



# EXPÉDITION LA PÉROUSE

## Dossier à destination des enseignants

**Préambule :** ce dossier réunit des informations générales sur les monts sous-marins et plus particulièrement le Mont La Pérouse. Il permet de comprendre l'intérêt suscité chez les scientifiques, dans les instances de protection et de gestion des écosystèmes au niveau international et chez les professionnels de la pêche. Nous espérons que ces informations seront utiles pour construire des activités pour les élèves et éveiller leur intérêt. Certains points en relation directe avec l'expédition n'ont pas été abordés précisément car ils constitueront le fil de l'actualité de la mission.

### Introduction :

Du 24 octobre au 8 novembre 2019, une équipe de plongeurs d'Andromède Océanologie menée par Laurent Ballesta se rendra sur le Mont La Pérouse à bord du bateau scientifique La Curieuse pour filmer pour la première fois ce mont sous-marin situé dans l'ouest de La Réunion à 145 km environ.

Connu sous le nom de « Banc des 90 miles » par les pêcheurs du fait de sa richesse en poissons pélagiques, il a fait l'objet d'une précédente mission scientifique en 2016 avec l'Antéa et les scientifiques de l'Unité Mixte de Recherche MARBEC\*. Mais personne n'a encore pu effectuer d'images sous-marines pour en révéler les paysages et les habitats. L'analyse des images par des scientifiques et des spécialistes des différents groupes taxonomiques permettra de compléter l'inventaire des communautés. Elle donnera l'opportunité de replacer ces êtres vivants dans leur environnement. C'est donc une première que l'équipe de Ballesta va réaliser en rapportant des images d'un mont dont le sommet se situe autour de 60m de profondeur. Et c'est chaque fois, un exploit technique et humain que de plonger sur un relief profond et inconnu en plein Océan Indien.

L'océan profond est un espace à découvrir, notre ignorance fait dire à certains que les scientifiques savent mieux décrire la surface de Mars que celle des océans.

\* MARBEC MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation, est une unité de recherche qui regroupe des personnels de 4 organismes : l'IRD, l'Ifremer, l'Université de Montpellier et le CNRS. Son objectif est l'étude de la biodiversité marine des écosystèmes lagunaires, côtiers et hauturiers à différents niveaux d'intégration, depuis les aspects moléculaires, individuels, populationnels et communautaires, et des usages de cette biodiversité par l'Homme.

# Sommaire

## I. Le Mont La Pérouse un géant sur le fond de l'océan

1. Les monts sous-marins, des reliefs sur le fond de l'Océan
2. Le Mont La Pérouse
  - Situation géographique
  - Sa topographie revisitée
3. Origine des monts sous-marins
4. A la recherche d'une île perdue

## II. Les monts sous-marins, trésors des mers profondes

1. Monts-sous-marins et encroûtements cobaltifères :
2. Monts sous-marins et ressources pour la pêche
3. Les monts sous-marins, des zones d'agrégation des espèces pélagiques (vivant en pleine eau) et démersales (vivant sur le fond)
4. Les conditions de vie dans les fonds sous-marins
5. Des zones à forte richesse en espèces
5. Des zones à la recherche d'une gouvernance

## III. Comment étudier les milieux profonds ?

### A. Les explorations indirectes

1. Mesurer la profondeur
  - Méthode ancienne
  - Sondeurs
2. « Voir » le fond
  - Le sonar latéral
  - Le Sondeur Multifaisceaux (SMF)
  - La sismique

### B. Les explorations directes

1. Comment résister à la pression
  - La pression atmosphérique
  - La pression hydrostatique
2. Quelles formes pour résister aux fortes pressions
  - La sphère
  - Le sous-marin
  - Le corps humain en plongée
  - Les engins sans pilote à bord
3. Comparaison des différentes techniques d'exploration

### C. La plongée en scaphandre autonome

1. La plongée sous-marine : une activité de loisir sous contrainte
2. La plongée sous-marine : une activité hyperbare
3. La plongée sous-marine : Les gaz se dissolvent dans les liquides

## IV. Conclusion

## I. Le Mont La Pérouse, un géant sur le fond de l’océan

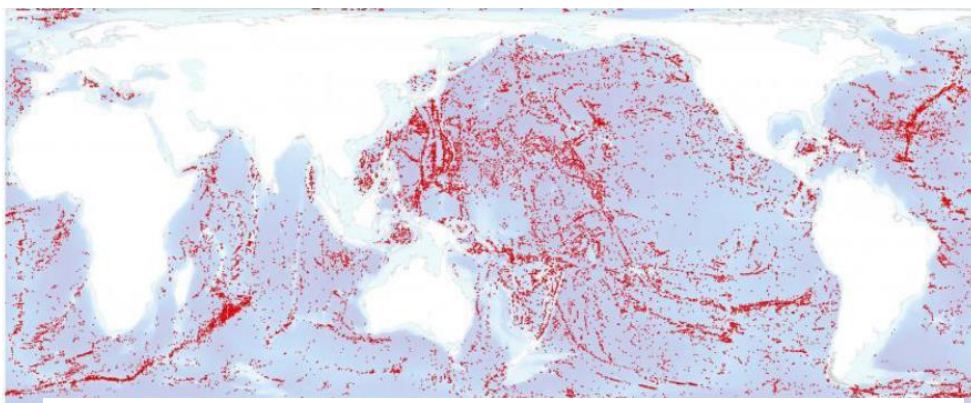
Où se situe le Mont La Pérouse ? Qu’est-ce qu’un Mont Sous-marin ? Pourquoi s’intéresser aux Monts Sous-marins ?

### 1. Les Monts sous-marins, des reliefs sur le fond de l’Océan

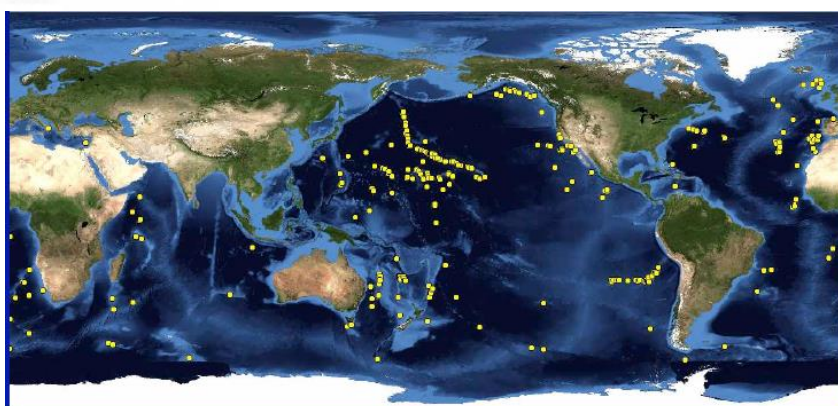
Les monts sous-marins sont des reliefs souvent abrupts, des pics qui s’élèvent depuis le plancher océanique d’au moins 1000 m et souvent plus. La plupart d’entre eux reste très profond sous la surface de la mer, à plusieurs milliers de mètres et donc n’ont été repérés que très récemment lors de campagne de cartographie du fond des océans. Le plancher océanique forme des plaines abyssales ou bassins océaniques qui se situe en moyenne de 4300 m (4000-6000 m) de profondeur.

Leur relief est reconstitué grâce à des sondeurs qui équipent des bateaux scientifiques mais ce sont des données très localisées. En 2014, une nouvelle carte du fond des océans a été produite à partir de données altimétriques relevées par des satellites. La présence de relief sous -marins se traduit par des creux et des bosses au niveau de la mer.

C’est ainsi que près de 100 000 monts sous-marins isolés ou formant des chaînes de montagne ont été repérés mais à peine 1% ont été étudiés. Ils couvriraient dans leur ensemble 18,8 millions de Km<sup>2</sup> de la surface des océans qui en compte 360 millions, soit environ 5 à 6%. La moitié de ces formations se situent dans l’Océan Pacifique. Le reste se localise dans l’ordre décroissant, dans l’Atlantique puis dans l’Océan Indien et enfin dans les océans antarctiques et arctiques.



● Répartition Mondiale des monts sous-marins (Yessen C. et al. , 2011 )



Les Monts sous-marins ayant fait l’objet d’une exploration (2007)

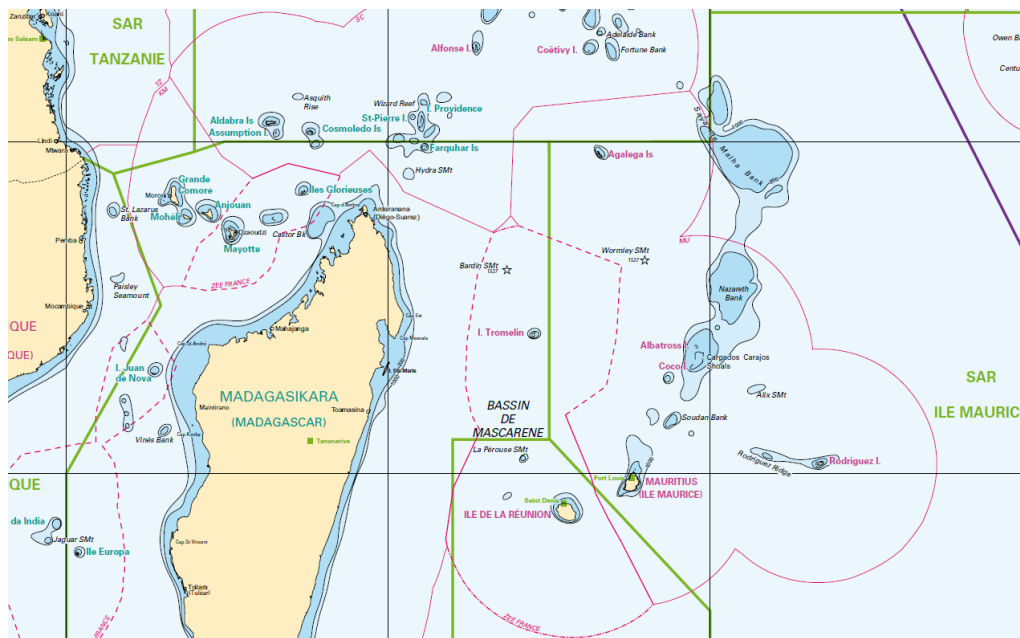
Futura Science – 11/10/2014 – Laurent Sacco Journaliste – « Des milliers de Montagnes découvertes sur le fond des océans » 22/09/2019 - <https://www.futura-sciences.com/planete/actualites/croute-oceanique-milliers-montagnes-decouvertes-fond-oceans-55482/>

Dans le Sud-Ouest de l’Océan Indien, on a estimé à 1090 le nombre de monts sous-marins de plus de 2000m de haut, 409 sont situés dans les zones exclusives économiques. Les monts sous-marins sont particulièrement

nombreux entre La Réunion et Les Seychelles. Le mont sous-marin « Walters shoal » qui culmine à 15 m sous la surface et situé au sud de Madagascar a fait l'objet d'une exploration récente.

1-Expédition « Walters shoal » 22 avril au 18 mai 2017, <https://science4highseas.wixsite.com/waltersshoal> ;

2-Gestion d'un mont sous-marin situé au-delà des juridictions nationales, l'exemple du Banc Walters dans le sud-ouest de l'océan Indien Juin 2018 Sabrina Guduff (UICN), Julien Rochette (Iddri), François Simard (UICN), Aurélie Spadone (UICN), Glen Wright (Iddri) [https://www.apsoi.org/sites/default/files/documents/meetings/SC-04-INFO-05%20Gestion%20d%E2%80%99un%20mont%20sous-marin%20situ%C3%A9\\_FR\\_0.pdf](https://www.apsoi.org/sites/default/files/documents/meetings/SC-04-INFO-05%20Gestion%20d%E2%80%99un%20mont%20sous-marin%20situ%C3%A9_FR_0.pdf) ).



Extrait de la carte de la Zone Maritime du Sud de l'Océan Indien – 2010 – SHOM – France - [http://www.reunion.gouv.fr/IMG/pdf/Carte\\_ZMSOI\\_AEM\\_2011\\_high\\_quality\\_cle85bcd6.pdf](http://www.reunion.gouv.fr/IMG/pdf/Carte_ZMSOI_AEM_2011_high_quality_cle85bcd6.pdf)

### Suggestions d'activité :

Où et comment se répartissent les monts sous-marins ? Quel est l'état des connaissances des monts sous-marins ? Quelles sont les raisons de ce manque de connaissance ? Où sont situés les monts sous-marins dans la région du SOOI ? Où se situe le Mont La Pérouse ?

