

CARNETS
DE
SCIENCES

Daniel Desbryères

Les trésors des Abysses

éditions
Quæ

L'auteur

Daniel Desbruyères a été, durant plus de trois décennies, chercheur à l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer), dont il a longtemps dirigé le département « Étude des écosystèmes profonds ».

Auteur de plus de quatre-vingt-dix articles et ouvrages scientifiques, il a été l'un des acteurs d'une des découvertes majeures de l'océanographie du xx^e siècle : les sources hydrothermales profondes et les peuplements d'organismes qui y sont associés.



Préface de Gilles Boeuf,

Président du Muséum national d'Histoire naturelle

En couverture :

Plat I et IV (pleine page) : Dans le bassin de Lau, par 1880 mètres de profondeur, des pouce-pied (crustacés cirripèdes).

Rabat du plat I : L'auteur dans le submersible l'*Alvin* lors d'une plongée dans le Pacifique oriental.

Plat IV (en haut, de gauche à droite) :

Divers coraux froids sur les récifs du banc de Porcupine.

Une espèce spectaculaire de crinoïdes, associée à des squelettes de coraux froids.

Mise à l'eau du ROV *Victor 6000*.

Daniel Desbroyères

Les trésors
des
Abysses

Éditions Quæ

Collection *Carnets de sciences*

Les secrets des algues
Véronique Leclerc, Jean-Yves Floc'h
2010, 168 pages

La planète fleurs
Gérard Guillot
2010, 208 pages

Éditions Quæ
RD 10
78026 Versailles Cedex, France

© Éditions Quæ, 2010
ISBN: 978-2-7592-0606-3
ISSN: 2110-2228

Le Code de la propriété intellectuelle interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette disposition met en danger l'édition, notamment scientifique, et est sanctionné pénalement. Toute reproduction, même partielle, du présent ouvrage est interdite sans autorisation du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20 rue des Grands-Augustins, Paris 6^e.

SOMMAIRE

Préface	6
Premiers pas... ..	10
Les abysses, qu'est-ce que c'est ?	13
C'est grand les abysses ?	14
De quand date la découverte de la vie dans les abysses ?	14
Les grandes expéditions :	
à la recherche des chaînons manquants	15
Quand l'homme a-t-il pu pénétrer dans les abysses ?	15
Le milieu profond	18
Différences entre le milieu terrestre et le milieu marin	21
Comme un grand égout !	23
Une vie sous pression	25
Plus on est profond, plus il fait froid !	27
Comment respirer si loin de la surface ?	28
Y a-t-il des courants importants en grande profondeur ?	29
À quoi ressemble le fond de la mer dans les abysses ?	31
Comment se déroule une campagne océanographique ?	32
Prélever, observer, mesurer	34
Comment prélever à travers des kilomètres d'eau ?	37
Un rêve millénaire : visiter les abysses !	40
Comment se repérer dans le noir ?	54
Les observatoires de fond de mer	55
Tout ce qui rampe ou fouit et nage près du fond	56
Géants ou nains ?	61
Qui sont ces petits animaux des sédiments ?	61
Y a-t-il beaucoup d'animaux dans la vase abyssale ?	62
Combien y a-t-il d'espèces ?	63
Qu'est-ce qui explique la richesse de la biodiversité profonde ?	64
Les charognards des abysses	66



