

OLIVIER LASCAR

# ABYSSES

L'ULTIME  
FRONTIÈRE

**LES GRANDS FONDS :  
CORNE D'ABONDANCE  
OU BOMBE À RETARDEMENT ?**

ALISIO  
SCIENCES

**S**ombres, peuplés de fascinantes créatures... les abysses hantent notre imaginaire. Sans doute parce que ces territoires, qui couvrent plus des trois quarts des océans, sont aujourd'hui moins bien cartographiés que la surface de la Lune.

Les questions sont nombreuses : quelle biodiversité s'y dissimule ? Quels sont les écosystèmes de ces profondeurs ? Mais aussi : quelles ressources renferment-elles pour la planète ?

Olivier Lascar nous emmène à la découverte des grands fonds et dresse un panorama précis des enjeux stratégiques actuels. Car entre exploration et exploitation, la frontière est mince. Ce monde presque hors de notre portée attise aujourd'hui la curiosité des scientifiques autant que la convoitise des puissances internationales, en quête de ressources minérales, de nouvelles voies de télécommunication et de stratégies maritimes... Et la France souhaite jouer son rôle de puissance navale et sous-marine.

Au risque de bouleverser davantage l'équilibre de notre planète, une nouvelle ruée vers l'or se dessine.

**Olivier Lascar** est ingénieur de formation. Ancien journaliste de *Science et Vie Junior* et de *E=M6*, il est actuellement le rédacteur en chef du pôle digital de *Sciences et Avenir - La Recherche*. Il est l'auteur de *Enquête sur Elon Musk, l'homme qui défie la science* aux éditions Alisio.

ISBN : 978-2-37935-347-5



19 €  
prix TTC  
France

ALISIO  
SCIENCES



Rayon : Sciences

# ABYSSES

L'ULTIME FRONTIÈRE

Du même auteur, chez Alisio  
*Elon Musk, l'homme qui défie la science, 2022.*

ALISIO

*L'éditeur des voix qui inspirent*

Suivez notre actualité sur [www.alisio.fr](http://www.alisio.fr)  
et sur les réseaux sociaux LinkedIn, Instagram,  
Facebook et Twitter !

Alisio s'engage pour une fabrication écoresponsable !  
« Des livres pour mieux vivre », c'est la devise de notre maison.  
Et vivre mieux, c'est vivre en impactant positivement le monde  
qui nous entoure ! C'est pourquoi nous avons fait le choix de  
l'écoresponsabilité. Pour en savoir plus, rendez-vous sur notre site.

Tous droits réservés, y compris le droit de reproduction de tout  
ou une partie de l'ouvrage, sous quelque forme que ce soit.

Conseil éditorial : Antoine Beauchamp  
Suivi éditorial : Olivia Karam  
Relecture : Audrey Peuportier  
Maquette : Patrick Leleux PAO  
Design de couverture : Primo&Primo

© 2023 Alisio,  
une marque des éditions Leduc  
76, boulevard Pasteur  
75015 Paris – France  
ISBN : 978-2-37935-347-5

OLIVIER LASCAR

ABYSSES  
L'ULTIME FRONTIÈRE

ALISIO  
SCIENCES



*À Richard Durieux*



« Les satisfactions que l'on tire d'une existence laborieuse,  
aisée et tranquille sont grandes, certes,  
mais l'attraction de l'abîme est encore supérieure. »

Dino Buzzati, *Le K*



# AVANT-PROPOS

## LES ABYSSES, ENTRE MYSTÈRES ET CONVOITISES

Appelez-le Casper. Il est l'ambassadeur de l'océan profond et incarne sa fragilité. « Casper », c'est son surnom, donné en clin d'œil au héros du dessin animé. Vous savez, le petit fantôme. Ce poulpe a le corps tout rond, lequel évoque irrésistiblement le crâne mignon du personnage de cartoon. Pour vivre heureux, il faut vivre caché, dit-on. Casper a longtemps fait ainsi, au fond de l'océan. Et l'existence du céphalopode ectoplasmique n'est connue que depuis 2016. Il a été découvert, au large d'Hawaï, à 4 000 mètres de profondeur, par une mission de l'Agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA).