## 2. Le Mont La Pérouse

### Sa situation géographique

Le Mont La Pérouse est connu des pêcheurs réunionnais en tant que « Banc des 90 miles ». Il est situé au Nord Est de La Réunion à 160 km et appartient à la zone exclusive économique (ZEE) de la France. Il est situé dans le bassin des Mascareignes avec comme coordonnées géographiques :

- Latitude 19° 40' 0" S (-19.666667 °)
- Longitude 54° 9' 0" E (54.15 °)

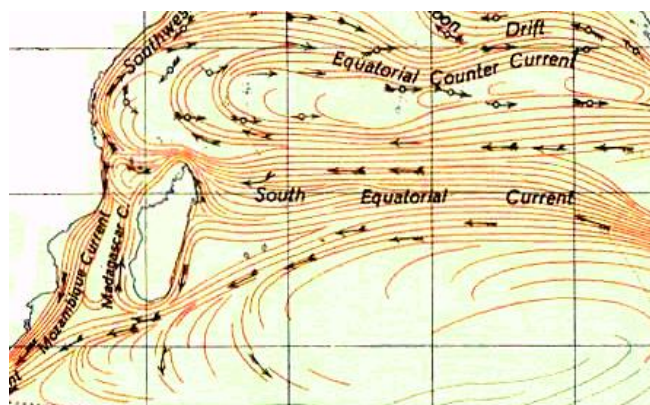
Ce mont sous-marin est présent depuis 1962 sur les cartes de navigation : il a été baptisé « Mont La Pérouse », du nom de l'explorateur français du XVIIIe siècle. L'expédition autour du monde qui porte son nom, commandée par Louis XVI partit de Brest en 1785 et se termina à Vanikoro dans le Pacifique, 3 ans plus tard. Elle n'est jamais passée dans notre région. Mais peut-être M. le comte de La Pérouse est-il venu dans la région lors de son périple dans l'Océan Indien à partir de l'Isle de France (Maurice) entre 1772 et 77.



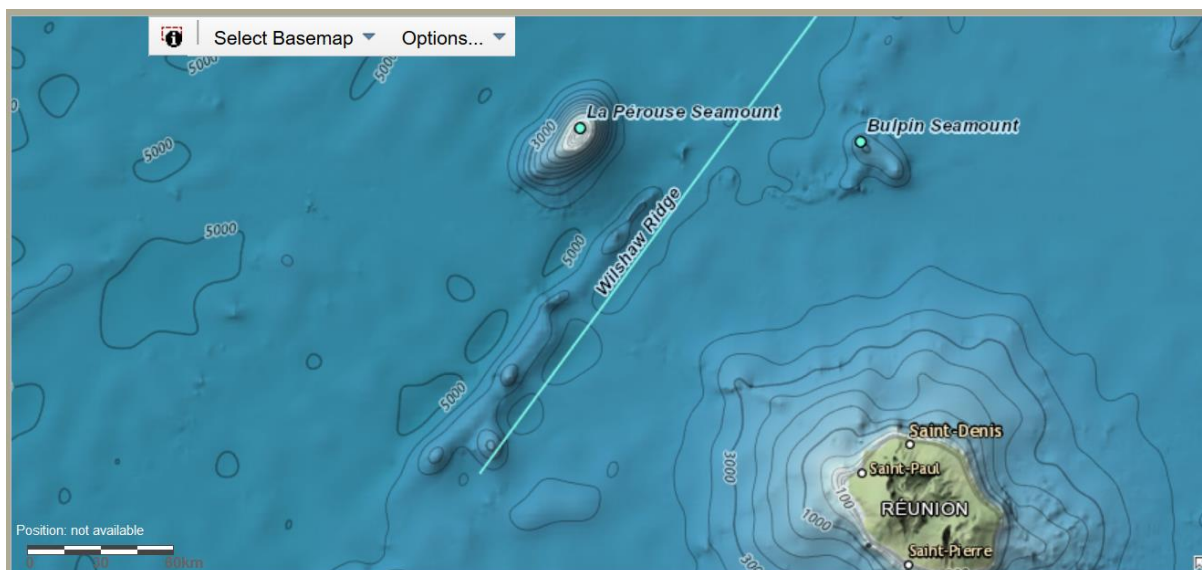
En fait, son nom vient du bateau hydrographique « La Pérouse », navire militaire chargé de la cartographie des fonds marins qui est le découvreur moderne de ce relief sous-marin ([marineregions.org](http://marineregions.org)).



Le Mont La Pérouse se situe dans la bordure extérieure du courant sud subtropical, oligotrophe c'est-à-dire à faible richesse en éléments minéraux. C'est une des caractéristiques des eaux tropicales chaudes si bien que leur richesse en plancton est généralement faible.



Courants marins dans la Zone Sud-Ouest de l'Océan Indien (SOOI)



GEBCO (<https://www.ngdc.noaa.gov/gazetteer/>)

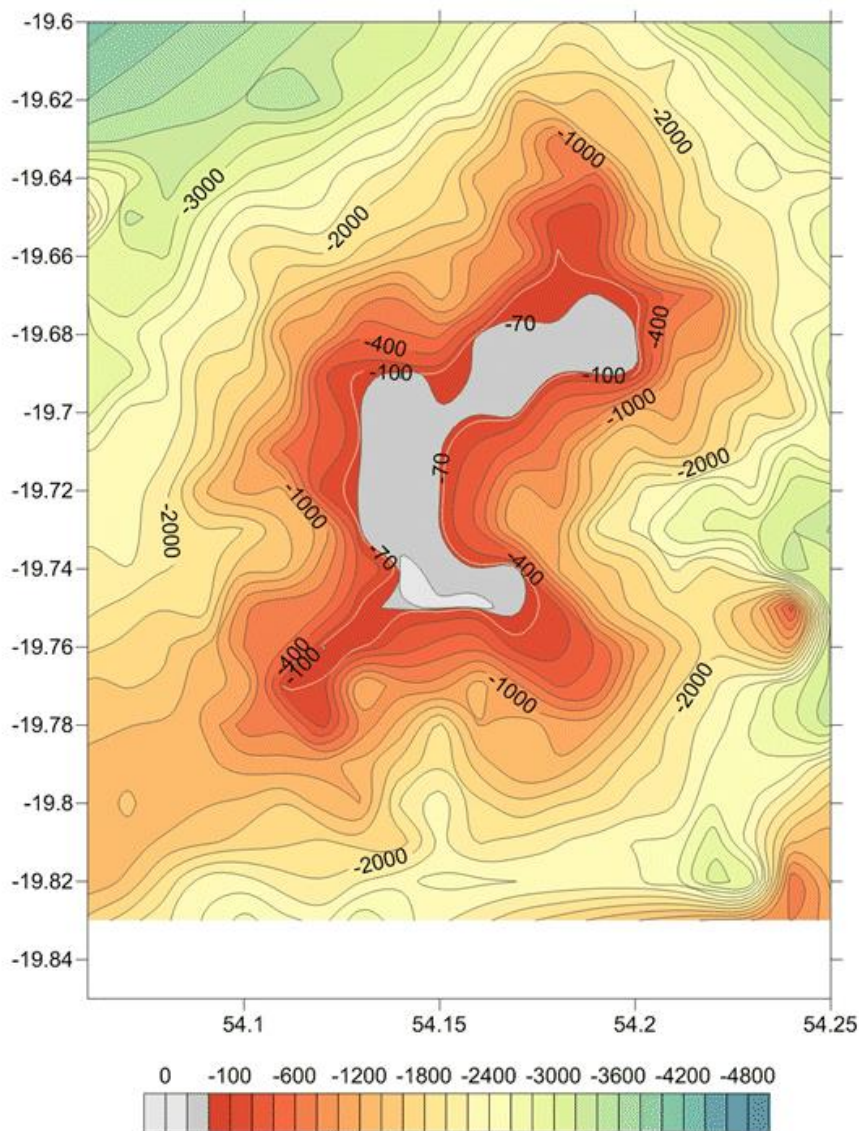
Situation géographique du Mont La Pérouse

## La topographie du Mont La Pérouse revisitée (Francis Marsac, 26 septembre 2016)

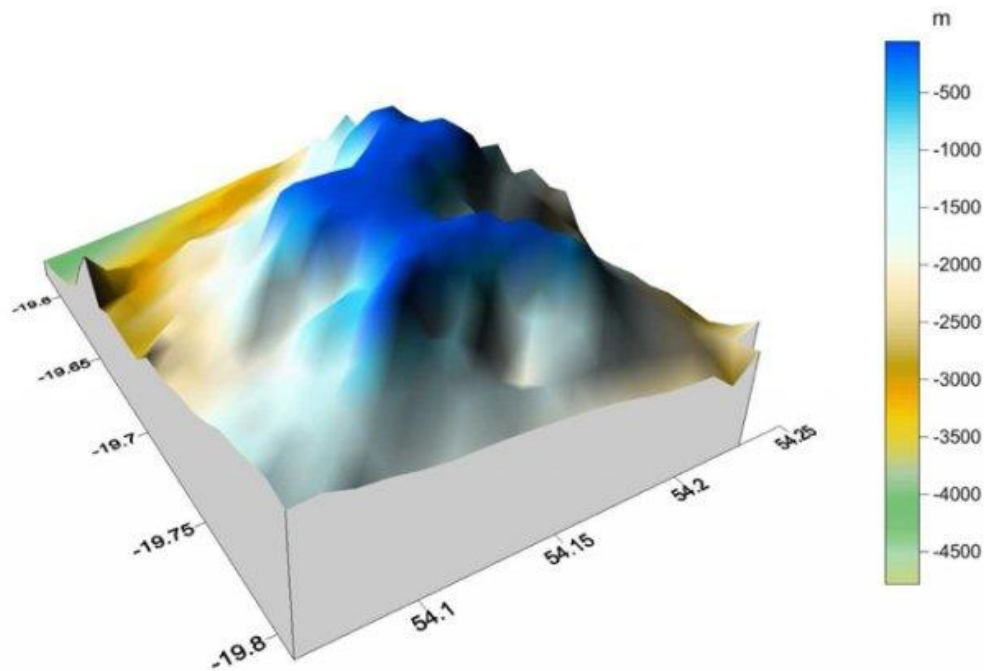
<http://www.umr-marbec.fr/fr/l-umr/actualites/la-topographie-de-la-perouse-revisitee,346.html>

Le point le plus élevé de la Pérouse a été localisé à 58.1 m sous la surface. Il s'élève depuis la plaine abyssale située à plus de 4000m de profondeur. Dans sa plus grande longueur, la plateforme mesure 13 km, pour 2.7 km de large. Le long des accres, la pente peut atteindre 800%, soit des parois avec des angles de plus de 60°. Une plongée vertigineuse vers les abysses...

(accres : qui présentent une brusque dénivellation au-dessus et au-dessous des eaux – CNTRL)



Relevé topographique précis établi par l'ANTEA durant la mission La Pérouse  
16 au 27 septembre 2016



Représentation tridimensionnelle du mont sous-marin La Pérouse, d'après les relevés de l'ANTEA  
(Crédit photo Francis Marsac)

#### Suggestion d'activités :

- Réalisation d'une maquette à l'échelle permettant de comprendre le relief et de la comparer avec celui de La Réunion ;
- Utiliser et se repérer sur une carte ; utiliser Géoportail, latitude et longitude ;
- Rechercher la définition d'un mile nautique

### 3. Origine des Monts sous-marins

Ce sont des volcans sous-marins pouvant résulter de l'activité d'un point chaud ou de bordure active de plaques tectoniques (zones de subduction ou de dorsales océaniques). L'origine de certains d'entre eux restent énigmatique, la compréhension de leur formation pourrait apporter de nouvelles connaissances sur la tectonique des plaques. Ils peuvent émerger et subir l'action de l'érosion conduisant à un aplanissement du sommet de l'édifice. Puis sous l'effet de son enfoncement (subsidence) ou de la remontée du niveau marin, le volcan aplani est à nouveau immergé, il est alors appelé guyot du fait de son sommet plan. Le Mont La Pérouse apparaît sur la maquette correspondre à cette définition.

Notons que récemment dans l'actualité, un volcan est né au large de Mayotte.