Fossiles vivants ou envahisseurs tardifs ?	68
Les coraux profonds, qu'est-ce que c'est ?	70
Quelle est l'intensité de la vie dans les grands fonds ?	74
Le sexe sous pression, la nuit dans un désert glacé ?	75
Les grands vieillards sont-ils plus nombreux dans les abysses ?	77
Les sources hydrothermales	80
Là où se fabrique le fond des océans	83
Une découverte bien inattendue !	84
Février 1977, ride des Galapagos : une plongée mémorable !	85
Toujours plus chaud !	86
L'hydrothermalisme, comment ça marche ?	86
Les « cheminées » et les dépôts hydrothermaux	89
Le long de la ceinture de feu	93
L'explosion de la vie dans le « désert » abyssal	94
Des bêtes extraordinaires	100
<i>Riftia</i> : un mystérieux géant	103
D'autres symbioses internes, d'autres géants	106
Le ver de Pompéi : certains l'aiment chaud !	110
Des constructeurs, des prédateurs	113
Vivre dans un habitat instable et fragmenté	116
Riche mais instable !	119
Survivre dans un habitat précaire	122
D'autres dorsales, d'autres espèces, la même organisation	124
Origine et ancienneté de la faune hydrothermale	139
Des proches parents	142
Actives ou passives mais toujours en marge	145
L'étrange consortium des microbes associés	147
Suintements profonds : diversité d'espèces et de ressources	148
Des racines et des plumes	150
Des sources de vie cosmopolites	151
Loin des abysses, des écosystèmes cousins	153
Des squelettes bien appétissants	154

Les végétaux coulés: une source de nourriture pour les abysses	158
L'homme et les abysses	160
Les abysses: une voie de communication entre les hommes	163
Faire de l'électricité avec l'eau froide ?	164
Les hydrocarbures grands fonds et ultra-profonds: une ressource, un risque	165
Des ressources minières pour demain ?	167
Les pêches profondes	168
Les ressources génétiques	170
Une grande déchetterie	170
Changement global et vie abyssale	171
Vers une protection de l'océan profond	172
Et demain ?	174
Glossaire	178
Bibliographie	181
Crédits iconographiques	182



PRÉFACE

Les trésors des abysses. Le titre de cet ouvrage traduit bien les richesses que recèlent les grandes profondeurs. Daniel Desbruyères, biologiste marin, a été l'un des pionniers de leur découverte. Les abysses, qu'est-ce que c'est ? Littéralement *un domaine dont l'immensité est insondable*, un monde extraordinaire pour nous, dans l'obscurité totale (pas toujours!), en tout cas, sans aucune pénétration de la lumière solaire, sous des kilomètres d'eau salée, presque toujours glacée...! Qu'en connaît-on ? Pas grand-chose ! Les premières observations remontent au début du XIX^e siècle mais ne furent pas réellement prises en considération. Une théorie fut même proposée vers 1850 comme quoi la vie ne pouvait se développer sous 500 mètres d'eau ! De nombreuses expéditions après la moitié du XIX^e siècle et surtout au XX^e siècle démontrèrent le contraire, et le premier dragage effectué à plus de 10 kilomètres de profondeur, en 1951, ramena de la faune. Pour la première fois, en 1934, William Beebe descendit dans une sphère jusqu'à plus de 900 mètres de profondeur et nota la *noirceur* des abysses. C'est plus tard, après la Seconde Guerre mondiale, que les choses vont techniquement fortement s'accélérer et que bathyscaphes et submersibles profonds, habités ou télé-opérés, vont permettre des découvertes spectaculaires, jusqu'aux explosions de vie des sources hydrothermales et des suintements froids.

L'auteur raconte l'histoire de la découverte des abysses et des animaux qui les habitent, vie végétale absente (sans lumière!), sous quelques centaines de mètres, milieu immense, noir, froid... périodes de disette, en semi-léthargie, attente constante, du haut, de la surface, des « cadeaux des dieux » pour manger avec frénésie quand touche le fond le cadavre d'un grand requin ou d'une baleine ! Et la grande découverte – certainement d'ailleurs l'un des très grands moments de l'histoire de la biologie – fut, vers la fin des années soixante-dix, la décennie durant laquelle Daniel Desbruyères débuta sa vie scientifique, la découverte fortuite par des géologues américains, à bord de l'*Alvin*, au large des Galapagos, de la profusion de vie autour des fluides hydrothermaux : vie organisée entre le très froid et le très chaud sur une courte distance, pour un temps limité, sans lumière, mais tirant parti des minéraux contenus dans le fluide hydrothermal surchauffé (350–380 °C). D'extraordinaires et fascinantes symbioses entre animaux et micro-organismes ont été mises en évidence. Peuplements bactériens et animaux fonctionnent en communauté grâce à la chimiosynthèse, qui, dans ces conditions si particulières, remplace la photosynthèse. La physiologie et l'écologie du « ver de

Crabe aveugle et anémone sur un banc de modioles,
dans le Pacifique Sud-Ouest, par 2 000 mètres de profondeur.



