premier venu, premier servi »), mais ont un destin collectif et appartiennent à un nouveau sujet de droit, l'humanité, qui dispose d'un patrimoine. Trente ans après la signature de la Convention, et

vingt ans après son entrée en vigueur, peut-on raisonnablement dire qu'aucun doute ne pèse sur l'exploitabilité des ressources ? À la liste des facteurs connus de cette interrogation (grandes profondeurs, état de l'économie, ressources financières à investir, technologie), on doit pouvoir ajouter sans hésiter le facteur de l'impératif écologique.

Est-ce la fin de l'histoire ? Au moment où est émise cette interrogation, il faut signaler que se pose la question du rôle de l'Autorité dans la gestion de cette catégorie de ressources nommées *ressources génétiques marines* (RGM), dont le statut juridique se situant au-delà des juridictions nationales est examiné dans le cadre de l'Assemblée générale des Nations Unies (AGNU) (24). L'irruption de l'Autorité dans ce contexte est justifiée, dès lors que l'on ne traite pas des RGM sans traiter du partage des bénéfices issus de l'exploitation de telles ressources. On s'accorde à reconnaître l'antériorité de mécanismes de partage remis entre les mains de l'Autorité, qu'il s'agisse du patrimoine commun lié aux ressources minérales ou de l'application de l'article 82 de la Convention, qui fait de l'Autorité le canal par lequel s'opère la répartition, au bénéfice des États en développement, des contributions versées par les États au titre de l'exploitation du plateau continental au-delà de 200 miles marins.

Les termes du débat à venir sont les suivants : bien que n'étant pas mentionnées expressément par la Convention, les RGM sont des ressources de la Zone, mais aussi de la colonne d'eau ; comment les ramener sous un régime unique pour ce qui est de leur accès et de leur gestion ? L'Assemblée générale des Nations Unies a confié la tâche de réfléchir à un régime d'utilisation durable des ressources de la biodiversité à un groupe *ad hoc* sur la biodiversité située au-delà des zones de compétence des juridictions nationales. Après une succession d'avancées et de blocages de tous ordres, l'idée d'un protocole additionnel à la Convention sur le droit de la mer a retenu l'attention de la conférence de Rio+20, en juin 2012, au point que la déclaration issue de ce sommet a fixé une sorte d'échéance à l'AGNU, qui devra, avant la fin de sa 69^e session (2014), avoir engagé les travaux conduisant à l'adoption d'un tel protocole (25).

Où l'on voit que la Zone et son Autorité sont appelées à nourrir, pour un temps, les calculs diplomatiques des États et les espérances de la société civile, et à permettre de sortir (peut-être ?) du diptyque « révolution ou irréalisme ».

Notes

* Chargé de mission au Secrétariat général de la Mer, membre de la commission juridique et technique de l'Autorité internationale des fonds marins.

(1) Les opinions exprimées dans cet article n'engagent que l'auteur.

(2) Article 1.1 « Aux fins de la Convention : 1) on entend par "Zone" les fonds marins et leur sous-sol au-delà des limites de la juridiction nationale ».

(3) L'article 76 de la Convention, ainsi que son Annexe II, sont les normes primaires du droit qui s'applique à l'extension. Sur cet aspect, voir Élie JARMACHE, « La pratique de la CLPC », in *Annuaire français du droit international*, CNRS Éd., pp. 429-441, Paris, 2008.

(4) On consultera avec profit le dossier spécial « Le régime juridique des grands fonds marins » publié dans *l'Annuaire du droit de la mer*, Tome XVI, Éd. Pedone, Paris, 2011.

(5) Titre emprunté à Jean-Pierre Lévy, voir son ouvrage « Le destin de l'AIFM », Ed. Pedone, Paris, 2002.

(6) Article 137 §1 et 2, de la Convention. Les minéraux extraits peuvent être aliénés sous conditions.

(7) Article 140 §2. L'intérêt de l'humanité est ici largement celui des États en développement et des peuples n'ayant pas accédé à la pleine indépendance.

(8) Annexe IV, article 1 § 1 et 3 : où l'on voit que ce renvoi à une saine gestion commerciale ne serait pas incompatible avec un dispositif de conception (ou d'inspiration) plutôt dirigiste.

(9) La Résolution II porte sur « les investissements préparatoires dans les activités préliminaires relatives aux nodules polymétalliques ».

(10) Quatre investisseurs pionniers « historiques » : la France, le Japon et l'ex-URSS (dans le Pacifique) et l'Inde (dans l'océan Indien).

(11) Leurs droits ont été préservés et sont réactivés, en quelque sorte, à travers deux demandes de plans de travail présentées dans la zone de Clarion-Clipperton par deux entités privées, sous le patronage de deux États parties à la Convention : le Royaume-Uni et la Belgique.

(12) Le secrétaire général, souligne, dans son rapport, qu'il s'agit d'« amener les grands États industrialisés à participer à la Convention ». L'Accord a une autonomie juridique, il est soumis à signature, puis à ratification. Il faut relever que l'Accord a reçu le soutien des États-Unis à l'ONU, mais que cela n'a pas été suivi d'effet dans ce pays.

(13) Article 2 de l'Accord.

(14) Sans entreprendre l'analyse de l'avis (un exercice qui excéderait les limites de cet article), il faut relever qu'à l'origine de la demande d'avis se trouve un patronage accordé par un État insulaire en développement (Nauru, Tonga), ce qui a conduit des États à s'interroger sur leur capacité à faire face à des responsabilités découlant du patronage ; encore fallait-il connaître la nature et l'étendue desdites responsabilités.

(15) Article 165. § 2 de la Convention, auquel il faut ajouter les fonctions de la commission de planification économique dont a vu qu'elles étaient remises à la CJT par l'article 164 de l'Accord de 1994.

(16) Nodules en juillet 2000 (ISBA/6/A/18), sulfures en juillet 2010 (ISBA/16/A/12 Rev1), cobalt en juillet 2012 (ISBA/18.A/11).

(17) Article 163 § 2. Elle est aujourd'hui composée de 25 membres, ce qui est considéré comme un plafond.

(18) Ainsi, la première session de l'année 2013 s'est tenue du 4 au 8 février à Kingston et a permis l'examen de deux demandes (émanant de la Chine et du Japon) portant sur les encroûtements de cobalt dans le Pacifique.

(19) ISBA/18/C/21, « Décision concernant le rapport du Président de la CJT ».

(20) Les activités sont définies dès l'article 1^{er} de la Convention.

(21) ISBA/7/LTC/1/Rev1, puis ISBA/16/LTC/7 et (à venir) ISBA/19/LTC/.

(22) Cette précaution n'est pas inventée par la CJT ou par des scientifiques en mal de protection du milieu, elle est prévue par la Convention, son article 165 § 2 (I) précise qu'il est possible d'exclure des zones déjà données en exploitation s'il y a des raisons de penser qu'un risque grave existe pour le milieu marin. Voir la décision du Conseil ISBA/18/C/ 22 du 26 juillet 2012.



(23) Le débat s'est engagé, sans conclusion pour le moment, sur ce que recouvre la notion de *confidentialité* et sur qui doit être maître de la définition de cette notion (le secrétaire général ?, la CJT ?, le contractant ?).

(24) Le protocole de Nagoya, adopté en 2010 dans le cadre de la Convention sur la biodiversité, dispose du régime des RGM pour les espaces sous juridictions nationales.

(25) Paragraphe 162 de la déclaration de Rio+20, qui dit clairement que l'engagement pris lors de ce sommet a pour base les travaux déjà entrepris par le groupe *ad hoc* de l'Assemblée générale de l'ONU. Un tel protocole a reçu le soutien d'une alliance qui en a surpris plus d'un, celle des États membres de l'Union européenne et du G77, l'opposition étant assurée par les États-Unis et quelques alliés sur cette question (la Russie, le Japon et le Canada).



Pour une gouvernance effective et durable des océans

Par Christophe LEFEBVRE*

Les océans abritent une grande partie de la biodiversité de la planète. Et si l'on prend en compte leur volume, ils occupent une part importante de l'espace disponible pour la vie sur notre planète. Les océans déterminent le climat, conditionnent la chimie planétaire, émettent 70 % de l'oxygène atmosphérique, absorbent la plus grande partie du dioxyde de carbone et représentent l'ultime réservoir permettant la restitution d'eau douce à la terre via la formation des nuages. Tout dérèglement des océans aura inéluctablement des conséquences pour l'humanité.

Le caractère exceptionnel de la biodiversité marine et des écosystèmes océaniques : l'importance de la recherche

Selon les estimations actuelles, on connaît environ 250 000 espèces marines, mais l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) estime qu'il existerait entre 500 000 et 100 millions d'espèces vivant dans les fonds marins. Ces données par leur variabilité montrent le déficit important des connaissances scientifiques sur la mer et il est probable que le nombre d'espèces en danger dans la zone marine soit très nettement supérieur à celui affiché et connu. L'UICN, grâce à son réseau de membres et d'experts, informe régulièrement les décideurs de la planète de l'état de la biodiversité mondiale et du niveau des mesures de protection engagées par les gouvernements. La publication renouvelée de la Liste rouge des espèces menacées d'extinction rappelle régulièrement combien la situation du vivant marin continue de se dégrader. Plus de cent espèces de poissons marins sont aujourd'hui portées sur cette liste, dont beaucoup ont une importance commerciale. Par exemple, l'UICN relève que 17 % des espèces de requins et de raies sont menacées à l'échelle planétaire en raison de leur surexploitation. En ce qui concerne les oiseaux marins, vingt-et-une espèces d'albatros sont aujourd'hui considérées comme globalement menacées. Ces exemples ne repré-

sentent qu'une partie des données montrant un sérieux déclin de la biodiversité marine.

L'identification et l'établissement des zones clés pour la biodiversité, les KBAs (1), et des ères importantes des points de vue écologique et biologique, les EBSAs (2), sont d'une importance cruciale dans les efforts faits pour la protection de la biodiversité marine. Les gouvernements ont un rôle important à jouer dans l'encouragement des investissements en matière de recherche portant sur cette aire d'activité.

Pour un accès aux ressources biologiques marines et un partage équitable de celles-ci

La mer recèle des richesses biologiques à forte valeur économique et, en raison des nombreux enjeux qu'elle représente, la perte de la biodiversité marine devient une préoccupation majeure au niveau international. Le secteur privé exploitant le vivant marin doit prendre en compte cette réalité écologique (3). C'est depuis au maximum deux décennies que l'on prospecte les ressources marines pour la production de substances médicinales et pour les biotechnologies. Pour l'instant, un nombre relativement restreint de plantes, d'animaux et de microbes marins sont à l'origine d'un chiffre impressionnant de plus de 12 000 nouveaux produits chimiques. La prospection bio-marine n'en est qu'à

ses débuts, mais révèle déjà un potentiel considérable de composés pharmaceutiques ou cosmétiques fortement utiles à la santé humaine.

Par ailleurs, cela fait plusieurs milliers d'années que la mer nourrit une population humaine en croissance constante, cela impliquant une augmentation régulière de la production par habitant. Par delà les enjeux de richesse économique, la conservation de la biodiversité marine n'est pourtant pas assez considérée comme un moyen de contribuer de manière substantielle à la sécurité alimentaire, en particulier, mais pas uniquement, des nombreuses populations côtières. Elle n'est pas plus suffisamment reconnue comme une opportunité permettant d'apporter des moyens de subsistance essentiels à certaines des populations les plus pauvres de la planète. Ces enjeux économiques, sociaux et environnementaux d'une importance considérable nécessitent une coopération entre les gouvernements ayant pour but le partage équitable des ressources biologiques marines.

L'océan : un biome dégradé et menacé à restaurer dans sa globalité

Pour une restauration intégrée de l'océan

L'océan, ce réservoir de ressources que l'on pensait inépuisable, est déjà physiquement diminué. Plus de 10 %

des récifs coralliens ont été détruits et plus de 60 % sont considérés comme menacés par les activités humaines (4). À ce chiffre alarmant s'ajoute celui de la dégradation des grands estuaires et de la disparition de plus de 50 % des mangroves, qui sont des milieux littoraux essentiels à la vie marine. Gavé de pollutions, l'océan brasse des tonnes de déchets en matière plastique, se sature en dioxyde de carbone et souffre de l'acidification. Les déchets d'origine terrestre, notamment ceux des villes, et les eaux polluées des bassins versants affectent considérablement le milieu marin et impactent son écosystème. Le nombre des zones marines mortes s'accroît chaque année. Ces éléments ne représentent pourtant qu'une partie des dangers menaçant les océans. Le changement climatique accélère ces impacts négatifs.

Mais dans le même temps, l'océan constitue une importante opportunité de mitigation du réchauffement climatique, puisqu'il absorbe la plus grande partie du dioxyde de carbone. Les gouvernements doivent inclure l'océan dans leurs discussions et dans leurs politiques sur le changement climatique, notamment en bonifiant les crédits de compensation carbone lorsque les actions de séquestration de CO₂ contribuent à la restauration des écosystèmes marins et lorsqu'elles permettent d'accroître la biodiversité, et, dans le même temps, de préserver les ressources naturelles des communautés locales.



© Pierre Vernay/POLAR LYS-BIOSPHOTO

« L'océan, ce réservoir de ressources que l'on pensait inépuisable, est déjà physiquement diminué. », un ours polaire en équilibre sur un ice-berg dans la péninsule de Boothia (Arctique canadien).

Les aires marines protégées (MPAs) : une priorité absolue dans la planification spatiale marine

Face à cette situation d'urgence, la création d'aires marines protégées intégrant la planification spatiale des activités maritimes reste l'objectif à atteindre pour protéger le vivant marin et permettre une exploitation durable des ressources halieutiques. La mer, qui recouvre 70 % de la surface du globe, ne compte, en 2012, que 6 800 aires marines protégées, dont la superficie représente moins de 2 % des océans. 80 % de ces aires marines protégées ne disposent pas des moyens humains et matériels suffisants pour mettre en œuvre de réelles mesures de gestion et de conservation de la biodiversité marine, c'est-à-dire la réglementation des activités, la réduction des pollutions, la surveillance, et l'accueil et l'information du public. Sur l'ensemble des aires marines protégées, seules 2 500 (les réserves dites strictes) bénéficient d'un statut de protection forte où les prélèvements sont interdits.

Ce constat montre que les désignations d'aires marines protégées dans le monde ne sont aujourd'hui, pour la plupart d'entre elles, que des effets d'annonce de la part de nombreux pays. Cette situation est évidemment en contradiction avec les engagements pris par les États depuis la première Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement de 1992, et notamment avec les dispositions du chapitre 17 de l'Agenda 21 (de Rio-de-Janeiro), qui est consacré à la protection des océans et de toutes les mers, y compris les mers fermées et semi-fermées, sans oublier les zones côtières.

Malgré ces recommandations et les engagements des États réitérés au Sommet de Johannesburg en 2002, la progression chaque année du nombre des aires marines protégées reste insuffisante, elle est en moyenne de 5 % par an alors qu'il faudrait l'augmenter chaque année de 50 % pour atteindre les objectifs fixés. À ce rythme, seuls 30 % de l'objectif seront atteints à la fin du XXI^e siècle. La planification spatiale marine doit intégrer les aires marines protégées, car elles sont à la fois des observatoires de l'évolution de l'océan, des abris pour la faune marine, des espaces pédagogiques, des lieux de reconstitution des stocks de poissons et des zones de résilience écosystémique. Elles rendent des services considérables et inestimables pour la sécurité alimentaire (lorsque les ressources qu'elles protègent sont utilisables), pour solidifier les fondations de nombreuses économies bleues, pour garantir le bien de ceux qui font de la mer un loisir, pour préserver le patrimoine naturel marin et le transmettre en héritage, pour favoriser la connectivité écologique de l'océan et, enfin, pour faciliter l'adaptation du vivant marin aux impacts des changements de l'océan. Les aires marines protégées, bien gérées, sont au service de l'océan pour préserver les services qu'il rend et garantir son intégrité. Pourtant un constat s'impose, 10 pays maritimes comptent à eux seuls 80 % de l'ensemble des aires marines protégées dans le monde. Il s'agit d'une des caractéristiques des aires marines protégées dans le monde : leur concentration géographique et spatiale. Le problème est donc de créer à l'échelle globale un réseau représentatif, cohérent et

résilient d'aires marines protégées. À cette fin, les gouvernements se sont engagés d'ici à 2020 à conserver la biodiversité marine au moyen de l'instauration, dans 10 % des zones marines et côtières, des réseaux écologiquement représentatifs et bien reliés d'aires protégées gérées efficacement et équitablement.

Vers une gouvernance de la mer pour une gestion intégrée de l'économie bleue basée sur la résilience de l'écosystème marin

Une gouvernance côtière

Le futur de l'océan repose sur une gestion basée sur l'écosystème marin qui intègre la protection d'un grand réseau cohérent d'aires marines, mais pas uniquement. Protéger la mer consiste à gouverner l'océan collectivement et de manière intersectorielle. Les causes de la perturbation des écosystèmes marins sont multiples et complexes. Par exemple, au niveau urbain, traiter les déchets avant qu'ils n'atteignent la mer et traiter les eaux pluviales et les eaux usées de nos villes pour restituer une eau douce de qualité à l'océan permettraient de garantir son intégrité et de réduire l'érosion littorale. Ces pratiques constitueraient des actions permettant de restituer à l'océan une partie de l'eau qui, aujourd'hui, ne l'atteint plus, le privant de fait de sels minéraux essentiels à sa biodiversité et de sédiments. Elles participeraient ainsi à la restauration des cycles vitaux. La gestion côtière intégrée est, par conséquent, d'une grande importance dans les efforts vers la protection de la biodiversité marine. Les actions au niveau régional, notamment celle du Programme des mers régionales du Programme des Nations Unies pour l'environnement, jouent un rôle primordial dans cette action.

