Dossier pédagogique {Ressources}

Océan

une plongée insolite

Muséum d'Histoire Naturelle 12 rue Voltaire – 44000 Nantes

Océan {une plongée insolite}

Exposition du 2 juillet 2022 au 8 janvier 2024

Bien que couvrant la majeure partie de notre planète, l'océan reste encore largement méconnu. L'exposition « Océan, une plongée insolite » propose à tous les publics, dès 5 ans, un voyage merveilleux et surprenant au cœur d'une biodiversité originale, loin du littoral et de ses figures familières.

Après une présentation des contraintes du milieu marin et du défi que représente son exploration, les visiteurs plongent dans une autre dimension pour découvrir la vie microscopique au sein du plancton. Ils poursuivent leur périple dans les milieux extrêmes, à la rencontre de la faune singulière des grandes profondeurs (des abysses) et des eaux glacées de l'océan austral. La suite du parcours les sensibilise à une approche plus respectueuse de la nature et les éclaire sur les ressources insoupçonnées du milieu marin.

L'exposition présente, en fin, les menaces que l'humain fait peser aujourd'hui sur l'océan tout en présentant aussi les alternatives que le visiteur peut mettre en place à son échelle pour le protéger.

Grâce à une scénographie immersive faisant la part belle aux grandes projections et à l'iconographie, à une sélection de spécimens dévoilant un bestiaire étrange et magnifique et à de nombreux dispositifs interactifs, l'exposition, qui s'appuie sur les recherches des scientifiques, permet au public de mieux comprendre la vie au sein de l'océan et les enjeux de son urgente protection.

Photos du dossier : copyright Muséum d'histoire naturelle de Nantes.

Couverture - copyright : Lucile Fond / les scénographistes

Sommaire

5 grandes parties à explorer L'essentiel de l'exposition en une page.	Page 4
Se repérer dans l'exposition Plan simplifié de l'exposition.	Page 5
Exploration rapide d'« Océan, une plongée insolite » Découvrez l'exposition en quelques minutes : les grandes problématiques et que connaissances.	
L'Exposition de A à Z	Page 10
Découvrez l'exposition dans tous ses détails : textes, jeux, multimédias, parcours	sonore
Partie 1 : Un monde à explorer Partie 2 : Au gré des courants Partie 3A : Le peuple des profondeurs Partie 3B : Le habitants du froid Partie 4: Un océan de promesses Conclusion Parcours Jules Verne	Page 10 Page 16 Page 21 Page 25 Page 29 Page 33 Page 37
Ressources locales sur les océans	Page 43
Annuaire de ressources en ligne	Page 48

5 grandes parties à explorer

L'essentiel de l'exposition « Océan, plongée insolite» au Muséum de Nantes en une page.

Un monde à explorer

L'océan, du fait de ses caractéristiques, est un milieu difficile à explorer pour l'Homme, et c'est pour ces raisons que la richesse de sa biodiversité est encore peu connue.

Au gré des courants

Le plancton regroupe tous les organismes dont les mouvements sont limités et qui dérivent au gré du courant. Même si la majorité d'entre eux est microscopique, leur taille peut varier d'un micron à une dizaine de mètres. Le plancton représente 95 % de la masse totale de matière vivante dans l'océan.

Plongées en milieux extrêmes

Le peuple des profondeurs

En dessous de 200 m de profondeur, la lumière ne pénètre pas. C'est l'obscurité. On parle alors de milieu profond. Le fond de l'océan est couvert de reliefs de différentes sortes : les plaines abyssales, les dorsales océaniques, les monts sous-marins et les fosses océaniques. Malgré les contraintes du milieu profond (basses températures, pression, obscurité, manque de nourriture, etc.), la vie dans les profondeurs est très diversifiée et par endroit, très abondante.

Les habitants du froid

L'océan Austral entoure l'Antarctique. Il n'est délimité par aucun continent. Au niveau du front polaire, la vie est favorisée par le mélange des eaux froides australes et de celles plus chaudes de la zone subantarctique. Le « circumpolaire antarctique », courant le plus puissant du monde, traverse l'océan Austral et forme une barrière infranchissable pour de nombreux organismes. L'isolement de l'océan Austral a favorisé le développement d'une faune endémique, diversifiée et abondante.

Un océan de promesses

L'océan et sa diversité sont des sources d'idées pour les ingénieurs qui ont créé ainsi de nouveaux matériaux innovants et de nouveaux objets inspirés de la forme des organismes marins. Cette approche s'appelle la « bioinspiration ».

Conclusion en images

PLASTIQUE INFILTRÉ

Les déchets plastiques déversés dans l'océan proviennent en grande partie des terres.