Mais sitôt découvert, sitôt en danger. Casper pond en effet ses œufs uniquement sur des agrégats de manganèse. Ce métal, qui affleure naturellement en certains endroits du plancher océanique, est de ceux que lorgne désormais l'industrie minière. Ces ressources minérales sont effectivement nécessaires aux équipements électroniques dont nous sommes de plus en plus dépendants. De quoi fabriquer nos batteries, smartphones et tout le toutim de l'électronique grand public. D'où ces projets qui désormais pullulent pour les exploiter dans des gisements de grande profondeur. Des mines sous l'eau, comme il en existe d'autres sur le plancher des vaches, pour exploiter du charbon,

par exemple. Le hic, c'est que l'humanité n'avait jamais joué jusqu'alors les mineurs de fond dans le plancher océanique.

De là, la question : quels dangers cette nouvelle ère industrielle pourrait-elle faire peser sur la vie des abysses ? Y a-t-il un risque de faire disparaître Casper ?

### **Ne pas confondre « exploration » et « exploitation »**

Exploration scientifique d'un côté, exploitation industrielle de l'autre. Tel est le balancement qui se joue en cette première partie du XXI<sup>e</sup> siècle. L'exploration pour préparer l'exploitation... ou pour la limiter. Et empêcher que la fringale des industriels, qui veulent labourer le fond de l'océan, ne bouleverse, voire détruise, un écosystème inviolé depuis que le monde est monde.

Par ailleurs, les dégâts ne seraient pas limités qu'aux « seules » grandes profondeurs. C'est bien l'entièreté de la planète qui serait chamboulée, les abysses n'étant pas une sorte d'isolat, mais bien un élément connecté à l'ensemble du globe, jouant un rôle primordial dans la machine climatique mondiale. Voilà le défi des années à venir, et que ce livre va tâcher d'exposer : il faut développer la connaissance scientifique de l'environnement et de l'écosystème des grandes profondeurs pour savoir comment les protéger au mieux.

Un enjeu d'autant plus ambitieux que l'exploration des océans n'est que balbutiante. « La démarche scientifique liée à la connaissance de l'océan est récente : elle a commencé au XIX<sup>e</sup> siècle », commente Sarah Samadi, professeure au Muséum national d'histoire naturelle. En outre, elle se base sur un savoir extrêmement parcellaire. « Et souvent très biaisé, reprend la scientifique, parce qu'il faut des moyens technologiques très importants pour aller explorer les fonds océaniques. Par conséquent, les lieux ciblés sont choisis en fonction d'enjeux de société. »

C'est en effet la société qui paie, et elle exige en quelque sorte un retour sur investissement. Autrement dit, la quête des ressources

minérales a beaucoup orienté les endroits que les explorateurs sont allés scruter au fond de la mer. La connaissance de l’océan a aussi longtemps été synonyme d’ambition militaire : le besoin de cartographier les profondeurs était justifié par la nécessité de faire naviguer des sous-marins. « Il y a donc un lien très fort entre la façon dont on avance dans la connaissance et les enjeux que la société met pour connaître le fond de l’océan », continue Sarah Samadi. Gare donc à une sorte d’effet de loupe qui consisterait à ne trouver dans les abysses que ce que l’on y cherche.

### **Très sombre et très froid**

D’ailleurs, à propos d’abysses, de quoi parle-t-on exactement ? « De ce qui est très sombre, et très froid », résume par cette formule le directeur de recherche au CNRS Hervé Claustre, de la station marine de Villefranche-sur-Mer, près de Nice. « J’ai eu l’occasion de remarquer que c’est à partir de 500 mètres de profondeur que l’œil humain ne voit plus rien », commente de son côté le biologiste Michel Segonzac, vétéran de la plongée en eaux profondes à bord de submersibles, qui a effectué avec l’Ifremer (l’Institut français de recherche pour l’exploitation de la mer) de nombreuses expéditions scientifiques dans tous les océans du globe.