La gouvernance des pêches

L'économie halieutique est fragile et est en danger. 250 000 tonnes de mérous sont prélevées chaque année (dont 80 % en Asie), mettant en péril cette espèce. La pêche illégale, souvent liée à la criminalité organisée, menace la gestion durable des stocks mondiaux. Les États doivent déployer des moyens pour lutter contre cette forme d'activité criminelle en refusant les débarquements ou l'importation de produits de la pêche illégale, en particulier en appliquant l'Accord de la FAO sur les mesures du ressort de l'État du port visant à prévenir, à contrecarrer et à éliminer la pêche illicite, non déclarée et non réglementée. Il est nécessaire aussi de réglementer les pratiques de pêche destructrice, en particulier le chalutage du fond de la mer profonde qui provoque des dégâts importants dans les écosystèmes marins vulnérables et menace les stocks de poissons de haute mer. Des mesures pour atténuer les prises accidentelles, surtout pour les espèces vulnérables, sont également indispensables. De même, il est tout aussi essentiel de revoir les stratégies conventionnelles de pêche dite sélective pour les adapter à une gestion plus écosystémique des assemblages d'espèces et de la chaîne alimentaire (5).

La politique internationale de la pêche et celle de la biodiversité sont traitées aujourd'hui dans des systèmes de gouvernance largement séparés à tous les niveaux, sauf, peut-être, à l'Assemblée générale des Nations Unies. Malgré les efforts d'harmonisation entrepris depuis une quarantaine d'années, leur convergence reste lente, et bien en-deçà de ce qu'il faudrait pour renverser, ensemble, les tendances actuelles. Le risque existe qu'à cause de cette séparation institutionnelle et des malentendus et blocages qu'elle engendre, aucun des deux systèmes de gouvernance n'atteigne, à terme, les objectifs fixés.

La gouvernance de l'espace marin situé au-delà des zones sous juridictions nationales

Au-delà de la pêche, la nouvelle « économie bleue » de l'océan mondial ne fait que croître en raison de l'intérêt que les nations portent à ses richesses, non seulement dans les eaux sous juridictions nationales, mais aussi en haute mer. Le surenchérissement des matières premières et l'évolution des technologies favorisent l'exploitation du plancher et du sous-sol des océans. Depuis longtemps déjà, l'activité *off-shore* est rentable pour extraire le pétrole ainsi que les agrégats (sables et graviers), mais elle concerne aussi désormais de nombreuses ressources biologiques et matières à haute valeur marchande. Afin que l'exploitation de ces ressources soit soutenable et équitable, les espaces marins se situant au-delà des zones sous juridictions nationales doivent être réglementés. Les décisions des gouvernements en la matière devront permettre la conservation et un usage durable des ressources biologiques marines, et prévoir un accès à ces ressources et un partage équitable de celles-ci.

Développer l'approche culturelle pour une société de l'océan qui accompagne l'économie

L'approche culturelle est également essentielle, l'océan étant un bien commun de l'humanité. Il existe un lien

fusionnel entre l'homme et l'océan qui repose sur une vision culturelle stratégique pour un océan durable. Il s'agit de l'engagement de l'ensemble de l'humanité pour partager un sentiment de responsabilité envers l'océan, pour comprendre et intégrer ses contraintes, son fonctionnement, les spécificités culturelles et les besoins des communautés insulaires qui le peuplent et le comportement des usagers et professionnels de la mer qui l'exploitent.

Ce lien doit être un nouveau paradigme pour la préservation et la gestion du vivant marin, pour mieux garantir l'intégrité et l'entité de l'océan. Protéger la mer à partir de la terre, cela consiste à penser l'océan différemment, non pas individuellement, mais collectivement, socialement.

Communiquer avec le grand public, sensibiliser et éduquer les jeunes, mobiliser et former les acteurs et les décideurs sont autant d'outils ayant pour finalité de constituer une société de l'océan mondial, d'affirmer une citoyenneté de l'océan et d'impulser un sentiment universel d'appartenance au monde de la mer.

Notes

* Conseiller de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) pour l'Océan mondial, délégué aux affaires européennes et internationales de l'Agence des aires marines protégées.

(1) *Key Biodiversity Areas*.

(2) *Ecologically and Biologically Significant Areas*.

(3) Selon la FAO, plus de 70 % des stocks mondiaux de poissons ont atteint la limite d'exploitation ou sont surexploités.

(4) WILKINSON (C. R.) (2002), *Status of Coral Reefs of the World: 2002*, Global Coral Reef Monitoring Network and Australian Institute of Marine Science, Townsville, Australia.

(5) Voir : *Selective Fishing and Balanced Harvest in Relation to Fisheries and Ecosystem Sustainability*.
<http://data.iucn.org/dbtw-wpd/edocs/2011-001.pdf>

La stratégie maritime de la France et ses perspectives

Par Hervé MOULINIER*

« On ne subit pas l'avenir, on le fait » disait Georges Bernanos. Sans initiative(s) stratégique(s) nationale(s) et mondiale, la conquête spatiale n'aurait pas eu lieu. Sans initiative stratégique, la valorisation de cet immense potentiel que représente la mer risquerait fort d'échouer. Mais cette nouvelle frontière, à la fois proche et mystérieuse, porte une complexité qu'il faut bien comprendre et expliciter. Cette complexité peut être abordée de multiples façons. Le parti pris d'une porte d'entrée par l'économie (l'exploitation des ressources) nous semble le plus propice à faire bouger les lignes vers un développement sans précédent des activités, et donc des emplois maritimes. Nous aborderons successivement dans cet article ce qui caractérise une stratégie maritime, la reconnaissance de ses enjeux et l'affirmation d'une ambition, puis nous approfondirons les raisons de sa complexité. Un panorama des différentes démarches et initiatives illustrera le parcours déjà accompli et celui qu'il reste à faire pour que la stratégie maritime de la France soit *in fine* inscrite dans toutes ses politiques, ce qui implique qu'elle soit pilotée de façon transversale, mais aussi avec vigueur.

Qu'est-ce qu'une stratégie maritime ? Pourquoi une telle stratégie ?

Une stratégie, c'est d'abord la reconnaissance de l'existence d'enjeux. En ce qui concerne le maritime, ces enjeux sont maintenant bien compris

La croissance accélérée de la population de la Terre et celle de la consommation de ressources par habitant font prendre conscience du caractère fini de notre planète. Elle induit la recherche en mer de ressources qui font défaut à terre ; on peut citer les ressources minérales (hydrocarbures sous différentes formes, granulats, et, d'ici à quelques années, minerais métalliques en grande concentration et terres rares), les ressources biologiques (halieutiques, bien sûr, déjà stagnantes aujourd'hui pour de nombreuses espèces, mais aussi les élevages marins et les algues de tout type) et les ressources énergétiques d'origine climatique (comme l'éolien, le houlomoteur et l'énergie thermique des mers, ou encore l'osmotique), mais aussi d'origine gravitationnelle (comme le marémoteur et l'hydrolien). Le lecteur est invité à se rapporter aux chapitres consacrés à ces sujets dans ce numéro de *Responsabilité & Environnement*. La simple constatation du fait que 70 % de

la planète est recouverte par les océans porte en elle-même l'enjeu.

La deuxième grande catégorie d'enjeux est celle de « l'espace de manœuvre », ainsi que le qualifient les militaires. La libre circulation sur les mers, la mer frontière naturelle, mais aussi pont entre les continents et les civilisations, le fait que la très grande majorité des marchandises (en tonnage) soit transportée par la voie maritime en raison du faible coût de ce mode de transport – merci, Archimède ! –, autant d'éléments qui font que la mondialisation est tout autant portée par la mer que par les technologies de l'information et de la communication (TIC). S'y ajoute le caractère stratégique de l'atout maritime : ces libertés et ces ressources doivent être défendues et protégées dans notre zone d'exclusivité économique (ZEE), comme dans tous les passages resserrés actuels et futurs. La mer est aussi, comme souvent par le passé, le théâtre de la guerre symétrique ou asymétrique, de la piraterie, des trafics et autres actions illicites, comme le pillage des ressources. C'est aussi l'espace où se dissimulent les forces de frappe stratégique, le vecteur des opérations militaires de projection pour défendre le droit international et la paix là où ils sont menacés. N'oublions pas pour autant l'enjeu plus souriant des activités récréatives et de loisirs sur lesquelles reposent les secteurs économiques du tourisme et du nautisme.

La troisième catégorie d'enjeu, la plus récemment mise en évidence et encore mal acceptée, car mal connue, est de nature environnementale. La formidable productivité biologique du milieu marin se voit remise en cause par la surpêche mondiale et les pollutions du milieu (majoritairement telluriques), alors qu'à peine 10 % des espèces marines sont aujourd'hui connues, par la menace que fait peser sur le milieu littoral la concentration de la population située à sa proximité, en lien avec les deux catégories d'enjeux précédents, par l'accélération sans précédent des émissions de gaz à effet de serre et du réchauffement climatique, dont les effets sur la montée des eaux, la fonte des glaces et la fréquence d'événements océano-climatiques exceptionnels sont de moins en moins contestés. Plus généralement, le couplage océan-atmosphère, les circulations de courants (générale, méso-échelle et micro-échelle), leur rôle dans la chaîne trophique et dans le puits de carbone que constituent les océans, sont autant d'enjeux que la science révèle progressivement. Aussi grands que soient les océans, le volume d'eau qu'ils contiennent ne représente qu'un cube de 1 100 kilomètres d'arête : on comprend mieux ainsi la fragilité du milieu et la nécessité de le protéger.

Une stratégie maritime, c'est ensuite une ambition et l'expression d'une puissance

Le travail entrepris dans le cadre du projet de recherche « Océanides », qui vise à démontrer scientifiquement la corrélation entre puissance maritime et puissance tout court, sera, n'en doutons pas, un succès, tant les exemples abondent davantage que les contre-exemples dans l'histoire des pays et des civilisations. Les exemples les plus frappants sont ceux des colonisations successives des empires britanniques, espagnols, portugais et français, et celui de l'extraordinaire domination actuelle de la marine militaire des États-Unis d'Amérique par rapport à ses rivales. Celle-ci sera sans doute contestée un jour par la Chine, dont la puissance commerciale sur les océans ne peut que s'accompagner d'une puissance militaire navale (qu'elle est en train de construire à une vitesse hallucinante). Pour un pays comme la France, qui jouit de la deuxième zone d'exclusivité économique au monde, juste derrière celle des États-Unis, et qui est ainsi avec eux la seule puissance de rang mondial présente sur tous les océans, ne pas affirmer son ambition maritime serait commettre un hors-sujet regrettable. Sans stratégie maritime, aucune chance de comprendre et de



© DOD/HANNING-REA

« La corrélation entre puissance maritime et puissance tout court, sera, n'en doutons pas, un succès, tant les exemples abondent davantage que les contre-exemples dans l'histoire des pays et des civilisations. Les exemples les plus frappants sont ceux des colonisations successives des empires britanniques, espagnols, portugais et français, et celui de l'extraordinaire domination actuelle de la marine militaire des États-Unis d'Amérique par rapport à ses rivales. », arraisonnement par les garde-côtes américains d'un bateau soupçonné d'actes de piraterie.

partager les enjeux, aucune chance de comprendre que la mondialisation, c'est aussi la maritimisation et que, nous, la France et ses Outre-mer, sommes assis sur un gisement d'or bleu !

La définition d'une stratégie maritime : un problème complexe

Une stratégie maritime n'est pas qu'une pétition de principe, c'est aussi l'appréhension de la complexité du multi-échelle, du multisectoriel et du multi-temporel.

Première dimension donc, la complexité du multi-échelle : les enjeux environnementaux, comme ceux de sécurité cités plus haut, conduisent la réflexion vers la nécessité de prendre en compte à la fois le caractère global de ces enjeux et leur caractère local. En effet, si le climat est une problématique globale, la géographie fait que le traitement de ses conséquences se situe au niveau local, comme sont locales les problématiques liées à la qualité du milieu aquatique dans les baies et les estuaires. La sécurité de la navigation dans les détroits est une problématique partagée entre les États riverains (enfin..., c'est ce qui serait souhaitable !) La Méditerranée, la Mer Celtique, la Mer Noire et la Baltique ont chacune des problématiques et des enjeux qui leur sont propres ; pour autant les règles liées à la navigation, au droit maritime ou à la pêche vont bien relever d'un corpus commun au niveau mondial et à l'échelon européen. La convention OSPAR découpe d'ailleurs l'espace maritime en bassins pertinents au niveau de l'environnement. Les échelles globale (planète et océan planétaire), moyenne (bassins maritimes) et locale (baies, estuaires) sont *a minima* les échelles pertinentes pour comprendre, d'une part, et maîtriser, d'autre part, les problématiques. S'y superposent, sans nécessairement être cohérents, les différents niveaux politiques de gouvernance. Pour ce qui concerne la France, ces niveaux sont nombreux : Europe, État, régions administratives, régions d'action de l'État en mer, départements, communautés d'agglomérations, « pays » et communes, puisque, sur certains sujets et dans la bande des 12 miles comme sur le littoral, le maire dispose d'une grande partie des pouvoirs et des responsabilités. La complexité liée à la gouvernance est donc bien réelle, et l'intégration des organes et des décisions de gouvernance est une des dimensions de la politique maritime intégrée.

La seconde dimension d'une politique maritime intégrée est sa dimension multisectorielle. Sans entrer dans le débat sur les périmètres de l'économie maritime et des activités maritimes, qui de plus en plus comprennent les activités exercées sur le littoral, une évidence s'impose : les différents usagers de la mer partagent le même milieu. Les tentatives de reproduire en mer la territorialisation (droit de propriété), qui est la règle à terre, sont vouées à l'échec. Si une esquisse de réponse concernant la surface et/ou sa projection sur le fond et le sous-sol peut être imaginée, à qui appartient la colonne d'eau et, d'ailleurs, quelle colonne d'eau ? Et si l'on savait répondre à cette question, qui serait fondé à en limiter l'accès ou à en défendre le droit, et de quelle manière ? Là encore, la pétition de principe liée au

droit historique est-elle suffisante ? La logique britannique du *Crown Estate*, planificateur spatial garant de l'intérêt général, est une voie intéressante, mais insuffisante. À la lumière des projets que nous avons soutenus dans le cadre du pôle MER-Bretagne, il nous apparaît de plus en plus que, non seulement l'intégration multisectorielle des activités est la voie vers des solutions permettant de prévenir les conflits d'usage, mais aussi que la co-activité est une innovation porteuse de différenciation et de compétitivité ; l'implantation des énergies marines renouvelables (EMR) en est un exemple. Une ferme EMR, c'est à la fois une source d'énergie non carbonée disponible à proximité du littoral et une opportunité de stockage ou de transformation en mer (production d'eau douce, d'hydrogène,...), une entrave à la circulation, mais aussi un balisage et un poste de surveillance avancé, une réduction des zones de pêche conventionnelle, mais aussi l'ouverture à d'autres techniques, aux zones de cantonnement ou d'élevage marin. C'est un impact environnemental inévitable, mais c'est aussi une zone préservée particulièrement observable, avec de nouveaux navires, de nouveaux ports, un renouveau pour les activités navales ou, à plus long terme, pour l'*oil & gas*. Terrain d'expérimentation à grande échelle de ce que signifient réellement le développement durable et l'économie circulaire, le domaine maritime, plus que le littoral d'ailleurs, pourra compter sur le support de la communauté maritime qui, à travers le cluster maritime français ou à travers les pôles de compétitivité, par exemple, a démontré sa solidarité et son sens de la mesure et des responsabilités.

La dimension multisectorielle se traduit aussi en termes de gouvernance par le caractère très interministériel des sujets touchant au maritime. Rares sont les ministères qui ne sont pas concernés par le fait maritime. Cette transversalité est une complexité pour décider et avancer, mais il est nécessaire de la prendre en compte ; l'enjeu est davantage de faire pénétrer partout une vision maritime, que d'en sanctuariser, voire d'en ghettoïser la problématique.

La troisième dimension d'intégration dans une stratégie maritime est celle du temps ; elle n'est pas indépendante des deux autres, qui sont elles-mêmes liées entre elles. Mais elle mérite une explicitation. Toute politique publique porte ou devrait porter des arbitrages face aux différentes temporalités qu'elle adresse, et répondre aux contradictions entre le court et le moyen/long terme. Que ce soit le cas pour une politique maritime intégrée aux différentes échelles évoquées plus haut est facile à comprendre.

Dans le temps court, les priorités sont la réponse aux crises, qu'elles soient sanitaires, environnementales, économiques ou sectorielles, le respect de la réglementation, le soutien au développement de nouvelles activités ; dans le temps long, les priorités concernent la planification spatiale, le droit maritime, la compréhension du fonctionnement des écosystèmes et des services qu'ils rendent et, plus généralement, l'accumulation de connaissances, le rapport des activités maritimes à la société, l'éducation. Mais la difficulté de cette prise en compte simultanée de toutes les temporalités est exacerbée par le partage d'un même milieu et par le manque actuel de connaissance et

de maîtrise de ce milieu commun. Ainsi, une crise sanitaire liée à la qualité de l'eau, ou simplement à des toxines, bactéries ou virus, est extrêmement difficile à circonscrire (voir, par exemple, les crises ostréicoles) et demande des mesures rapides et exceptionnelles. À l'inverse, la résolution d'un dérèglement environnemental peut se révéler extrêmement long à traiter, même quand les causes en sont connues (à titre d'exemple, la prolifération de l'ulve marine, la surpêche de la morue, le problème des zones submersibles...).

Une stratégie maritime portant une politique maritime intégrée doit donc répondre non seulement aux trois catégories d'enjeux précités (ressources, espace et environnement), mais aussi à la complexité des trois dimensions mentionnées plus haut (échelle, sectorielle et temporelle), qu'elle doit comprendre et intégrer.

Comme toute stratégie, une stratégie maritime aboutie se formalise par une feuille de route, qui se traduit par une programmation et des plans d'action et de communication sur le court et sur le long terme, et donc une allocation ou au minimum une identification de moyens. Elle se traduit aussi par une gouvernance capable de rendre les arbitrages nécessaires, de piloter l'usage des moyens et d'évaluer l'efficacité des actions.

