

# La vie mystérieuse des grandes profondeurs marines

par Guy Herrouin

Les grands fonds marins ont toujours évoqué un monde sombre et inconnu, donc mystérieux. Ils ont nourri des histoires fantastiques telles que le fameux *20 000 lieux sous les mers* de Jules Verne.

## Caractéristiques

Dans ces grands fonds il fait nuit et froid : 300 000 000 km<sup>2</sup> – 600 fois la France – sont dans la nuit éternelle car la lumière ne pénètre pas au delà de 200 à 300 m maximum. La température est, en général, inférieure à 4 °C. La pression augmente d'un bar à chaque fois que l'on descend de 10 m, soit 600 bars à 6 000 m.

L'homme ne connaît ces fonds que sur une superficie équivalente à celle de Paris !

## Historique de la découverte

Pourquoi explorer les grands fonds océaniques ? Pour plusieurs raisons : ce domaine profond est encore une frontière des connaissances de notre planète ; il est le plus vaste milieu pour la vie – biotope – et le moins connu : on estime qu'il y aurait plus d'un million d'espèces ; les fonds océaniques jouent un rôle dans le cycle du carbone, en relation avec le climat ; les grands fonds recèlent des ressources vivantes, minérales et énergétiques potentielles importantes.

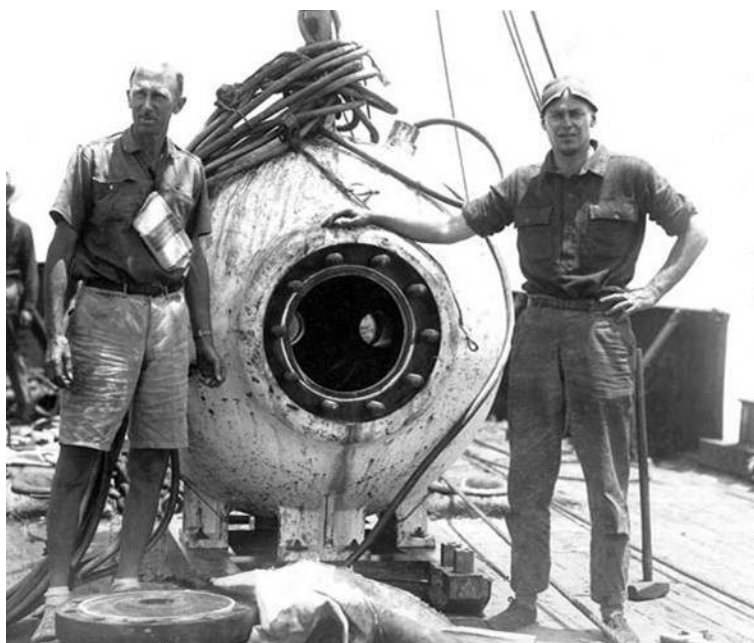
La première indication d'une connaissance de la vie sous-marine nous vient de l'écrivain et naturaliste latin Pline l'Ancien, au 1<sup>er</sup> siècle après J.-C., dans sa *Naturalis Historia*. Il y dresse, avec une étonnante assurance, un premier inventaire de la faune : « Il faut bien reconnaître qu'il est tout à fait impossible d'établir la liste de tous les animaux terrestres. Eh bien ! par Hercule ! dans l'océan, aussi vaste soit-il, il n'existe rien qui nous soit inconnu et, fait vraiment merveilleux, les choses que la nature a cachées dans les profondeurs nous sont les plus familières. » Et Pline d'établir « la liste complète et définitive » de la faune marine : elle comprend 176 espèces !

Sans faire l'historique détaillé de l'exploration des grands fonds, on retiendra que, jusqu'en 1860, tous les scientifiques s'accordaient à dire que la vie n'existait plus au-dessous de 600 m. Cependant quelques indices de vie apparurent quand on releva, vers 1870, à la suite d'une avarie, un câble de transmission immergé et que l'on constata avec surprise la présence d'animaux fixés sur ce câble.

À la même époque, dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, on vit s'organiser les premières grandes campagnes océanographiques comme celles de la frégate britannique *Challenger* qui réalisa une expédition pendant trois ans (1872-1876) qui permit de capturer des poissons profonds ; puis, au début du XX<sup>e</sup> siècle, celles du prince Albert de Monaco qui, avec ses deux goélettes, ramena un poisson pris dans une nasse à 6 000 m de profondeur. Les difficultés économiques et les guerres ont gelé ensuite pratiquement toute recherche dans les grandes profondeurs.