Pompéi », entre autres, le bien nommé, sont fascinantes. Ce milieu est très hostile à l'humain et sa pénétration demande une très haute technologie. Il peut être aussi source de découvertes de molécules de grand intérêt en recherche (les enzymes hyperthermostables, d'autres fonctionnant à basse température), en pharmacologie, en cosmétique... Mais il nous faut impérativement, et immédiatement, prendre des mesures exceptionnelles et des précautions infinies avant de songer à toute exploitation, minérale ou vivante. Pour cela, il faut maintenir un puissant effort de recherche avec un financement suffisant pour conserver nos moyens lourds d'intervention et les développer. Les coûts actuels demandent une synergie de mise en commun des moyens ainsi que nous l'opérons pour l'espace.

L'auteur aura été parmi les très rares privilégiés à avoir vu, de ses yeux, ce foisonnement de vie dans ces environnements extrêmes.

Ce livre va à la fois nous instruire, nous faire nous interroger, nous passionner mais aussi nous donner envie de contribuer à faire prendre toutes les précautions pour une exploitation raisonnée et intelligente de ces zones. Ne recommandons pas ce que nous occasionnons depuis 8 000 ans sur continents et littoraux comme destructions systématiques, éradications, pollutions, surexploitations... Cet ouvrage nous fait aussi rêver, et c'est bien aussi le rôle d'un scientifique quand il nous raconte qu'un souvenir ancré dans ses neurones ce sont... « *les gerbes de bioluminescence* » entraperçues par le hublot du submersible en cours de descente ou de remontée dans la nuit totale. Excellente lecture et beaux rêves!

Banyuls-sur-Mer, août 2010

Gilles Boeuf

Professeur à l'université Pierre et Marie Curie

Président du Muséum national d'Histoire naturelle

REMERCIEMENTS

Descendre au fond des mers est une aventure qui mobilise de nombreuses compétences, maritimes, technologiques et scientifiques. Je voudrais remercier tous ceux qui, directement ou indirectement, ont contribué au contenu de ce livre, et que j'ai connus et appréciés, tout au long de ma carrière, en mer, sous la surface ou dans les laboratoires.

Prendre des photos en profondeur est difficile : l'eau de mer est un milieu ingrat, filtrant les couleurs, parfois trouble et plein de particules. Malgré les progrès des capteurs, les limitations liées à l'encombrement et au poids des appareils sur les submersibles ainsi que les problèmes techniques du pilotage des caméras par une connectique complexe, rendent les résultats, hélas, aléatoires. C'est dire combien je suis obligé envers ceux qui ont accepté avec gentillesse de me confier des documents uniques.

Je veux, en particulier, remercier : Chuck Fisher, Cindy Van Dover et Margaret Olsen, Tamara Franck, Tim Shank, Bruce Shillito, Robert Hessler, Richard Lampitt, Kim Juniper, Katsunori Fujikura, Craig Smith, Robert Vriejenhoek, Bertrand Richer de Forges, Nicole Dubilier, Paul Tyler et Greg Rouse.