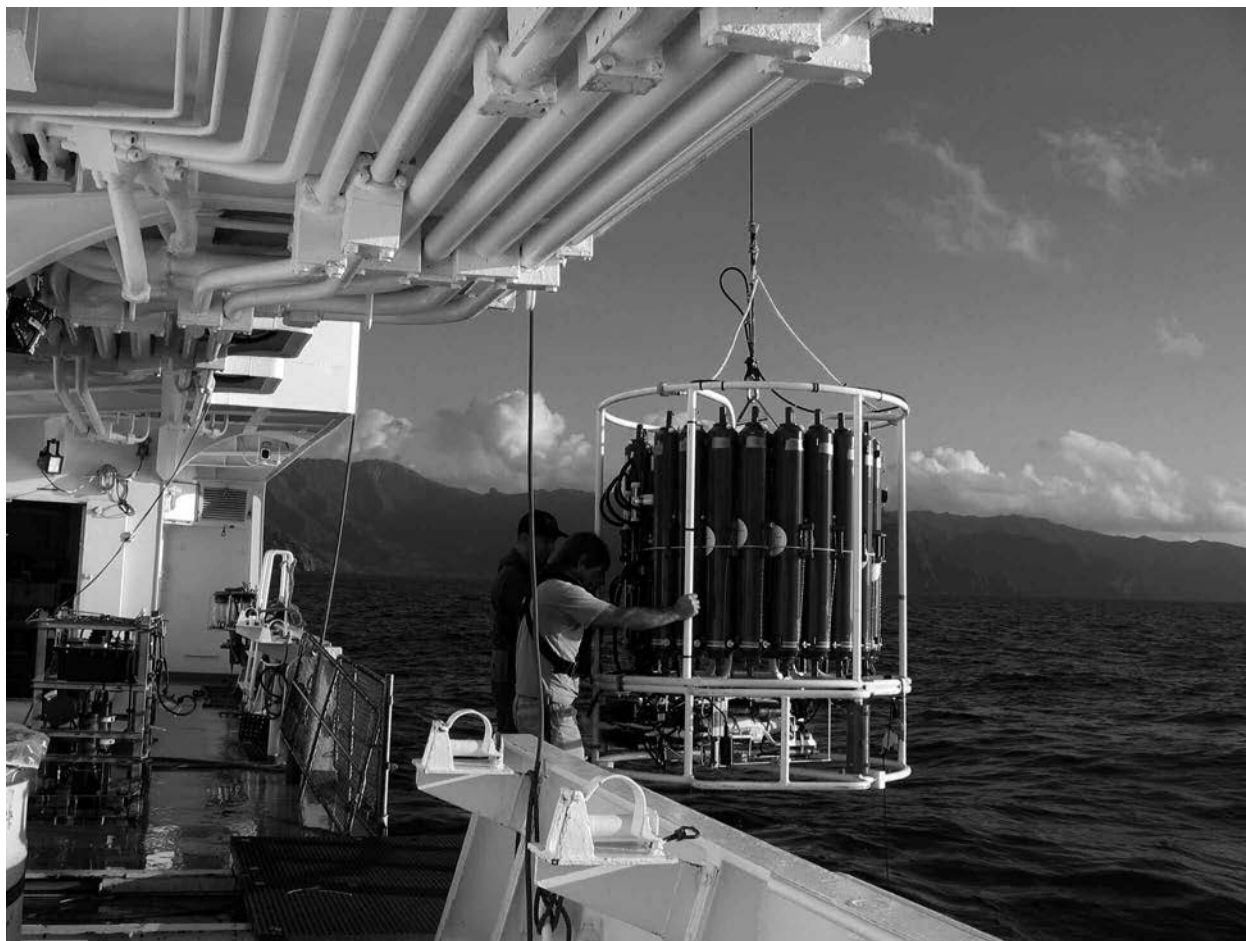
Les initiatives et les résultats en matière de stratégie maritime

En mai 2004, la conférence des régions périphériques maritimes (CRPM) de l'Union européenne lance un appel à projets pour une politique de la mer cohérente en Europe, en écho à des initiatives étrangères, telles que l'*Ocean Act* adopté en 2000 par les États-Unis, l'*Australia's Ocean Policy* en 1999, la *Japanese ocean policy in the early 21st century* en 2002, ou encore la Stratégie sur les océans du Canada adoptée en 2002. Les formes prises par ces initiatives sont variables, mais elles ont toutes en commun d'avoir été précédées d'un riche débat public et de tenter une synthèse entre la valorisation économique et la durabilité.

Dans le même temps, et en écho à cette initiative, la communauté des sciences marines réunie dans EUROCEAN 2004 a émis un *position paper*, la déclaration de Galway.

Des constats et des orientations de cette déclaration ressortent les éléments suivants, qui sont toujours d'actualité :

- ✓ *La moitié du territoire sous juridiction des États membres de l'Union européenne est océanique ; il s'étend de la Baltique à la Mer Noire, en incluant la Mer du Nord, la Manche, l'Atlantique et la Méditerranée.*



© Daniel Vaulot/CNRS Photothèque

« Dans le temps long, les priorités concernent la planification spatiale, le droit maritime, la compréhension du fonctionnement des écosystèmes et des services qu'ils rendent et, plus généralement, l'accumulation de connaissances, le rapport des activités maritimes à la société. », prélèvement d'échantillons d'eau de mer au large des Marquises lors de la campagne Biosope menée fin 2004 dans le Pacifique Sud.

La mise en place de la politique des pôles de compétitivité en 2005 a coïncidé avec une accélération de la réflexion stratégique sur le maritime

Il s'agit bien d'une coïncidence et d'une opportunité, car obtenir la labellisation de deux pôles de compétitivité sur l'économie maritime n'avait rien d'une évidence, en 2005.

Les pôles sont des associations de développement économique par l'innovation coopérative. Ils visent, sur la base d'une forte intensité géographique de connaissances académiques et industrielles, à stimuler la croissance économique par l'innovation, en accélérant le transfert entre la recherche et les entreprises (notamment les PME, qui ont plus de difficulté que les grandes entreprises à bénéficier de ce transfert).

La France n'a pas une conscience très aigüe de sa maritimité, mais, en outre, elle a, d'une part, une approche sectorielle affirmée de l'économie et connaît, d'autre part, une segmentation académique des sciences qui ne facilite pas la transversalité. Il a fallu une forte mobilisation de la communauté maritime, beaucoup d'énergie et une alliance originale entre la région Bretagne et la région Provence Alpes Côte d'Azur, transcendant des clivages politiques et culturels, pour qu'aboutissent les deux projets bâtis sur une réalité indiscutable des forces en présence et sur une vision stratégique maritime.

Après sept années de fonctionnement et de nombreux succès, l'application au maritime de la politique des pôles de compétitivité est plus que jamais à l'ordre du jour. En effet, alors que de plus en plus d'études internationales et nationales mettent en avant le potentiel de croissance de l'économie bleue, les deux pôles ont labellisé plus de 350 projets impliquant leurs 650 membres et représentant plus d'un milliard d'euros d'investissements cumulés soutenus par des partenariats public (30 %) et privé (70 %). Les politiques de « redressement productif », de « pacte de compétitivité », de « priorité donnée à la jeunesse et à l'éducation », vont toutes trouver dans le domaine maritime un écho favorable et une application, mais elles vont également trouver dans les pôles de compétitivité un levier incontournable pour faire émerger et développer de nouveaux secteurs de croissance. C'est même la raison d'être des Pôles.

- ✓ *L'océan joue un rôle déterminant dans l'écosystème planétaire ; il influence le climat et le cycle du carbone, et est le milieu naturel d'une impressionnante diversité de formes vivantes.*
 - ✓ *Les océans et mers d'Europe jouent un rôle stratégique dans le développement social et économique de l'Union, ainsi qu'en matière de sécurité.*
 - ✓ *Les applications de la science et des technologies aux problèmes maritimes représentent de réelles opportunités économiques et d'innovation.*
 - ✓ *Les connaissances et technologies émergentes donnent un accès sans précédent aux ressources marines ; ce qui, par ailleurs, dans le cas d'une exploitation non contrôlée, a un effet négatif sur la pérennité de la ressource.*
 - ✓ *La participation des chercheurs européens et de l'Union européenne dans les partenariats de recherche est vitale, si l'on veut comprendre le fonctionnement de l'écosystème [marin].*
 - ✓ *La densité et la complémentarité des relations entre, d'une part, le secteur de l'industrie navale (particulièrement les PME/PMI) et, d'autre part, la recherche sont essentielles pour développer de nouvelles technologies et pour assurer la pérennité de la ressource marine et le transfert ou la commercialisation des résultats de la recherche.*
 - ✓ *Le développement d'énergies renouvelables d'origine marine pour diversifier les sources d'énergie et contribuer ainsi à l'application de nos engagements sur les accords de Kyoto en matière de réduction des émissions de CO₂.*
 - ✓ *La préservation de la biodiversité marine et son utilisation à des fins sociales et économiques (par exemple, de nouveaux composés pharmaceutiques et industriels...).*
 - ✓ *L'introduction d'une approche « écosystème » dans les processus de prise de décision.*
- En 2005, le Premier ministre demande au Centre d'Analyse Stratégique et au Secrétariat général de la Mer de piloter une mission de réflexion et d'élaboration de la politique maritime : c'est le groupe et le rapport Poséidon. Ce premier exercice du genre, terminé en décembre 2006, restera lettre morte suite au changement de Premier ministre, mais il permettra de nourrir, en parallèle, la contribution française au Livre vert de la Communauté européenne.
- La démarche du Livre vert, pilotée par Joe Borg, aboutit en 2006. Elle examine les débouchés offerts par les océans et les défis à relever pour les exploiter durablement. Ce rap-

port pose les (bonnes) questions intersectorielles, environnementales, sociétales et de gouvernance qui vont permettre de lancer le débat et la consultation, et d'aboutir, fin 2007, à un Livre bleu sur la Politique Maritime Intégrée de l'Union : « *S'inspirant de ces précieuses contributions, la Commission propose une politique maritime intégrée pour l'Union européenne, fondée sur le constat que toutes les questions relatives aux océans et mers d'Europe sont liées entre elles et que les politiques maritimes doivent être élaborées conjointement si nous voulons obtenir les résultats escomptés... Une politique maritime intégrée pour l'UE modifiera la manière dont nous élaborons nos politiques et prendrons nos décisions... [elle] élaborera et mettra en œuvre un programme de travail.* » Ces inflexions, incitations et directives ont effectivement été initiées en 2008. Force est de constater que, malgré la difficulté générale à décliner ce plan d'action en raison d'une inadéquation des moyens par rapport à ses ambitions, cette politique reste valable et en vigueur, mais qu'elle avance beaucoup plus lentement que prévu.

En France, alors que le Grenelle de l'Environnement a superbement ignoré le fait maritime, Jean-Louis Borloo lance le Grenelle de la mer au sortir de l'hiver 2009, qui aboutira après des sessions intenses en groupes de travail à un Livre bleu des engagements du Grenelle de la mer, le 15 juillet 2009. Les travaux sont conclus par un discours fondateur du Président Nicolas Sarkozy, prononcé au Havre le 16 juillet 2009 : « *Je suis venu aujourd'hui au Havre réparer un oubli historique. L'oubli trop long qu'a fait la France de sa vocation maritime !* » Et, plus loin : « *...Je souhaite qu'une grande plateforme technologique soit mise en place sur les énergies marines, avec pour chef de file l'IFREMER. Dans un lieu à déterminer, que j'imagine dans une région littorale, il s'agira de concentrer les moyens de recherche publics et privés, et de valoriser l'innovation au profit des entreprises françaises, les grandes comme les petites. J'attends que cette plateforme technologique unique, qui peut être la première sur le plan mondial, soit constituée d'ici à la fin de cette année* ». Sa localisation à Brest fut effectivement entérinée par François Fillon en décembre 2009 lors des Assises de l'économie maritime, mais elle ne trouvera un instrument financier *ad hoc* que dans le cadre du programme des Investissements d'Avenir, sous la forme d'un Institut d'excellence en énergie décarbonée (l'IEED France Energie Marine)...

L'extraordinaire parcours du combattant qu'il a fallu mener pour mettre en place cet Institut en dit long sur les oppositions de toute nature qu'il a fallu vaincre, mais c'est là une autre histoire.

La stratégie maritime nationale pour la mer et les océans (Livre bleu) fera suite à ce discours, fin 2009. Elle ordonne, met en cohérence et hiérarchise les propositions du Grenelle de la mer. Les COMités OPérationnels ou groupes *ad hoc* créés pour transformer en plan d'action les questions restées sans réponse ont, pour certains d'entre eux, tout juste remis leurs conclusions en 2012. Ce Livre bleu est bien sûr en cohérence avec la politique maritime intégrée européenne et en partage certains des enjeux (c'est bien la moindre

des choses). Mais il aborde aussi de façon nouvelle la gouvernance de la mer. Si le rôle du Secrétariat général de la Mer comme cheville ouvrière de l'interministérialité est majeur et reconnu, de nouveaux instruments et modalités seront mis en place, comme les Conseils Maritimes de Façades, le Conseil National de la Mer et des Littoraux, et les CIMER, ces comités interministériels de la mer qui ne s'étaient plus réunis depuis 2004, sont remis en place.

Lors de la campagne présidentielle de 2012, la mer s'invite dans le débat. Frédéric Cuvillier, l'actuel ministre des Transports, de la Mer et de la Pêche, coordonne pour le candidat François Hollande « Le défi maritime français », un rapport qui propose à son tour une gestion intégrée du littoral, une stratégie portuaire, l'affirmation des enjeux économiques à travers l'exploitation durable des ressources marines, biologiques, énergétiques, minérales, en s'appuyant sur une formation et une recherche de haut niveau. Bref, une politique maritime intégrée dotée d'une nouvelle gouvernance et n'oubliant pas la sûreté et la sécurité maritimes. Tout est dit. Sous une forme différente, certes, mais avec une grande cohérence de problématique et d'objectifs. Ce relatif consensus dans la vision et dans les ambitions, que ce soit au niveau national, européen ou international, est certainement un atout.

D'autres initiatives ou démarches stratégiques enrichissent le corpus de la stratégie maritime : on peut citer, dans le domaine des sciences de la mer, l'Initiative de programmation conjointe OCEANS, qui constituera sans doute le volet maritime de la future programmation européenne Horizon 2020 et qui sera nourrie par la réflexion et les bases du « Programme mer », un travail conduit par le groupe Mer de l'Alliance pour l'environnement (ALLENVI) et validé par le COMité Opérationnel Recherche et Innovation du Grenelle de la mer, ou encore la STRATOM, stratégie territoriale pour les Outre-mer, dont la dimension maritime n'échappera à personne.

Une stratégie maritime : un sujet encore en devenir ? Ses difficultés et ses limites, voies de progrès et perspectives

La première difficulté concerne la mise en œuvre effective du caractère intégré d'une politique maritime. Le ressort de rappel du sectoriel est redoutable, dès que l'on est dans la crise et dans le temps court. Malgré toutes leurs accroches et toutes leurs incidences sur la maritimisation, les énergies marines renouvelables (EMR) sont aussi une question énergétique, de bouquet énergétique, de coût de l'énergie et de la décarbonation de l'économie, et elles sont, dans leur phase d'émergence, un Petit Poucet par rapport aux énergies « terrestres ».

Les biotechnologies bleues sont aujourd'hui vues de Paris (ou même de Rennes) comme incluses ou noyées dans les biotechnologies et, pourtant, la composante liée au milieu leur est essentielle pour la transformation d'une logique de cueillette en une logique d'élevage, ou pour exploiter le bio-mimétisme. D'autres exemples, liés à la crise d'une partie de l'industrie navale et nautique ou d'une

partie de la pêche, pourraient être développés ici, montrant justement la limite des logiques de filière, quand les activités considérées sont à la fois minoritaires dans la filière considérée et fortement dépendantes de leur milieu, c'est-à-dire de leur contexte.

Une fois encore, la réunion dans une « filière maritime » artificielle, car hétérogène, n'est pas la solution. La voie vers la solution nous semble celle qui est suivie par la Commission européenne, à savoir celle de l'intégration des objectifs maritimes dans chacun des compartiments du jeu. Dans le *position paper* que la Commission européenne a transmis aux autorités françaises en novembre 2012, cette stratégie est parfaitement illustrée en soulignant globalement le potentiel de croissance que représente l'économie maritime, en particulier pour l'Outre-mer, mais surtout en précisant pratiquement pour chacun des grands objectifs sa déclinaison maritime.

Par exemple, dans le paragraphe « Objectif thématique : Renforcer la recherche, le développement technologique et l'innovation », on peut lire : « *Dans la recherche sur le milieu marin, procéder de même (collecte de données, observation) pour améliorer la gestion des territoires maritimes et côtiers (traitement et partage de données, Gestion Intégrée des Zones Côtières, surveillance maritime...) pour stimuler l'innovation et accroître l'efficacité des activités marines* » et « *Dans le secteur maritime, garantir l'approvisionnement en ressources essentielles pour les biotechnologies marines et les technologies de l'information, par le biais de projets GIZC visant à l'exploitation et à l'extraction de minéraux des fonds marins, tout en préservant la biodiversité marine.* »

Ou encore, sous le titre « Objectif thématique : Renforcer la compétitivité des PME, y compris dans les secteurs agricole, de la pêche et de l'aquaculture » : « *... Diversifier l'activité économique dans les zones côtières, en particulier en soutenant les start-ups et l'entrepreneuriat, pour accroître la compétitivité, la viabilité et la durabilité des secteurs de la pêche et de l'aquaculture.* »

Et plus loin : « *Utiliser des outils de politique maritime intégrée pour la croissance durable et la compétitivité, ainsi que l'exploration et l'exploitation durable des ressources marines... Réduire la densité du trafic routier par des améliorations structurantes du réseau routier, par le développement d'alternatives en termes de transport en commun, y compris maritimes.* »

Ainsi, une stratégie maritime n'est pas qu'une collection de stratégies sectorielles, ni une unique stratégie intersectorielle : elle est prise en compte dans toute sa complexité

dans chacun des domaines et à chacun des niveaux où elle s'applique.