OCÉAN SOUS ACIDE

L'océan joue un rôle dans la régulation du climat en limitant le volume de CO2 dans l'atmosphère.

EXPLOITATION MINIÈRE

Les fonds sous-marins regorgent de métaux stratégiques (zinc, nickel, cuivre, or, etc.).

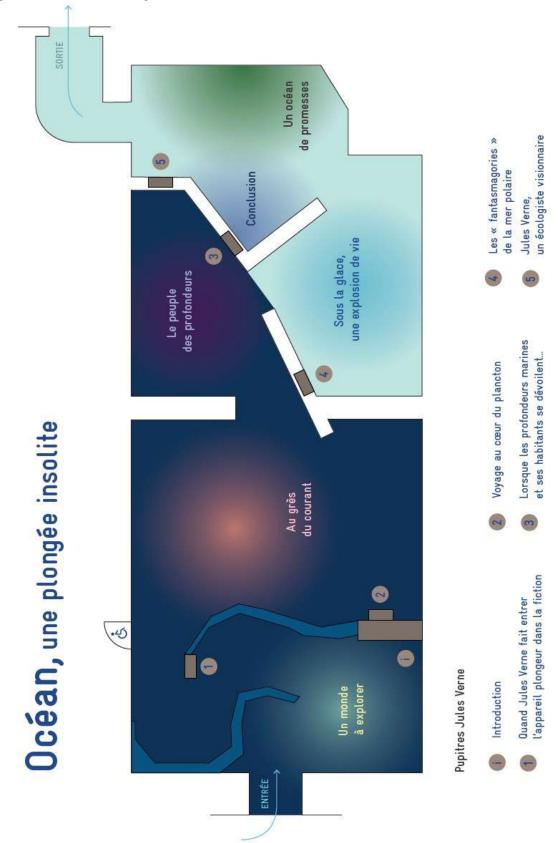
SURPÊCHE

Quels sont les effets de la surpêche ? Comment les consommateurs peuvent favoriser une pêche plus durable : quelques clés ?

Le parcours Jules Verne

Jules Verne a été particulièrement inspiré par le monde marin mais aussi par la science pour écrire ses livres. Un parcours à travers les différentes parties de l'exposition vous permet de découvrir l'intérêt de Jules Verne pour l'océan et la science.

Se repérer dans l'exposition



Exploration rapide d'« Océan, une plongée insolite »

Découvrez l'exposition en quelques minutes : les grandes problématiques et quelques connaissances.

Première partie

Un monde à explorer

Pour plus de détails : pages 10 à 15



La planète bleue

Cette première partie présente l'océan continu qui recouvre 71 % de notre planète. Le fond de l'océan est tapissé d'un relief beaucoup plus accidenté que celui observé sur les continents. Il est composé de chaînes de montagnes et de fosses pouvant descendre jusqu'à 11 000 m sous la surface.

L'odyssée sous-marine

Les contraintes de ce milieu sont importantes : le froid, l'obscurité à partir de 200 m de profondeur compensée par les animaux avec la bioluminescence, la pression importante de la colonne d'eau impactant sur les organes et le squelette (l'eau est 800 fois plus dense que l'air).

Ces contraintes ont poussé les explorateurs et les scientifiques, soucieux de découvrir les mystères de l'océan, à inventer des instruments toujours plus ingénieux. Les instruments scientifiques (projecteurs, caméras, bras manipulateurs, capteurs de données, etc.) sont protégés de la pression par des coques en métal, des enceintes, composées d'acier ou de titane, de forme sphérique.

Deuxième partie

Au gré du courant

Pour plus de détails : pages 16 à 21

Quels rôles joue le plancton dans l'océan?

Le plancton regroupe tous les organismes dont les mouvements sont limités et qui dérivent au gré du courant. Même si la majorité d'entre eux est microscopique, leur taille peut varier d'un micron à une dizaine de mètres. Le plancton représente 95 % de la masse totale de matière vivante dans l'océan.

Le phytoplancton réalise la photosynthèse. Il représente 1 % de la masse totale d'organismes photosynthétiques mais il produit à lui seul plus de la moitié de l'oxygène sur Terre. Parfois, lorsque les conditions environnementales s'y prêtent, le plancton habituellement invisible, prolifère et devient observable sous forme de « blooms ». La couleur des « blooms » dépend des pigments contenus dans les microorganismes.

Le zooplancton, les animaux du plancton adultes ou seulement à l'état larvaire, se déplace au gré du courant. Mais, la nuit, il peut aussi migrer verticalement dans la colonne d'eau, vers la surface ou vers le fond, pour se nourrir ou échapper aux prédateurs.