#### « Naissance d'un volcan sous-marin à Mayotte : le BRGM reste mobilisé » 23.05.2019

*Dans le cadre de la campagne d'observation menée au large de Mayotte, les équipes scientifiques ont découvert un volcan sous-marin en formation situé à 50 km de l'île et à 3 500 m de profondeur.*

*Depuis le 10 mai 2018, plus de 1800 séismes de magnitude supérieure à 3,5 ont été recensés à Mayotte, dont la plus forte secousse jamais enregistrée dans la zone des Comores. L'étude des différentes hypothèses et observations suggérait la présence d'un phénomène géologique intégrant une séquence sismique et un épisode volcanique.*

*La mission océanographique réalisée par le navire Marion-Dufresne, dirigée par l'IPGP, a confirmé la présence d'un édifice volcanique situé à 50 km à l'Est de Mayotte et à 3500 mètres de profondeur. Il mesure 800 mètres de hauteur avec une base de 4 à 5 km de diamètre...*



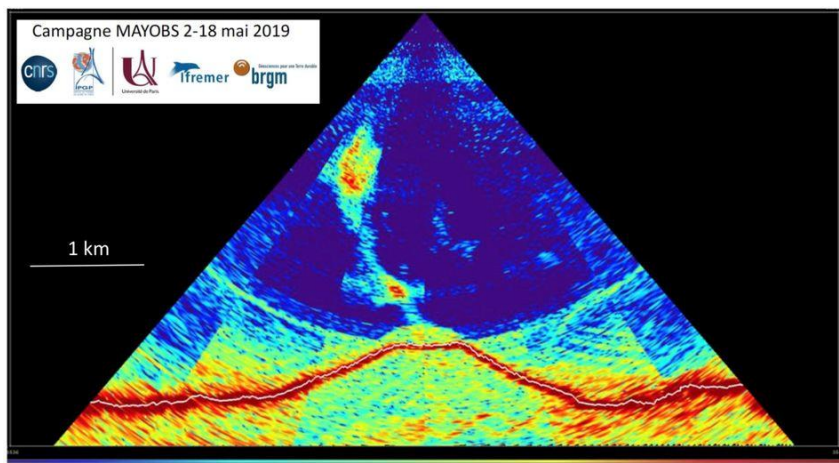
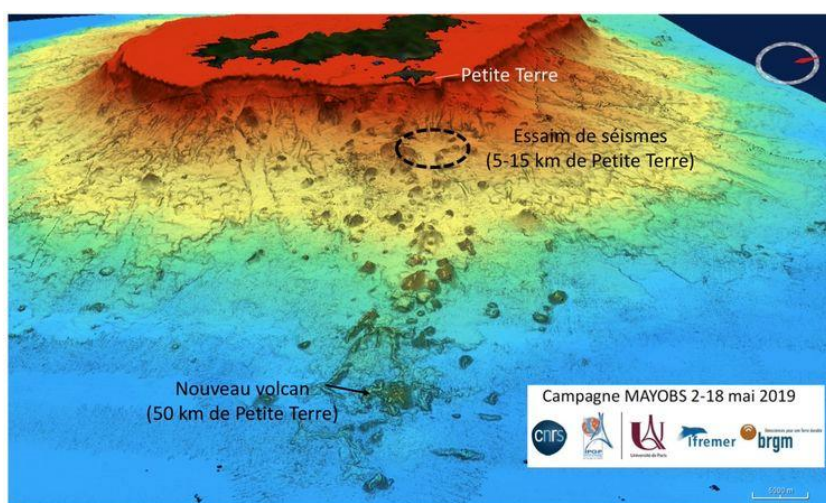


Image multifaisceaux de la colonne d'eau à l'aplomb du nouveau volcan. On voit clairement la topographie du volcan. Le panache, défini par de fortes variations d'impédance acoustique, apparaît en rouge sur fond bleu.



Vue vers Mayotte de la ride volcanique et des nombreux édifices qui la composent. Le nouveau volcan est indiqué par une flèche

**Piste d'activité :** Le reportage de France 3 TV Info du 18/05/2017:

[https://www.francetvinfo.fr/meteo/seisme/mayotte-naissance-d-un-volcan-sous-marin\\_3449111.html](https://www.francetvinfo.fr/meteo/seisme/mayotte-naissance-d-un-volcan-sous-marin_3449111.html) : le volcan de Mayotte peut-il être considéré comme un mont sous-marin ?

**Piste d'activité :** Mettre en relation l'exemple de Mayotte, de La Réunion et le Mont La Pérouse pour retracer les différentes étapes de la vie d'un volcan au milieu de l'océan : naissance d'un volcan sous-marin, d'un mont sous-marin, d'une île volcanique, d'un guyot et d'un mont sous-marin ;

#### 4. A la recherche d'une île perdue

D'après Santa Apolonia, « la possibilité d'une île » ? Olivier FONTAINE-KERMARREC - NOVEMBRE 2018

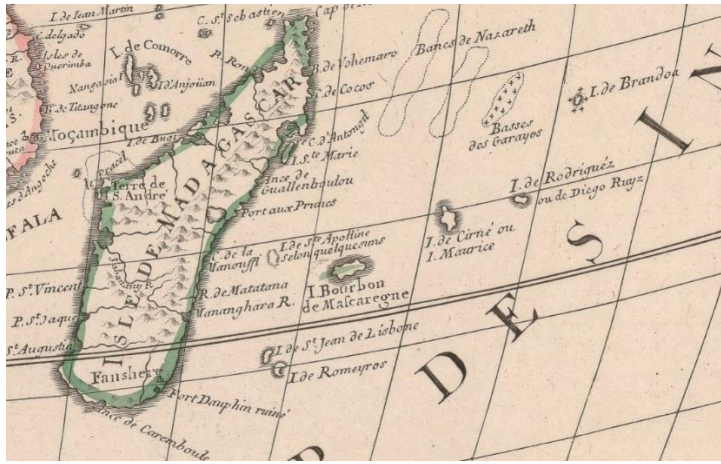
[https://www.academia.edu/40373405/SANTA\\_APOLONIA\\_LA\\_POSSIBILIT%C3%89\\_DUNE\\_%C3%8ELE](https://www.academia.edu/40373405/SANTA_APOLONIA_LA_POSSIBILIT%C3%89_DUNE_%C3%8ELE)

L'histoire de l'archipel des Mascareignes commence avec sa description et sa position sur les cartes du XVI<sup>e</sup> siècle par les Portugais. Les anciennes cartes de 1540 à 1660 font apparaître La Réunion et l'île Maurice avec une 3<sup>ème</sup> île située en général plus à l'ouest, Santa Apolonia.

A partir de 1660, cette dernière n'est plus toujours représentée et disparaît des cartes à partir de 1741.

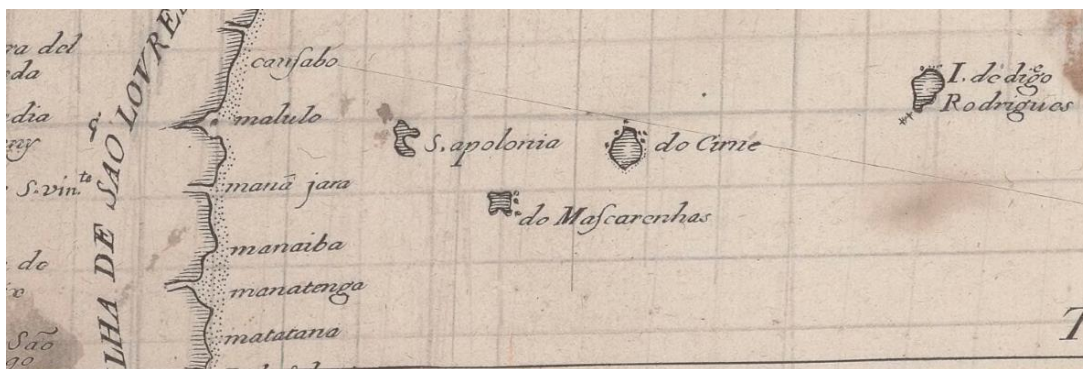
L'étude des différentes cartes et textes conduit à positionner cette île déserte à proximité immédiate de l'actuel Mont La Pérouse.





L'Afrique, dressée sur les observations de Mrs de l'Académie royale des sciences, et quelques autres, et sur les mémoires les plus récents / par G. de l'Isle (1675-1726). Date d'édition : 1700

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b531711670/f1.item>



Carte de la « Côte d'Afrique depuis le Golfe Persique jusqu'au cap de Bonne Esperance- loaõ Teixeira cosmographo de Sua Magestade ; Auteur : Albernaz, João Teixeira ; Date d'édition : 1649

<https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/btv1b53105335t/f1.item>

Santa Apolonia apparaît sur les cartes du :

- XVIe, sur une latitude moyenne de 22°30'S
- XVIIe, sur une latitude moyenne de 20°40'S
- XVIIIe sur une latitude moyenne de 20°45'S

A une distance moyenne de La Réunion de :

- 165 km au XVIe
- 202 km au XVIIe
- 223 km au XVIIIe

**Suggestion d'activités :** Comparer la position et la forme de Santa Apolonia, et émettre des hypothèses ;

Il serait intéressant de voir si au cours de la mission, les images sous-marines permettront de soutenir l'hypothèse d'une île plate qui aurait été submergée au cours d'un accident tectonique récent et qui donc pourrait se situer au milieu du XVIIIe siècle.

## II. Les monts sous-marins, trésors des mers profondes

On peut constater à travers de nombreux articles et sites que les monts sous-marins suscitent un grand intérêt de la part de la communauté scientifique. A titre d'exemple, on peut citer pour l'Océan Indien, l'Expédition « Walters shoal » 23 avril au 18 mai 2017 sur le Marion Dufresne : <https://www.iucn.org/fr/theme/milieu-marin-et-polaire/exp%C3%A9dition-walters-shoal>

Pourquoi s'intéresse-t-on au Mont La Pérouse ? Aux monts sous-marins ?

### 1. Monts-sous-marins et encroûtements cobaltifères :

(Source : IFREMER) <https://www.ifremer.fr/gm/Comprendre/Soutien-a-la-puissance-publique/Ressources-minerales-grand-fond/Encroûtements-cobaltiferes>

L'eau de mer contient du fer et du manganèse dissous qui se déposent très doucement au cours du temps, à raison de 1 à 6 mm par million d'années et forment des encroûtements sur les roches des monts sous-marins, entre 400 et 4000 m de profondeur. Au cours du temps, ces dépôts s'enrichissent fortement en cobalt et en platine. Ces concrétions constituent de véritables ressources, des minerais.



Encroûtement noir d'une roche du Tropic Seamount PAUL LUSTY/BRITISH GEOLOGICAL SURVEY/© NERC

(<https://www.sciencemag.org/news/2019/09/mountains-hidden-deep-sea-are-biological-hot-spots-will-mining-ruin-them>)

Le cobalt et le platine sont des métaux utilisés par l'industrie moderne.

Le cobalt, utilisé autrefois comme colorant bleu, entre dans la fabrication d'alliages, d'électrodes, d'aimants, batteries. La demande en cobalt ne cesse de croître (aviation, aérospatiale, voiture électrique, appareils électroniques), et son prix a fortement augmenté lors des dernières années.

Le platine est un métal précieux aux applications multiples allant de la bijouterie, à la fabrication d'aimant, de pile à hydrogène, de catalyseurs pour l'industrie.

#### Pour plus d'informations :

L'élémentarium -le cobalt – Site financé par l'OPCA DeFI et les ministères de l'enseignement supérieur et de l'Education nationale <https://www.lelementarium.fr/element-fiche/cobalt/>

Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le cobalt - Août 2015 – BRGM

[http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches\\_criticite/fichecriticitecobalt-publique150828\\_0.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches_criticite/fichecriticitecobalt-publique150828_0.pdf)

Le Monde : Cobalt, du sang sur des batteries 24/11/2017

[https://www.lemonde.fr/economie/article/2017/11/24/cobalt-du-sang-sur-les-batteries\\_5219724\\_3234.html](https://www.lemonde.fr/economie/article/2017/11/24/cobalt-du-sang-sur-les-batteries_5219724_3234.html)

L'élémentarium -le platine <https://www.lelementarium.fr/product/platinoides/>

Fiche de synthèse sur la criticité des métaux - Le platine - novembre 2017 – BRGM

[http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches\\_criticite/fichecriticiteplatine180103.pdf](http://www.mineralinfo.fr/sites/default/files/upload/documents/Fiches_criticite/fichecriticiteplatine180103.pdf)

#### Suggestion d'activités :

Recherche sur la nature et les applications des différents métaux ; les enjeux économiques et politiques ; les technologies nécessaires pour pouvoir exploiter les encroûtements cobaltifères ; les problèmes juridiques et environnementaux que l'exploitation de ces minerais pourraient causer.

## 2. Monts sous-marins et ressources pour la pêche

Bien avant que les chercheurs ne s'intéressent aux monts sous-marins, les pêcheurs de La Réunion connaissaient le Mont La Pérouse comme le « Banc des 90 milles ». Sur cette zone, les palangriers effectuent 10% de leurs prises. Soulignons que les conditions météorologiques sont généralement difficiles, il faut des fenêtres météorologiques favorables ce qui limite le nombre de jours de pêche sur ce site.