Ensuite, la réussite d'une stratégie réside davantage dans son exécution que dans sa définition. La deuxième difficulté est donc le fait que l'ampleur des moyens mobilisés et mobilisables est nécessairement limitée par la crise financière actuelle. Néanmoins, cette crise étant aussi une crise de modèle économique et de modèle sociétal, quelques espoirs peuvent être fondés sur la capacité de transformation procurée, d'une part, par de nouveaux gisements de croissance, mais, d'autre part, et surtout, par le modèle de développement durable que la valorisation des ressources océaniques suppose. En effet, la valorisation durable des ressources marines suppose la préservation de la productivité des écosystèmes marins et littoraux, et des services qu'ils rendent. Si protéger pour protéger n'est pas une fin en soi, protéger, c'est aussi surveiller des espaces et des volumes très vastes, c'est alerter, intervenir éventuellement, et c'est remédier. Ce coût ne pourra être supporté que par des transferts de nature fiscale, ce qui est toujours lent et difficile. Ou mieux, et c'est la voie la plus intelligente, par la croissance bleue. Les fermiers allemands sont devenus énergéticiens, et c'est là une des raisons de leur moindre dépendance à l'égard de la PAC. Pourquoi les pêcheurs français ne pourraient-ils pas faire de même ?

Enfin, dans les mécanismes d'appropriation et de réussite d'une politique maritime intégrée, deux autres leviers sont d'une importance primordiale, la formation et la responsabilisation.

L'acculturation maritime et la formation jouent un rôle essentiel dans la compréhension des enjeux et dans les comportements, et aussi dans l'attractivité des activités maritimes pour de jeunes talents. Les Portugais l'ont bien compris, eux qui viennent de relancer une vague très importante de formation par le nautisme, porte d'entrée ludique et attractive pour la jeune population.

La responsabilisation se bâtira sur ce terreau culturel fertile, mais elle procède également d'une autre dimension, celle de la gouvernance multi-échelles. Elle seule permet de mettre en œuvre une politique intégrée à l'échelle locale, comme un contrat de baie ou une politique portuaire. Elle a la force de la subsidiarité et de la décentralisation dans un cadre contractuel stratégique cohérent et stimulant.

Note

* Président du pôle de compétitivité Mer-Bretagne.

Politique maritime et politique de recherche marine en Europe : entre la conquête de l'espace marin et la protection de son environnement

Par Waddah SAAB*

La politique maritime européenne répond à une double ambition, conquérir l'espace marin et protéger l'environnement marin. Lancée en 2007, elle cherche à développer une approche plus intégrée des affaires maritimes qui prenne en compte l'impact des activités humaines sur les écosystèmes marins.

Elle s'appuie sur des initiatives structurantes, telles que la planification de l'espace marin, la directive cadre sur l'environnement marin et la stratégie européenne de recherche marine et maritime. Cette dernière vise à mettre en œuvre une approche plus intégrée et stratégique de la recherche marine et maritime en l'intégrant dans le programme cadre de recherche communautaire, cela afin d'en maximiser l'impact tant sur l'innovation dans les industries maritimes que sur les politiques publiques.

Introduction

Le lancement de la politique maritime intégrée (PMI) de l'Union européenne (UE), en 2007 (1), procédait d'une double impulsion, une volonté de conquérir un espace marin et celle de protéger l'environnement marin.

Il peut sembler anachronique de parler de conquête de l'espace marin pour l'Europe, dont les navigateurs n'ont eu de cesse d'explorer les océans et de découvrir de nouveaux continents. Pourtant, il s'agit bien de découvrir cet immense espace dans ses trois dimensions, ainsi que les grands mécanismes bioclimatiques qui le régulent, la vie et les ressources largement inconnues qu'il recèle, et de se donner les moyens de les exploiter de manière raisonnée.

Mais la PMI a aussi pris corps à une époque où notre planète et son environnement sont perturbés en profondeur par les activités humaines. Cette nouvelle politique porte donc en elle l'exigence de comprendre l'impact des activités humaines sur l'environnement marin, de protéger celui-ci pour en assurer les fonctions essentielles pour les générations à venir et, enfin, de comprendre les profondes interactions entre les océans et le climat pour mieux en gérer les conséquences.

Pourquoi agir à l'échelle européenne ? Bien sûr, tout ne relève pas dans la PMI du niveau européen. Mais les défis environnementaux ont une échelle régionale (au sens des

bassins maritimes régionaux), européenne et, parfois même, globale : ils doivent donc être traités à l'échelle européenne. De même, certains grands défis technologiques, tels que l'exploration et l'exploitation éventuelle des ressources des grands fonds, nécessitent une masse critique de moyens technologiques que le niveau européen permet plus aisément de rassembler. Enfin, sur de nombreux sujets, tels que la mise en commun de moyens d'observation ou l'échange de données, grandes sont les synergies résultant d'une action européenne coordonnée.

Les grands principes qui fondent la PMI de l'UE sont semblables à ceux des politiques maritimes développées par d'autres grands pays (notamment par les États-Unis, l'Australie et le Canada) :

- ✓ une approche intégrée des affaires maritimes. Puisque celles-ci sont en concurrence dans l'utilisation de l'espace marin et parce qu'elles ont un impact commun sur l'environnement marin, elles doivent être gérées de manière coordonnée ;
- ✓ une approche dite éco-systémique des affaires maritimes, qui intègre l'impact des activités maritimes sur l'environnement et les écosystèmes ;
- ✓ un soutien scientifique fort à la mise en œuvre de cette politique pour s'assurer qu'elle s'appuie sur les meilleures connaissances existantes.

À ces trois principes s'en rajoute un quatrième, propre à l'UE : la nécessaire articulation entre les niveaux européen, régional et national.

Nous allons décrire ci-après les grands axes de mise en œuvre de la PMI, en développant plus particulièrement la stratégie de recherche marine et maritime, car celle-ci permet de prendre toute la mesure de l'engagement européen dans ce nouveau défi.

Les grands axes de la Politique Maritime Intégrée européenne (PMI)

La PMI s'est développée autour de quelques instruments et projets structurants, dont certains sont d'ordre législatif. Mais la plupart relèvent plutôt d'une coordination ouverte des politiques des États membres et d'une mobilisation des acteurs maritimes, s'appuyant sur les instruments financiers communautaires *ad hoc* (fonds maritime européen, fonds structurels, programmes cadres de recherche communautaire...).

La directive cadre sur l'environnement marin

La directive cadre Stratégie sur le milieu marin (DCSMM), adoptée en 2008, est le pilier environnemental de la PMI. Elle distingue huit bassins maritimes (sous-) régionaux : la Baltique, la Mer du Nord, l'Atlantique, la Méditerranée occidentale, la Méditerranée centrale, l'Adriatique, la Méditerranée orientale et la Mer Noire. Cette directive fait obligation aux États membres de définir (en 2012) un bon état environnemental des zones maritimes sous leur juridiction en tenant compte d'un très grand

nombre de pressions sur l'environnement marin et sur sa biodiversité. Les États membres de l'Union européenne doivent également mettre en place un plan de surveillance de l'environnement marin d'ici à 2015 et un plan d'action pour atteindre le bon état environnemental d'ici à 2020.

Il faut souligner deux points importants de la directive :

- ✓ a) le bon état environnemental doit être atteint au niveau des mers (sous-) régionales, ce qui implique une coordination entre les États membres concernés autour de chaque bassin maritime ;
- ✓ b) le nombre des pressions sur l'environnement marin prises en compte par la directive est considérable (11) et comprend certaines pressions tout à fait nouvelles, telles que les déchets matériels en mer, le bruit, les espèces invasives..., sur lesquelles les connaissances scientifiques sont encore très partielles.

La DCSMM est donc une législation qui pose des défis considérables aux sciences marines à la fois en termes d'acquisition de connaissances manquantes et d'intégration de celles-ci, notamment pour définir le « bon état environnemental » d'un bassin maritime.

La planification de l'espace maritime (PEM)

La planification de l'espace maritime consiste à organiser et à réglementer l'ensemble des activités humaines dans les zones maritimes, tout en protégeant les écosystèmes marins. Elle couvre les eaux marines placées sous juridiction nationale et se limite à la planification des activités en mer. Elle reste une prérogative des États membres. Toutefois, les plans de partage des zones maritimes doivent être compatibles entre eux afin d'éviter des conflits et afin de soutenir

Repères

- ✓ 22 pays (sur les 27 que compte l'Union européenne) ont une façade maritime.
- ✓ Le littoral de l'Union européenne est sept fois plus long que celui des États-Unis, et quatre fois plus long que celui de la Russie.
- ✓ Les régions maritimes de l'UE abritent près de la moitié de la population de l'Union et représentent près de la moitié de son PIB.
- ✓ En superficie, la juridiction des pays de l'UE couvre davantage de mer que de terre.
- ✓ En comptant ses régions ultrapériphériques, l'UE possède le plus grand territoire maritime au monde.
- ✓ L'économie maritime de l'UE représente près de 500 milliards d'euros de valeur ajoutée et 5 400 000 emplois.
- ✓ Près de 90 % de la biodiversité marine est encore inconnue, soit en perspective des possibilités d'applications biotechnologiques considérables. L'industrie des biotechnologies marines pourrait croître à des taux annuels allant de 5 à 10 % dans les vingt années à venir.
- ✓ L'énergie éolienne *offshore* pourrait représenter X % de toute l'énergie éolienne installée en Europe dans les années à venir.
- ✓ Les énergies des océans (marémotrice, houlomotrice, thermique...) pourraient couvrir jusqu'à X % des besoins d'électricité en Europe.
- ✓ Les minéraux extraits des fonds marins pourraient représenter 10 % de la production minérale mondiale d'ici à 2030.

la coopération et les investissements transfrontaliers. Ses principes communs sont adoptés au niveau de l'Union européenne.

C'est pour assurer cette cohérence que la Commission européenne vient tout juste de proposer une directive cadre sur la PEM fixant les grands principes pour assurer la cohérence de la planification des espaces maritimes nationaux et régionaux, mais en laissant aux États membres le soin d'en assurer la mise en œuvre.

L'accès aux données marines scientifiques – Vers une capacité européenne intégrée d'observation des océans

Le réseau européen d'observation de données du milieu marin (EMODnet) vise à créer une plateforme européenne donnant accès aux données marines scientifiques de toutes provenances sectorielles et géographiques. Le principe d'EMODnet est d'assurer que les données sont collectées une seule fois et utilisées autant de fois que souhaité par tous les utilisateurs potentiels. Cela suppose d'harmoniser les standards de stockage de ces données et de supprimer progressivement les obstacles juridiques ou techniques dans l'accès à ces données.

Les sites Web prototypes d'EMODnet permettent aux ingénieurs et aux scientifiques de voir quelles sont les données disponibles sur un bassin maritime particulier et de télécharger des observations directes et des informations dérivées (par exemple, des modèles numériques de terrains, de répartition des sédiments ou d'habitats marins). EMODnet devrait passer à un stade opérationnel au cours de la période 2014-2020, grâce à des financements communautaires.

Non seulement une telle plateforme permettrait d'épargner des centaines de millions d'euros d'investissements publics dans l'acquisition de données, mais elle pourrait également donner naissance à une industrie d'utilisation des données marines, transformant celles-ci en produits d'information à haute valeur ajoutée pour un grand nombre d'utilisateurs.

La stratégie européenne de recherche marine et maritime

Dès sa création, la PMI a affiché le caractère primordial de la recherche marine et maritime, en appui à sa mise en œuvre. La stratégie de recherche marine et maritime (2), adoptée en septembre 2008 comme une partie du plan d'action pour la PMI, en est le pilier scientifique.

L'élaboration de cette stratégie part des constats suivants :

- ✓ la recherche marine et maritime européenne est forte tant en termes budgétaires que par son excellence, qui lui confère une position de *leadership* mondial dans plusieurs domaines ;
- ✓ mais cette recherche reste fragmentée entre plusieurs disciplines (sciences de l'environnement, biologie, technologies de l'observation marine, climatologie, ingénierie maritime, énergies maritimes), alors que les défis (tels le bon état environnemental recherché par la DCSMM ou encore l'exploitation des ressources des grands fonds marins), par nature interdisciplinaires, nécessitent une approche intégrée ;
- ✓ la part des investissements de recherche destinés aux infrastructures de recherche marine (navires de recherche, infrastructures d'observation *in situ* fixes ou mobiles, sites expérimentaux...) est particulièrement élevée (près de 50 % de l'ensemble des coûts) et nécessite une attention particulière ;
- ✓ elle reste également dispersée entre des investissements communautaires (programmes cadres de recherche) et ceux des États membres ;
- ✓ enfin, les liens entre recherche et innovation industrielle, d'une part, et entre recherche et élaboration des politiques maritimes, d'autre part, ne sont pas encore assez forts.

Le tableau 1 donne les grands chiffres budgétaires sur la recherche marine et maritime en Europe, par domaine, ainsi que la répartition de l'effort budgétaire entre les États membres et l'Union européenne (estimation faite par le Secrétariat de l'initiative de programmation conjointe *Healthy and Productive Seas and Oceans*).

Budget annuel de recherche publique marine et maritime des pays membres		Budget annuel de recherche marine et maritime communautaire (PCRD 7)	
Environnement marin (y compris climat)	40 %	Environnement Marin (y compris climat)	29 %
Ressources Biologiques	35 %	Ressources Biologiques	19 %
Autres ressources (y compris transports et énergie)	20 %	Autres ressources (y compris transports et énergie)	21 %
Recherche socio-économique	5 %	Recherche interdisciplinaire	9 %
		Infrastructures et ressources humaines	22 %
Total	1 666 M€	Total	213 M€

Tableau 1

De ces constats découlent les grands axes de la stratégie pour la recherche marine et maritime, que nous détaillons ci-après.

Intégration interdisciplinaire

Le programme cadre de recherche communautaire (PCRD) est divisé en priorités thématiques (transports, bio-économie, énergie, environnement, matériaux, nanotechnologies, infrastructures...) et la recherche marine et maritime est dispersée entre ces différentes priorités. Dans le 7^e programme cadre de recherche communautaire (PCRD 7), une intégration interdisciplinaire a été mise en œuvre pour la recherche marine et maritime, au moyen d'appels à propositions trans-thématiques rassemblant des budgets de plusieurs priorités dites thématiques du PCRD 7 pour financer de grands projets interdisciplinaires. De tels projets concernent par exemple les évolutions économiques potentielles en Arctique en relation avec le changement climatique et leurs conséquences environnementales, de nouveaux concepts de plateformes *off-shore* multi-usages pour optimiser l'utilisation de l'espace marin ou l'enfouissement du dioxyde de carbone dans les fonds marins. Ces appels à propositions lancés sous le label « L'Océan du futur » ont permis de financer une vingtaine de projets, pour un budget total de 180 millions d'euros.

Un inventaire systématique des projets de recherche marine et maritime poursuivis à travers toutes les priorités thématiques du PCRD 7 a également été réalisé afin de donner une vue d'ensemble des principaux projets de recherche mis en œuvre.

Dans le futur programme cadre de recherche et d'innovation (PCRI) pour la période 2014-2020, *Horizon 2020*, l'accent mis sur l'approche interdisciplinaire de la recherche marine et maritime sera encore renforcé, avec notamment une programmation stratégique répondant aux grands objectifs de la PMI, notamment le soutien à la « croissance bleue ». Celle-ci est reconnue comme une grande priorité transversale, et la traduction scientifique de cette priorité politique se concrétisera par un budget plus conséquent et la définition, en amont, des grands défis stratégiques à relever dans le long terme pour parvenir à réaliser le potentiel de croissance bleue de l'Union européenne. De grandes thématiques transversales, comme l'exploitation des ressources des grands fonds, les technologies d'observation des mers ou la valorisation intégrée des ressources biologiques marines, devront faire l'objet d'une approche stratégique, intégrée et de long terme. Un effort sera fait pour renforcer les partenariats avec les entreprises privées.

Le suivi des projets de recherche ira plus loin que le simple inventaire. Il comprendra une analyse stratégique des résultats de la recherche, avec un effort de dissémination ciblé à destination des acteurs publics, des industries privées et du grand public.

L'amélioration des infrastructures de la recherche marine

Dans le PCRD 7, un soutien constant a été donné à de grands projets d'infrastructures de recherche marine distri-

bués à l'échelle européenne. Des projets, tels qu'Euro-ARGO (flotte de profileurs dérivants déployés dans toutes les mers), EMSO (Observatoire multidisciplinaire européen des fonds marins) ou EMBRC (Centre européen de ressources marines biologiques), ont reçu une aide permettant de les structurer.

En parallèle, une analyse stratégique des besoins européens en matière d'observation des océans a été entreprise. Le rapport du groupe des experts mobilisés préconise de se diriger vers une capacité européenne intégrée d'observation des océans comportant quelques infrastructures d'observation essentielles et utilisant EMODnet comme plateforme structurante d'échange des données (3). Ce rapport préconise également un effort de recherche important sur les technologies d'observation marine, celles-ci sont en effet d'importance stratégique, du fait qu'elles sous-tendent toutes les activités (scientifiques ou économiques) en mer.

Horizon 2020 poursuivra l'effort de soutien aux grandes infrastructures européennes distribuées d'observation des océans. Un effort important sera fait sur le développement de technologies prometteuses d'observation marine (capteurs et plateformes fixes ou mobiles qui les accueillent) permettant de répondre à des besoins nouveaux et d'améliorer leurs performances, notamment en abaissant le coût et en facilitant ainsi leur déploiement. Tous ces efforts viseront à donner une impulsion au projet de capacité européenne intégrée d'observation des océans, en articulation avec EMODnet.

Des synergies renforcées entre les pays membres de l'Union européenne et les pays associés

Dans le PCRD 7, un soutien financier a été accordé à plusieurs ERA-nets (les réseaux de l'espace européen de recherche) marins et maritimes. Les ERA-nets permettent une meilleure coordination des budgets publics de recherche des États membres dans un domaine donné. C'est ainsi que l'ERA-net « SEAS-Era » vise une meilleure coordination de la recherche publique européenne sur l'environnement marin, tandis que « COFASP » se focalisera sur la recherche publique en matière de pêche et d'aquaculture et que MARTEC couvre la recherche sur le transport maritime. D'autres ERA-nets (en cours de lancement) couvriront bientôt les domaines des énergies et des biotechnologies marines.