Mais ce chiffrage ne permet pas d’établir une réelle frontière du genre « au-delà de cette limite, votre ticket n’est plus valable ». En effet, il n’existe pas de définition stricte des abysses qui indiquerait à partir de quelle profondeur ils commencent. Dans un rapport publié en 2022, l’Institut des hautes études pour la science et la technologie (IHEST) définit les grands fonds marins comme allant de 200 à 11 000 mètres de profondeur, cet extrême correspondant à la fosse des Mariannes, dans l’océan Pacifique, le point le plus profond de la planète. Au passage, il est évocateur de le comparer... à l’Everest, la plus haute montagne du monde, avec ses 8 849 mètres d’altitude. Eh oui, les reliefs sous-marins descendent plus bas que ne montent les sommets au-dessus du niveau de la mer !

En tout cas, 200 mètres, cela reste un peu timide... Faisons chuter davantage le curseur : la plupart des spécialistes

parlent d'abysses pour ce qui est en deçà de 1 000 mètres de profondeur. Et cela représente une part considérable de notre planète, dont la surface est recouverte à 71 % par les océans. Dans une autre étude, publiée cette fois par la Fondation de la Mer, il est ainsi précisé que 88 % du plancher océanique est situé au-delà de 1 000 mètres de profondeur. « Soit une surface estimée à 320 millions de kilomètres carrés », écrivent les experts. Pour donner un ordre de grandeur, disons que ces grands fonds occupent ainsi un peu moins des deux tiers de la planète<sup>1</sup>.

Immenses par leur superficie, ces grands fonds marins demeurent extraordinairement méconnus, puisque moins de 20 % sont cartographiés et moins de 5 % explorés. On résume : les abysses s'étendent sur l'écrasante majorité du plancher océanique. Et qu'y a-t-il au fond de la mer ? On n'en sait quasiment rien... ou si peu. Quid des animaux qui y vivent ? Des ressources minérales ? À force, la formule fait cliché, pourtant c'est vrai : on connaît mieux la surface de la Lune que le fond des océans. À l'exploration scientifique de lever le voile sur ces questions pour percer d'un peu de lumière cette obscurité. L'enjeu est colossal : le Census of Marine Life, un programme de recherche international pour recenser la vie aquatique, a chiffré voici une dizaine d'années à environ 250 000 le nombre d'espèces marines connues, estimant qu'il en reste encore... entre 1 et 10 millions à découvrir !

### **Un objet de fascination**

Une mission fascinante, tant cet environnement est nimbé de mystères. Il y a quelque chose de la quête existentielle à étudier les abysses qui fait penser à la phrase de Nietzsche : « Si tu regardes au fond de l'abîme, l'abîme aussi regarde en toi<sup>2</sup>. » D'ailleurs, leur pouvoir hypnotique s'incarne dans l'étymologie même du mot grec *abyssos*, qui signifie « d'une profondeur immense » ou « sans fond », et offre une clé pour comprendre la façon dont ce sujet percute notre imaginaire. « Les abysses semblent un univers normalement limité, mais qui paraît en fait être infini », commente Natacha Vas-Deyres, chercheuse

en science-fiction à l'université Bordeaux-Montaigne. Comme un espace normalement clos, défini géographiquement et spatialement, mais qui se présente comme une porte vers une autre dimension.

Cette thématique est omniprésente dans les fictions consacrées aux grands fonds. Son incarnation la plus populaire ? Le film *Titanic*, carton mondial de James Cameron sorti en 1997. Dans la première et la dernière scène du film, la caméra entre dans l'épave, qui gît au large du Canada, à 3 800 mètres de profondeur. « Qu'est-ce qu'elle y voit ? Des fantômes ! », commente Natacha Vas-Deyres. Les abysses comme porte d'accès vers l'au-delà, voilà un ingrédient enkysté dans notre inconscient tant il est ancien. « La mythologie grecque fait ce lien entre les abysses et le Tartare, le monde des morts, reprend la présidente et fondatrice du festival Hypermondes consacré à l'imaginaire. On trouve cela dès l'Antiquité : Platon présente les abysses comme un lieu de passage vers les Enfers. »