Voyage au gré du courant

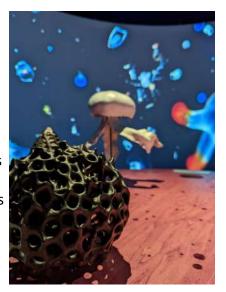
Les organismes du planton se déplacent, parfois loin de leur territoire d'origine, grâce aux courants. Parfois, ils sont aussi transportés par les coques des bateaux ou, comme les bactéries, par les poissons qui les consomment.

Tout est bon dans le plancton!

Le réseau alimentaire de l'océan est constitué de multiples acteurs : le phytoplancton est mangé par le zooplancton, qui luimême est mangé par d'autres animaux. Les bactéries décomposent les déchets et les virus régulent le nombre d'organismes.

Le ballet du plancton

La diversité des groupes, des couleurs, des formes, des tailles, des stades de développement, des modes de vie des organismes planctoniques est ici mise en valeur par une projection à 360°. Les organismes microscopiques sont présentés à grande échelle.



Troisième partie

Plongées en milieux extrêmes

Pour plus de détails : pages 21 à 28

À quoi ressemble le milieu profond ? Y a-t-il de la vie dans les profondeurs océaniques ? Comment vivent les organismes dans ces conditions extrêmes ?

Le peuple des profondeurs

Portrait du milieu profond

En dessous de 200 m de profondeur, la lumière ne pénètre pas. C'est l'obscurité. On parle alors de milieu profond. Le fond de l'océan est couvert de reliefs de différentes sortes : les plaines abyssales, les dorsales océaniques, les monts sous-marins et les fosses océaniques.

Supports muséographiques – Un schéma légendé des fonds marins.

La vie dans les profondeurs

Malgré les contraintes du milieu profond (basses températures, pression, obscurité, manque de nourriture, etc.), la vie dans les profondeurs est très diversifiée et par endroit, très abondante.

Dans l'obscurité des profondeurs. Dans les profondeurs, la lumière ne pénètre pas. C'est l'obscurité. Un grand nombre d'organismes synthétisent leur propre lumière. Ce phénomène lumineux, appelé bioluminescence, est dû à une réaction chimique, en présence d'oxygène, entre les molécules de luciférine et de luciférase. Ces molécules sont produites par les organismes eux-mêmes ou par des bactéries symbiotiques. Cette lumière peut avoir une multitude de fonctions comme se rendre visible, se camoufler, se défendre, communiquer ou encore attirer des proies.



Au menu des grands fonds.

La nourriture se fait rare dans les profondeurs. En effet, en l'absence de lumière, il ne peut pas y avoir de production de matière organique par la photosynthèse. Les habitants des profondeurs, peu nombreux mais très diversifiés, consomment donc en majorité de la « neige marine », composée des restes des organismes vivants à moindre profondeur et des cadavres de gros animaux marins. Les autres sont pourvus de mâchoires aux dents acérées et d'estomac extensibles leur permettant de profiter de la moindre proie rencontrée, quel que soit sa taille.

Les sources hydrothermales sont des oasis de vie. Les nombreux organismes qui y vivent, tirent leur énergie d'une chimiosynthèse réalisée par des bactéries très résistantes. Ces bactéries, qui peuvent vivre en symbiose avec d'autres organismes, transforment les minéraux expulsés par les fluides brûlants sortant des cheminées en matière organique nutritive. Les organismes vivent soit directement sur les cheminées appelées fumeurs, soit un peu à distance.

La présence des monts sous-marins crée des courants d'eaux profondes riches en minéraux et en nutriments qui favorisent le développement de la vie en surface et sur les parois des monts. Les sommets et les versants des monts sous-marins servent de substrats à de très nombreux organismes fixés qui euxmêmes servent de supports ou de cachettes à d'autres animaux.

Les habitants du froid

Un océan à part

L'océan Austral entoure l'Antarctique. Il n'est délimité par aucun continent. Au niveau du front polaire, la vie est favorisée par le mélange des eaux froides australes et de celles plus chaudes de la zone subantarctique. Le « circumpolaire antarctique », courant le plus puissant du monde, traverse l'océan Austral et forme une barrière infranchissable pour de nombreux organismes.

Sous la glace : une explosion de vie

L'isolement de l'océan Austral a favorisé le développement d'une faune endémique, diversifiée et abondante. Le travail scientifique réalisé par la collectivité des Terres Australes et Antarctiques Françaises (TAAF) et par le Muséum dans la région est ici mis en avant.

Les poissons des glaces produisent des protéines particulières, appelées antigel, qui empêchent leur corps de geler dans une eau salée pouvant atteindre - 2 °C.

Les organismes géants sont fréquents dans la région australe. Plusieurs théories se proposent d'expliquer ce gigantisme : abondance d'oxygène, isolement géographique ou métabolisme lent.