L'initiative la plus ambitieuse est cependant l'initiative de programmation conjointe « des mers et des océans sains et productifs » (JPI Oceans). Cette initiative de long terme (10 ans et plus), qui regroupe 18 États membres et associés de l'Union européenne (4), vise à coordonner leurs moyens de recherche au service d'une vision partagée de développement durable des richesses marines. Elle suit une approche stratégique transversale semblable à celle de la stratégie de l'Union européenne pour la recherche marine et maritime. Elle offre ainsi, pour la première fois, une plateforme pour une coopération stratégique renforcée en matière de recherche marine et maritime entre l'Union européenne et les États membres ou les pays associés. Il



Towards integrated European marine
research strategy and programmes

Seas era

EUFP7ERA-NET

GOAL: SEAS-ERA aims at embracing marine and maritime research in its entirety, overarching the previous initiatives which only targeted a given area or basin and, therefore, constituting a stable and durable structure for empowering and strengthening marine research all across Europe.

PROJECT ACRONYM: SEAS-ERA

FUNDING SCHEME: Coordination and Support Action

EU FINANCIAL CONTRIBUTION: € 1.999.927,61

START DATE: 01 May 2010

END DATE: 30 April 2014

PROJECT COORDINATOR: Ministry of Science and Innovation (MICINN), Spain

NUMBER OF COUNTRIES: 18 Countries

NUMBER OF BENEFICIARIES: 21 Institutions

NUMBER OF THIRD PARTIES: 2 Institutions



Project Beneficiaries



Project Third Parties



© SEAS ERA

« ERA-net « SEAS-Era » vise une meilleure coordination de la recherche publique européenne sur l'environnement marin ».

faut souligner que l'initiative de programmation conjointe « JPI Oceans » est soutenue financièrement par le PCRD 10, qui en facilite la mise en œuvre.

Avec Horizon 2020, il s'agira de faire la meilleure utilisation possible des initiatives existantes pour optimiser la coordination de la recherche marine et maritime entre les États membres et les pays associés, ainsi qu'entre les États membres et/ou associés et la Commission européenne. Une étroite coordination sera notamment mise en œuvre avec les pays participant à JPI Oceans dès le stade de la programmation de la recherche, afin d'assurer un impact conjoint maximal de la recherche communautaire et de celles des pays membres et des pays associés.

La gouvernance

En matière de gouvernance, le principal enjeu est de s'assurer que les résultats de la recherche marine et maritime soient internalisés par les différents secteurs et disciplines du monde marin, et transmis aux autorités en charge de la mise en œuvre de la politique maritime lorsque cela est utile.

Dans le PCRD 7, les efforts d'analyse des résultats de la recherche marine et maritime et leur dissémination sont restés timides. Des projets ont été financés pour renforcer la coopération entre les différentes disciplines de la recherche marine et maritime, en particulier entre la recherche marine et les industries maritimes. D'autres projets visant à stimuler les interactions entre la science marine et les acteurs socio-économiques de la mer ont également été mis en œuvre sur des sujets, tels que la pêche, les déchets rejetés en mer ou les services écosystémiques marins.

Dans le cadre d'Horizon 2020, un effort systématique de suivi des projets de recherche marine et maritime et d'analyse de leurs résultats sera entrepris. Il sera accompagné d'un effort de dissémination des résultats les plus pertinents de cette recherche vers les acteurs susceptibles de les utiliser (les industriels de la mer, les pouvoirs publics et les citoyens, au sens large de ce terme).

Le niveau global

La coopération internationale est vitale en ce qui concerne la recherche marine et maritime et ce, pour deux raisons :



JPI Healthy and Productive Seas and Oceans A New Frontier



© JPI OCEANS

« L'initiative la plus ambitieuse est cependant l'initiative de programmation conjointe "des mers et des océans sains et productifs" (JPI Oceans). »

- ✓ a) certains des bassins maritimes européens sont partagés avec des pays tiers. C'est le cas de la Méditerranée, de la Mer Noire, de la Baltique et de l'Atlantique. Une bonne gestion des affaires maritimes dans ces bassins (notamment leur bon état environnemental) exige une coopération avec ces pays, qui parfois ne disposent pas des capacités scientifiques nécessaires. La question de l'aide au renforcement de ces capacités se pose donc ;
- ✓ b) pour la communauté scientifique marine, il n'y a *in fine* qu'un seul océan global dont nous avons la responsabilité partagée. L'Europe, avec ses grandes capacités scientifiques, a un rôle important à jouer dans les grands programmes globaux d'observation des océans et de protection de l'environnement marin.

Le renforcement de la coopération internationale en matière de recherche marine sera donc un des grands défis à relever dans le cadre d'Horizon 2020.

Conclusion

En dépit des difficultés liées au lancement d'une politique avec peu de compétences communautaires, la politique marine intégrée européenne (PMI) a quand même réussi à susciter une prise de conscience et une mobilisation des acteurs de la mer (publics et privés) autour des grands enjeux de conquête de l'espace marin et de protection de son environnement. L'Union européenne a joué le rôle de catalyseur dans ce processus.

Ce rôle est particulièrement visible dans le domaine de la recherche marine et maritime. Des avancées considérables

ont été obtenues en termes de prise en compte des enjeux stratégiques dans le programme cadre de recherche communautaire qui se traduisent en termes budgétaires et en termes de mobilisation des États membres et des acteurs de la recherche marine. L'Europe s'est mise en ordre de bataille pour relever les défis scientifiques et technologiques de la croissance bleue dans le cadre d'Horizon 2020 et pour assumer un rôle de leader mondial dans la protection de l'environnement marin.

Il faut à présent passer à l'action en mobilisant les acteurs publics et privés de la mer à l'échelle européenne. 2013 sera une année déterminante à cet égard.

Notes

* Commission européenne, coordinateur pour la stratégie de recherche maritime et marine.

(1) Communication de la Commission au Parlement européen, au Conseil, au Comité économique et social européen et au Comité des régions, « Une politique maritime intégrée pour l'Union européenne » (COM(2007) 574 final).

(2) « Une stratégie européenne pour la recherche marine et maritime : un espace européen de la recherche cohérent à l'appui d'une utilisation durable des mers et des océans » [COM(2008) 534 final].

(3) *Towards a European Integrated Ocean Observation Capacity*, Report of the expert group on marine research infrastructures.

(4) Il s'agit de la Norvège, de la Belgique, de l'Espagne, de la France, du Royaume-Uni, de l'Allemagne, de l'Italie, du Portugal, de l'Irlande, de l'Islande, des Pays-Bas, du Danemark, de la Suède, de la Finlande, de la Pologne, de la Lituanie, de la Roumanie et de la Turquie.
www.jpi-oceans.eu

Biographies des auteurs

ALOUPI Niki

Niki Aloupi est professeur agrégé de droit public à l'Université de Strasbourg depuis septembre 2012.

Parmi ses enseignements figurent le droit international des espaces, le droit de l'Union européenne, les relations internationales et le droit international économique. Ses champs de recherche comprennent notamment le droit international public, le droit de la mer, le droit aérien, le droit de l'espace extra-atmosphérique et le droit de l'Union européenne.

Elle est l'auteur d'une thèse de droit international sur « Le rattachement des engins à l'État en droit international public (navires, aéronefs, objets spatiaux) », de l'Université Paris II, sous la direction de J. Verhoeven (mention très honorable avec les félicitations du jury, thèse admise à concourir pour un prix de thèse et proposée pour l'octroi d'une subvention de publication ; mention de l'Université Panthéon-Assas et lettre de félicitations prix Amiral Daveluy).

CAHU Chantal

Chantal Cahu, PhD, HDR, est actuellement responsable des secteurs Aquaculture et Biotechnologie à l'IFREMER. Elle est également, pour la moitié de son temps, chercheur dans l'Unité Mixte de Recherche LEMAR.

Son domaine de recherche concerne la physiologie des organismes marins, principalement des poissons. Le but est de comprendre les mécanismes physiologiques et moléculaires qui contrôlent les traits de vie de ces organismes. Les connaissances générées sont utilisables notamment pour le développement de l'aquaculture.

Elle a publié plus de 80 articles scientifiques dans des revues internationales, et déposé un brevet valorisé par une multinationale de l'alimentation.

Elle a développé des collaborations avec de nombreux pays : outre les pays européens, peuvent être cités la Chine, le Canada et la Tunisie.

Elle encadre des doctorants et donne des cours dans différentes universités ainsi que des conférences dans différents pays.

<http://annuaire.ifremer.fr/cv/15838/en/>

CALLEJA Pierre

Pierre Calleja est Président directeur général et fondateur de Fermentalg.

Biologiste de formation, Pierre Calleja entame sa carrière à l'IFREMER sur un projet de mise au point des techniques d'élevage larvaire dans les fermes marines.

En 1992, il crée Kurios (filiale de Sanofi Aquaculture) et développe une gamme innovante d'aliments larvaires et

compléments nutritionnels aquacoles destinés à optimiser les techniques d'élevage.

En 1999, le chiffre d'affaires de Kurios est de 4 M€ ; cette société double ses revenus tous les ans et réalise 80% de ses ventes à l'export.

En 2000, Pierre Calleja cède Kurios au leader mondial de la nutrition larvaire aquacole, INVE.

De 2000 à 2005, Pierre Calleja travaille sur un projet de R&D avec l'IFREMER sur la technique de production massive de micro-algues en hétérotrophie.

En 2005, il rachète la société Aquatyc (spécialisée dans l'alimentation de poissons d'aquariologie), puis la cède en 2008.

En 2007, Pierre Calleja dépose deux brevets relatifs à la culture des micro-algues, qui sont à l'origine de la création, en 2009, de Fermentalg.

CLAVELEAU David

David Claveleau est membre de la commission Granulats marins de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG).

CURY Philippe

Philippe Cury est Directeur de Recherche de Classe Exceptionnelle à l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) et est directeur de l'UMR - EME 212 (Ecosystèmes Marins Exploités entre l'IRD, IFREMER et l'Université Montpellier 2) basé à Sète France (www.umr-eme.org). Il dirige le Consortium européen Eur-Oceans (www.eur-oceans.eu).

Depuis 1980, il a travaillé au Sénégal, en Côte d'Ivoire, en Californie et en Afrique du Sud afin d'analyser l'effet du climat sur les pêches et la façon de mettre en œuvre l'approche écosystémique des pêches.

Il a publié plus de 120 articles évalués par les principales revues internationales et a écrit 10 livres ou chapitres de livre. Il a reçu plusieurs distinctions et prix internationaux, tels que le Prix Philip Morris obtenu en 1991 (Life Science Prize), la "Médaille d'Océanographie Française" en 1995 (Comité Scientifique du Musée de Monaco du Prince Albert) et la médaille Gilchrist en 2002 (Afrique du Sud). En 2012, il a reçu le prix IFREMER de la réalisation scientifique et, en 2013, le prix scientifique de l'IRD. En 2008, il a publié un livre pour un large public intitulé *Une mer sans poissons* qui est maintenant traduit en japonais, en chinois et en catalan. En mars 2013, il publiera, avec Daniel Pauly, chez Odile Jacob, un livre intitulé *Mange tes méduses : réconcilier les cycles de la vie et la flèche du temps*.

Il travaille actuellement sur la construction des scénarios pour les écosystèmes marins dans un contexte de changement global avec l'IPBES (*Intergovernmental Science-Policy*

Platform on Biodiversity and Ecosystem Services), l'équivalent du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) pour la biodiversité.

Ses publications récentes sont :

- ✓ CURY (P.M.), BOYD (I. L.), BONHOMMEAU (S.), ANKER-NILSSEN (T.), CRAWFORD (R. J. M.), FURNESS (R. W.), MILLS (J. A.), MURPHY (E. J.), ÖSTERBLUM (H.), PALECZNY (M.), PIATT (J. F.), ROUX (J.-P.), SHANNON (L.) & SYDEMAN (W. J.), "Global seabird response to forage fish depletion – One-third for the birds", *Science* 334, pp. 1703-1706, 2011.
- ✓ CURY (P.M.) & MISEREY (Y.), *Une mer sans poisons*, Calmann-Lévy, 257 pp., 2008.
- ✓ PERRY (I.A.), OMMER (R.), COCHRANE (K.) & CURY (P.M.), *World fisheries: a socio-ecological analysis*, Wiley-Blackwell Fish and Aquatic resources series 14, 418 p., 2011.
- ✓ CURY (P. M.), SHIN (Y.-J.), PLANQUE (Benjamin), DURANT (J. M.), FROMENTIN (J.-M.), KRAMERSCHADT (S.), STENSETH (N. Ch.), TRAVERS (M.) & GRIMM (V.), "Ecosystem Oceanography for global change in fisheries", *Trends in Ecology and Evolution*, vol. 23 (6) : 338-34, 2008.

DACHICOURT Pierre-Georges

Patron armateur à la pêche artisanale d'avril 1973 à 2006, Pierre-Georges Dachicourt a débarqué (fin 2003) pour se consacrer à ses fonctions électives

Au titre de ses fonctions électives, il est :

- ✓ Personnalité qualifiée au sein du Conseil économique, sociale et environnemental (depuis 2012) ;
- ✓ Président du Comité National des Pêches Maritimes et des Élevages Marins (C.N.P.M.E.M) (de juillet 2003 à avril 2012) ;
- ✓ Président du Comité régional des pêches maritimes et des élevages marins du Nord Pas-de-Calais Picardie (de 2003 à 2007) ;
- ✓ Président de la Caisse Régionale du Crédit Maritime du Nord (depuis juillet 2004) ;
- ✓ Président du Comité local des pêches maritimes et des élevages marins (CLPMEM) de Boulogne-sur-Mer (1994-2003) ;
- ✓ Président de l'Armement Coopératif du Nord ACANOR (de 2000 à 2005) ;
- ✓ Président de la Sofipêche Côte d'Opale (2001-2002) ;
- ✓ Président de la Fédération nationale des patrons artisans CFTC ;
- ✓ Administrateur de l'IFREMER (2004) ;
- ✓ Administrateur de la Banque Populaire du Nord (2005) ;
- ✓ Administrateur de la Société Centrale de Crédit Maritime (2005) ;
- ✓ Vice-président du conseil d'administration de l'Agence des Aires Marines Protégées (2005-2012) ;
- ✓ Vice-président de la commission permanente du Conseil National du Littoral (2007-2012) ;
- ✓ Président du comité scientifique et technique, suite à la Loi de modernisation de l'agriculture et de la pêche – LMAP (2009-2011).

Il est Officier du Mérite maritime et Chevalier de la Légion d'Honneur.

DELSINNE Nicolas

Nicolas Delsinne est membre de la commission Granulats marins de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG)

FOUQUET Yves

Yves Fouquet est chercheur à l'IFREMER et est responsable du laboratoire de Géochimie et Métallogénie et du projet Ressources minérales.

De 2005 à 2010, il a dirigé le programme pluridisciplinaire d'étude des milieux extrêmes des grands fonds.

Il est titulaire d'une thèse et d'une HDR en métallogénie.

Après avoir travaillé pour le BRGM en exploration minière sur le continent africain, il a rejoint l'IFREMER en 1982. Il a participé à 36 campagnes en mer, dont 10 en tant que chef de mission, et a effectué une cinquantaine de plongées en submersible. Les explorations auxquelles il a participé ont permis de découvrir de nombreux systèmes hydrothermaux dans l'Est et l'Ouest du Pacifique, ainsi que dans l'Atlantique. Ces travaux ont été menés dans le cadre de nombreuses coopérations nationales et internationales (États-Unis, Canada, Japon, Allemagne, Royaume-Uni, Portugal, Russie).

Il a contribué à la rédaction d'environ 120 articles scientifiques.

En 2010, il a obtenu la grande médaille Prince Albert 1^{er} de l'Institut océanographique de Monaco.

GARCON Agnès

Agnès Garcon est membre de la commission Granulats marins de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG).

GÉLARD Émilie

Émilie Gélard est titulaire d'un DEA de droit international public et des organisations internationales, option droit de la mer (mémoire : « Le transport maritime des migrants clandestins ») (2001-2002) et d'une Maîtrise de droit international public et privé, option droit maritime (2000-2001).

Émilie Gélard exerce depuis 2006 en qualité de juriste en droit public, en droit de la mer et en droit des pêches.

Elle a été précédemment :

- ✓ de fin 2005 à mars 2006 : juriste stagiaire, à Intercop Hamburg (société d'informatique) ;
- ✓ en 2004 : rédactrice juridique pour l'annuaire du droit de la mer (Monaco) ;
- ✓ de 2002 à 2004 : adjointe au chef du bureau Droit de la mer et Événements de mer, au sein de la direction centrale du Commissariat de la Marine.

GRENON Georgina

Georgina Grenon est chargée de mission pour le Développement Industriel des Filières Énergies Solaires, Éoliennes et Marines, à la direction générale de l'Énergie et

BIOGRAPHIES

du Climat (DGEC) pour le ministère de l'Écologie du Développement durable et de l'Énergie. Depuis 2010, elle contribue à la formulation de la stratégie de développement industriel de ces filières, accompagne les principaux projets d'innovation, représente la DGEC dans des instances nationales et internationales, et assure la représentation de la France dans les renouvelables à l'AIE.

Avant d'intégrer la DGEC, elle était directrice au sein du cabinet international de conseil en stratégie Booz & Co (ex-Booz Allen Hamilton), en poste à Paris. Entre 1999 et 2005, en tant que manager, elle a dirigé des missions en France, en Europe, au Japon, en Amérique du Sud et aux États-Unis. En 2005, elle a été nommée *Global Intellectual Capital Director*, responsable de nouveaux concepts de *management consulting* industriel.

Coauteur de plus de 100 articles et de 4 livres, elle a dirigé la publication de *Make or Break* (McGraw Hill) déclaré *best seller* par le *Wall Street Journal*, en 2008.

Georgina Grenon possède un MBA avec distinctions de l'INSEAD (Dean's List) et est aussi diplômée avec distinctions en Ingénierie de la Chimie de l'Instituto Tecnológico de Buenos Aires.

HAUCHARD Thierry

Thierry Hauchard est membre de la commission Granulats marins de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG).

JARMACHE Élie

Élie Jarmache est chargé de mission au Secrétariat général de la Mer. Il est membre de la commission juridique et technique de l'Autorité internationale des fonds marins.