Les abysses apparaissent ainsi comme un lieu sans frontières. Ou en tout cas dont la limite recule au fur et à mesure de son exploration. Laquelle est normalement hors de portée de l'espèce humaine, mais devient possible grâce à la technologie et à la science, un défi déjà relevé par le capitaine Nemo à bord du sous-marin *Nautilus* de *Vingt Mille Lieues sous les mers* de Jules Verne, le grand classique de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Les sous-marins scientifiques et habités *Nautilus* ou *Alvin*, avant les robots télécommandés, ont pris le relais dans le monde réel. L'épouvantable drame du Titan, le submersible disparu avec son équipage lors d'une plongée sur l'épave du Titanic en juin 2023, rappelle cruellement les dangers de l'exploration des grands fonds<sup>3</sup>. « L'imaginaire sous-marin, extrêmement fécond, va de pair avec une sorte d'utopie technique et scientifique, reprend Natacha Vas-Deyres. De la même façon que l'on est capable de voler dans les cieux, par l'apport de la technique et de la science il est possible de vivre dans un environnement où l'humain ne peut normalement pas évoluer. »

### **Comme une ruée vers l'or**

Voilà un point de jonction entre les abysses de l'océan et ceux de l'espace<sup>4</sup>. Les deux infinis se répondent. Une correspondance valable dans la fiction, mais qui s'impose désormais dans le monde réel : l'engouement actuel pour l'exploration des abysses évoque irrésistiblement celui qu'on a connu pour la conquête de l'espace – et qui revient avec le New Space, ce regain d'intérêt pour l'aventure spatiale incarnée par la montée en puissance des acteurs privés, comme le SpaceX d'Elon Musk ou le Blue Origin de Jeff Bezos. L'époque marque en effet « un contexte de motivation très particulier », ainsi que le formule l'anthropologue Valelia Muni Toke en citant l'historienne des sciences Naomi Oreskes. En janvier 2023, intervenant lors des Journées interdisciplinaires des sciences de la mer organisées par le CNRS dans son siège parisien, la chercheuse de l'Institut de recherche pour le développement (IRD) a évoqué ce qui semble être dans l'imaginaire de certains « un moment de notre histoire, comme il y a eu la ruée vers l'or et la conquête de l'espace ».

L'intérêt désormais porté aux océans est inédit. Ils avaient été, par exemple, quasi oubliés des discussions de la COP21 en 2015, leur rôle dans la machine climatique ayant été mentionné in extremis dans le préambule de l'accord de Paris. Petite victoire, mais victoire quand même, « tant le moindre mot compte dans ces négociations internationales », commente Théophile Bongarts, de la Plateforme Océan et Climat, une ONG pour faire entendre la voix de l'océan dans les discussions onusiennes liées au climat.

Cela a peut-être même été l'étincelle qui a allumé la mèche de l'engouement actuel, marqué par différentes initiatives nationales et internationales. Ainsi, l'Organisation des Nations unies a décrété en 2021 la Décennie pour les sciences océaniques au service du développement durable. Elle entend ainsi « mobiliser les acteurs intéressés du monde entier autour d'un cadre commun qui mettra la science au service des pays dans leur mise en œuvre de l'Objectif de développement durable 14

sur l'océan », l'ONU ayant établi 17 objectifs pour assurer, notamment, la transition énergétique à l'horizon 2030<sup>5</sup>.

La France s'est inscrite dans l'agenda impulsé par l'ONU, mais elle prend aussi ses propres initiatives dans le domaine. Ainsi l'exploration des grands fonds marins fait partie des dix priorités du plan « France 2030 » destiné selon l'Élysée à « mieux comprendre, mieux vivre, mieux produire en France à l'horizon 2030 ». Dans son discours détaillant les mesures de ce plan d'investissement, prononcé le 12 octobre 2021, le président de la République Emmanuel Macron s'est interrogé à propos des abysses : « Qui peut accepter que nous laissons dans l'inconnue la plus complète une part si importante du globe ? », a-t-il dit en vantant l'exploration, décrite comme « un levier extraordinaire de compréhension du vivant ou peut-être d'accès à certains métaux rares<sup>6</sup> ».