J'adresse également mes remerciements aux collègues de l'Ifremer : Violaine Martin, Patrick Briand, Michel Gouillou, Olivier Dugornay, Alexis Khripounoff et Philippe Crassous ainsi qu'aux responsables des différentes campagnes qui m'ont fourni des illustrations : Yves Fouquet, Anne-Marie Alayse, Françoise Gaill, François Lallier, Chuck Fisher, Joëlle Galéron, Karine Olu, Anne Godfroy, Pierre-Marie Sarradin, Jozée Sarrazin, Catherine Pierre, Nadine Le Bris et Vincent Rigaud.

Mon fils Cyrille s'est investi dans le travail d'illustration (cartes et schémas) avec beaucoup d'enthousiasme, pour ce qui a été sa première commande professionnelle. Je souhaite que ce soit, pour lui, le début d'une carrière passionnante.

Enfin, un grand merci à Nelly Courtay, qui m'a encouragé à me lancer dans cette aventure, nouvelle pour moi, et qui a assuré, avec une patience d'ange et une grande compétence, la correction et le montage de mon manuscrit.



An underwater photograph showing a dense field of coral. The coral has a complex, branching structure with many small, pointed tips. The color of the coral varies from light beige to a vibrant reddish-orange. The background is a dark, deep blue, suggesting a deep-sea environment. A semi-transparent teal rectangular box is overlaid on the lower right portion of the image, containing the text "Premiers pas...".

Premiers pas...



Premiers pas...

Nous avons dit plus haut comment nous nous trouvons assez exactement dans la situation d'un monsieur contraint d'habiter sur le toit, incapable d'en descendre, et qui chercherait de là-haut à deviner le contenu de l'immeuble.

Théodore Monod, 1954. *Bathyfolages*.

Quand j'étais enfant, je pensais que le monde entier avait déjà été découvert et cartographié. Pourtant j'ai passé une grande partie de ma vie professionnelle à explorer un monde encore inconnu : les abysses, un milieu extrême qui occupe plus des trois-quarts de notre biosphère. Ce monde sans soleil et froid recèle pourtant des paysages étranges et somptueux, et des richesses biologiques et minérales qui pourraient bien changer notre avenir.

Alors les abysses, désert ou Eldorado ?



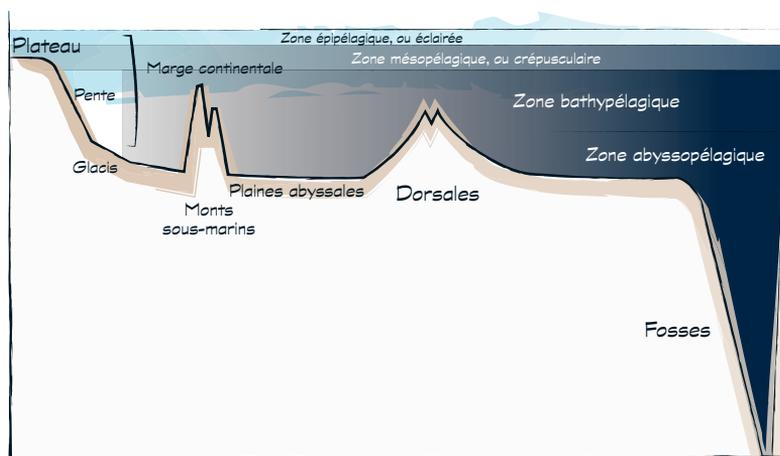
■ **Page précédente**

Ophiures sur des gorgones dans le golfe du Mexique.

■ Les abysses, qu'est-ce que c'est ?

Les abysses, littéralement « un domaine dont l'immensité est insondable », sont dans le langage courant le territoire des grandes profondeurs océanes, là où la lumière du jour ne pénètre jamais. Un monde étranger à l'homme, un environnement hors d'atteinte, démesuré et hostile, cachant parfois des terreurs irraisonnées. Qu'en est-il exactement ? Les océanographes ont depuis longtemps reconnu la différence entre les zones marines superficielles et côtières où la vie végétale, grandes algues ou plancton, existe et l'océan profond qui en est dépourvu car la lumière solaire n'y est pas suffisante. La zone éclairée est d'épaisseur réduite, mais elle ne dépasse pas quelques centaines de mètres dans les eaux les plus claires au meilleur de la journée. Entre cette zone où la lumière pénètre et permet la production photosynthétique et la zone profonde où la lumière ne pénètre pas, se trouve une zone de transition, dite crépusculaire, où la lumière est encore faiblement détectable mais insuffisante pour assurer une production nette de matière végétale.