LERAT Yannick

Yannick Lerat est directeur scientifique au Centre d'Étude et de Valorisation des Algues (CEVA), Presqu'île de Pen Lan, à Pleubian – Finistère.

MOULINIER Hervé

Ingénieur en électronique (Grenoble 1975), Docteur en acoustique (Lyon 1978) et Auditeur de la 2^e promotion du Cycle des Hautes Études pour le Développement Économique et de la 5^e promotion de l'Institut des Hautes Études pour la Science et la Technologie.

Entré en 1978 chez THALES (alors THOMSON-CSF), Hervé Moulinier a eu une carrière technique et industrielle dans le domaine des radars de Contrôle de Trafic aérien et dans la Guerre électronique. Puis, il a occupé différents postes de direction : à la direction technique du Centre de Brest en 1989, puis à celle de la division Radar et Contre-Mesures, à la direction des Opérations de cette même division à Élancourt, et comme directeur d'une *Business Unit* Antennes et Radômes, et comme directeur des bureaux d'études.

En novembre 2001, il prend la direction de l'établissement de THALES SYSTÈMES AÉROPORTÉS, à Brest.

Depuis la mi-2010 il est directeur technique en charge de la prospective et de la stratégie technique de la division des Systèmes de Mission de Défense de THALES, qui recouvre notamment les activités navales et aéronavales du groupe.

Président de l'École Nationale Supérieure Maritime, administrateur de plusieurs institutions d'enseignement supérieur et d'organisations professionnelles, il a été membre du Conseil économique et social de Bretagne, et il a conduit, en 2005, la candidature de la Bretagne pour l'obtention du Pôle de Compétitivité Mer-Bretagne, pôle mondial dont il est toujours le Président. À ce titre, il est impliqué dans de nombreuses institutions maritimes nationales, notamment le Conseil National pour la Mer et les Littoraux, dont il est une des personnalités qualifiées.

Il est Chevalier dans l'Ordre National du Mérite Maritime.

PAPORE Laetitia

Laetitia Papore est membre de la commission Granulats marins de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG).

SAAB Waddah

Waddah Saab est administrateur à la Commission européenne, depuis août 1995. Il est, depuis janvier 2009, coordonnateur de la stratégie européenne de recherche marine et maritime au sein de la direction générale de la Recherche et de l'Innovation de la Commission européenne.

Il a été membre du cabinet du Commissaire en charge de la Pêche et des Affaires maritimes, de mai 2004 à décembre 2008.

Avant de rejoindre la Commission européenne, il a travaillé, de 1985 à 1992, comme ingénieur de recherches et responsable de projets pour l'industrie.

Il est titulaire d'un doctorat d'ingénieur en chimie physique de l'Université Paris VI – Jussieu, et d'un MBA de l'INSEAD (Institut Européen d'Administration des Entreprises – Fontainebleau.)

THOMAS Julien

Julien Thomas est diplômé de l'École Polytechnique et de l'École nationale des Ponts et Chaussées. Ingénieur des Ponts, des Eaux et des Forêts, il est adjoint au chef du bureau des Énergies renouvelables à la direction générale de l'Énergie et du Climat au ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie.

Il y est notamment en charge de la définition et de la mise en œuvre de la politique publique en matière d'énergie pour les filières éoliennes terrestre et maritime, et les filières des énergies marines renouvelables.

VALLAT Francis

Francis Vallat, qui fut armateur pendant 30 ans, est Président d'honneur de l'Institut Français de la Mer (qu'il a dirigé pendant 10 ans). L'IFM est reconnu d'utilité publique.

Il publie la « Revue Maritime » et co-organise « Les Mardis de la Mer et des Français ».

Francis Vallat est président-fondateur du « Cluster maritime français », qui rassemble en vue de développer des synergies et des solidarités des entreprises de différents secteurs « mer » et ce, afin de contribuer à une meilleure dynamisation de la France maritime. Le CMF rassemble environ 290 entreprises et fédérations professionnelles. Il préside aussi le *European Network of Maritime Clusters* créé à Paris, en novembre 2011.

N'ayant jamais cessé de se battre pour la qualité, Francis Vallat a représenté la France durant 10 ans au sein du

conseil d'administration de l'Agence européenne de Sécurité maritime, un conseil dont il fut, en 2005, le Président en exercice, il en a été également le Vice-président pendant 6 ans.

Armateur pétrolier réputé, il avait demandé publiquement, en 1990, que les autorités déclarent la guerre aux navires poubelles.

VERHAGUE Christophe

Christophe Verhague est membre de la commission Granulats marins de l'Union nationale des producteurs de granulats (UNPG).

For our English-speaking readers...

THE OCEAN AND ITS RESOURCES

Issue editor: Jacques Serris

Foreword

Frédéric Cuvillier

Introduction

Jacques Serris

Oceanic resources: The potential? Evolving techniques?

The ocean, a dynamic source of business, wealth and growth

Francis VALLAT

This article does not come from scientists or engineers. It is simply a contribution from an organization (Cluster Maritime Français) fully involved on two fronts in the battle for sustainable development: economics and ecology. It focuses on new or traditional oceanic resources some of which risk extinction or asphyxia and on those undergoing developments or expected to grow. It also focuses on the sea as a resource, ever more a vector of human activities ranging from transportation to the technology for working the sea and its bed. To be as constructive as possible, this article tries to identify the major challenges to be met so that the sea – a fragile environment and a nourishing place of resources – be, indeed, the future of the Earth. It does not fail to discuss the place that France can or must have in the changes under way.

For a sustainable management of fishing

Philippe CURY

Are the oceans losing their stock of fish? Why are there so many fish in stores even though the ocean is supposedly being depleted? Why do fishers claim that there is still the same quantity of fish? Given the ups and downs in fishing, will it be replaced with fish farming? Since several problems related to halieutical resources are arising in an ever more strained situation with regard to a safe and secure food supply, we need to find new solutions and better understand the future of ocean fishing.

Changes in fishing techniques and their consequences

Pierre-Georges DACHICOURT and Émilie GÉLARD

As techniques are honed, fishers are adapting to change, since they are well aware that the future of their business depends on their ability to analyze the moving context. Their future also depends on the oceans and marine resources. For several years now, the European Commission has held up the promise of sustainable fishing, based on reducing the bycatch thanks to improving the selectivity of the catch. Fishers are contributing actively to this. A change in techniques comes in hand with a change of mentalities, as reflected in the relations between scientists and fishers, the latter now seen as sentinels of the sea. French fishers are very much involved in developing a rational management of halieutical resources.

Major issues in fish farming in France and around the world

Chantal CAHU

The production of farmed fish worldwide rose to more than 60 million metric tons in 2010, and eleven million people are employed in this business. To continue growing under sustainable conditions, fish farming must cope with scientific, economic and societal issues, three of them addressed herein. First of all, how, given the competition for

access to resources, to feed fish while limiting the pressure on the supply of wild foodstuffs and cereals? Secondly, how to produce healthy fish in a changing environment by understanding how pathologies develop and reducing the contamination by pollutants? Finally, how to ensure that the practices and output of fish farming will be sustainable given the ecosystemic services rendered by this business? Aquaculture's development depends on research in biology being conducted with efficient tools (such as genomic sequencing).

Spontaneous algae, farmed algae and their uses

Yannick LERAT

In addition to the harvest from the wild biomass, nearly fifteen million metric tons of algae are produced worldwide each year. Macroalgae are mainly used for the human food supply. Algae for food will be a key issue in both Oriental and Western lands. Seaweeds also provide molecules of interest for our health (as food supplements) and are part of the biomass (for purposes related to chemistry and energy). The production of algae for the food supply will very likely enter into competition with their production for the chemical industry and as a source of energy. The challenge is to harmoniously develop these applications.

The industrialized production of microalgae

Pierre CALLEJA

The industrial production of microalgae started in the mid-1960s but took off in the 1970s when the complete food chain as it exists in the ocean had to be reproduced on fish farms. Thanks to the ongoing evolution in technology, it is now possible to produce microalgae on a large, industrial scale, with a high yield and at a low cost. Given the opportunities opened in several fields, the 21st century might well be the microalgae century.

Marine materials (gravel, maerl...)

David CLAVELEAU, Nicolas DELSINNE, Agnès GARCON, Thierry HAUCHARD, Laetitia PAPORE and Christophe VERHAGUE

The UNPG (Union Nationale des Producteurs de Granulats) has adopted a policy for working resources in line with the standards laid down in the National Strategy for Biodiversity. This professional organization's voluntary commitment was officially recognized by the minister of Ecology, Delphine Batho, during a recent conference, "The time of engagement for biodiversity", held on 17 December 2012. The extraction of marine granules is one of the sectors in this business that has conducted studies for reducing the unwanted effects of working the sea and determining the capacity for "recolonizing" an area once it is no longer worked. Two studies are presented herein: the first, conducted at two locations in eastern Manche Department; and the second, in the Atlantic Ocean at the mouth of the Loire River. Besides the findings on the environmental impact of extraction from the seabed, these initiatives provide evidence of how determined these professionals are to develop sustainable activities.

The ocean's mineral resources

State of knowledge about mineral deposits

Yves FOUQUET

Given the strong demand from emerging countries, tensions have, in the past few years, flared up in the supply of basic and precious metals. Worldwide consumption of the fifteen major metals rose 20-fold over a century, while the world's population only increased by a factor of 3,6. Prices have soared. Four axes for responding to the growing

pressure from demand are discussed: recycling, optimizing technology, substitution and prospecting for new sources, including in the ocean. Three potential sources in the depths of the oceans are: sulfur from hydrothermal vents, crusts bearing cobalt and nodules containing several metals. These sources might contain not only basic metals (such as copper, zinc, lead, nickel or cobalt) or precious ones (such as gold or silver), but also rare earths as well as platinum, indium or germanium. The last are now important owing to their uses in advanced technologies and "green energy". How do these oceanic minerals compare with the known reserves on the five continents?

Energy from the sea: Future sources

Georgina GRENON and Julien THOMAS

Marine sources of energy represent a potential that theoretically far overshoots the current need for electricity worldwide. They will help us advance in removing carbon from our electricity mix while moving toward independence in energy. Although this potential has not yet been actualized, the promising results of initial tests make industrialists and engineers dream, as well as the people who live near these sources and the countries concerned. Everyone wants this lever for growth and job creation, not to mention for the achievement of objectives set in the field of energy. As with all major innovations in energy, the cycle of development is long; and the risks related to a feasible development at controlled costs call for a long-term approach.

Geopolitical aspects: Issues, tensions and disputes

Reciprocal influences between the legal status of maritime zones and of marine resources

Niki ALOUPI

To the status of each maritime zone, national or international, corresponds a different status for the zone's maritime resources, whether biological or not, for the waters that cover the zone and for what lies beneath the water as well as beneath the earth below the water. Trends in international law illustrate the interactions between these two legal statuses: maritime zoning has changed in line with technological developments for ever more intensively tapping marine resources; and international rules for these zones govern the management of resources. This trend also reflects a deep change in the interest shown by the international community – a shift from the single concern for vouchsafing each country's sovereign prerogatives individually toward a determination to protect the interests of less developed countries and of humanity as a whole.

Zones, a revolutionary concept or an unrealistic dream?

Élie JARMACHE

The international community has adopted the principle that what lies under the sea is the joint heritage of humanity except for the zones under national jurisdiction. Working the mineral resources in the ocean depends on an arrangement in which the keyword is sharing:

sharing mining sites by setting up a reserved sector, and sharing income by redistributing the profits drawn from selling the products derived from these resources. Despite the recent spurt of interest in the seabed (evidenced by the increase in applications for permits to prospect for the three mineral sources subject to regulation: nodules, sulfur and cobalt), we are unable to clearly predict when these resources will actually be worked. The principle of a common heritage for humanity, as laid down under the 1982 UN Convention on the Law of the Sea, has a history marked with episodes that lead us to raise questions about its effectiveness and about its relation with the principle of reality, a principle referring to both economics and what can fittingly be called the ecological imperative.

For an effective, sustainable governance of the oceans

Christophe LEFEBVRE

The oceans harbor much of our planet's biodiversity. Given their volume, they also occupy a major part of the space available for life on Earth. They determine the climate, condition our planet's chemistry, emit 70% of the oxygen in the atmosphere, absorb the largest percentage of CO₂, and represent the ultimate fresh water reservoir on earth owing to the formation of clouds from evaporated seawater. Any imbalance in the oceans inevitably affects humanity.

France's maritime strategy and its prospects

Hervé MOULINIER

Georges Bernanos said, "We do not submit to the future, we make it." Without strategic initiatives, national and worldwide, the conquest of outer space would not have happened. Without strategic initiatives, the development of the sea's immense potential risks failure. This new, nearby but mysterious, frontier is so complex that it needs to be understood and explained. We can tackle this complexity from several angles. Choosing to do so via economics (the exploitation of resources) seems to be best suited for advancing toward an unprecedented development of maritime activities and, therefore, the creation of jobs. This article discusses the characteristics of a maritime strategy, the recognition of the issues and the assertion of an ambition, before delving into the reasons why such a strategy is so complex. A panorama of approaches and initiatives presents what has been accomplished and what remains to be done so that France's maritime strategy be taken into account in all policy fields.

Maritime policy and marine research in Europe: Between the conquest of the seas and the protection of the environment

Waddah SAAB

The EU's coast and marine policy has a twofold ambition, the conquest of marine zones and protection of the oceanic environment. Launched in 2007, it seeks to develop a more integrated approach that takes into account the impact of human activities on marine ecosystems. It is based on initiatives such as planning, marine regions, the framework directive on the marine environment, and the EU's strategy for marine and maritime research. This strategy seeks to implement a strategic approach to marine research so as to maximize the impact on public policies and on innovations in maritime industries.

An unsere deutschsprachigen Leser...

DAS MEER UND DIE MARINEN RESSOURCEN

Vorwort

Frédéric Cuvillier

Einleitung

Jacques Serris

Die marinen Ressourcen : welches Potenzial, welche Entwicklung der Techniken ?

Das Meer, ein dynamisches Potenzial an Tätigkeiten, Ressourcen und Wachstum

Francis VALLAT

Dieser Artikel wurde nicht von einem Wissenschaftler oder einem Experten geschrieben, er möchte einfach als Beitrag einer Organisation, des *Cluster Maritime Français*, verstanden sein, der sich gänzlich dem Kampf für die zwei Dimensionen der nachhaltigen Entwicklung verschrieben hat : die Wirtschaft und die Ökologie. Er befasst sich mit der aktuellen Problematik der maritimen Ressourcen – seien sie von neuer Art oder traditionell – die zum Teil von Verknappung und Erschöpfung bedroht sind, während andere für den gegenwärtigen oder ansteigenden Bedarf bedeutsam sind. Er interessiert sich aber auch für das Meer als Ressource an sich, die zu einem bedeutenden Vektor zahlreicher menschlicher Tätigkeiten werden kann : vom Transport bis zu allen Formen der marinen und submarinen Nutzung. So konstruktiv wie möglich konzipiert, wird er die wichtigsten Herausforderungen darlegen, auf die unbedingt geantwortet werden muss, damit dieses Meer – das eine hochkomplexe Welt und gleichzeitig eine ernährnde Potenz ist – fürwahr die Zukunft der Erde sein wird. Und zum Abschluss wird er den Platz nicht vergessen, den Frankreich in den gegenwärtigen Entwicklungen einnehmen kann oder muss.

Für einen nachhaltigen Fischfang

Philippe CURY

Sind die Fischbestände der Ozeane vom Verschwinden bedroht ? Warum findet man ein so großes Fischangebot in unseren Fischhandlungen, während man immer behauptet, dass die Meere überfischt sind ? Warum behaupten die Fischer, dass es immer noch die gleiche Menge an Fischen gibt ? Werden Aquakulturen den Fischfang ersetzen, der ein allzu aleatorisches Geschäftsmodell geworden ist ? Zu einem Zeitpunkt, in dem die Ausbeutung der Fischreserven zahlreiche Probleme aufwirft, in einem immer angespannteren Kontext der Nahrungssicherheit, sollte man sich mit der Zukunft der Hochseefischerei ernstlicher befassen und nach neuen Lösungen suchen.

Die Entwicklung der Fischereitechniken und ihre Folgen

Pierre-Georges DACHICOURT und Émilie GÉLARD

Die Fangtechniken werden immer komplexer und angesichts der veränderten Lage passen sich die Fischer an, denn es ist ihnen bewusst, dass das Überleben ihrer Tätigkeit von ihrer Fähigkeit abhängt, den Kontext zu analysieren, in dem sie tätig sind, und dass ihre Zukunft von der Gesundheit der Ozeane und ihrer Ressourcen abhängig ist.

Seit mehreren Jahren verfolgt die europäische Kommission eine Politik der nachhaltigen Fischerei, die auf einer Reduzierung des ins Meer zurückgeworfenen Beifangs beruht. Ermöglicht wird dies durch die

Selektivität der Fangmethoden, zu der die Fischer einen aktiven Beitrag leisten.

Diese Entwicklung der Techniken wird auch von einer Entwicklung der Mentalitäten begleitet, die sich in den Beziehungen zwischen den Wissenschaftlern und Fischern spiegelt, da letztere heute als Wachposten des Meeres angesehen werden.

Man muss feststellen, dass sich die französischen Fischer voll für die Entwicklung eines rationellen Umgangs mit den Fischreserven engagieren.

Die großen Herausforderungen der Aquakulturen in Frankreich und in der Welt

Chantal CAHU

Die weltweite Fischzucht im Meer, die im Jahr 2010 mehr als 60 Millionen Tonnen produziert hat, beschäftigt 11 Millionen Personen. Um diesen Wachstumskurs unter den Bedingungen der Nachhaltigkeit fortsetzen zu können, muss sich die Aquakultur gewissen Herausforderungen stellen, die gleichzeitig wissenschaftlicher, wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Natur sind. In diesem Artikel werden drei Herausforderungen entwickelt : a) die Ernährung der Fische in einem Kontext, in dem der Zugang zu den Ressourcen dem Wettbewerb ausgesetzt ist, und die gleichzeitige Begrenzung des Drucks auf die wild lebenden Fischbestände sowie auf das Getreide ; b) die Produktion von gesunden Tieren in einem sich wandelnden Umfeld, indem man die Mechanismen pathologischer Entwicklungen begreift und die Zahl der Ansteckungen durch verschiedene Verschmutzungsursachen begrenzt, und schließlich c) die Vergewisserung über die Nachhaltigkeit der Praktiken und Produkte der Aquakultur auf der Basis der ökosystemischen Dienste, die bei dieser Tätigkeit geleistet werden. Die Entwicklung der Aquakultur ist einer biologischen Forschung zu verdanken, die mit Hochleistungseinrichtungen ausgestattet ist (Genomik, Sequenzierung der Genome zahlreicher Arten).