## La bathysphère de William Beebe

Il fallut attendre 1930 pour que des pionniers plongent dans une sphère en acier jusqu'à 400 m de profondeur. C'est le biologiste américain William Beebe qui inventa la *bathysphère* : une sphère en acier de 1,50 m de diamètre, suspendue au bout d'un câble en acier, qui lui permit d'atteindre 900 m de profondeur en 1934. Il fallait du courage pour plonger ainsi dans l'inconnu ! Ces plongées confirmèrent l'existence de la vie à ces profondeurs.



Auguste Piccard inventeur des bathyscaphes ; la Marine nationale pionnière

Il faut ensuite attendre les années cinquante, donc après la guerre, pour que l'homme se passionne de nouveau pour l'exploration profonde. Remarquons d'ailleurs que cet intérêt était sous-tendu par un intérêt stratégique de certains États, dont les États-Unis et la France, pour l'intervention sous-marine profonde.

C'est le professeur suisse Auguste Piccard, inventeur du ballon stratosphérique, qui imagina le concept du bathyscaphe, le bateau des profondeurs. Le bathyscaphe comporte une sphère résistante à la pression fixée à la base d'un flotteur rempli d'essence ; l'énergie est fournie par des batteries. L'étape la plus importante fut la réalisation du FNRS III <sup>1</sup> à l'arsenal de Toulon sur ses conseils. Au début de 1954, le FNRS III, avec à son bord l'ingénieur Pierre Willm et le commandant Georges Houot, établit le record par plus de 4 000 m au large de Dakar.

Une compétition franco-américano-suisse

Auguste Piccard se brouilla avec la Marine française et se tourna alors vers l'Italie pour construire le *Trieste*. On assista alors à une compétition franco-américano-suisse ! Puis l'US Navy finança l'amélioration du *Trieste* et celui-ci, avec à son bord Jacques Piccard, le fils du professeur, et Don Walsh de la marine américaine, atteignit, en janvier 1960, la fosse des Mariannes par 10 916 m de fond et établit donc le record absolu.

En France, la Marine avait pris la décision de construire l'*Archimède*, à Toulon, conçu pour plonger à 11 000 m. L'*Archimède* plongea dans la fosse des Kouriles en 1962 mais, malheureusement, il rencontra le fond à 9 550 m... sans battre, évidemment, le record du *Trieste* ! Cependant, l'*Archimède* fut très opérationnel et effectua de nombreuses plongées scientifiques jusqu'en 1974.

Au cours de ces plongées, les bathyscaphes permirent de nombreuses observations de la faune abyssale et même quelques rares prélèvements. Cette vie apparaissait d'autant plus rare que l'on descendait plus profond.

Au début des années 1970, grâce à un nouveau matériau de flottabilité léger et résistant à la pression <sup>2</sup>, des sous-marins légers supplantèrent les bathyscaphes. Aux États-Unis, l'*Alvin* atteignit 4 000 m en 1970. En France, la soucoupe *Cyana*, conçue pour atteindre 3 000m, sur une idée du commandant Cousteau, fut réalisée par la Direction des constructions navales et opérée par le CNEXO qui venait d'être créé. Ce sont ces deux sous-marins légers et l'*Archimède* qui, en 1974, menèrent la campagne *Famous* sur la dorsale Atlantique. Celle-ci fit date car elle permit de confirmer *de visu* la théorie de la tectonique des plaques <sup>3</sup>.

Ensuite l'Ifremer lança le *Nautilus*, en 1985, sous-marin construit à l'arsenal de Toulon, qui permit de nombreuses découvertes : poids 18,5 t, sphère en titane, autonomie de 5 heures sur le fond et de 5 jours en survie, profondeur maximale 6 000 m ; équipage : un pilote, un navigateur et un observateur scientifique.



Les sous-marins scientifiques habités profonds actuels sont très peu nombreux dans le monde puisqu'il n'y en a que cinq : un japonais, un américain, deux russes et le *Nautilus* français.

Depuis le début des années 2000, des robots téléopérés, dont le *Victor 6000* de l'Ifremer, tendent à prendre le relais avec l'avantage de ne plus avoir de problème d'autonomie.