Plus précisément, pour les océanographes, l'étage abyssal correspond aux grandes plaines ayant des pentes très faibles qui s'étendent depuis le pied du talus continental (2000 à 2500 mètres) jusqu'aux bords des grandes fosses (vers 6000 mètres), de l'étage hadal, en référence à Hadès, maître des enfers dans la mythologie grecque.



Plateau	24 millions de km ²	} Marge continentale	20,6 %
Pente + glacis	51 millions de km ²		
Plaines abyssales	123 millions de km ²		34,0 %
Monts sous-marins	28 millions de km ²		7,8 %
Dorsales	129 millions de km ²		35,8 %
Fosses	6 millions de km ²		1,7 %
Surface des océans		361 millions de km ²	71,9 %
Surface des terres		141 millions de km ²	28,1 %

La distribution des profondeurs océaniques.



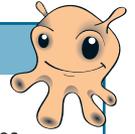
■ C'est grand les abysses ?

Les océans couvrent 361 millions de kilomètres carrés (71,9 % de notre planète) et sa profondeur moyenne est de 3 682 mètres. Moins de 10 à 15 % de la hauteur d'eau sont éclairés, c'est dire l'importance quantitative de l'environnement marin « obscur » qui, selon certains auteurs, représenterait plus de 80 % de la [biosphère](#).

Cet univers « extrême » des grandes profondeurs, de hautes pressions et de basses températures, ressenti comme lointain, est pourtant très proche de nous. En particulier, il constitue une très grande partie du territoire national français. En effet, si la surface terrestre de notre pays est de 675 500 kilomètres carrés, la surface actuelle de notre zone économique exclusive (ZEE) – la zone marine sur laquelle notre État a des devoirs et des droits souverains – est de 11 millions de kilomètres carrés dont plus des 9/10 surplombent des profondeurs excédant 200 mètres. Une grande majorité de notre ZEE profonde est située dans les océans Pacifique et Indien autour des départements et territoires d'outre-mer. Cependant, à quelques heures de route de nos ports, les fonds du golfe de Gascogne et de la Méditerranée atteignent déjà des profondeurs de plusieurs milliers de mètres. La profondeur moyenne de l'océan Atlantique (sans ses mers bordières) est de 3 620 mètres avec une profondeur maximale de 9 200 mètres dans la fosse de Porto Rico; la profondeur moyenne de la mer Méditerranée est de 1 500 mètres avec un maximum de 5 121 mètres dans la fosse de Matapan en mer Ionienne.

■ De quand date la découverte de la vie dans les abysses ?

Contrairement à ce que l'on croit généralement, la découverte de la vie à grande profondeur dans l'océan est ancienne. En 1819, Sir John Ross ramena, lors d'un sondage en mer de Baffin, une vase verte qui contenait des vers ainsi qu'une [ophiure](#) emmêlée dans la ligne de sonde. Puis, durant les voyages de l'*Erebus* et du *Terror* au large du continent Antarctique (1839–1843), James C. Ross, son neveu, effectua des dragages entre 300 et 500 mètres de profondeur et en ramena des collections très diverses d'invertébrés. En France, un pharmacien niçois, Antoine Joseph Risso (1777–1845), étudia les poissons et les crustacés capturés par les palangriers locaux et décrivit plusieurs espèces provenant de profondeurs comprises entre 800 et 1 200 mètres. Au milieu du XIX^e siècle, un pasteur norvégien, Michael Sars, effectua des prélèvements dans des fjords des îles Lofoten jusqu'à des profondeurs de 600 mètres et y découvrit de nombreux invertébrés. Mais ces observations ponctuelles furent tout simplement ignorées ou contestées par la science officielle.