### **Faut-il aller chercher les richesses minérales de l'océan ?**

L'expression « métaux rares » utilisée par le président est un peu fourre-tout. Elle désigne des substances naturellement présentes dans la nature, mais en quantité relativement limitée. On parle d'une part de métaux stratégiques, parce que classiquement employés par l'industrie, comme le cobalt, le nickel, le manganèse, le cuivre, l'or ou l'argent. Mais il y a aussi d'autres métaux dits « critiques » parce que plus particulièrement convoités par les spécialistes des technologies numériques et des énergies renouvelables, comme l'indium, le germanium, le cadmium, le sélénium, le molybdène, le bismuth et les terres rares, « lesquelles désignent une liste de 17 ressources minérales spécifiques », précise Yves Jégourel, professeur titulaire de la chaire d'économie des matières premières du Cnam, le Conservatoire national des arts et métiers. Leur présence dans les océans a été, pour plusieurs d'entre eux, identifiée assez tôt. « Il y a donc une opportunité. Mais leur exploitation est-elle une nécessité ? », interroge l'amiral Christophe Prazuck, directeur de l'Institut de l'Océan à Sorbonne Université. La réponse ne fait pas l'unanimité, loin s'en faut.

Et cette question n'est pas seulement affaire de gros sous ; les espèces marines peuvent aussi permettre des développements surprenants dans d'autres domaines, comme le médical. Prenons l'exemple des hermelles, des vers marins qui, pour le coup, vivent à faible profondeur – on en trouve notamment dans la région du Mont-Saint-Michel. « Ce sont des vers qui produisent eux-mêmes une sorte de colle pour agréger ensemble les grains de sable », explique Nadia Améziane, cheffe de la station marine de Concarneau et professeure au Muséum national d'histoire naturelle. « Or cette colle biologique est particulièrement intéressante en chirurgie : elle présente l'avantage de résister à l'air, aux fluides et est biodégradable. Elle a déjà inspiré une société qui propose un bioadhésif pour remplacer les sutures. » D'autres sources de bio-inspiration pourraient bien surgir, demain, du fond des abysses.

Si certains États – et industriels – frétilent d'impatience, ils n'ont pas forcément le droit d'aller planter leurs foreuses au fond de l'eau. Déjà parce qu'il y a la question de la distance à laquelle se trouve le gisement putatif et sous-marin : au sein de leurs zones économiques exclusives (ZEE), c'est-à-dire jusqu'à 360 kilomètres des côtes, les États sont libres d'organiser l'exploration ou l'exploitation de leur plancher océanique ; au-delà – et les hauts-fonds se trouvent surtout au-delà – la règle change : c'est la haute mer, dont le sol et le sous-sol sont désignés par les spécialistes comme « la Zone » (on se croirait dans une chanson de Renaud, mais il ne s'agit pas de la même zone !). Là, c'est à l'Autorité internationale des fonds marins, une organisation créée en 1994, d'instruire les demandes et d'accorder les autorisations nécessaires. À l'heure où l'on écrit ces lignes, l'autorité sise à Kingston, en Jamaïque, a accordé à différents acteurs 31 licences d'exploration. Aucune d'exploitation.

### **Quels gardiens pour les abysses ?**

Les règles, néanmoins, nécessitent clarification. Acculée par la pression du moment, l'AIFM devait impérativement finaliser un code minier pendant l'année 2023, pour préciser justement les

conditions selon lesquelles on pourrait miner le fond océanique situé sous les eaux internationales, la fameuse « Zone ». Mais fin juillet 2023, et au risque d’installer un vide juridique, l’AIFM annonçait qu’elle se donnait finalement jusqu’en 2025 pour adopter les règles de l’extraction minière sous-marine ! Par ailleurs le pouvoir exact de l’Autorité internationale des fonds marins dans la haute mer – une région du monde qui n’appartient à personne et où, en conséquence, chacun peut avancer ses pions – est entaché de nombreuses zones d’ombre.

Pour bien comprendre l’enjeu, comparons l’AIFM avec l’AIEA, l’Agence internationale de l’énergie atomique, qui fait office de gendarme sur la question du nucléaire. Cette organisation internationale possède à cet égard un pouvoir de contrôle et d’enquête et rend aussi compte au Conseil de sécurité de l’ONU – on en a vu un exemple avec les enquêtes de ses spécialistes sur la centrale nucléaire de Zaporijjia, en Ukraine, un site pris dans l’engrenage de la guerre lancée par la Russie en février 2022. Bref, son autorité est reconnue à l’échelle de la planète. Mais qu’en est-il de son pendant abyssal ? Certes, l’AIFM a le pouvoir de définir les codes miniers et de donner les autorisations pour aller scruter, et demain miner les fonds marins, mais « quand un opérateur minier va se lancer dans une exploitation, qui va contrôler ce qui se déroule au fond de la mer ? La conformité avec les règles ? L’impact des incidents ? Qui arbitrera les litiges ? Sur quels éléments de preuve ? », interroge l’amiral Christophe Prazuck. Y aura-t-il une flotte internationale pour surveiller les sites miniers sous-marins ? « Si les perspectives économiques sont importantes, alors les risques de dérapage le sont aussi, mécaniquement », reprend le directeur de l’Institut de l’Océan.