Le développement de la pêche commerciale en milieu profond à partir des années 60 s'est largement effectuée à proximité de ces reliefs. L'étude des captures par les pêcheurs a permis de montrer la diversité des poissons associés aux monts sous-marins et notamment celles des poissons vivant près du fond (démersaux) :

*« ...Au niveau mondial, l'analyse des captures, en complément des campagnes scientifiques, ont permis d'identifier 535 espèces de poissons associées aux monts sous-marins, dont 370 (70%) de type démersal, c'est-à-dire vivant près du fond. Cet ensemble représente 1/3 des familles connues de poissons, soit une fraction importante et unique de la diversité en poissons... »*

in Gouvernance des monts sous-marins du Sud-Ouest de l'océan Indien - Science to Policy meeting before the 9Th COP of the Nairobi Convention – 09-11 juillet 2018 – Durban - Florence Galletti (Law), Francis Marsac (Ecology), Jean-François Ternon (Oceanography) - IRD, UMR MARBEC, France - [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers18-08/010073315.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-08/010073315.pdf)

Ce sont également des zones de capture de pélagiques tels que thons (albacore, thons jaunes), marlins, espadons, etc.

### Suggestion d'activités :

- Pourquoi étudier les monts sous- marins : rechercher les arguments dans l'article du JIR accompagné de la vidéo : La conquête d'une montagne vierge - 2016 – Article du JIR [https://www.clicanoo.re/Societe/Article/2016/09/19/la-conquete-dune-montagne-vierge\\_1408](https://www.clicanoo.re/Societe/Article/2016/09/19/la-conquete-dune-montagne-vierge_1408)

Interview de Francis Marsac, chercheur à l'IRD et chef de la mission

<https://www.youtube.com/watch?v=AgTWEOW5kPY>

- Les monts sous-marins une zone de pêche productive : réaliser une enquête auprès des pêcheurs professionnels et amateurs ;
- La diversité des poissons commerciaux : recherche sur la biologie des poissons pêchés sur le Mont La Pérouse ; quelques espèces sur les pages relatant l'expédition de l'Antéa en 2016 (<http://www.umd-marbec.fr/fr/l-umd/actualites/la-campagne-la-perouse-a-bord-de-l-antea-a-debute,338.html>, <http://www.umd-marbec.fr/fr/l-umd/actualites/pas-de-peches-miraculeuses-pres-du-mont-sous-marin-la-perouse,348.html> )
- Recherche sur le site de météo France sur les conditions de vents et de houles dans la région.

## 3. Les monts sous-marins, des zones d'agrégation des espèces pélagiques (vivant en pleine eau) et démersales (vivant sur le fond)

On peut décrire ce phénomène d'agrégation pour les espèces pélagiques comme celui des DCCP, dans l'étendue des bassins océaniques profonds, les monts sous-marins constituent des zones particulières où on observe une plus grande fréquence des poissons pélagiques et notamment des grands prédateurs tels que les thons et les espadons mais aussi de mammifères marins, baleines, dauphins. Les monts sous-marins servent de points de repère, de points d'étape pour les espèces migratrices. Ils sont des zones de reproduction pour certaines espèces comme peut être les baleines à bosse.

Les espèces démersales sont également plus abondantes au niveau des monts que sur la plaine abyssale adjacente. On peut faire l'hypothèse qu'elles y rencontrent des conditions plus favorables à leur survie.

Ils peuvent également constituer des zones de nourrissages pour les oiseaux marins tels les Pétrels Barau pour le Walters shoal au sud de Madagascar.

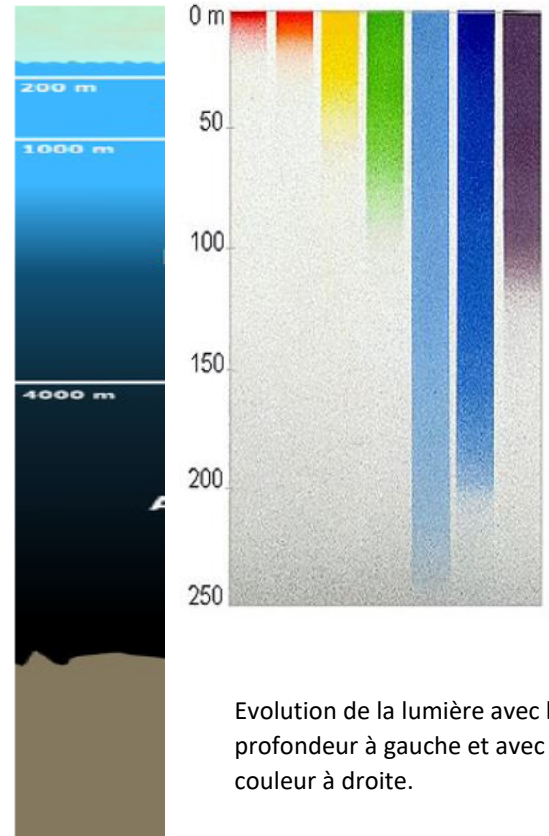
#### 4. Les conditions de vie dans les fonds sous-marins

- **La lumière** disparaît avec la profondeur, au mieux, à partir de 200m il n'y a plus assez de lumière pour la photosynthèse ;

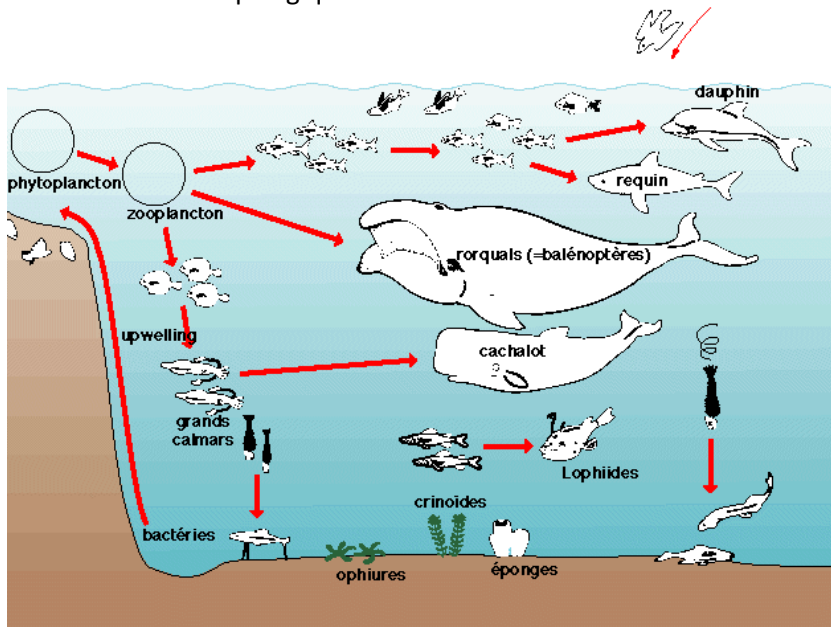
• **La température** : Seuls les premiers 50 à 200 m ont une température proche de la surface ; de 200 et 1000 m la température décroît rapidement, c'est la thermocline ; En dessous, la température est froide et homogène, entre 4 et 5°C sous nos latitudes. (Courbe montrant la diminution de la température en fonction de la profondeur <https://fr.wikipedia.org/wiki/Abysse#/media/Fichier:Thermocline.jpg> )

- **La pression** augmente d'1 atmosphère tous les 10m, si bien qu'elle est 10 fois plus grande à 90 m qu'à la surface de l'océan.
- **Des zones d'upwelling, de remontée des nutriments profonds** : les monts sous-marins sont des reliefs énormes sur le fond de l'océan balayé par des courants riches en nutriments qui en rencontrant cet obstacle s'élèvent. En suivant les bords de l'édifice, ils apportent vers la surface des particules organiques et minérales. Les particules organiques alimentent des filtreurs tels les éponges et des coraux (gorgones, corail noir, alcyonaires) qui, fixés sur le substrat dur, forment des habitats pour d'autres espèces, telles des comatules et des crabes...

Plus près de la surface, la production primaire du phytoplancton grâce à l'apport d'éléments minéraux s'accroît et nourrit un réseau trophique : zooplancton, micro-necton (organismes de taille comprise entre 2 et 20 cm comprenant des crustacés, des céphalopodes, des poissons capables de se déplacer et d'effectuer notamment des déplacements dans la colonne d'eau) qui constituent une nourriture pour de nombreux poissons notamment pélagique.



Evolution de la lumière avec la profondeur à gauche et avec la couleur à droite.



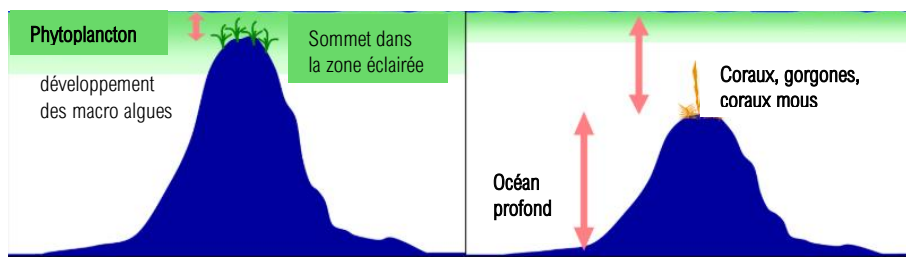
Réseau trophique en bordure d'un mont sous-marin

En fonction de la profondeur du mont sous-marin, de la température de l'eau, de la richesse en nutriments et de la force des courants océaniques pourront se développer ou pas des algues ou des récifs coralliens. La productivité des monts sous-marins et le développement de masses de phytoplancton dépendra de leur forme et de leur relief, de leur latitude et de leur profondeur.

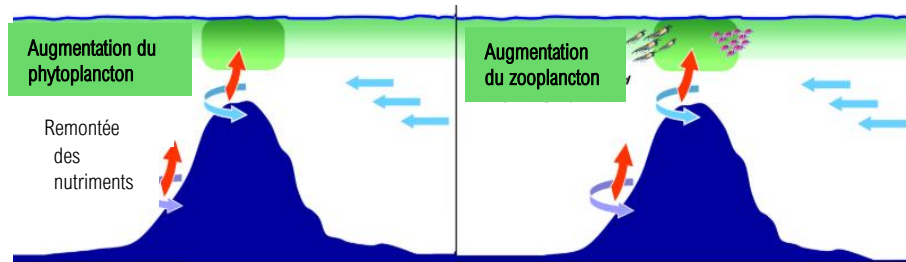


- Les différents facteurs pouvant affecter le fonctionnement d'un Mont sous-marin

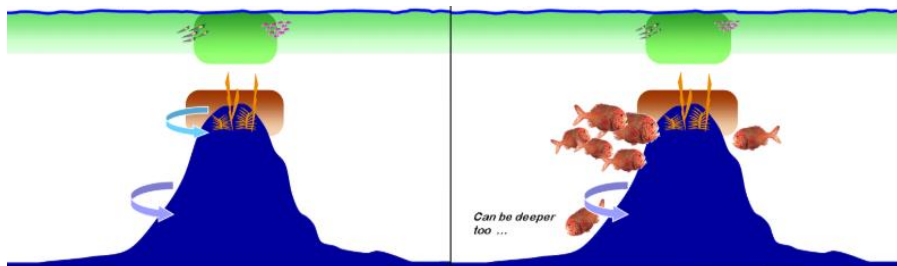
### Profondeur du Mont et lumière



### Courant marin remontée des nutriments



Echanges entre la zone de développement du plancton et la zone plus profonde (courant, migration du micronecton) : développement des animaux filtreurs et des prédateurs



(Modifié de Seamount Ecosystem Evaluation framework – seamount attributes – <https://sites.google.com/a/seamounteef.org/www/seamount-attributes> )

### Suggestions d'activité :

- Comprendre le fonctionnement d'un mont sous-marin à partir de la vidéo du National Geographic : « Seamounts » : <https://www.youtube.com/watch?v=0NUaxdxt2sE>
- Rechercher des conditions du milieu de vie au niveau du Mont La Pérouse à partir des données sur sa situation ;
- Calculer la pression à différente profondeur et notamment dans la zone qui sera étudiée entre 50 et 120 m de profondeur ;
- Faire des hypothèses sur le type d'organismes pouvant vivre sur le sommet ; sur les flancs ; réaliser une fresque hypothétique de la répartition des êtres vivants sur le Mont La Pérouse ;
- Reconstituer une chaîne alimentaire à partir des éléments nutritifs de l'upwelling et du développement du phytoplancton jusqu'aux poissons pélagiques (thon, espadon) ;
- La Terre, Planète Océan sur Eduscol <https://eduscol.education.fr/obter/applied/ocean/theme/accueil.htm>

### 5. Des zones à forte richesse en espèces

Les monts sous-marins sont des zones riches en espèces du fait du grand nombre d'habitats proposés le long de leur relief et de leur rôle d'agrégation. Il est supposé que pour des espèces benthiques à faible dispersion, l'isolement de monts sous-marins anciens pourrait être une source d'endémisme c'est-à-dire d'espèces propres

à un mont ou à un ensemble de monts adjacents. C'est ainsi qu'il a été montré que 30 à 40 % de la faune en poissons sur le Walters shoal est endémique d'un groupement d'îles, les west-wind islands.