Bébés à bord



Dans les fonds arctiques, il existe des espèces dites « incubantes » dont les œufs et les larves restent en contact avec les parents, alors que chez les autres espèces des mêmes groupes, ils sont libérés dans l'eau.

Particules alimentaires.

Dans l'océan austral, certaines espèces sont prédatrices mais la majorité d'entre elles est « suspensivore ». Ces organismes capturent et consomment, en utilisant différentes méthodes, les particules nutritives en suspension dans l'eau.

Quatrième partie

Un océan de promesses

Pour plus de détails : pages 29 à 32

L' océan est-il une source d'inspiration pour l'Homme ?

La muse « océan »

L'océan et sa diversité sont des sources d'idées pour les ingénieurs qui ont créé ainsi de nouveaux matériaux innovants et de nouveaux objets inspirés de la forme des organismes marins. Cette approche s'appelle la « bioinspiration ».

De la mer au laboratoire

Les scientifiques ont découvert des protéines provenant d'organismes marins qui ont révolutionnés la recherche. Ainsi, la GRF (Green Fluorescent Protein) contenue dans les anneaux fluorescents de la méduse Aequorea victoria est utilisée pour colorer des éléments de la cellule. La toxine produite par les cônes magiciens (Conus magus) est synthétisée comme analgésique (1000 fois plus puissant que la morphine). L'hémoglobine des vers arénicoles (Arenicola marina), très chargée en oxygène et compatible avec tous les groupes sanguins, est utilisée dans le cadre de la conservation des organes destinés à des greffes. La toxine des coraux Palythoa pourra, après des tests cliniques, être utilisée pour déclencher la mort programmée des cellules cancéreuses. Les protéines



responsables de la division cellulaire chez l'étoile de mer Marthasterias glacialis est désormais utilisée pour empêcher la prolifération des cellules cancéreuses.

<u>Conclusion</u> <u>Vidéothèque</u>

Pour plus de détails : pages 33 à 36

Deux thématiques vous sont proposées : la bioinspiration et les menaces.

Parmi les thèmes abordés dans les menaces qui pèsent sur l'Océan :

Plastique infiltré

Les déchets plastiques déversés dans l'océan proviennent en grande partie des terres. Ils se désagrègent en de minuscules fragments sous l'effet du soleil, du sel et du mouvement des vagues. Ils libèrent ainsi des substances toxiques et s'infiltrent dans les organismes via le réseau alimentaire. Supports muséographiques — Une vitrine présentant les solutions envisagées contre la pollution plastique ; des micro plastiques à observer à la loupe.

Océan sous acide

L'océan joue un rôle dans la régulation du climat en limitant le volume de CO2 dans l'atmosphère. En

effet, il absorbe ¼ du CO2 produit par les activités humaines ce qui provoque une réduction du pH de l'eau et des ions carbones servant à de nombreux organismes à la fabrication de leur coquille ou de leur squelette.

Exploitation minière

Les fonds sous-marins regorgent de métaux stratégiques (zinc, nickel, cuivre, or, etc.). Afin de palier à l'appauvrissement des gisements terrestres

Surpêche

Cette partie sensibilise aux effets de la surpêche et donne des clés aux consommateurs pour favoriser une pêche plus durable.

<u>Parcours</u> <u>Jules Verne</u>

Pour plus de détails : pages 37 à 42

Jules Verne a été particulièrement inspiré par le monde marin mais aussi par la science pour écrire ses livres. Un parcours à travers les différentes parties de l'exposition vous permet de découvrir l'intérêt de Jules Verne pour l'océan et la science.

En 6 étapes, à travers l'exposition, vous découvrirez les liens entre Jules Verne, la science et l'océan.

L'exposition de A à Z

Vous trouverez ci-après l'intégralité des textes et cartels (en français) ainsi que la liste des interactifs présents dans chaque partie de l'exposition. Il existe dans l'exposition une version anglaise et espagnole.

Dans le cadre cette exposition, le muséum de Nantes propose plusieurs dispositifs accessibles aux personnes en **situation de handicap** dont peuvent bénéficier **les élèves en inclusion** dans vos classes.

Des livrets de visite en Facile à Lire et à Comprendre (FALC) : 2 niveaux de lecture, adultes en autonomie (livret disponible à l'entrée de l'exposition) et jeune public (FALC avec pictogrammes intégrés disponibles dans la malle avec le matériel scolaire). Les livrets sont téléchargeables sur le site internet du muséum.