La théorie du zéro de la vie

Un jeune naturaliste britannique, Edward Forbes (1815-1854), professeur à l'université d'Édimbourg, émit le concept d'une profondeur limite pour la vie animale dans les océans ; des dragages effectués en mer Égée à des profondeurs croissantes l'avaient convaincu qu'il existait une frontière au-delà de laquelle la vie animale n'était plus possible. Il fixait ainsi la limite de la vie animale à environ 250-300 brasses, soit environ 500 mètres de profondeur. Ce qu'il ne savait pas à l'époque, c'est que la mer Égée est particulièrement pauvre et ne peut être considérée comme un modèle de l'ensemble de l'océan.

Cette théorie que l'on sait aujourd'hui erronée fut, *a contrario*, dans la période très stimulante qui suivit la publication du livre de Darwin *L'origine des espèces*, en 1859, une motivation pour les zoologistes qui voulaient découvrir dans les profondeurs des formes de vie nouvelles et peut-être des espèces anciennes encore vivantes.

■ Les grandes expéditions : à la recherche des chaînons manquants

Le début de l'exploration à grande échelle de cet immense écosystème date de la seconde moitié du XIX^e siècle, avec les grandes expéditions océanographiques réalisées à bord des navires britanniques *Lightning* et *Porcupine*, puis la célèbre circumnavigation du *Challenger*, qui a été suivie de très nombreuses autres campagnes européennes et américaines. La France y prit sa part avec les campagnes du *Travailleur* et du *Talisman*, dirigées par le professeur Alphonse Milne-Edwards. Puis, à la fin des années 1880, les océanographes français collaborèrent avec le Prince Albert 1^{er} de Monaco, à bord de ses yachts *Hirondelle* et *Princesse-Alice*. C'est en été 1951 que le navire danois *Galathea*, utilisant un câble de 12 kilomètres, à section décroissante pour éviter la rupture sous son propre poids, chaluta par plus de 10100 mètres de profondeur et démontra que, même à ces profondeurs extrêmes, la vie animale était présente et relativement diversifiée. Cette campagne clôturait enfin la question de la limite bathymétrique de la vie dans l'océan, initiée par Edward Forbes.

■ Quand l'homme a-t-il pu pénétrer dans les abysses ?

Le travail de ces grandes expéditions a été réalisé principalement avec des « arts traïnants », chaluts et dragues, remorqués à l'extrémité de longs câbles lestés afin de minimiser la longueur filée. Les organismes ainsi récoltés, souvent fragmentés ou écrasés, étaient mêlés aux sédiments ; il était bien souvent difficile d'en déduire beaucoup plus qu'une identification zoologique. Mais le mystère restait



entier quant à leur mode de vie et leurs rapports à l'environnement. De plus, ces engins de prélèvements avaient un comportement erratique sur le fond, qui les rendait peu fiables en matière de quantification de la faune.

Comme le remarquait avec malice Théodore Monod: « *Imaginez ce que l'on pourrait savoir de la faune de France pour ne l'avoir explorée: 1. que d'un ballon; 2. à travers une couche permanente et épaisse de nuages; 3. au moyen d'un grappin et d'un panier à salage balancé à l'aveuglette au bout d'une ficelle. Qu'aurait-on pêché, et encore avec de la chance, au bout de cinquante ans, ou d'un siècle même? Pas grand-chose, je le crains: un coq de clocher, quelques branches d'arbres, une ou deux pommes de pin, une coiffe bretonne, un bébé alsacien, un soutien-gorge, quelques coquilles d'huîtres (...) une fort modeste anthologie. Et à laquelle, faite d'un verre à liqueur, de billet de banque, de mitraillette et de bulletin de vote, vont manquer des éléments essentiels de notre civilisation.* »