L’un des enjeux de la période qui s’ouvre sera donc de clarifier les pouvoirs de l’AIFM. Elle paraît aujourd’hui un instrument de régulation désincarné et beaucoup doutent qu’elle soit, en l’état, à la hauteur des bouleversements qui s’annoncent pour les grands fonds océaniques. Ils sont pourtant considérables. Car les abysses, désormais lieux de toutes les convoitises, ne sont pas des

écosystèmes isolés mais au contraire interconnectés aux autres, en particulier via le cycle du carbone et les courants marins. L'ensemble comporte des fonctions régulatrices pour la planète : les abysses, les spécialistes en sont désormais convaincus, jouent un rôle crucial dans la machine climatique globale. Or il y a désormais un risque tangible qu'une exploitation non maîtrisée de ce milieu fragile bouleverse, et sans espoir de retour en arrière, des écosystèmes depuis toujours préservés. Nous vivons le temps de l'anthropocène, cette ère géologique marquée par la profonde influence de l'humain sur la Terre, et c'est aussi une menace pour les abysses.

# **PARTIE I**

## **L'EXPLORATION DES ABYSSES**



# 1.

## LE MONDE DU SILENCE (OU PAS)

« Le monde du silence est très mal nommé : il n'y a que le son qui se propage dans les grandes profondeurs », résume l'amiral Christophe Prazuck. Nous sommes attablés dans un restaurant à quelques mètres de l'université parisienne de Jussieu, où il dirige l'Institut de l'Océan de l'Alliance Sorbonne Université, mais la conversation de l'ancien chef d'état-major de la Marine me projette bien au-delà du Quartier latin, à des centaines de mètres de profondeur, là où glissent les sous-marins militaires, et notamment ceux de la marine française sur lesquels l'amiral a navigué.

Contrairement aux petits submersibles scientifiques dont les cockpits sont des fenêtres ouvertes sur l'extérieur – si vous avez en tête ceux de Tournesol dans *Le Trésor de Rackham le Rouge* ou du comte de Champignac dans *Le Repaire de la murène*, vous n'êtes pas trop loin de la réalité –, les gigantesques bâtiments de la grande muette sont dépourvus de hublots ; dans les entrailles de ces cigares métalliques, seul le son relie les officiers au monde extérieur. « Tu entends les crevettes ou tous ces microscopiques crustacés dont les colonies, immenses, forment de gigantesques nuages que traverse le sous-marin, raconte Christophe Prazuck. Les galets des plages du Var, qui frottent les uns contre les autres au gré des courants, font un bruit qui se perçoit également sous l'eau à des dizaines de kilomètres de distance. Je me souviens

aussi du son des vagues, ou de celui de la pluie, pas le tac-tac-tac habituel, mais un bruit de fond qui peut saturer les sonars. »

### L'oreille d'or

Ainsi, le concert est permanent dans le « monde du silence<sup>7</sup> ». Cet univers sonore est tel que certains officiers marinières ont l'ouïe si affûtée et entraînée qu'elle leur permet de distinguer la source des sons venant jusqu'au sous-marin. Sont-ils biologiques, mécaniques, sismiques ? À « l'oreille d'or » de faire le tri ! « Parfois, la différence entre le craquement d'une coque de sous-marin qui change d'immersion et le clic d'écholocation d'un cachalot est quasi impossible à percevoir », explique l'amiral Prazuck.