- Un parcours sonore accessible en autonomie : 13 stations d'écoutes permettent d'accompagner la visite et la découverte des supports tactiles. L'écoute se fait par l'intermédiaire de l'application soundcloud (inutile de la télécharger), un QR code (en haut à gauche des marches de l'entrée de l'exposition) renvoie vers l'URL de la liste de lecture de l'exposition au muséum. Nous pouvons prêter 3 lecteurs MP3 avec casques, sur demande ; ces lecteurs contiennent les 13 enregistrements.
- Par la suite, le logo « oreille » et un chiffre, vous indique quel fichier écouter.



- Un parcours tactile accessible en autonomie : globe terrestre d'1,20 mètre de diamètre présentant les reliefs terrestres et marins, maquettes de plancton à échelle 1 ou fortement agrandies (ces éléments tactiles sont accompagnés d'une explication en braille), 5 illustrations des 62 voyages extraordinaires de Jules Verne en relief accompagnées d'extraits en braille. Ce logo indique que vous pouvez toucher les objets.

Première partie

<u>Un monde à explorer</u>



Immense, l'océan couvre les 3/4 de la planète Terre. Partons à la découverte de cette biodiversité encore peu connue.

L'océan est Un, global et continu. Il couvre 71% de la surface de notre planète mais reste largement inexploré. Son exploration est un challenge car, au-delà de son immensité, il constitue pour les humains un environnement aux multiples contraintes. Pour relever le défi, les scientifiques ont inventé au cours des siècles une panoplie de techniques et d'outils performants qui leur permettent de partir aujourd'hui à la découverte d'une biodiversité insolite.

Multimédia : projection de la planète Terre vue de l'espace. La Terre tourne sur elle-même nous dévoilant un océan unique.



A-LA PLANÈTE BLEUE



Reliefs sous-marins

Les fonds marins sont constitués de reliefs très accidentés. Ils sont notamment parcourus par les dorsales océaniques, la plus grande chaîne montagneuse du monde : 64 000 km de long !

Globe terrestre tactile et plot présentant un texte en braille et un schéma en relief.

Chiffres clefs associés au schéma

8 848 m Altitude de l'Everest 800 m Altitude moyenne des continents

- 11 000 m Fosse des Mariannes : point le plus bas connu
- 3 700 m Profondeur moyenne de l'océan



B- À LA CONQUÊTE DES PROFONDEURS

Les fonds marins sont un milieu de fortes contraintes (pression, obscurité...). Pourtant, les humains les explorent depuis l'Antiquité.

Difficile de se mouvoir dans un environnement où il est impossible de respirer sans équipement, où l'eau, 800 fois plus dense que l'air, exerce une terrible pression, et où la quasi-obscurité règne dès 200 m de profondeur. Pourtant, partir à la découverte du monde sous-marin remonte à l'Antiquité même si ce n'est qu'au 16e siècle qu'apparaissent les premières cloches de plongée. Depuis, la conquête des profondeurs se poursuit, avec plus ou moins de succès.

1 - Repère temporel : Antiquité > 18e siècle



Les prémices de l'exploration

Dès l'Antiquité, les humains explorent les fonds marins. Les premiers sondages s'effectuent à l'aide d'un plomb fixé sur une ligne de chanvre. Divers engins sont imaginés pour descendre sous la surface. Au 16^e siècle, les cloches de plongée voient le jour et préfigurent les premiers scaphandres.

À l'assaut des navires ennemis

Les urinatores, plongeurs de la **Rome antique**, sectionnaient les ancres des navires ennemis afin qu'ils se fracassent sur les rochers. S'ils sont représentés avec un équipement rudimentaire, il est plus vraisemblable qu'ils plongeaient nus et en apnée.

Iconographie : Extrait de *L'Art militaire* de Végèce, 1532 © North Wind Pictures / *Leemage*

Un tonneau à la mer!

En 325 avant notre ère, Alexandre le Grand aurait plongé à bord d'un tonneau, recouvert de plaques de verre et de peaux d'ânes rendues étanches à la cire. Reprenant le principe des cloches de son maître Aristote, il serait descendu à 10 m de fond.

Iconographie:

- Extrait de Romance of Alexander, Oxford, Bodleian Library, 1338-1344
- Extrait du Recueil Khamsa d'Amir Khusrau, 1597

Des machines insolites

À la Renaissance, les ingénieurs se lancent de nouveaux défis. Tuba, outre servant de réservoir d'air, palmes pour les mains...: ces inventions sont toutefois plus souvent des vues d'artistes que des équipements ayant trouvé une application.

Iconographie: Croquis de Francesco di Giorgio Martini, 15è siècle © Costa / Leemage



Descente en cloche

Avec le développement des routes maritimes **aux 15e et 16e siècles**, les naufrages de navires se multiplient. Les chercheurs d'épaves se lancent en quête de trésors engloutis, à bord de cloches remplies d'air et reliées à la surface par un câble.