Mais les inventaires et la connaissance des communautés des monts sous-marins sont encore trop partiels pour avoir une idée précise du taux d'endémisme. L'étude de l'ADN environnemental devrait apporter des réponses.

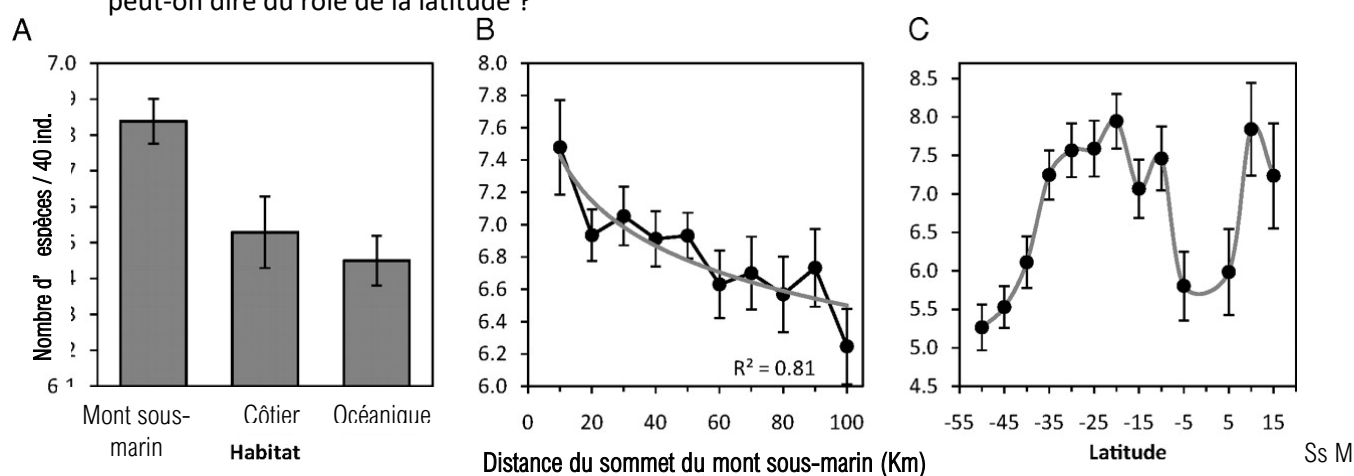
Pour mieux comprendre le rôle des monts sous-marins dans le fonctionnement des écosystèmes marins, il est nécessaire de mieux appréhender leur biodiversité, leur dynamique et les possibilités d'échanges avec les autres écosystèmes îles ou continents (programme de l'IUCN, Census of Marine life, etc...).

### Suggestions d'activité :

Une étude effectuée sur des données récoltées par les observateurs embarqués sur les navires de pêches de l'ouest et le centre du Pacifique. Une banque de données existe depuis 1980 et recouvre une zone géographique allant du 35° N au 50° de latitude sud et de 130° est à 120° ouest de longitude.

La diversité en espèces est déterminée à partir d'un échantillon 40 individus.

1. Déterminez sur la carte l'aire de l'étude ;
2. Quelles sont les informations apportées par les graphes suivants ? ou Comment évolue la diversité en espèces en fonction du type d'habitat ? en fonction de la distance du sommet du Mont sous-marin ? Que peut-on dire du rôle de la latitude ?



(Seamounts are hotspots of pelagic biodiversity in the open ocean - Telmo Morato, Simon D. Hoyle, Valerie Allain, and Simon J. Nicol - PNAS May 25, 2010 107 (21) 9707-9711; <https://doi.org/10.1073/pnas.0910290107> \_

## 6. Des zones à la recherche d'une gouvernance

La pêche intensive sur certains monts sous-marins a conduit à la disparition de certaines espèces : le chalutage est responsable de la destruction de communautés fragiles telles que celles constituées par des éponges de verre (Hexactinellides) ou de coraux. La surpêche d'espèces démersales à longue vie, à faible croissance a conduit rapidement à l'épuisement de la ressource.

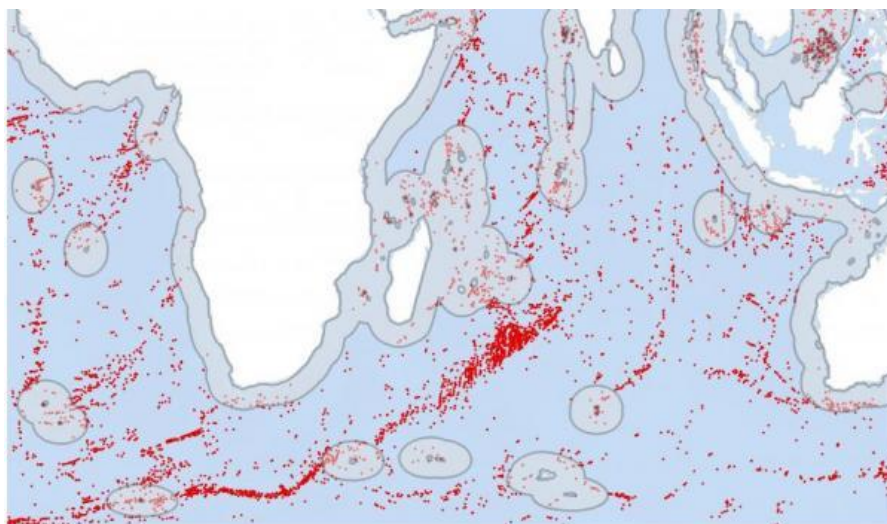
Des actions sont en cours pour mieux comprendre le fonctionnement des monts sous-marins et leur rôle afin de faire évoluer le droit de la mer et proposer des outils de gestion et de protection pour les monts sous-marins qui se trouvent en dehors des zones.

« L'Assemblée générale des Nations unies a adopté le 24 décembre 2017 une résolution ouvrant des négociations diplomatiques formelles pour l'élaboration d'un instrument international juridiquement contraignant dédié à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine dans les zones marines au-delà des juridictions nationales (Wright, Rochette, Gjerde, & Levin, 2018) ».

**Pour plus d'informations :** in Gouvernance des monts sous-marins du Sud-Ouest de l'océan Indien - Science to Policy meeting before the 9th COP of the Nairobi Convention – 09-11 juillet 2018 – Durban - Florence Galletti (Law), Francis Marsac (Ecology), Jean-François Ternon (Oceanography) - IRD, UMR MARBEC, France - [http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins\\_textes/divers18-08/010073315.pdf](http://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers18-08/010073315.pdf)

### Suggestions d'activité :

- Conséquence de la pêche sur les fonds profonds : Greenpeace video about the impacts of bottom trawling in the high seas : <https://youtu.be/kRME2Sfqsnk> (en anglais/ sous-titre en anglais ou en français)
- Faire une recherche sur la biologie de l'empereur (Hoplostèthe orange (orange roughy), *Hoplostethus atlanticus*) et son statut de conservation. Quels sont les aspects de sa morphologie qui indiquent que c'est un poisson des grands fonds ?
- En quoi la pêche intensive, peut-elle être une menace pour la biodiversité des monts sous-marins ?
- Quels sont les risques liés à l'exploitation des croûtes colbatifères des monts sous-marins ?
- Rechercher la signification de ZEE ; la distribution des monts sous-marins et leur statut juridique (à quel(s) pays ils appartiennent), les conséquences sur la gestion des monts sous-marins.



Carte des monts sous-marins et des ZEE en gris

### III. Comment étudier les milieux profonds ?

- Les investigations peuvent être directes et indirectes.
- Les ROV et les sous-marins de poche
- La plongée profonde, un problème de physique...

#### A. Les explorations indirectes

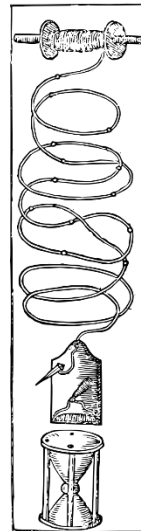
##### 1. Mesurer la profondeur

###### Méthode ancienne

Pour mesurer la profondeur, les marins jetaient à l'eau une ligne plombée (la sonde) et la remontaient du fond en comptant le nombre de fois qu'il fallait ramener la ligne d'un poignet à l'autre. On obtenait ainsi le nombre de *brasses* (soit 1.625m avec nos unités actuelles) de profondeur.

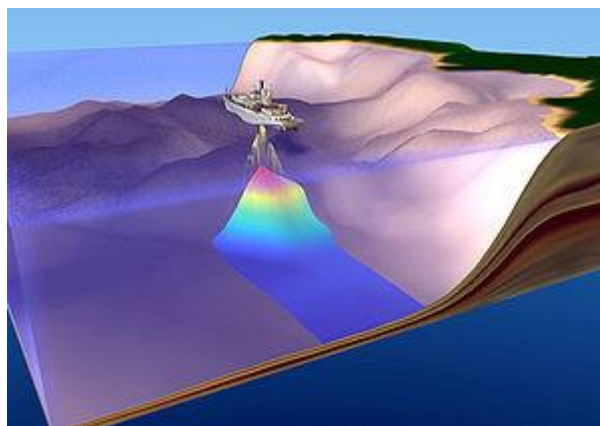
Pour avoir une idée de la nature du fond, la base du plomb de sonde était creuse et remplie de suif et en la remontant, on pouvait voir ce qui était resté collé (sable, gravillon, vase)

**Suggestion d'activités :** ficelle + masse marquée de 1kg + chewing-gum (?)



Heures.	Nœuds.	Brasses.	Routes. Rumbs.
2	3	2	Cap au Nort $\frac{1}{4}$ du Nordest.
4	2	4	Cap au Nort-nordest.
6	4	2	Cap au Nordest.
8	5	3	Cap au Nordest.
10	2	3 $\frac{1}{2}$	Cap au Nort $\frac{1}{2}$ du Nordest.
12	3	5	Cap au Nort-nordest.
2	2	3	Cap au Nordest $\frac{1}{4}$ de l'Est.
4	2	4	Cap au Nordest.
6	6	1	Cap au Nort.
8	6	3	Cap au Nordest $\frac{1}{4}$ du Nordest.
10	6	2	Cap au Nort $\frac{1}{4}$ du Nordest.
12	3	4	Cap au Nort-nordest.

**Méthode moderne :** Un **sondeur bathymétrique** est un appareil servant à mesurer la profondeur.



Principe de cartographie bathymétrique par écho-sondeur

La profondeur est déduite de la mesure du temps de trajet d'un signal réfléchi par le fond. Pour balayer le fond sur une bande plus large, l'émission se fait sur différentes fréquences.

Ces méthodes permettent de connaître en partie la nature du fond et éventuellement des couches sédimentaires.

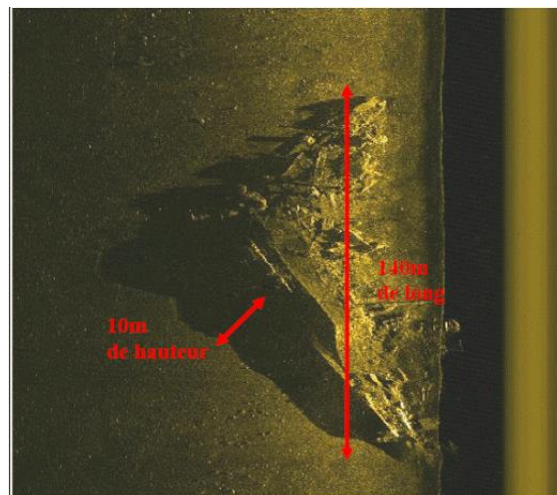
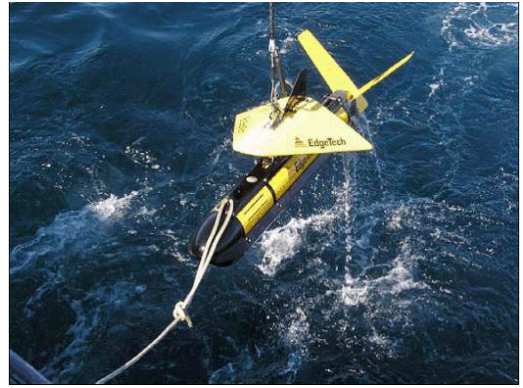
##### 2. « Voir » le fond

documents extraits du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)  
<http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/sedimentologie/imagerie-acoustique/>



## Le sonar latéral

Le sonar latéral est un émetteur-récepteur d'ondes acoustiques qui présente l'avantage de visualiser les fonds sur une largeur importante. Le signal acoustique réfléchi par les fonds marins est restitué à bord du navire sur écran. Sont ainsi obtenues des informations sur la morphologie et la nature texturale du fond. Ce système utilisé par les hydrographes pour rechercher les épaves et obstructions, est un outil très utile pour les applications de sédimentologie car il apporte une vision du fond comparable à de la photographie aérienne du sol.