Die spontanen Algen, die Zuchtalgen und ihre unterschiedliche Nutzung

Yannick LERAT

Außer den aus natürlichen Biomassen gewonnen Ernten werden weltweit jedes Jahr ungefähr 15 Millionen Tonnen Algen produziert. In erster Linie werden Makroalgen weltweit für die menschliche Ernährung verwendet. Wenn wir uns hier mit den Algen befassen, die der menschlichen Nahrung dienen, dann deshalb, weil diese, unserer Meinung nach, einen Schlüsselsektor für die Zukunft darstellen, und dies gilt sowohl für die östlichen als auch für die westlichen Länder. Doch die Algen enthalten auch Moleküle, die für die Gesundheit von Interesse sind (zur Ergänzung der Nahrung), und liefern Biomasse (für die Chemie und die Energieerzeugung).

Es besteht also ein großes Risiko, dass sich ein Wettbewerb zwischen den Algenkulturen entwickelt, die der Ernährung dienen, und denjenigen, die für die Chemie/ Energie von Bedeutung sind.

Die Herausforderung besteht also darin, eine harmonische Entwicklung in den verschiedenen Anwendungsgebieten zu erreichen.

Die industrielle Nutzung der Mikroalgen

Pierre CALLEJA

Die industrielle Nutzung der Mikroalgen, die in der Mitte der 1960er Jahre eingeführt wurde, begann erst wirklich mit den Anfängen der marinen Aquakulturen in den 1970er Jahren als Antwort auf die Notwendigkeit, in den Fischzuchtbecken die gesamte Nahrungskette, wie sie in den Ozeanen vorhanden ist, zu rekonstruieren.

Die stetige Entwicklung der Technologien macht es heute möglich, alle Stämme von Mikroalgen, die von Interesse sind, mit industriellen Methoden zu produzieren – d.h. in großem Maßstab, mit hohen Erträgen und zu niedrigen Produktionskosten. Das 21.Jh. müsste dasjenige der Mikroalgen sein, wenn man die Möglichkeiten bedenkt, die sie auf vielen Gebieten eröffnen.

Die marinen Rohstoffe (Kies, verkalkte Algen ...)

David CLAVELEAU, Nicolas DELSINNE, Agnès GARCON, Thierry HAUCHARD, Laetitia PAPORE und Christophe VERHAGUE

Der französische Verband der Granulathersteller (UNPG) ist heute ein Berufsverband, der Anerkennung dafür findet, eine Politik der Ressourcennutzung zu verfolgen, die den Normen der französischen Strategie für Biodiversität entspricht. Dieses freiwillige Engagement der Produzenten dieses Sektors wurde aus Anlass des Kolloquiums zum Thema des Engagements für die Biodiversität, das am 17. Dezember 2012 stattfand, von der Ministerin für Umwelt, Delphine Batho, offiziell anerkannt.

Unter den Tätigkeiten des Sektors ist die Gewinnung von marinem Granulat einer der Bereiche, in dem Studien durchgeführt wurden, die darauf abzielen, die unerwünschten Auswirkungen des Abbaus im Meer zu reduzieren und die Kapazität der Renaturalisierung des Milieus nach der Einstellung der Tätigkeit zu bestimmen.

Zur Illustrierung des Themas werden zwei Studien vorgestellt. Die erste wurde im östlichen Ärmelkanal an zwei Förderstandorten durchgeführt, die zweite vor der Atlantikküste auf der Höhe der Mündung der Loire.

Außer den Erkenntnissen zu den Umweltfolgen der Fördertätigkeit vermitteln diese Initiativen die Entschlossenheit der Produzenten dieses Sektors, ihre Tätigkeit nach den Grundsätzen der Nachhaltigkeit auszuüben.

Die mineralischen Ressourcen im Meeresboden

Der Erkenntnisstand über den Umfang der Ablagerungen

Yves FOUQUET

Seit einigen Jahren sind aufgrund einer starken Nachfrage in den Schwellenländern Engpässe in der Versorgung mit Basismetallen und seltenen Metallen zu verzeichnen. In einem Jahrhundert hat sich der weltweite Verbrauch der fünfzehn wichtigsten Metalle in Tonnagen berechnet mit 20 multipliziert, während die Weltbevölkerung nur mit 3,6 multipliziert wurde. Die Kurse dieser Metalle sind stark gestiegen. Vier Perspektiven werden diskutiert, die der starken Nachfrage entsprechen könnten : das Recycling, die Optimierung der Technologien, die Ersatzlösungen und schließlich die Suche nach neuen Primärressourcen, einschließlich derjenigen im Meer. Drei Typen von potenziellen metallischen Ressourcen in der Tiefsee sind bekannt : hydrothermale Sulfide, kobalthaltige Krusten und die polymetallischen Knollen. Neben den Basismetallen (Kupfer, Zink, Blei, Nickel und Kobalt) und den Edelmetallen (Gold und Silber) können diese Mineralisierungen so genannte seltene Metalle (Platin, Indium, Germanium, Gallium und seltene Erden) enthalten, die aufgrund ihrer Nutzung in den fortgeschrittenen Technologien und in den „grünen“ Energien unentbehrlich geworden sind.

Welche Bedeutung haben die ozeanischen Mineralisationen im Verhältnis zu den bekannten Reserven auf den fünf Kontinenten ?

Die marinen Energien, die Energien der Zukunft

Georgina GRENON und Julien THOMAS

Die marinen Energien stellen ein theoretisches Potenzial dar, das den weltweiten Strombedarf erheblich übersteigt, und sie werden dazu beitragen, unsere energetische Unabhängigkeit zu verbessern und unserem Energiemix weiterhin noch mehr Kohlenstoff zu entziehen. Dieses energetische, ökologische und industrielle Potenzial, wird zwar noch nicht genutzt, aber die ersten vielversprechenden Versuche bringen die

Industriellen, die Energetiker, die Küstenbewohner und Staatenlenker schon zum Träumen : alle, die über die Verwirklichung der energetischen Ziele hinaus auch an Wachstumsmöglichkeiten und neue Arbeitsplätze denken. Wie alle bedeutenden Innovationen auf dem Gebiet der Energie, sind die Zyklen lang und die Wette auf eine zuverlässige Entwicklung und kalkulierbare Energiekosten erfordert langfristige Visionen. Unsere Fähigkeit, dieses Potenzial der marinen Energiequellen auszunutzen, wird von der Entschlusskraft aller Akteure abhängen.

Geopolitische Aspekte : Interessen, Spannungen und Streitfälle

Die gegenseitigen Einflüsse zwischen dem Rechtsstatus der maritimen Räume und dem Rechtsstatus der marinen Ressourcen

Niki ALOUPI

Jedem Statut eines maritimen Gebiets (d.h. der maritimen Räume, die der Souveränität oder den nationalen Gerichtsbarkeiten unterstehen, und der internationalen Gewässer) entspricht ein anderes Statut der biologischen und nicht biologischen marinen Ressourcen, in Bezug auf das Oberflächenwasser, die Meeresböden und den Untergrund. Die Entwicklung des internationalen Rechts illustriert diesbezüglich die Beziehung, die diese beiden Rechtsordnungen miteinander unterhalten : da die technologischen Entwicklungen einen immer effizienteren Abbau der marinen Ressourcen ermöglicht haben, hat sich die Einteilung in Meeresgebiete dementsprechend entwickelt ; die internationalen Regeln zu jedem Gebiet bestimmen demnach den Umgang mit diesen Ressourcen. Aber diese Entwicklung bringt auch einen tiefgreifenden Wandel der Sorgen in der internationalen Gemeinschaft zum Ausdruck : tatsächlich ist festzustellen, dass sich ein Umdenken vollzieht und dass nicht mehr die alleinige Sorge um die Vorrechte jedes einzelnen souveränen Staates Vorrang hat, sondern der Wille, sowohl die Interessen der Länder zu schützen, die am wenigsten entwickelt sind, als auch diejenigen der Menschheit in ihrer Gesamtheit.

Das Gebiet : ein revolutionäres Konzept oder ein unrealistischer Traum ?

Élie JARMACHE

Die internationale Gemeinschaft hat das Prinzip des Gemeinschaftsguts der Menschheit eingeführt und auf die Meeresböden und ihre Ressourcen angewandt, die jenseits der Zonen liegen, die der jeweiligen nationalen Gerichtsbarkeit unterstehen. Der Abbau der mineralischen Vorkommen unterliegt also einer Regelung, deren Leitgedanke das „Teilen“ ist : die Zuteilung der Abbaustandorte mit der Schaffung eines reservierten Sektors und die Verteilung der Erträge durch die Gewinnverteilung aus der Kommerzialisierung der Produkte, die aus den Rohstoffen hergestellt werden. Nun ist es aber nicht sicher (trotz des neuen Interesses für die Ressourcen der Meeresböden in dem Gebiet und trotz der zunehmenden Anzahl von Anträgen auf Förderlizenzen für drei Kategorien von Ressourcen, die einer gesetzlichen Regelung unterliegen – erhaltige Knollen, polymetallische Sulfide und Kobalt), dass irgendwer vorhersagen könnte, wann man in absehbarer Zukunft mit dem Tiefseebergbau beginnt. Man muss sagen, dass die Geschichte des Prinzips des gemeinsamen Erbes der Menschheit, so wie es in der Rechtsordnung anerkannt wurde, die im Teil XI des Seerechtsübereinkommens der Vereinten Nationen von 1982 kodifiziert wurde, ziemlich reich an überraschenden Wendungen ist, so dass sich die Frage nach seiner Wirksamkeit oder sogar nach seiner Bindung an das Realitätsprinzip aufdrängt. Das Realitätsprinzip ist sowohl dasjenige der Wirtschaft, die diesbezüglich eine wichtige Rolle spielt, als auch dasjenige, das auf einem Gedanken beruht, den man gemeinhin als *ökologischen Imperativ* bezeichnet.

Für eine effektive und nachhaltige Ozeanpolitik

Christophe LEFEBVRE

Die Ozeane bergen einen großen Teil der biologischen Vielfalt des Planeten. Und wenn man ihr Volumen in Betracht zieht, so nehmen sie einen bedeutenden Teil des Raums ein, der für das Leben auf unserem Planeten zur Verfügung steht. Die Ozeane bestimmen das Klima, prägen die planetare Chemie, geben 70 % des Luftsaauerstoffs ab, absor-

bieren den größten Teil des Kohlendioxids und stellen den letzten Speicher dar, der es möglich macht, der Erde durch die Wolkenbildung Süßwasser zuzuführen. Jede Störung des ozeanischen Systems wird für die Menschheit unabwendbare Folgen haben.

Die maritime Strategie Frankreichs und ihre Perspektiven

Hervé MOULINIER

„Die Zukunft erdulden wir nicht, wir machen sie“, sagte Georges Bernanos. Ohne nationale und weltweite Initiativen hätte die Eroberung des Weltraums nicht stattgefunden. Ohne strategische Initiative wäre es wahrscheinlich unmöglich, das riesige Potenzial der Ozeane zu nutzen. Doch diese neue Grenze, die gleichzeitig nah und geheimnisvoll ist, ist von einer Komplexität, die begriffen und erklärt werden muss. Diese Komplexität kann unter verschiedenen Gesichtswinkeln betrachtet werden. Den Zugang über die Wirtschaft zu wählen (Ausbeutung der Ressourcen) erscheint uns am günstigsten, um die Umrisse einer beispiellosen Entwicklung der maritimen Tätigkeiten (also der Arbeitsplätze) zu entwerfen. Wir werden in diesem Artikel nacheinander die Charakteristika einer maritimen Strategie darlegen, von der Anerkennung der verschiedenen Interessen bis zur Verwirklichung ehrgeiziger Projekte, um anschließend die Gründe ihrer Komplexität analysieren. Ein Überblick über die verschiedenen Entwicklungen und Initiativen illustriert den bereits zurückgelegten Weg und vermittelt eine Vorstellung von dem, was noch zu tun bleibt, damit die maritime Strategie Frankreichs letztendlich in allen

seinen Politiken Berücksichtigung findet. Dies bedeutet, dass sie auf transversale Weise, aber auch energisch durchgeführt werden muss.

Maritime Politik und Politik der Meeresforschung ; zwischen der Eroberung des marinen Raums und dem Schutz der marinen Umwelt

Waddah SAAB

Die europäische Meerespolitik ist der Ausdruck eines doppelten Ehrgeizes : es gilt, den marinen Raum zu erobern und die marine Umwelt zu schützen. Diese im Jahr 2007 begonnene Politik versucht eine stark integrierte Regelung der maritimen Angelegenheiten zu entwickeln, indem sie die Auswirkungen der menschlichen Tätigkeiten auf die marinen Ökosysteme berücksichtigt.

Sie stützt sich auf strukturierende Initiativen wie die Planung des marinen Raums, die Richtlinie über die marine Umwelt und die europäische Strategie der marinen und maritimen Forschung. Letztere zielt darauf ab, eine integriertere und strategische Betrachtungsweise der marinen und maritimen Forschung zu fördern, und nimmt sie deshalb in das Rahmenprogramm der gemeinschaftlichen Forschung auf, um deren Wirkung sowohl auf die Innovation in den maritimen Industrien als auch auf die öffentlichen Politiken zu maximieren.

Koordinierung der Beiträge von Jacques SERRIS

A nuestros lectores de lengua española...

EL MAR Y LOS RECURSOS MARINOS

Prefacio

Frédéric Cuvillier

Introducción

Jacques Serris

Los recursos marinos, ¿cuál es el potencial y la evolución de las técnicas?

El mar, esa fuente dinámica de actividades, riquezas y crecimiento

Francis VALLAT

Este artículo no es el de un científico o un experto, sólo pretende ser la contribución de una organización, la *Cluster Maritime Français*, plenamente comprometida con la lucha por las dos dimensiones del desarrollo sostenible: la economía y la ecología. En él se analizan los problemas actuales de los recursos oceánicos, nuevos o tradicionales, algunos de ellos en peligro de extinción o rarefacción y otros en aumento o fuente de nuevos desarrollos. También se estudia el mar como recurso, como vector creciente de diversas actividades humanas: del transporte a todas las formas de explotación marina y submarina. En una dinámica lo más constructiva posible, se trata de identificar los principales retos que se deben afrontar para que el mar, frágil mundo pero también gran potencia alimentadora, sea realmente el futuro de la Tierra. Por último, se analiza el papel que Francia puede o debe desempeñar en los cambios actuales.

Por una gestión sostenible de la pesca

Philippe CURY

¿Los océanos se están vaciando de sus peces? ¿Por qué encontramos tantos peces en las pescaderías cuando escuchamos que los mares se están despoblando? ¿Por qué los pescadores afirman que todavía hay muchos peces? ¿La acuicultura sustituirá la pesca que se ha convertido en un modelo operativo muy aleatorio?

En momentos en que surgen muchos problemas relacionados con la explotación de los recursos pesqueros, en un contexto de seguridad alimentaria cada vez más tenso, se debe entender el futuro de la pesca marina y buscar nuevas soluciones.

La evolución de las técnicas de pesca y sus consecuencias

Pierre-Georges DACHICOURT y Émilie GÉLARD

Las técnicas se perfeccionan y frente a estos cambios los pescadores adaptan su comportamiento, conscientes de que la perennidad de su oficio depende de su capacidad para analizar el contexto en el que trabajan. Su futuro depende de la salud de los océanos y de sus recursos.

Desde hace varios años, la Comisión Europea promueve la pesca sostenible basada en una reducción de los pescados que se deben rechazar gracias a la selectividad de la pesca, una acción a la que contribuyen activamente los pescadores.

Esta evolución de la técnica también se acompaña de un cambio de mentalidad que se refleja en la relación entre científicos y pescadores, estos últimos hoy en día son considerados como centinelas del mar

Es evidente que los pescadores franceses han demostrado su compromiso con la implementación de una gestión racional de los recursos pesqueros.

Los grandes desafíos en la acuicultura en Francia y el mundo

Chantal CAHU

La producción acuícola mundial, que ha superado los 60 millones de toneladas en 2010, emplea actualmente a 11 millones de personas. Para continuar con este crecimiento de forma sostenible, la acuicultura debe enfrentar algunos retos científicos, económicos y sociales. En este artículo se analizarán tres de estos retos: a) alimentar a los peces, en un contexto de competencia en el acceso a los recursos, al mismo tiempo que se limita la presión sobre las reservas de alimentos naturales y sobre los cereales; b) producir animales sanos en un entorno en mutación constante, entendiendo los mecanismos de aparición de enfermedades y reduciendo los niveles de contaminación por diversos agentes y, por último, c) garantizar la sostenibilidad de las prácticas y productos de la acuicultura, teniendo en cuenta los servicios que esta actividad proporciona a los ecosistemas. El desarrollo de la acuicultura se basa en la investigación en biología con herramientas de alta tecnología (genómica, secuenciación del genoma de muchas especies, etc.).

Las algas espontáneas, las algas cultivadas y sus usos

Yannick LERAT

Además de la recolección efectuada en biomásas naturales, cada año se producen cerca de 15 millones de toneladas de algas en todo el mundo.

La principal utilización de las macroalgas es la alimentación humana.

Hemos decidido centrarnos en las algas comestibles, ya que, a nuestro juicio, representan un sector clave para el futuro, tanto para los países orientales como occidentales. Sin embargo, las algas son también fuente de moléculas de interés para la salud (a través de suplementos alimenticios) y biomasa (para la química y la energía).

Por ello, es muy probable que surja una competencia entre los cultivos necesarios para la alimentación humana y para la química/energía.