On voit que Toulon a été le berceau de ces engins profonds parmi les plus performants au monde. Il en serait d'autant

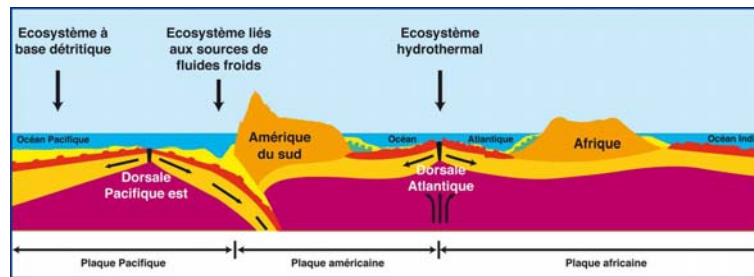
<sup>1</sup> Du nom du fonds de la recherche scientifique belge qui cofinança le projet.

<sup>2</sup> Il s'agit d'une mousse syntactique : des microsphères de verre dans une résine époxy de densité comprise entre 0,5 et 0,6.

<sup>3</sup> Voir la communication, en 2007, de M<sup>me</sup> Anne Sohler-Meyrueis sur la valse lente des continents.

plus justifié que l'agglomération toulonnaise organisât un centre d'exposition de l'intervention sous-marine afin de montrer ces engins aux visiteurs et leur contribution essentielle aux découvertes de l'océan...

## La vie abyssale



La vie abyssale varie en fonction de la géologie. On verra successivement les trois écosystèmes identifiés sur cette coupe.

### L'écosystème détritique

Le premier, l'écosystème détritique, est de loin le plus vaste. Il est basé sur un apport de nourriture provenant de débris, d'où le nom de « détritique », tombés de la surface.

Ce ne sont pas tant les conditions extrêmes des grands fonds – froid, pression, obscurité – qui constituent des obstacles à la puissance colonisatrice du vivant. C'est le flux de matière organique qui détermine l'abondance de la vie. On sait, en effet, que toute vie nécessite une source d'énergie et, sur notre planète, la première source est la lumière du soleil. Sur la terre, la lumière solaire permet la croissance des végétaux grâce à la photosynthèse.

Dans les premiers mètres de l'océan, c'est-à-dire là où la lumière du soleil pénètre, les algues vertes, unicellulaires, microscopiques, tirent leur énergie de cette lumière ; elles servent de nourriture au zooplancton, petits animaux, qui servent eux-mêmes de nourriture aux poissons, poulpes, et mammifères marins.

Avant d'examiner les grandes profondeurs, jetons un rapide regard sur la vie dans l'ensemble de la tranche d'eau : dans le domaine pélagique, on trouve le phytoplancton, le zooplancton, les animaux nageurs qui se laissent emporter par le courant – méduses, vers, petits crustacés, mollusques, larves... – et le necton, ou animaux à nage plus active : poulpes, poissons, mammifères marins.

Plus profond, le *benthos*, comprend l'ensemble des animaux vivant enfouis dans le sédiment, fixés sur le sédiment ou sur des substrats durs, ou évoluant dans les premiers mètres au-dessus du fond. Ces animaux sont répartis en une soixantaine de groupes d'invertébrés qui sont classés selon la complexité croissante de leur plan d'organisation morphologique :

- les éponges, embranchement proche du règne végétal ;
  - les cnidaires, c'est-à-dire tous les animaux qui ont des cellules urticantes utilisées pour la capture des proies : anémones de mer, méduses, gorgones, coraux... ;
  - les vers, les mollusques, les crustacés, les échinodermes, les tuniciers (prochordés).
- Les vertébrés ne sont représentés ici que par les poissons.

Plus on va profond et loin des côtes, moins il y a de nourriture. Ceci se manifeste par une biomasse très faible, de l'ordre du g/m<sup>2</sup>.

Les fonds abyssaux, donc dénués de toute production végétale, hébergent une très grande variété de créatures marines<sup>4</sup>, mais celles-ci sont représentées par une faible quantité d'individus. De plus, dans la morne plaine abyssale, la moindre aspérité suscite des turbulences qui piègent une forte concentration de particules de nourriture. Les monts sous-marins, les canyons, les marges des continents qui se trouvent exposés aux courants, sont ainsi le théâtre local d'une vie foisonnante, insoupçonnée à de telles profondeurs. La faune est donc soumise à une forte compétition alimentaire : il lui faut alors inventer de nouvelles adaptations.