Iconographie:

- Machines et cloches de plongée, 1803 © National Maritime Museum, Greenwich / Leemage
- La cloche de Halley, dans Les merveilles de la science, ... de Louis Figuier, 1867-1891 © Muséum national d'Histoire naturelle (voir photo).

2 - Repère temporel : 19e siècle

Un océan toujours plus profond

Au 19e siècle, les équipements se perfectionnent. Différents modèles de scaphandre font leur apparition. L'océanographie prend son essor et

les scientifiques organisent les premières grandes campagnes en mer. Une question fait débat : jusqu'à quelle profondeur trouve-t-on de la vie dans l'océan ?

Les premiers scaphandres

En 1837, Auguste Siebe met au point le premier scaphandre pieds lourds, étanche et alimenté par une pompe en surface. Il est détrôné **en 1864** par le scaphandre Rouquayrol-Denayrouze, qui permet au plongeur d'emporter sa réserve d'air avec lui.

Iconographie:

- Photographie d'un plongeur équipé d'un scaphandre autonome Denayrouze, vers 1870 © Musée national de la Marine / S. Dondain
- Scaphandres pieds-lourds d'Auguste Siebe. Planche illustrée, vers 1855, Allemagne © Heritage Images / Leemage

Des câbles sous la mer

Le télégraphe a largement participé à la connaissance des fonds marins. Les câbles immergés ont mis en évidence des fonds de 5 000 m ! **En 1861**, la découverte d'animaux fixés sur un câble atteste que la vie est possible dans les profondeurs.

Iconographie:

- Carte du télégraphe sous-marin entre l'Amérique et l'Europe, Korff Brothers, 1857
- Remorquage de câble télégraphique, dans l'océan atlantique. Peinture de Robert Charles Dudley, fin 19è, États-Unis

Les grandes campagnes océanographiques

En 1872, l'expédition du *Challenger* est la première des grandes campagnes océanographiques. Durant 4 ans, le navire parcourt 3 fois le tour du globe avec des scientifiques de diverses disciplines. Il faudra des années pour dépouiller le matériel récolté.

Iconographie: Laboratoire à bord du *HMS Challenger* par John James Wild, fin 19è © Natural History Museum, London / SPL / Cosmos

3 - Repère temporel : Début du 20e siècle



Et si on allait voir sur place?

Au 20e siècle, grâce à l'avancée des travaux sur la décompression, les scaphandres autonomes se développent, puis la plongée se démocratise. Les scientifiques rêvent quant à eux d'aller observer les espèces dans leur environnement et imaginent des engins submersibles pour les emmener toujours plus profond.

Couper le cordon

En 1926, Fernez et Le Prieur inventent la bouteille à air comprimé et son détendeur manuel : les plongeurs se déplacent plus librement. **En 1943**, le détendeur devient automatique grâce à Gagnan et Cousteau.

Iconographie : Scaphandres autonomes Cousteau-Gagnan. Publicité parue dans l'*Aventure sous-marine,* mars 1959 © Coll. Jonas / Kharbine-Tapabor

Audiovisuel « Comme un poisson dans l'eau » - 1'30 - muet

Scénario : Archives vidéos montrant un scaphandre piedlourd et le scaphandre autonome d'Yves Le Prieur en utilisation.

Direction les grands fonds!

En 1929, le naturaliste William Beebe et l'ingénieur Otis Barton conçoivent la bathysphère, une boule d'acier reliée au navire par un câble, avec laquelle ils établissent un record à - 923 m dans les Bermudes, **en 1934**.

Iconographie: Otis Barton, dans la bathysphère. © Bettmann / Getty Images

Audiovisuel « Une sphère sous la mer » - 3 min – sonore (écouteurs)

Scénario: L'invention de la bathysphère est une des grandes étapes de l'histoire de l'exploration des profondeurs. Son invention, ses tests, et la découverte de la vie profonde qu'elle a permis à William Beebe et Otis Barton sont ici relatés.

4 - Repère temporel : Années 50 > Années 70

Course aux records et plongées scientifiques

À partir de 1950, une course aux records s'engage dans les profondeurs. Grâce au sonar, les fonds sont cartographiés. De nouveaux submersibles permettent d'observer la faune *in situ*, de prendre des mesures, de récolter des spécimens. Une vie profonde, jusque-là insoupçonnée, se révèle!

On a touché le fond!

En 1960, Don Walsh et Jacques Piccard descendent dans la fosse des Mariannes à bord du bathyscaphe *Trieste*, inventé par le physicien Auguste Piccard, sans lien avec la surface. Ils atteignent **10 916 m, le point le plus profond mesuré dans l'océan**.