Ah les oreilles d'or... Il y a plein d'histoires formidables à leur sujet. Tiens, pendant cette enquête, on m'en a justement raconté une impliquant des cétacés. Celle d'un as de l'audition qui, depuis le bâtiment en immersion où lui naviguait, pouvait reconnaître à l'oreille la proximité d'un autre sous-marin en train de – clic ! – remonter à la surface ou – (re)clic ! – piquer en profondeur. Mais en certaines occasions, l'oreille d'or entendait à la place du bruit pronostiqué un intrigant double craquement. Qu'est-ce que cela pouvait bien être ? Il a fait des recherches, jusqu'à se rendre compte que c'était un bruit d'écholocation de cachalot. Parce que quand cet animal produit ce son, une partie est reflétée et répliquée par sa gigantesque boîte crânienne. D'où le mystérieux « clic-clic » !

À grande profondeur, le son est donc roi. Il faut dire qu'il n'a pas de concurrence : c'est la seule onde capable de s'y frayer un chemin. Les photons, ces « grains » qui composent la lumière, ne pénètrent plus l'océan passé les 1 000 mètres de profondeur. C'est d'ailleurs la profondeur maximale, tout à fait exceptionnelle, où a navigué un sous-marin militaire : depuis que le soviétique *K-278 Komsomolets* a atteint le record de 1 027 mètres en août 1984, aucun bâtiment n'a fait mieux<sup>8</sup>.

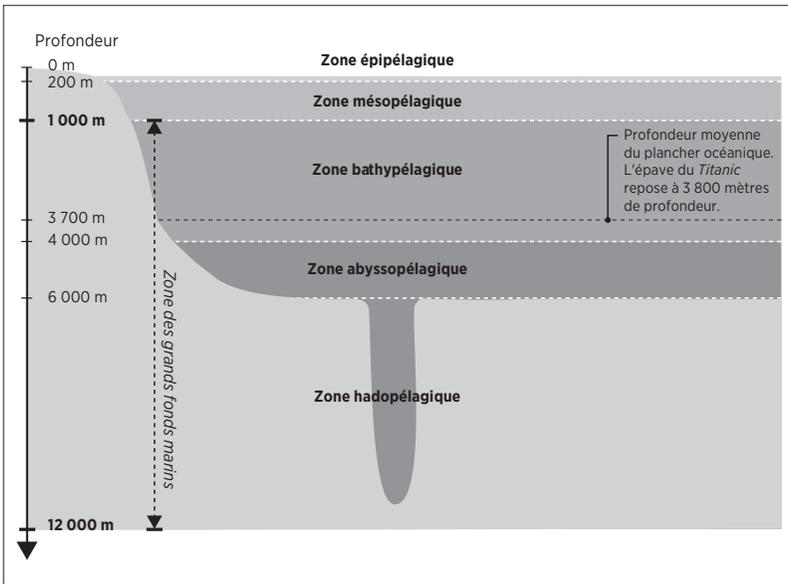
Les signaux radios ou GPS ne se propagent pas davantage dans les grandes profondeurs. À mesure que l'on s'enfonce

dans le grand bleu, on rentre donc dans une nuit d'encre, et la pression – constitutive de toute la masse d'eau qui vous pèse sur la tête à mesure de la plongée – devient dantesque. Car l'eau est un milieu qui fait 800 fois la densité de l'air, c'est pourquoi l'océan profond est un environnement si difficile d'accès. « À 4 000 mètres de profondeur, c'est comme si vous aviez le poids d'une vache sur chaque centimètre carré de votre corps », illustre Michel Segonzac, qui a participé pour le compte de l'Ifremer à des expéditions scientifiques à grande profondeur dans tous les océans du monde.