Exemple de l'image sonar d'une épave

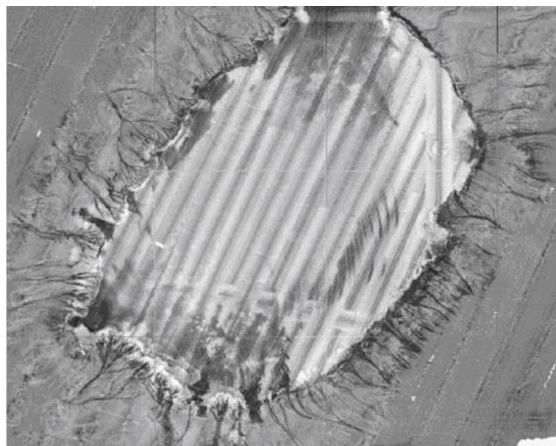
## Le Sondeur Multifaisceaux (SMF)

Contrairement aux sonars latéraux qui n'offrent que des images, les sondeurs multifaisceaux sont des sondeurs bathymétriques ayant en complément une fonction imagerie. De tels systèmes imageurs sont désormais utilisés en routine, et permettent, comme le faisait le plomb suifé au début du XXe siècle, d'acquérir simultanément l'information sur la profondeur et la nature du fond.

Un système tel que le SMF EM120 grand-fonds permet de fournir une image acoustique du fond jusqu'à des profondeurs de 11 000 m. Avec une largeur d'exploration de 20 km, les superficies couvertes sont importantes et peuvent atteindre 8 000 km<sup>2</sup> par jour. L'image des fonds marins obtenue (exemple : haut fond du nord de l'Océan Indien) est en première approche semblable à une image sonar latéral.

En imagerie acoustique, la réflectivité (traduite en niveaux de gris) varie en fonction de l'angle d'incidence de l'onde acoustique sur le fond marin. Elle est très forte en incidence verticale (spéculaire), et beaucoup plus faible en incidence rasante (bordure de fauchée). Le signal rétrodiffusé est enregistré sous la forme de profil d'imagerie acoustique constitué de nombreux pixels géo référencés contenant comme information une valeur de rétrodiffusion. Cette valeur corrigée de la rasance varie suivant la nature du fond, et va permettre de classer les fonds gris foncé en fonds très réfléchissants (roches, cailloutis, fonds hétérogènes, sédiments contenant du gaz, sédiments indurés,...), et les zones gris clair en fonds très absorbants (vase, sables vaseux, sédiments très homogènes, ...).

La capacité de l'imagerie SMF EM12 pour caractériser la variabilité des fonds est bien illustrée par la mosaïque d'un haut fond du nord de l'Océan Indien, sur laquelle s'observent des zones sombres, des zones grises et des zones blanches, avec un plateau situé à 500 mètres de profondeur encerclé par un talus abrupt, lui-même incisé par des canyons responsables du transit des sédiments du plateau jusqu'aux fonds de 3500 mètres. Cette mosaïque très riche en information demeure toutefois insuffisante pour réaliser une carte des sédiments sans l'apport de prélèvements et d'études complémentaires approfondies.



exemple d'un haut fond du nord de l'Océan Indien

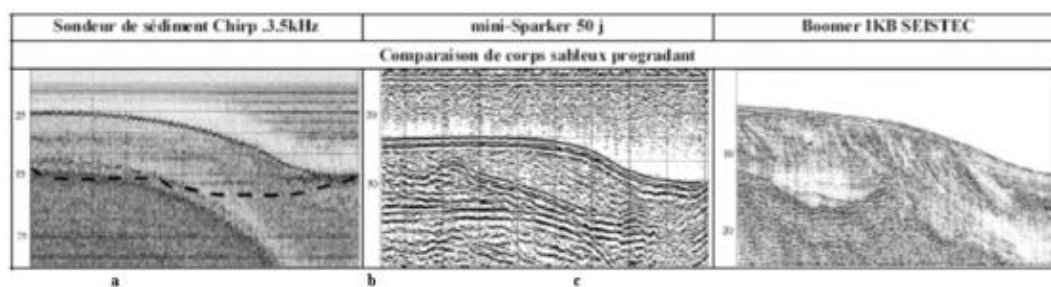
## La sismique

Les principes de la sismique sont globalement les mêmes que l'on soit en domaine terrestre ou en domaine marin. La sismique est basée sur le principe de la propagation d'ondes acoustiques basse fréquence dans un milieu continu et élastique. Les vitesses de propagation dépendent des propriétés d'élasticité des couches traversées et de leur densité ainsi que des conditions du milieu (pression, température, ...). A partir de la mesure du temps de propagation des ondes dans le sous-sol et du signal retour obtenu, on déduit les propriétés et les épaisseurs des couches traversées. La prospection sismique mise en oeuvre par le SHOM concerne l'étude des ondes réfléchies par le sous-sol : sismique réflexion.

La sismique apporte des réponses aux besoins :

- de caractérisation du sous-sol marin et de détection des réflecteurs à des fins de modélisation 3D,
- de définition de la profondeur maximum d'enfouissement,
- de caractérisation de l'atténuation et de la célérité des couches sédimentaires,
- de détection des environnements sédimentaires contenant du gaz,
- de l'étude des avalanches sous-marines pour la cartographie des épandages profonds à forte réflectivité et la prévention des tsunamis,
- de délimitations des plateaux continentaux (projet EXTRAPLAC),
- de détermination des points de carottage.

Le SHOM utilise deux systèmes de sismique réflexion : les sondeurs 3,5 kHz et le SBP120.



Impact du système de sismique sur la donnée obtenue : Profil aux abords des Pertuis charentais effectué avec 3 systèmes différents (a : Sondeur de sédiments du BH2 Lapérouse (1996) Chirp centré sur 3,5 kHz ; b : Sparker de 50 joules - Chirp 0,2 à 1,2 kHz ; c : Boomer IKB Seistec - Chirp 1 à 10 kHz)

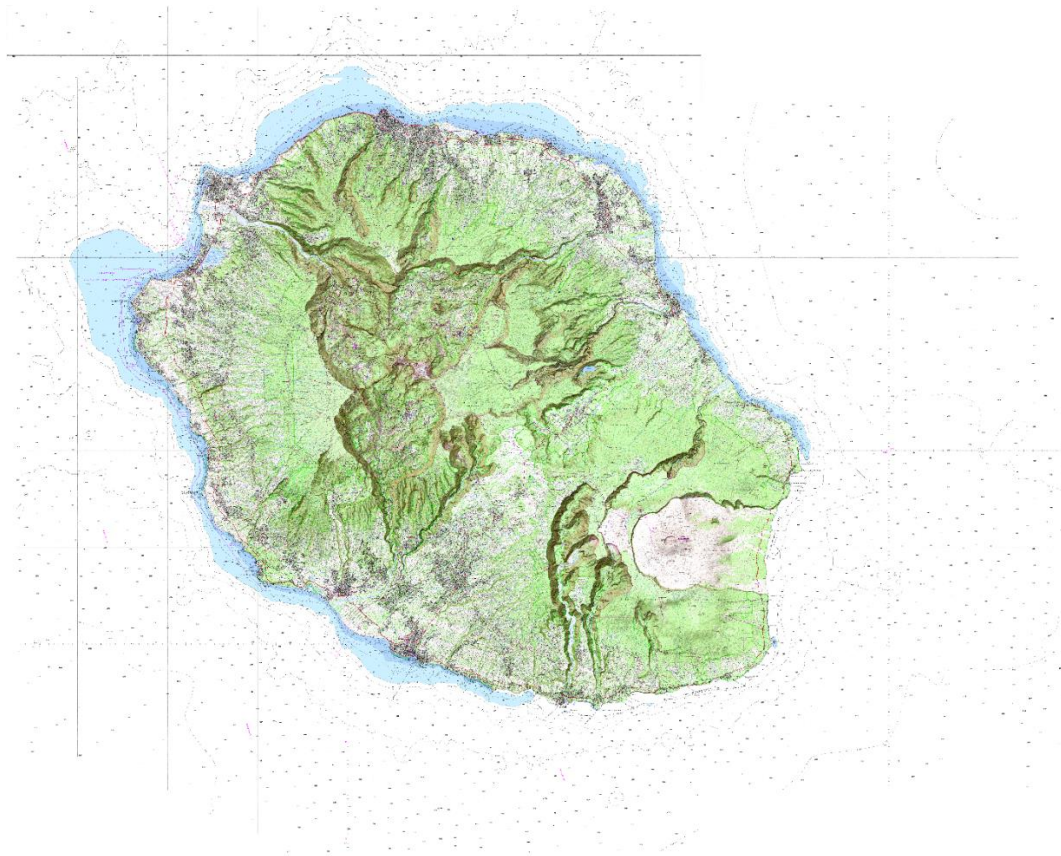
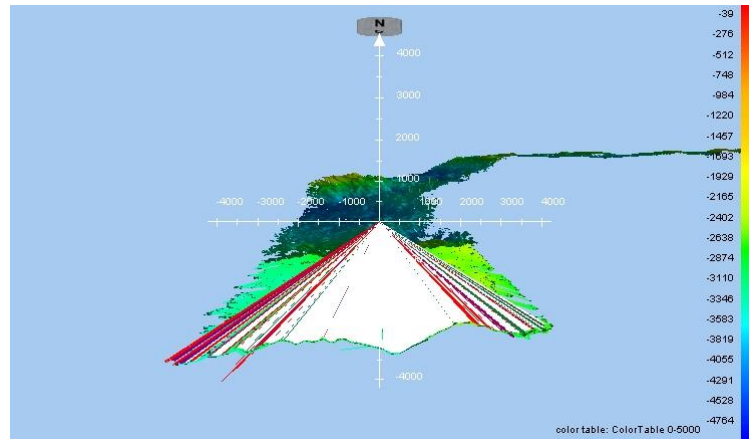
<https://blogs.ifremer.fr/bicose/fiches-scientifiques/la-bathymetrie/>

<http://www.shom.fr/les-activites/activites-scientifiques/sedimentologie/imagerie-acoustique/>



**Suggestions d'activité** en physique / informatique: calcul sur tableur de la profondeur et de l'abscisse en fonction de l'angle et du temps de réponse et de la célérité de l'onde

A partir de ces mesures, on établit des cartes et / ou des modélisations en 3D  
carte littorale détaillée de la Réunion (<https://www.geoportail.gouv.fr/donnees/carte-littorale>)

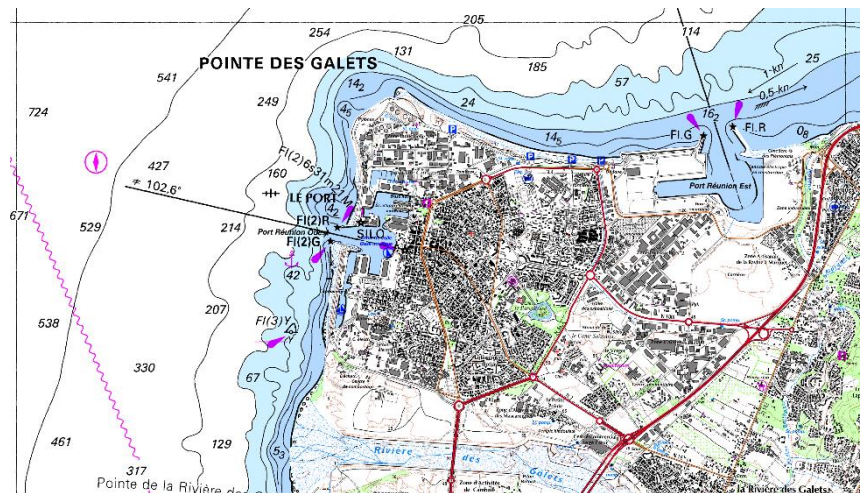


### carte marine du Port

Les profondeurs sont écrites en italique, les lignes représentent le trait de côte et les lignes d'égale profondeur (500m , 200m , 100m , 50m, 30m , 20m , 10m , et 5m)

#### Activité :

- Sur la carte de la Réunion rechercher les lignes d'égales profondeur
- Dessiner une coupe verticale
- Modèle 3D du Mont La Pérouse



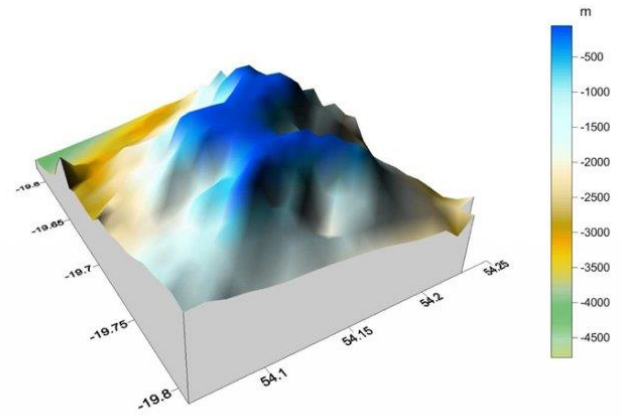
## Idée d'activité

Recherche des points les plus hauts / moins profonds à partir du modèle 3D en utilisant un modèleur.