Dessin: Lucile Fond

Iconographie:

- Le bathyscaphe Trieste, développé par Auguste Piccard en 1953. © Bettmann / Getty Images
- Jacques Piccard, fils d'Auguste, et Don Walsh, lors de la descente dans la fosse des Mariannes. © Science Photo Library / NOAA / Biosphoto

Opération Famous

En 1974, les États-Unis et la France mettent leurs ressources en commun pour l'exploration des grands fonds. La mission, qui utilise le bathyscaphe *Archimède* et les submersibles *Alvin* et *Cyana*, a été minutieusement préparée en amont.

Iconographie:

- Le bathyscaphe *Archimède*, de l'IFREMER, 1973 © Ifremer
- Le submersible Cyana, construit par l'équipe Cousteau en 1966, lancé en 1969. © Ifremer

« Ça grouille de vie là-dessous! »

En 1977, sur la dorsale des Galápagos, le submersible *Alvin* trouve des sources hydrothermales à près de 2 600 m de profondeur. Alors que le milieu abyssal était considéré comme désert, les scientifiques découvrent une profusion de vie.

Iconographie:

- Mise à l'eau du submersibe *Alvin*, de l'United States Navy, exploité par l'Institut océanographique de Woods Hole (WHOI) © Mountains in the Sea Research Team; the IFE Crew; and NOAA / OAR / OER
- Ver géant des cheminées hydrothermales (*Riftia pachyptila*), Pacifique © Woods Hole Oceanographic Institution / Science Photo Library / Cosmos

5 - Repère temporel : Depuis les années 80

Aujourd'hui et demain

Les besoins scientifiques, militaires et industriels ont conduit au développement d'une panoplie d'outils de plus en plus perfectionnés. Parallèlement à l'essor des sous-marins, des engins autonomes et inhabités ont vu le jour comme les robots sous-marins ou les observatoires fond de mer.

Des robots sous la mer

Les *ROV* (Remotely Operated Vehicle) reliés à la surface ou les *AUV* (Autonomous Underwater Vehicle) autonomes permettent de rester plus longtemps au fond, de parcourir de longues distances et d'atteindre des endroits difficiles d'accès.

Iconographie: AUV Aster X (IFREMER) en mer Méditerranée, 2005 © Ifremer – Olivier Dugornay

Audiovisuel « Aux commandes du Nautile et du Victor 6000 » - 2 min 36 - muet

Scénario : Deux submersibles de l'IFREMER, le sous-marin Nautile et le robot Victor 6000, sont montrés en action : mise à l'eau, manipulation, prélèvements.

© MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2019

OBSERVATIONS AU LONG COURS

De nouveaux instruments, comme les observatoires fond de mer, visent à faire des mesures sur un temps plus long. Installés à un point fixe, ils suivent l'évolution d'un écosystème. Des animaux marins, équipés de capteurs, sont aussi de précieux alliés pour récolter des données.

Iconographie:

- Observatoire de fond des mers, déployé au fond de l'eau. © Ifremer
- Trajets effectués par des éléphants de mer simultanément en 2004 à Kerguelen (en bleu), Géorgie du Sud (rouge), lles des Shetland du sud (orange) et à Maquarie (rose). © CEBC / CNRS Photothèque

Explorateurs du futur

L'exploration du monde marin continue d'inspirer scientifiques et ingénieurs. Aujourd'hui, deux projets de laboratoires flottants sont à l'étude : le *Polar Pod* porté par Jean-Louis Etienne, médecin et explorateur, et le *SeaOrbiter* de Jacques Rougerie, architecte océanographe.

Iconographie:

- Sea Orbiter, projet de Jacques Rougerie, spécialiste de l'habitat sous-marin. © Dessins de Jacques Rougerie
- Polar Pod, projet de Jean-Louis Étienne, connu pour ses expéditions en régions polaires. © Jean-Louis Étienne / CC BY SA 4.0

C-VIE À DÉCOUVRIR

Les explorations - toujours d'actualité

À travers ses nombreuses campagnes océanographiques, le Muséum national participe à dresser l'inventaire de la biodiversité marine.



Dans la lignée des premières explorations du milieu du 19° siècle, le Muséum participe à de nombreuses campagnes océanographiques, en ciblant des régions peu explorées. Les scientifiques y déploient diverses méthodes pour collecter des spécimens de toutes tailles et dans tous les habitats, afin de dresser l'inventaire de cette biodiversité marine encore très largement méconnue, et découvrir, à l'occasion, de nouvelles espèces.

Diaporama « Vie à découvrir », sur écran, 10 minutes 56

50 espèces réparties dans 4 parties du monde sont présentées. Elles ont été découvertes lors des expéditions océaniques récentes.