Ainsi, par exemple, *Chauliodus sp.*, le poisson-vipère, possède des crocs immenses qui, pour ne pas lui transpercer le palais, dépassent de sa gueule. *Saccopharynx sp.*, le Grandgousier, a une mâchoire disproportionnée par rapport à sa taille et un estomac extensible, ce qui lui donne la possibilité d'engloutir des victimes parfois aussi longues que lui !

Tous doivent faire preuve d'une parfaite flottabilité pour pouvoir attendre patiemment leurs proies, sans avoir à dépenser une énergie précieuse à entretenir dans ces profondeurs hostiles.

Une espèce de *Melanocetus* attire ses proies avec une lanterne qu'il agite au-dessus de sa gueule. Il a résolu les difficultés de rencontres amoureuses dans le noir par une astuce rare : le mâle, quand il trouve une femelle, la mord et ne s'en détache plus de toute la vie ! Il finit par devenir une sorte de parasite, en fondant son système circulatoire sur celui de la femelle, et il n'est là que pour la féconder de temps en temps.

Le poulpe à ventouses lumineuses, *Stauroteuthis sytiensis*, est une merveilleuse ballerine rose à grandes nageoires en forme d'oreilles. On rencontre d'ailleurs beaucoup de poulpes à oreilles.

La plaine abyssale, réceptacle final de toute la nourriture qui traverse la colonne d'eau, est tapissée d'un tissu organique qui permet de nourrir une grande diversité d'espèces comme *Paragorgia sp.*, la gorgone *bubblegum*, ou *Magnapinna sp.*, le gigantesque calamar araignée de 7 mètres. Cependant, dans les grands fonds, il n'y a pas de calmars géants : ceux-ci existent bien, mais entre 600 et 1 000 m de profondeur. Les calmars rencontrés à plus de 3 000 m ne dépassent pas 1,3 m.

Terminons par une découverte récente, au large de l'île de Pâques, d'un collégue de l'Ifremer, Michel Segonzac, qui a été

<sup>4</sup> On estime le nombre d'espèces à plus d'1 million.

médiatisée : la très belle galathée yéti.



Tunicier

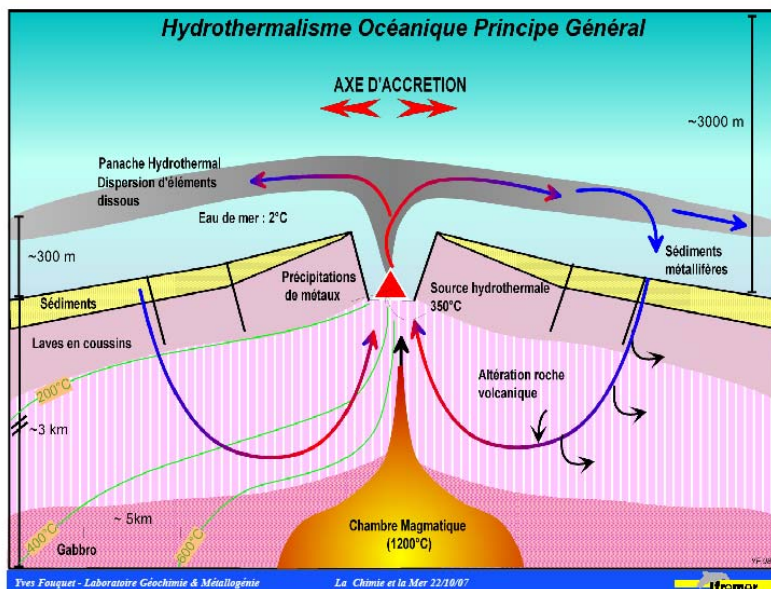
L'écosystème hydrothermal



Cloporte

Ce deuxième écosystème est situé à l'axe des dorsales sous-marines qui s'étendent sur plus de 60 000 km. Elles sont le siège de la formation de la croûte océanique se manifestant par un volcanisme discontinu, dans l'espace et dans le temps. Ce processus est à l'origine de la dérive des continents. L'écartement des plaques se produit à des vitesses de 1 à 20 cm/an selon les zones.