## B. Les explorations directes

Résister à la pression et voir ce qui se passe

- avec une présence humaine à bord pour voir et piloter un sous-marin ou directement en scaphandre autonome
- sans présence humaine avec des engins robotisés téléguidés (ROV) ou autonomes (AUV) équipés de caméras et d'autres capteurs



Représentation tridimensionnelle du mont sous-marin La Pérouse, d'après les relevés de l'ANTEA

### 1. Comment résister à la pression

Un peu de physique

#### La pression atmosphérique

C'est une pression, c'est-à-dire le rapport Force / Surface : la force est le poids d'une colonne d'air, la surface est la base de cette colonne.

C'est à peu près le résultat produit par le poids d'une masse marquée de 1kg s'appuyant sur une surface de 1cm<sup>2</sup>

Avec les unités légales Force en Newton (N), S en m<sup>2</sup>, pression en Pascal (Pa) ou N/m<sup>2</sup>

En météorologie, on utilise l'hecto Pascal hPa.

La pression atmosphérique moyenne au niveau de la mer est de 1013 hPa.

Dans l'industrie et la plongée, on exprime souvent la pression en bar

1bar = 100 000 Pa ce qui est proche de la pression atmosphérique 1013 hPa = 101 300 Pa

Le poids d'un objet à la surface de la Terre est la force (en N) due à l'attraction terrestre

= masse de l'objet(en kg) x accélération g due à la pesanteur terrestre (m/s<sup>2</sup>)

avec en moyenne g = 9.81 m/s<sup>2</sup>

Poids (en Newton) de la masse marquée de 1 kg = 1 (kg) x 9.81 (m/s<sup>2</sup>) = 9.81 N

Sur la Lune le poids de cette même masse marquée de 1kg serait calculé avec l'accélération due à la pesanteur lunaire soit environ 1.6 m/s<sup>2</sup> au lieu de 9.81 m/s<sup>2</sup>, et on aurait un poids (N) de 1 x 1.6 = 1.6 N

Application :

Calculer quelle serait la hauteur h de cette colonne d'air dont le poids serait équivalent à celui de la masse marquée 1kg ?

masse volumique de l'air = 1.22 kg / m<sup>3</sup> à 15°C au niveau de la mer

masse m d'air contenue dans un tube de section

1cm<sup>2</sup> (= 0.0001m<sup>2</sup>) et de hauteur h

Le volume V en m<sup>3</sup> de cette masse d'air est

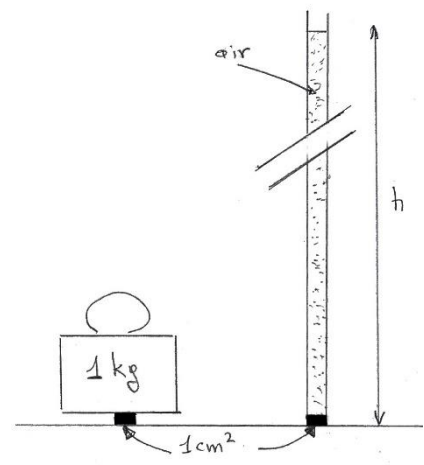
$V = S(\text{en m}^2) \times h(\text{m})$

La masse de ce volume d'air est m = volume (m<sup>3</sup>) x masse volumique (kg/m<sup>3</sup>)

On a donc  $0.0001 \times h \times 1.22 = 1$  d'où  $h = 1 / (0.0001 \times 1.22) = 8196\text{m}$ .

C'est donc le poids d'une colonne d'air haute de 8196m.

Ce calcul est très grossier car on a supposé que la masse volumique est constante, or la masse volumique diminue avec l'altitude, elle est





approximativement divisée par 2 quand l'altitude augmente de 5000m  
 90 % de l'atmosphère est située en dessous de 20 km d'altitude.  
 75 % de l'atmosphère est située en dessous de 10 km d'altitude.  
 50 % de l'atmosphère est située en dessous de 5 km d'altitude

**La pression hydrostatique**

Comparons cette pression atmosphérique à celle qui serait obtenue cette fois par une colonne d'eau  
 On cherche quelle hauteur d'eau faudrait-il pour obtenir à la base de la colonne d'eau la même valeur que la pression atmosphérique due à la colonne d'air.

On écrit l'égalité des pressions

pression (eau) = pression  
 atmosphérique = 1013 hPa

or

pression (eau) = poids de l'eau /  
 section S de la colonne

$$= (\text{volume} \times \text{masse volumique} \times g) / S$$

$$= (S \times h(\text{eau}) \times 1000 \times 9.81) / S$$

$$= h(\text{eau en m}) \times 1000 \text{ (kg/m}^3\text{)} \times 9.81$$

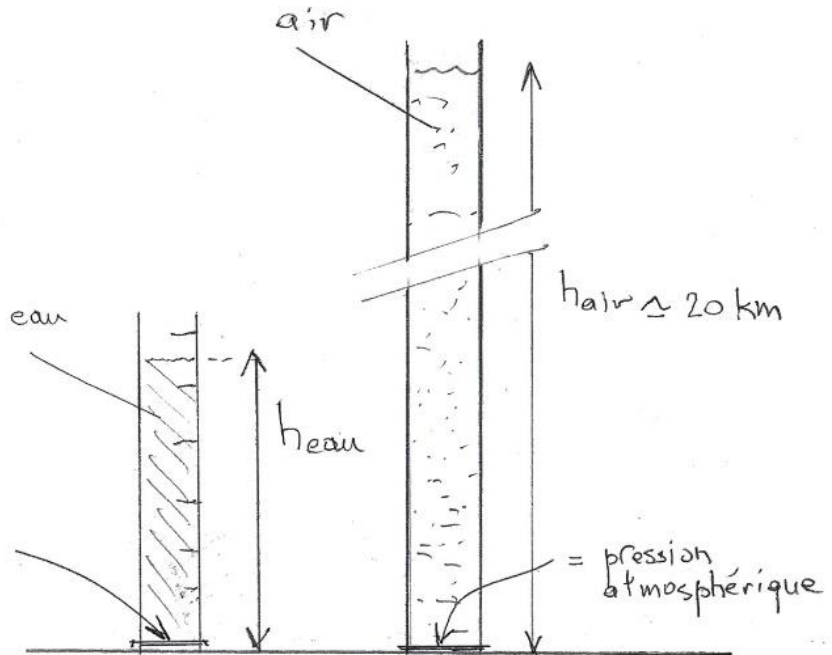
On a donc 1013 hPa = 101300 Pa =

$$h(\text{eau}) \times 1000 \times 9.81$$

$$\text{d'où } h(\text{eau}) = 101300 / (1000 \times 9.81) =$$

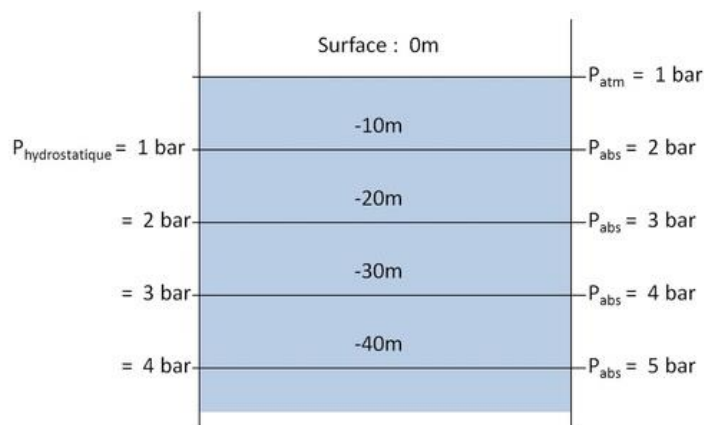
$$10.33\text{m}$$

La pression atmosphérique est équivalente à la pression exercée par une colonne d'eau d'environ 10m de hauteur .



Dans un liquide au repos , la pression hydrostatique varie avec la profondeur selon la relation  
 pression hydrostatique = masse volumique du liquide x g (pesanteur) x h(profondeur)

Par ex à 15m  $p = 1000 \text{ kg/m}^3 \times 9.81 \text{ (m/s}^2\text{)} \times 15 = 147150 \text{ Pa} = 1.47 \text{ bar}$   
 et la pression absolue = pression atmosphérique + pression hydrostatique  
 = 1.013 + 1.47 = 2.46 bar soit environ 2.5bar



$$P_{\text{absolue}} = P_{\text{hydrostatique}} + P_{\text{atmosphérique}}$$

### Suggestion d'activité :

Tracer le graphe représentant la pression subie par un sous-marin passant de la surface à 400m de profondeur

## 2. Quelles formes pour résister aux fortes pressions

### La sphère

C'est la forme la plus efficace pour résister aux très fortes pressions car elle est comprimée de manière homogène .

On voit dans le bathyscaphe la sphère jaune qui sert d'habitacle, cet engin a pu descendre jusqu'au fond des fosses Mariannes à 10 000 m de profondeur.

Application : principe d'Archimède

Le bathyscaphe vide ses réservoirs remplis d'air , il devient « plus lourd que l'eau » et il descend vers les profondeurs.

Arrivé au fond, il largue des lests (grenaille de fer), il devient « plus léger que l'eau » et il remonte vers la surface.



On retrouve aussi cette forme sphérique sur des sous-marins de poche



### Suggestion d'activité :

Calculer la pression en bar exercée

- sur le bathyscaphe à 10000m de profondeur
- sur le sous-marin de poche à 20m de profondeur

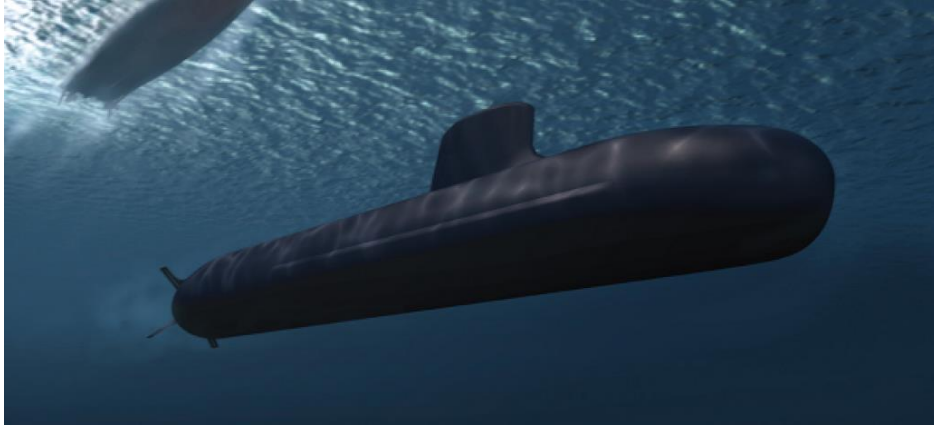
Puis la force qui s'exerce à ces différentes profondeurs

- sur le hublot de diamètre 20cm du bathyscaphe
- sur la demi-sphère transparente de diamètre  $D=1.50\text{m}$  du sous-marin (aire d'une sphère  $S = \pi \times D^2$ )

### Forme oblongue d'un sous-marin

C'est un compromis entre une forme allongée hydrodynamique pour avancer plus vite et une forme de coque (au sens Résistance des matériaux) pour mieux résister à la pression.

Ce sont presque toujours des sous-marins militaires qui peuvent descendre jusqu'à 300 ou 400m de profondeur ... enfin environ , c'est peut être plus ... mais secret-défense !



Ils sont équipés de matériel de détection sonore très sophistiqué ... mais dans un sous-marin , il n'y a pas de hublot , ce n'est donc pas avec un sous-marin qu'on pourra explorer visuellement les fonds autour du Mont La Pérouse !

### **Le corps humain en plongée**

Le corps humain n'est pas spécialement adapté pour aller sous l'eau, mais avec un équipement de plongée, on peut descendre jusqu'à 120m de profondeur (60m en plongée loisir) . A cette profondeur, la pression est 13 bar. Comment le corps peut-il résister ?