Il a fallu attendre 1932 pour qu'un naturaliste américain William Beebe, adepte de la plongée en scaphandre à casque, entreprenne d'aller voir lui-même des organismes abyssaux vivants. Avec Otis Barton, un ingénieur de ses amis, il développa une sphère de plongée habitable permettant l'observation en grande profondeur à travers trois hublots de 80 centimètres de diamètre et de 7 centimètres d'épaisseur. Cette nacelle de 1,45 mètre de diamètre et de plus de 2 tonnes était reliée à la surface par un câble porteur enroulé sur un treuil à vapeur du navire de surface, un chaland remorqué, le *Ready*. Le 15 août 1934, Beebe et Barton atteignent 906 mètres de profondeur! « *À 11 h 12, nous sommes immobilisés doucement à 3000 pieds, et je sais que c'est le dernier étage car le câble sur le tambour du treuil est presque complètement déroulé. Il y a quelques jours à 2500 pieds, l'eau extérieure nous était apparue plus noire que l'on pouvait l'imaginer, et bien maintenant, elle semble plus noire que noire. À partir d'aujourd'hui, je considérerai les nuits dans le monde d'en haut que comme des variations de crépuscule. Je ne pourrai jamais plus utiliser le mot NOIR avec la même conviction.* » Cette courte incursion dans les eaux profondes des Bermudes ouvrit l'ère de l'intervention de l'homme dans les abysses, qui, quelques années après la Seconde Guerre mondiale, trouva réellement sa voie avec les bathyscaphes, en se libérant de la surface.

Bien que la connaissance des abysses ait progressé depuis cette époque, grâce en particulier aux développements des technologies d'intervention sous-marine, l'homme reste et restera toujours un intrus à ces profondeurs. Aujourd'hui, nous n'avons exploré directement que quelques millièmes de l'étendue des fonds marins, et bien que nous ayons tenté de mieux comprendre la vie des organismes qui s'y développent, la plupart des questions scientifiques demeurent ouvertes. Nous nous sentons par ailleurs encore très désarmés face aux interrogations de la société concernant les ressources potentielles et les capacités que possède cet immense



écosystème à absorber les perturbations que l'humanité lui fait ou fera subir à travers l'exploitation des stocks halieutiques profonds, des ressources énergétiques et minérales, mais aussi d'une manière plus pernicieuse avec la contamination par les polluants des réseaux alimentaires de la faune profonde. Nous savons encore moins prévoir les conséquences pour l'humanité de la détérioration de cet écosystème et de l'érosion de sa biodiversité. Mais nous aurons à en rendre compte!

Le pétrole ultra-profond est aujourd'hui exploité jusqu'à plus de 2 000 mètres de profondeur et l'exploration couvre des zones encore plus profondes au large du Brésil et de l'Afrique de l'Ouest. Les compagnies minières prospectent des gisements de sulfures polymétalliques très riches par 1 700 mètres de profondeur dans la mer de Bismarck, au large de la Papouasie-Nouvelle-Guinée. La pêche industrielle, dont les stocks facilement accessibles ont été surexploités, s'est tournée vers des espèces profondes (grenadiers, empereurs, langues bleues, etc.), beaucoup plus vulnérables car de croissance lente et de maturité tardive; les chaluts impactent durement aussi les massifs de coraux profonds. Les premières mesures de contamination de ces poissons par les organochlorés d'origine humaine sont alarmantes. De même, certaines applications biotechnologiques ont déjà été tirées de constituants d'organismes provenant d'habitats profonds comme les sources hydrothermales.

Cet écosystème profond immense, encore très mal connu et considéré bien souvent comme hors de l'atteinte de l'homme, pourrait être une source nouvelle de ressources biologiques, énergétiques et minérales. Il ne tient qu'à nous d'en assurer une exploitation durable, respectueuse de la biodiversité profonde, patrimoine commun à l'humanité tout entière.