Les premières observations de ces manifestations hydrothermales remontent à 1974 lors de la campagne franco-américaine *Famous* sur la dorsale Atlantique au niveau des Açores<sup>5</sup>.



Après s'être infiltrée par les failles de la croûte océanique, l'eau de mer, au contact de la chaleur du magma, remonte vers la surface en se chargeant d'éléments et de composés minéraux contenus dans les basaltes. La température des fluides hydrothermaux peut atteindre 350 à 400 °C. Au contact de l'eau froide, ces composés précipitent et forment comme une fumée épaisse, noire s'ils contiennent des sulfures de fer, ou blanche s'ils sont chargés d'anhydrite.

Ces composés, en se déposant progressivement, fabriquent des cheminées dont certaines peuvent atteindre plus de 20 m de hauteur. Ces fluides sont également chargés en produits réputés toxiques comme le Cd, le Pb, le Hg, l'As, des éléments radioactifs et des teneurs élevées d'hydrogène sulfuré. De plus ils sont très acides : le PH est inférieur à 3.

La découverte d'une faune aussi riche à si grande profondeur n'a pas manqué d'interloquer les scientifiques qui avaient claironné haut et fort qu'ils avaient parfaitement compris le fonctionnement de l'écosystème profond.

Ici, ce n'est plus 1 g de biomasse au m<sup>2</sup>, mais 10 000 à 100 000 fois plus ! Soit jusqu'à 60 kg de matière vivante au m<sup>2</sup>. Ce sont donc de véritables « oasis » de vie.

Quels sont les processus chimiques qui en l'absence de la photosynthèse sont capables d'être à l'origine de cette vie ? Dans la chimiosynthèse des écosystèmes profonds privés de lumière, des bactéries utilisent des composés minéraux comme source d'énergie pour synthétiser des composés organiques qui sont donc à l'origine de la chaîne alimentaire.

De toutes les formes nouvelles découvertes, le ver géant Riftia<sup>6</sup> est le plus surprenant et le plus connu du grand public. Il mesure jusqu'à 2 m de longueur et a un diamètre de 5 cm, dans un tube. Ce tube, clos à la base, est ancré au sol. De nature chitino-protéique, il est sécrété par des glandes spécifiques épidermiques. Dépasant du tube, son panache tentaculaire

<sup>5</sup> Cette campagne a été baptisée *Famous* : French American Mid Ocean Underwater Survey. Elle a réuni le bathyscaphe *Archimède*, les sous-marins américain *Alvin* et français *Cyana*, qui effectua, à cette occasion, sa première mission.

<sup>6</sup> Pour le classer il a fallu créer un embranchement nouveau, celui des vestimentifères.

terminal rouge vermillon forme un contraste saisissant !



*Vers géant Riftia pachyptilia*

Il n'a ni bouche, ni anus, ni tube digestif. C'est un sac clos bourré de bactéries qui vivent à partir des composés que le ver leur amène en les captant dans l'environnement hydrothermal par le panache puis acheminés par le système circulatoire en particulier l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S). Les bactéries synthétisent les composés organiques pour le ver. C'est la symbiose parfaite. Dans le tissu que l'on appelle « trophosome » on trouve des bactéries, des cristaux de soufre et de nombreuses enzymes.

Ce trophosome est fait d'un tissu richement vascularisé : il est formé de lobules organisés autour de capillaires sanguins et est constitué de cellules renfermant de petites bactéries. Le *Riftia* absorbe les composés nutritifs que son sang transporte vers les bactéries de son trophosome. Les bactéries se multiplient et fournissent la matière organique au ver. L'hémoglobine de *Riftia* est capable de transporter à la fois sulfures et oxygène. C'est une symbiose quasi parfaite qui minimise les pertes par excrétion et est beaucoup plus productive qu'un système ingestion-digestion-excrétion.

On a pu approfondir le métabolisme des *Riftia* en les étudiant en laboratoire en surface, en les maintenant à une pression élevée et en faisant varier les composants de l'eau. On a pu aussi étudier le sang du *Riftia*. On sait en effet que l'hydrogène sulfuré est très toxique car il forme avec l'hémoglobine des composés stables incapables de fixer l'oxygène : c'est le gaz toxique des égoutiers. Le sang des *Riftia* a une molécule d'hémoglobine à très haut poids moléculaire qui lui permet de concentrer de grandes quantités d'hydrogène sulfuré et de les transporter jusqu'au trophosome sans dommage.