Le *Nautilus* ou l'*Alvin*, ces engins d'exploration tels que ceux dans lesquels a navigué le biologiste, sont des machines aux caractéristiques de résistance élevée pour évoluer en sécurité dans le milieu extrême des grandes profondeurs. La question de la sécurité est primordiale. Il ne faut pas la prendre à la légère ainsi que l'illustre la tragique disparition du Titan et de ses cinq occupants. Le submersible d'environ 7 mètres de long pour 3 mètres de diamètre paraît avoir été détruit par une « implosion catastrophique » selon le contre-amiral John Mauger des garde-côtes américains. Ce verdict funeste fut donné lors d'une conférence de presse à Boston, le 22 juin 2023, après quatre jours de recherche à l'issue desquels les débris du Titan ont été détectés vers 4 000 mètres de fond, à proximité de l'épave du Titanic, vers lequel il avait plongé. L'engin de la société privée OceanGate n'avait pas fait l'objet d'une certification (comme celle que peut accorder la société de classification spécialisée dans l'industrie maritime DNV GL). Son approche « expérimentale » avait inquiété la Marine Technology Society : ces experts de l'océan s'en étaient ouverts auprès de Stockton Rush, le directeur général d'OceanGate, dans une lettre datée du 27 mars 2018. Elle est restée sans effet, et Stockton Rush est l'une des cinq victimes du Titan, qui semble effectivement ne pas avoir résisté à la pression abyssale. Celle-ci n'est pas le seul problème posé à l'exploration océanique. La structure des sous-marins peut aussi être fragilisée par les pouvoirs corrosifs de l'eau salée. Comme elle conduit l'électricité, la baille peut générer des courts-circuits. Et

chaque bâtiment est adapté à la profondeur maximale à laquelle il peut plonger. Car l'océan, comme un mille-feuille liquide, est « découpé » en différentes tranches. La plus profonde, au-delà de 6 000 mètres de profondeur, est appelée zone hadale... du nom de Hadès, le dieu des Enfers dans la mythologie grecque. Ambiance !

## L'échelle des profondeurs



*Les cinq zones sous-marines*

Source : © La Fondation de la Mer

Pour délimiter les différentes couches de l'océan, de la pointe des vagues jusqu'aux abysses, il faut partir de la surface. Mais pour un scientifique, qu'est-ce que la surface, finalement ? « Elle correspond à la zone éclairée », répond le directeur de recherche au CNRS Hervé Claustre. Quand elle pénètre dans l'eau, la lumière du Soleil est captée par les microalgues qui peuplent ces régions superficielles de l'océan ; les rayons du blond Phébus permettent à ce plancton végétal, aussi appelé phytoplancton, de faire sa photosynthèse et de proliférer. Cela représente des

quantités considérables : on estime ainsi que le matelas d'algues microscopiques en surface des océans représente la moitié de la matière organique sur notre planète !

La densité de cette prairie aquatique peut être très importante. Imaginez-vous avancer à la machette dans une jungle tropicale touffue ! J'exagère, mais c'est l'idée. Dans ce cas-là, en seulement 20 mètres de profondeur, la trame des microalgues est si entremêlée qu'elle fait barrière aux photons, édifiant comme un écran à la lumière du Soleil. En d'autres lieux, en revanche, cette zone superficielle de l'océan peut être beaucoup moins riche en phytoplancton. C'est le cas des eaux claires où la lumière pénètre davantage. Les photons peuvent s'y frayer un chemin jusqu'à 200 mètres de profondeur, environ. Les scientifiques conviennent que l'on ne peut pas aller plus bas pour désigner la surface. Cette couche d'eau de 0 à 200 mètres est dite de façon savante « épipélagique » ou « euphotique » – c'est-à-dire « avec des photons ».

À partir de 200 mètres de profondeur, nous entrons dans la deuxième couche de l'océan dite zone « mésopélagique ». À son entrée, l'intensité lumineuse atteint seulement 1 % de celle qu'elle était en surface. Il n'y a presque plus de lumière... mais ce « presque » ne compte pas pour des prunes. Ainsi, de nombreuses espèces vivent dans ces profondeurs. « Toute l'activité biologique essentielle se trouve dans les 300 premiers mètres de l'océan », estime Michel Segonzac. Dans un rapport publié en 2022, la Fondation de la Mer indique que plus de 1 million d'espèces marines non décrites à ce jour évolueraient dans cette mystérieuse zone de l'océan que certains scientifiques, à l'instar d'Hervé Claustre, ont baptisé la « Twilight Zone<sup>9</sup> » – la « zone crépusculaire ». On considère que « l'antichambre des abysses », comme il la nomme aussi, s'arrête à 1 000 mètres de profondeur.

Cette nouvelle délimitation marque l'entrée dans l'océan profond. « La communauté scientifique parle aussi de zone "aphotique", celle où il n'y a plus de photons lumineux. Pour moi, dit Claustre, on peut parler d'abysses quand on dépasse cette profondeur de 1 000 mètres. »