Lograr un desarrollo armónico en estos diferentes campos de aplicación será todo un reto.

La explotación industrial de microalgas

Pierre CALLEJA

Iniciada a mediados de la década de 1960, la explotación industrial de microalgas ha comenzado realmente con el inicio de la acuicultura marina, en los años 1970, en respuesta a la necesidad de reconstruir en los estanques de piscicultura toda la cadena alimenticia presente en los océanos.

La evolución constante de la tecnología permite producir actualmente a escala industrial - es decir, a gran escala, a alto rendimiento y a bajo coste de producción - todas las cepas de microalgas de interés.

El siglo XXI debe ser el de las microalgas si se tiene en cuenta todas las posibilidades que ofrecen en muchas áreas.

Los materiales marinos (gravilla, maërl, etc.)

David CLAVELEAU, Nicolas DELSINNE, Agnès GARCON, Thierry HAUCHARD, Laetitia PAPORE y Christophe VERHAGUE

La unión francesa de productores de áridos (UNPG) es una organización profesional reconocida por haber instaurado políticas de explotación de los recursos que cumplen con los estándares de la Estrategia Francesa para la Biodiversidad (ENB). Este compromiso voluntario de la profesión también ha sido reconocido oficialmente por la Ministra francesa de Ecología, Delphine Batho, durante el último simposio titu-

lado "Es hora de comprometerse con la biodiversidad", celebrado el 17 de diciembre de 2012.

Entre las actividades de la profesión, la extracción de áridos marinos es uno de los sectores que ha realizado estudios para reducir los efectos adversos de la explotación marina y determinar la capacidad de recolonización del medio tras el fin de la actividad.

Para ilustrar esta idea, en este artículo se presentan dos estudios. El primero se ha realizado en la Mancha Oriental en dos sitios de extracción, y el segundo en la costa atlántica, frente a la desembocadura del Loira.

Más allá de los resultados sobre los efectos reales de la extracción en el medio ambiente, a través de estas iniciativas se puede ver la voluntad de los profesionales para hacer de su oficio una actividad sostenible.

Los recursos minerales marinos

Panorama de la importancia de los depósitos

Yves FOUQUET

En los últimos años, debido a la fuerte demanda de los países emergentes, han surgido tensiones en el suministro de metales de base y metales raros. En un siglo, el consumo mundial de los 15 principales metales se ha multiplicado por 20 en tonelaje, mientras que la población mundial sólo se ha multiplicado por 3,6. Los precios de estos metales se han disparado. En el artículo se analizan cuatro campos indispensables para satisfacer esta demanda creciente: el reciclaje, la optimización de la tecnología, la sustitución y, por último, la exploración de nuevas materias primas, incluso en el mar. Se sabe que los fondos marinos contienen tres tipos de recursos de metal potenciales: sulfuros hidrotermales, costras ricas en cobalto y los nódulos polimetálicos. Además de metales de base (tales como cobre, zinc, plomo, níquel o cobalto) y metales preciosos (oro y plata), estos depósitos de minerales pueden contener metales raros (tales como platino, indio, germanio, galio y tierras raras (o REE, por sus siglas en inglés) adquieren importancia debido a su uso en tecnologías avanzadas y energía "verde".

¿Cuál es la importancia de estos depósitos de minerales en comparación con las reservas conocidas en los cinco continentes?

Las energías marinas, energías del futuro

Georgina GRENON y Julien THOMAS

La energía marina representa un potencial teórico varias veces superior a las necesidades de electricidad del mundo y contribuye a aumentar nuestra independencia energética al mismo tiempo que nos permite avanzar hacia la descarbonización de nuestro mix energético. Si este potencial energético, ambiental e industrial aún no se ha explotado, los primeros resultados prometedores estimulan a los industriales, proveedores de energía, poblaciones locales y Estados. Todos ellos sueñan con el crecimiento y la creación de empleos, además de los objetivos energéticos. Como todas las grandes innovaciones en materias de energía, los ciclos son largos y el desafío que representa un desarrollo fiable, con costes controlados, de esta energía requiere adoptar una visión a largo plazo. Nuestra capacidad para explotar el potencial que ofrece la energía marina dependerá de la participación de todos.

Aspectos geopolíticos, problemas y litigios en curso

La influencia recíproca entre los estatutos de los espacios marinos y los estados de los recursos marinos

Niki ALOUPI

A cada estatuto de una zona marítima (es decir, espacios marítimos sujetos a la soberanía o a las jurisdicciones nacionales y los espacios internacionales) corresponde un estatuto diferente de recursos

marinos biológicos y no biológicos, en lo referente a las aguas suprayacentes, fondos marinos y subsuelo de éstos. La evolución del derecho internacional en este sentido ilustra la relación que estos dos estatutos mantienen entre sí: ya que los avances tecnológicos han permitido una explotación mayor de los recursos marinos, la zonificación marítima ha tenido que evolucionar en consecuencia; las normas internacionales que rigen cada zona rigen igualmente la gestión de estos recursos. Pero esta evolución también refleja un cambio profundo en las preocupaciones de la comunidad internacional. Se ha pasado de la preocupación exclusiva de mantener las prerrogativas soberanas de cada Estado a un deseo de proteger los intereses de los países menos desarrollados y de la humanidad en general.

La zona, ¿concepto revolucionario o sueño irrealista?

Élie JARMACHE

La comunidad internacional ha adoptado el principio de patrimonio común de la humanidad para los fondos marinos, situados más allá de las zonas bajo jurisdicción nacional, y sus recursos. De esta forma, la explotación de los recursos minerales se basa en un dispositivo cuya idea clave es *compartir*: compartir los sitios mineros con la adopción de una zona reservada, compartir los ingresos mediante la redistribución de los beneficios de la venta de productos extraídos de los recursos.

A pesar del interés reciente por los recursos de los fondos marinos de la zona, materializado por el número creciente de solicitudes de contratos de exploración para los tres tipos de recursos objeto de una reglamentación: nódulos polimetálicos, sulfuros polimetálicos y cobalto, no es seguro que alguien pueda predecir la etapa siguiente a la explotación minera. Hay que decir que la historia del principio de patrimonio común de la humanidad, tal como se inscribe en el régimen jurídico establecido en la 11ª parte de la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho del mar de 1982, ha tenido tantas vicisitudes que su eficacia puede ponerse en tela de juicio, incluso su adecuación al principio de realidad. Por principio de realidad se entienden tanto el de la economía, absolutamente legítimo, como el llamado *imperativo ecológico*.

Por una gestión eficaz y sostenible de los océanos

Christophe LEFEBVRE

Los océanos albergan una gran parte de la biodiversidad del planeta. Si tenemos en cuenta su volumen, ellos ocupan una parte importante del espacio disponible para la vida en nuestro planeta. Los océanos determinan el clima, condicionan la química planetaria, emiten el 70% del oxígeno atmosférico, absorben gran parte del dióxido de carbono y representan el depósito final para el retorno de agua dulce a la tierra a través de la formación de nubes. Cualquier alteración de los océanos tendrá inevitablemente consecuencias para la humanidad.

La estrategia marítima francesa y sus perspectivas

Hervé MOULINIER

"No tenemos por qué ser víctimas del futuro, podemos crearlo", afirmaba Georges Bernanos. Sin iniciativas estratégicas nacionales y mundiales no se habría logrado la conquista espacial. Sin iniciativas estratégicas, es posible que no se pueda desarrollar ese enorme potencial que representa el mar. Pero esta nueva frontera, cercana y misteriosa, tiene una complejidad que se debe entender y explicar. Esta complejidad puede abordarse de diversas maneras. Un ángulo de ataque económico (la explotación de los recursos) parece más propicio para lanzar un cambio hacia un desarrollo sin precedentes de las actividades marítimas (y por lo tanto del empleo). En este artículo se presenta sucesivamente lo que caracteriza una estrategia marítima, el reconocimiento de sus problemas y la afirmación de una ambición, a continuación, se analizarán las razones de su complejidad. Una visión general de los diferentes enfoques e iniciativas ilustra el camino recorrido y que queda por recorrer para que la estrategia marítima francesa se inscriba en todas sus políticas, lo que implica un control transversal, pero también fuerte.

Políticas marítimas y políticas de búsqueda marina en Europa, entre la conquista del espacio marino y la protección de su entorno

Waddah SAAB

Las políticas marítimas europeas tienen una doble ambición, conquistar el espacio marino y proteger el medio ambiente marino. Lanzadas en 2007, tienen por objeto desarrollar un enfoque más integrado de los asuntos marítimos, que tenga en cuenta el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas marinos.

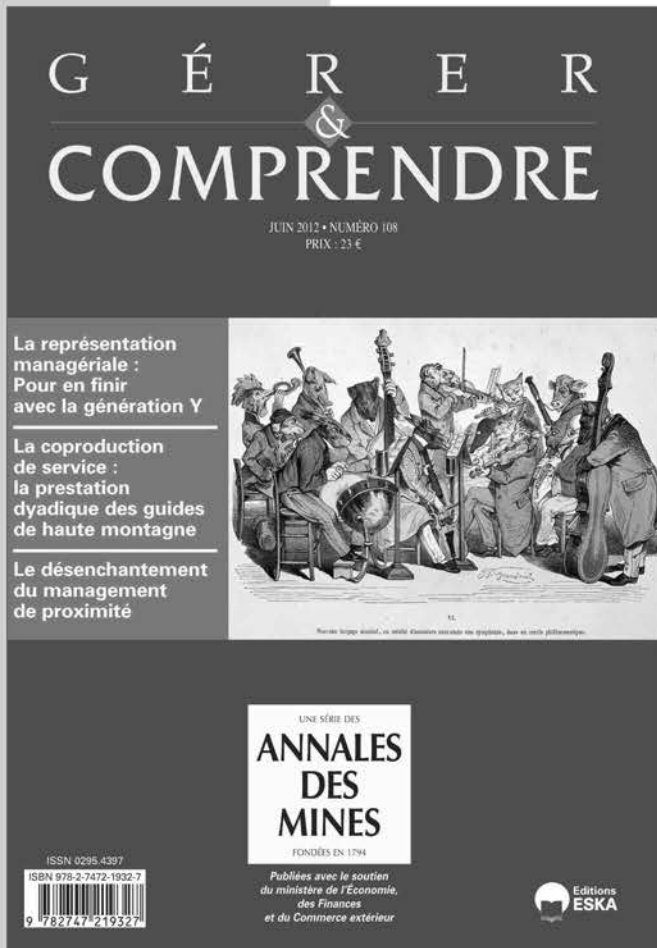
Se basa en iniciativas estructurantes tales como la planificación del espacio marino, la directiva marco sobre el medio ambiente marino y la estrategia europea de búsqueda marina y marítima. Esta última tiene como objetivo implementar un enfoque más integrado y estratégico de la investigación marítima y marítima integrándola en el programa marco de investigación de la comunidad, con el fin de aumentar el impacto en la innovación de las industrias marítimas y en las políticas públicas.

Este dossier fue coordinado por Jacques Serris

G É R É R & COMPRENDRE

SOMMAIRE

- LE DÉSENCHANTEMENT DU MANAGEMENT DE PROXIMITÉ : LE CAS DES RESPONSABLES D'AGENCES D'UNE SOCIÉTÉ DE SERVICE
Par Mickaël NAULLEAU et Bruno HENRIET
- LA FINANCE ISLAMIQUE : UN NOUVEAU PAS VERS UNE FINANCE ÉTHIQUE ?
Par Virginie MARTIN
- LA LIBERTÉ D'ACTION DES SALARIÉS : UNE SIMPLE THÉORIE, OU UN INÉLUCTABLE DESTIN ?
Par Isaac GETZ
- POUR EN FINIR AVEC LA GÉNÉRATION Y... ENQUÊTE SUR UNE REPRÉSENTATION MANAGÉRIALE
Par François PICHULT et Mathieu PLEYERS
- INTERNATIONALISATION ET STRATIFICATION PROFESSIONNELLE DANS LES *BUSINESS SCHOOLS* : LE CAS DES PROFESSEURS DE LANGUES & CULTURES.
Par Céline DAVESNE et Sébastien DUBOIS
- COPRODUCTION DE SERVICE : LA PRESTATION DYADIQUE DES GUIDES DE HAUTE MONTAGNE
Par Rozenn MARTINOIA
- AMNÉSIES ET SCIENCES DE GESTION
Par Marie-Josèphe CARRIEU-COSTA
- *L'ÉCONOMIE DES DÉCHETS. UNE APPROCHE INSTITUTIONNALISTE*
Christophe DEFEUILLEY
À propos du livre de Sylvie Luton, *Économie des déchets. Une approche institutionnaliste*, Bruxelles, Éditions de Boeck, collection « Ouvertures économiques ». Préface de Milad Zarin-Nejadan, octobre 2011, 267 pages. ISBN : 978-2-8041-6301-3
- *BARBE-BLEUE OU LA CURIOSITÉ APPLIQUÉE AU MARKETING*
Ambroisine DUMEZ
À propos du livre de Franck Cochoy, *De la curiosité. L'art de la séduction marchande*, Paris, Armand Colin, 2011
- *LA GESTION DES HOMMES EN QUÊTE D'ELLE-MÊME*
Arnaud TONNELÉ
À propos du livre de Jeffrey Pfeffer et Robert Sutton, *Faits et foutaises dans le management*, tr. fr. Vuibert, 2007 (1^{re} éd. 2006), 288 pages.
- *UNE POLITIQUE DU BONHEUR EST-ELLE POSSIBLE ?*
Michel VILLETTE
À propos de *The Politics of happiness: What Government Can Learn From the New Research on Well-Being*, par Dereck Bok, Princeton, NJ, Princeton University Press, 2010, 262 p.



JUIN 2012
ISSN 0295.4397
ISBN 978-2-7472-1932-7

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 65 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de *Gérer & Comprendre* Juin 2012 - numéro 108 (ISBN 978-2-7472-1932-7) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

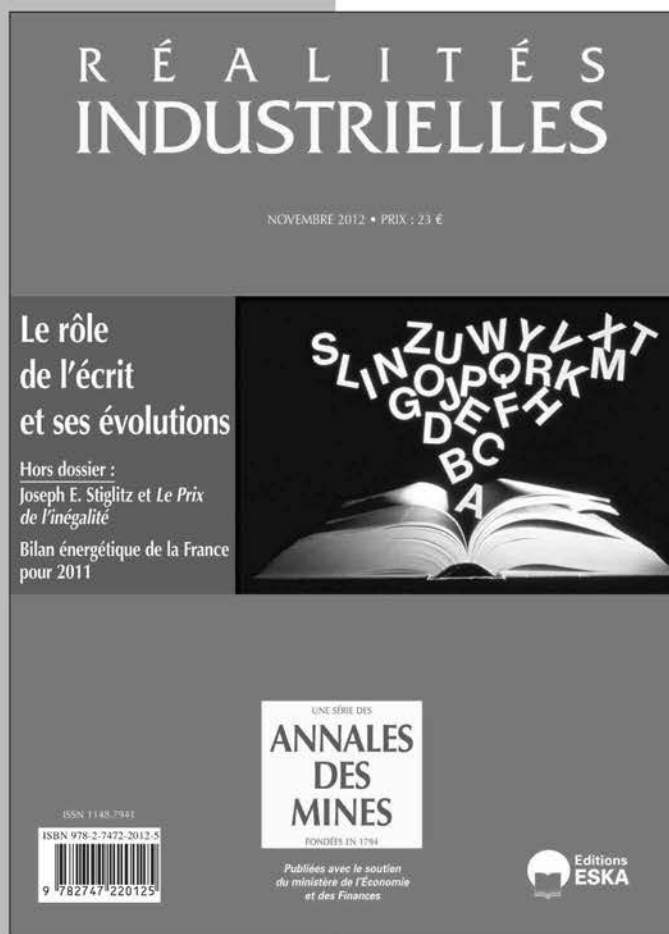
Code postal Ville

R É A L I T É S INDUSTRIELLES

une série des Annales des Mines

S O M M A I R E

LE RÔLE DE L'ÉCRIT ET SES ÉVOLUTIONS



Éditorial - *Pierre Couveinhes*

Avant-propos : le corps du livre - *Laurence Cossé*

Les nouvelles formes de l'écrit

Le numérique doit être une chance pour le livre -
Mari-Odile Jégo-Laveissière et David Lacombed

L'homme est l'avenir du papier - *Laurent de Gaulle*

L'imprimé, un média du futur - *Jacques Chirat*

Livre et nouvelles technologies

La politique française du livre à l'heure des nouvelles technologies. Industries musicales, édition : l'histoire se répèterait-elle ? -
Laurence Franceschini

Le livre électronique : opportunité ou menace pour l'édition ? -
Arnaud Nourry

Quel avenir pour la librairie ? - *Denis Mollat*

Bibliothèque numérique européenne : de l'utopie aux réalités -
Alexandre Moatti

Les nouveaux modèles de la presse écrite

La presse et le tournant numérique - *Sarah Sauneron*
et *Julien Winock*

Presse : peut-on renoncer à l'édition papier ? - *Pierre-Jean Bozo*

Pourquoi La Tribune n'a pas (complètement) renoncé au papier - *Philippe Mabille*

HORS DOSSIER

Joseph E. Stiglitz et Le Prix de l'inégalité - *Christophe Attali*

Bilan énergétique de la France pour 2011 - *Céline Rouquette*

*Le dossier est coordonné par
Emilie Piette et Loïc Lenoir de La Cochetière*

NOVEMBRE 2012
ISSN 1148.7941
ISBN 9-2-7472-2012-5

BULLETIN DE COMMANDE

A retourner aux Éditions ESKA, 12, rue du Quatre-Septembre, 75002 PARIS

Tél. : 01 42 86 55 65 - Fax : 01 42 60 45 35 - <http://www.eska.fr>

Je désire recevoir exemplaire(s) du numéro de *Réalités Industrielles* Novembre 2012 « Le rôle de l'écrit et ses évolutions » (ISBN 978-2-7472-2012-5) au prix unitaire de 23 € TTC.

Je joins un chèque bancaire à l'ordre des Éditions ESKA

un virement postal aux Éditions ESKA CCP PARIS 1667-494-Z

Nom Prénom

Adresse

Code postal Ville