On trouve d'autres animaux qui se nourrissent aussi grâce à des bactéries, mais par un processus différent : l'épibiose. L'épibiose est une relation que l'animal entretient avec des bactéries à la surface de leur corps : à la différence de la symbiose décrite pour les *Riftia*, les bactéries vivent à l'extérieur des tissus de l'animal, qui absorbe les molécules de matière organique à travers ses branchies ou sa peau. Elle existe chez le ver de Pompéi qui est capable de vivre dans des fluides de plus de 60 °C. Il porte dorsalement des soies couvertes de bactéries filamenteuses blanches dont on ne connaît pas bien la fonction. L'épibiose existe de même chez la crevette aveugle des sites de l'Atlantique et de l'océan Indien : ces crevettes présentent un développement anormal des pièces buccales ; elles sont hypertrophiées et présentent des soies portant une forte densité de bactéries filamenteuses. La fonction de ces bactéries, actuellement à l'étude à l'Ifremer à Brest, n'est pas élucidée. Détoxification du milieu très toxique dans lequel ces crevettes vivent ? On a remarqué qu'elles entraînent au moins en partie dans l'alimentation.

Il y a beaucoup d'autres animaux qui vivent, soit sur les mêmes principes que ceux décrits ci-dessus en s'alimentant par voie chimiosynthétique, soit en « consommant » d'autres animaux. C'est le cas, par exemple, des crustacés et des poissons qui broutent les panaches des *Riftia* !

### *Le troisième écosystème*

Situé au voisinage des sources de fluides froids, il a été identifié en 1984, donc plus récemment. Il est aussi lié à l'activité des bactéries chimiosynthétiques. On le rencontre principalement dans deux situations :

— soit dans les zones de subduction, là où l'épaisse couche sédimentaire s'enfonce sous les continents : sous des pressions énormes, suintent des fluides chargés en méthane provenant de la décomposition de la matière organique accumulée dans les sédiments ; ce méthane est utilisé par des bactéries, à la base d'une chaîne alimentaire ;



*Atlantique Angola par – 3 155 m*

— soit à la sortie de fluides froids chargés aussi en méthane et en H<sub>2</sub>S qui suintent du plancher océanique au large des grands fleuves où de la matière organique s'est accumulée pendant des millions d'années et où se sont accumulées d'importantes quantités de pétrole.

La vie dans ces écosystèmes se présente sous la forme de moules géantes (30 cm), de vers vestimentifères (différents des *Riftia*), d'éponges, de crustacés, de mollusques divers...

Signalons aussi la vie dans les hydrates de méthane : on trouve des bactéries dans les cellules des animaux qui consomment du méthane (bactéries méthanotrophes).

En conclusion sur cette vie liée aux fluides hydrothermaux ou de suintements froids, celle-ci se développe grâce à des bactéries chimiosynthétiques qui utilisent les composés de sulfures, d'hydrogène sulfuré, de méthane, d'ammoniac... et qui vivent en symbiose ou en épibiose avec les animaux. Les bactéries chimiosynthétiques produisent des sucres suivant le cycle de Calvin.

Cette faune comprend un grand nombre d'espèces nouvelles pour la science, appartenant à des taxons nouveaux depuis le genre jusqu'à l'embranchement. Notons, qu'il y a deux catégories de bactéries dans cet écosystème : les bactéries qui vivent dans les panaches hydrothermaux jusqu'à un peu plus de 100 °C et les bactéries chimiosynthétiques qui sont nécessaire à la vie des animaux. Les premières sont des archéobactéries, les secondes des bactéries « pourpres ».

### **Biotechnologie basée sur les bactéries extrêmes des grands fonds**

Sur Terre, la plupart des formes de vie connues sont adaptées aux températures ambiantes, entre 15 et 45 °C. Mais certains micro-organismes thermophiles ont leur croissance maximale située entre 45 °C et 70 °C.

Dans les milieux volcaniques terrestres et sous-marins, des micro-organismes ultra-thermophiles, qui se multiplient à des températures supérieures à 80 °C, ont été mis en évidence, isolés et cultivés à partir de 1972, date de la découverte d'une bactérie dans un geyser du parc de Yellowstone aux États-Unis. Ces micro-organismes appartiennent presque exclusivement au domaine des archéobactéries, dont un grand nombre sont aujourd'hui décrites à partir d'échantillons de cheminées hydrothermales ou de fluide.