- les tissus sont composés en majeure partie d'eau qui est incompressible
- les espaces « creux » (nez , bouche, poumons , sinus , oreilles) sont remplis d'air , mais l'air apporté par les bouteilles d'air comprimé est exactement et automatiquement distribué à la même pression que l'eau.

Il n'y a donc pas de déséquilibre et d'écrasement , la limitation de la profondeur est due à un autre facteur : la dissolution des gaz (oxygène et azote ) dans le sang et les tissus.

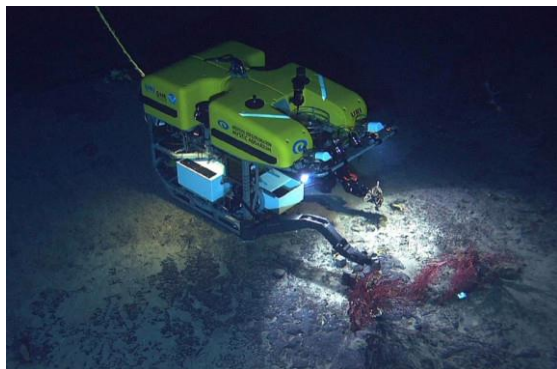
Donc des plongeurs peuvent réaliser des explorations avec du matériel courant de loisir jusqu'à 60m de profondeur .

De 60m et jusqu'à 120m , des équipements et des gaz adaptés sont nécessaires et ces plongées sont réservées à des professionnels.

Pour l'expédition sur le Mont La Pérouse , les plongées sont réalisées par une équipe de plongeurs professionnels dirigée par Laurent Ballesta ( [https://fr.wikipedia.org/wiki/Laurent\\_Ballesta](https://fr.wikipedia.org/wiki/Laurent_Ballesta) )

### **Les engins sans pilote à bord**

Un **véhicule sous-marin téléguidé** (ou **ROV**, Remotely Operated underwater Vehicle) est un petit robot sous-marin contrôlé à distance (généralement filoguidé), contrairement au robot sous-marin autonome (AUV, Autonomous Underwater Vehicle). Comme leurs homologues aériens, ces drones permettent une acquisition rapide et sécurisée d'informations globales ou précises, physicochimiques et visuelles (sous forme numérique notamment), assez rapidement, à distance de l'opérateur et parfois "en masse". Certains ont une fonction de plateforme pouvant être équipée à la demande de préleveurs ou de divers capteurs.



ROV filoguidé équipé de camera et de pinces : ils ont une grande autonomie et un retour video grâce au câble , mais sont peu maniables et sensibles au courant et la profondeur est limitée par le câble (environ 100m)

<https://www.youtube.com/watch?v=xdVQ9XGO7d0>

<https://www.youtube.com/watch?v=f9FursU1ZRE>

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/auv-rov.html>

Devenez pilote de ROV ! : <https://www.youtube.com/watch?v= IKEfGwLrY>

AUV équipé de sondeur, de caméras et d'un système de navigation autonome : profondeur maxi 300m , il nécessite un bateau d'assistance pour la mise à l'eau et le suivi .

Ces AUV ont pour mission le balayage d'une zone afin d'y recueillir différentes données (relief , épaves , fuites ...)

<https://www.youtube.com/watch?v=Ufir2MrZBVM>

<https://www.youtube.com/watch?v=Dbfwww47w4Y>



### 3. Comparaison des différentes techniques d'exploration

	Plongeur	Sous-marin de poche	Sous - marin militaire	Bathyscaphe	ROV	AUV
<b>Profondeur maxi</b>	120m	20m à 1000m selon engins	400m	10000m	100m à 200m selon câble et courants	100m à 300m selon les engins
<b>Vision des fonds</b>	Très bonne	Variable selon dôme ou hublots	Nulle	Très limitée ( petit hublot)	par caméra en direct	Par camera sans retour direct
<b>Maniabilité</b>	Très bonne	moyenne	Faible	Très limitée	Limitée par le câble	moyenne
<b>Autonomie</b>	1h maxi	Plusieurs heures	Plusieurs mois	Plusieurs heures	Alimenté par le câble	Quelques heures
<b>Cout d'utilisation</b>	/	+	+++	++	+	++
<b>Prélèvement d'échantillons</b>	Oui	Non	Non	Non	Possible	non
<b>Capteurs physico-chimiques</b>			Sonar	Non	Oui	Oui

#### Suggestion d'activité :

Donner le tableau ci-dessus ou le laisser vierge pour choisir la méthode d'exploration la mieux adaptée pour :

- étudier une épave dans une eau froide à 50m de fond
- explorer le volcan en train de naître au large de Mayotte (sommet à 3500m de profondeur)
- inventorier la faune et la flore sur le sommet du Mont La Pérouse à environ 100m de profondeur
- rechercher les formes de vie sur les flancs du Mont La Pérouse entre 100m et 500m de profondeur



## c. La plongée en scaphandre autonome

(extraits de EduScol : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/>)

La plongée sous-marine est une activité magique qui se pratique dans un milieu où la gravité semble bannie. C'est aussi une activité à risque, rigoureuse, régie par des lois physiques qu'il est important de connaître, sous peine de devenir dangereuse. Pour les enseignants de physique et chimie, la plongée sous-marine constitue un vaste champ d'illustration des cours au niveau du collège, du lycée mais aussi de l'université.

### 1. La plongée sous-marine : une activité de loisir sous contrainte

Thèmes > Structure et propriétés > Description macroscopique , Thèmes pluridisciplinaires > Sciences et Sport  
Niveau > 2nde , 1ère STL - CBSV

#### Résumé

Lorsque le plongeur s'enfonce sous l'eau, la pression de son environnement augmente. On admet en plongée que chaque fois que l'on descend de 10 m, la pression s'accroît de 1 bar. Pour des raisons de simplicité, on ne différencie généralement pas l'immersion en mer et en eau douce. En cours, au lycée, on pourra bien évidemment montrer comment intervient la masse volumique du milieu en fonction de sa salinité.



1. Augmentation de la pression avec la profondeur. Conséquences
2. Compressibilité des gaz. Les gaz respiratoires.
3. Les limites du modèle du gaz parfait
4. Des travaux pratiques en situation ?

5. Annexe et Ressources en Ligne : <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-plongee-sous-marine-1-3-une-activite-de-loisir-sous-contrainte-863>

### 2. La plongée sous marine : une activité hyperbare

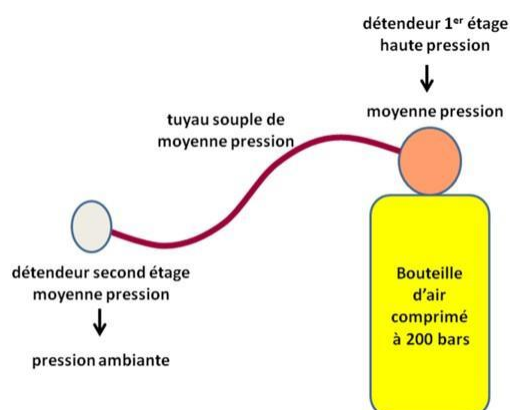
Thèmes > Thèmes pluridisciplinaires > Chimie et questions de société - Niveau > 2nde

#### Résumé

La plongée sous-marine est une activité magique qui se pratique dans un milieu où la gravité semble bannie. C'est aussi une activité à risque, rigoureuse, régie par des lois physiques qu'il est important de connaître, sous peine de devenir dangereuse.

1. Présentation
2. Où peut-on plonger ?
3. Les gaz respirés
4. Avec qui ?
5. La réglementation

6. Bibliographie et Ressources en Ligne <http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-plongee-sous-marine-2-3-une-activite-hyperbare-745>



### 3. La plongée sous-marine : Les gaz se dissolvent dans les liquides

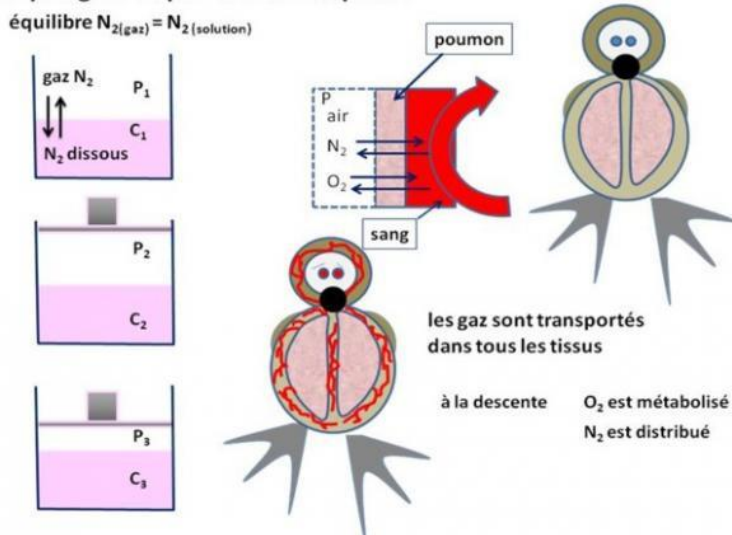
Thèmes > Structure et propriétés > Description macroscopique , Thèmes pluridisciplinaires  
Niveau > 2nde , Terminale STL - SPCL

## Résumé

La plongée sous-marine permet également de traiter de manière captivante, un autre thème du programme de seconde, celui de la dissolution des gaz dans les liquides.

De toutes les contraintes que subit le plongeur, c'est sans doute la plus prégnante. Elle limite ses incursions en durée et en profondeur. Elle est à l'origine des « **accidents de décompression** ». Pour le plongeur, elle est une menace sournoise, présente à chaque instant de la remontée (mais également en surface après la plongée), que l'on ne sait pas encore maîtriser totalement.

## Le plongeur respire de l'air comprimé



1. Introduction
2. Un peu d'histoire
3. dissolution des gaz dans les liquides

1. Présentation
2. La dissolution
3. Application au plongeur à la descente

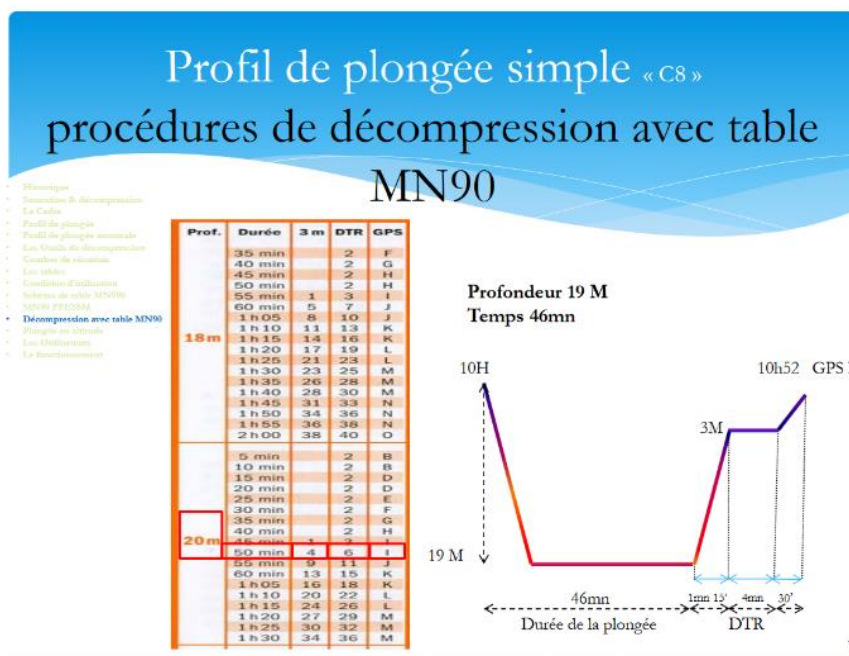
4. Le gaz dissous reprend sa forme gazeuse
4. Les milieux hors d'équilibre peuvent ils être stables ?

1. La décompression
2. Les procédures de remontée : les paliers de décompression
3. La plongée est elle un loisir sans risque ?

5. Conclusion

6. Ressources en Ligne

<http://culturesciences.chimie.ens.fr/content/la-plongee-sous-marine-3-3-les-gaz-se-dissolvent-dans-les-liquides-746>



## IV. Conclusion :

Au cours de l'expédition de la Curieuse sur le Mont la Pérouse, nous espérons pouvoir illustrer par des images les fonds sous-marins de la zone entre 50-120 m. Un inventaire des espèces présentes pourra être effectué, et nous espérons tous voir des espèces non encore décrites dans la zone. C'est à la fois beaucoup car jamais réalisé mais c'est peu quand on pense aux 4000 m de hauteur de l'édifice.... Le projet d'exploration par un ROV conduite par l'IFREMER en cours d'élaboration permettra d'aller voir plus profond, cette vie extraordinaire au-delà des possibilités de l'homme. L'aventure continue... en attendant un sous-marin !