Aujourd'hui, plusieurs dizaines de souches croissant au dessus de 80 °C ont été isolées du milieu hydrothermal. Le record est détenu par une souche provenant d'une cheminée de la dorsale médio-atlantique (3 400 m de profondeur), qui présente une croissance maximum à 105 °C et se divise jusqu'à 113 °C dans un milieu où le pH optimum est 5,5 !

On ne connaît pas encore la valeur limite au-delà de laquelle la vie n'est plus possible, et on ne saisit encore qu'imparfaitement les mécanismes qui permettent aux bio-polymères de résister à de telles contraintes.

### **Applications biotechnologiques**

Ces micro-organismes de l'impossible sont fascinants pour les industriels des biotechnologies. Leurs constituants, qui fonctionnent à des températures élevées, présentent aussi une réelle stabilité à l'agression physique et chimique et peuvent trouver des applications, après clonage et expression, dans des micro-organismes plus faciles à cultiver en fermenteur.

Ainsi, les « extrêmozymes » peuvent apporter des réponses à des questions industrielles qui nécessitent l'utilisation d'enzymes à des températures élevées pour diminuer la viscosité ou augmenter la solubilité de certains constituants, ou pour éviter les contaminations par des bactéries pathogènes mésophiles.

Ils peuvent être aussi employés dans des nouvelles filières, telles que les techniques d'amplification des acides nucléiques utilisées, entre autres, pour le diagnostic médical ou pour les recherches génétiques (technique PCR : Polymerase Chain Reaction) <sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Voir la communication de M<sup>me</sup> Anne Sohler-Meyrueis sur l'ADN, 2008.

## Origine de la vie

L'environnement hydrothermal aurait-il pu être le lieu de synthèse des premières molécules organiques, ou les premières formes de vie se seraient développées sur la Terre ?

Plusieurs arguments peuvent soutenir cette hypothèse, proposée peu après la découverte des sources hydrothermales :

— dans l'arbre phylogénétique obtenu par des techniques moléculaires, les organismes les plus proches de la racine commune aux trois domaines de la vie sont tous des micro-organismes thermophiles ou ultra-thermophiles, très abondants dans le milieu hydrothermal profond ;

— la couche d'eau qui surplombe les dorsales, bien que sans doute moins épaisse dans l'océan primordial, a pu protéger les formes primitives de vie de la destruction par l'ultraviolet et l'impact des météorites ;

— les édifices hydrothermaux auraient pu former de véritables « incubateurs », du fait de l'existence de forts gradients thermiques et des multiples surfaces minérales catalytiques ; d'autre part, les fluides hydrothermaux contiennent en grande quantité de nombreux éléments indispensables aux synthèses (H<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CO, CO<sub>2</sub>) ;

— les sources hydrothermales ont existé sous des formes très voisines durant une très grande période de l'histoire de la Terre. L'hydrothermalisme était beaucoup plus actif dans l'océan primitif qui était certainement beaucoup plus chaud (100 °C, voire plus, car la pression était aussi plus élevée).

Cette hypothèse séduisante est encore l'objet de débats et de controverses, comme sont toutes celles touchant à l'origine de la vie sur Terre.

## Conclusion

Le milieu océanique très profond est encore très peu connu (< 1/1 000<sup>e</sup> de la surface explorée) où des découvertes majeures sont encore à attendre (nouveaux écosystèmes ?)

C'est une « nouvelle frontière de l'humanité ».

Ce milieu recèle de nouvelles ressources génétiques, minérales et énergétiques.

Des mesures de gestion et de protection doivent être prises sans attendre dans le cadre de la Convention internationale sur le droit de la mer : patrimoine commun de l'humanité.

Guy HERROUIN

## Références

LAUBIER (Lucien), *Vingt mille vies sous la mer*, Paris, éditions Odile Jacob, 1992.

DESBRUYÈRES (Daniel), SEGONZAC (Michel), BRIGHT (Monica), *Handbook of deep-sea hydrothermal vent fauna*, 1/ Plouzané, Ifremer, 1997 ; 2/ 2006.

NOUVIAN (Claire), *Abysses*, Paris, Fayard, 2007.

Site Ifremer : [www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)