- Madagascar
- Papouasie / Nouvelle Guinée
- Martinique / Guadeloupe
- Océan Austral

Une biodiversité à découvrir

2 millions d'espèces connues sur la planète, dont 235 000 dans l'océan

1,7 à 2,3 millions d'espèces marines encore à découvrir

2 000 nouvelles espèces marines découvertes et nommées chaque année

20 % des espèces marines décrites ces 10 dernières années l'ont été grâce aux expéditions du Muséum nationale d'histoire naturelle.

Deuxième partie

Au gré du courant



Le plancton est composé d'organismes aquatiques – de différentes formes, couleurs et tailles - qui se laissent porter par les courants.

Le plancton regroupe des organismes très différents sur la base d'une même caractéristique : capables de mouvements limités, ils dérivent tous au gré du courant.

Du virus de moins d'un micron au siphonophore de plus de dix mètres, leur taille est variable mais la plupart d'entre eux sont microscopiques. Les outils scientifiques actuels les dévoilent au grand jour : tous plus fascinants les uns que les autres, laissez-vous hypnotiser par leur variété de formes et de couleurs !

2 Schémas

La face cachée de l'océan

Plus de 95 % du poids du vivant dans l'océan est constitué d'organismes microscopiques et la plupart d'entre eux font partie du plancton. Les organismes que nous distinguons à l'œil nu (poissons, mammifères marins, céphalopodes ...) ne représentent pas plus de 5% du poids total !

À l'échelle du plancton

Pour la grande majorité, les organismes planctoniques sont invisibles à l'œil nu mais, dans le monde du tout petit, il y a le « tout petit du tout petit » et le « très grand du tout petit ». Cette échelle, qui fait une analogie avec des éléments visibles de notre environnement, permet de rendre compte de cette diversité.

LE PLANCTON DANS TOUS CES ÉTATS

Un organisme planctonique peut être une bactérie, un virus, un végétal (appelé phytoplancton) ou un animal (zooplancton)

Difficile de se repérer dans la multitude d'organismes planctoniques ... Les bactéries et les virus sont les plus petits et les plus nombreux : dans un litre d'eau de mer, on en compte au moins autant que d'humains sur Terre ! Les eaux de surface de l'océan sont peuplées de phytoplancton, microorganismes capables de réaliser la photosynthèse. Enfin, microscopiques ou de très grande taille, les animaux qui dérivent au gré du courant appartiennent au zooplancton.



Le ballet du plancton - film de 5 min, projeté sur 3 écrans géants, en boucle

Ce film est montage artistique d'images scientifiques. Les planctons ne sont pas à leur taille réelle, ils n'ont pas la même origine géographique et ne vivent pas tous à la même profondeur ou à la même saison. Les images sont montées esthétiquement pour former un « ballet » contemporain.

Toutes les espèces présentent dans ce ballet existent réellement et leurs couleurs n'ont pas été modifiées.

Conception & production: MNHN & Parafilms

Réalisation & direction artistique : Noé Sardet, François Guinaudeau

Conseil scientifique : Christian Sardet / Création sonore : Céline Garcia / Prises de vue : Christian Sardet

1ere table d'observation



Zooplancton - Petits, grands et pas tout le temps

Le plancton est souvent microscopique, mais de grands animaux en font aussi partie : les méduses, par exemple, dont la plus grande – dite à crinière de lion - possède des tentacules de 30 m de long !

Certains organismes ne sont du plancton qu'à l'état larvaire, ils profitent des courants pour se disperser puis quittent cet état une fois devenus adultes.

Cycle de vie du crabe

Larve Zoé

Un des premiers stades larvaires chez les crabes et autres crustacés décapodes (à 10 pattes)

dimension : 2,5 mm ©Ifremer – Jocelyne Martin

- Photo de larve Zoé (Ifremer) rétroéclairée – 10 cm de diamètre

Larve mégalope

Un des derniers stades larvaires chez les crabes – qui en comptent environ 5

dimension: 4 mm ©Ifremer – Jocelyne Martin

Photo de larve Mégalope (Ifremer) rétroéclairée –
 10 cm de diamètre



Crabe (à toucher)

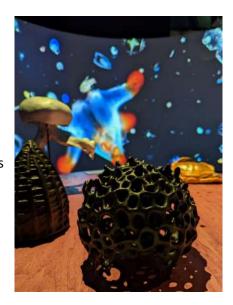
Une fois adulte, le crabe quitte son état larvaire et planctonique et se déplace latéralement grâce à ses pattes articulées. Sculpture échelle 1 inspirée de Cancer pagurus (crabe tourteau) – réalisée par Michelle Cainjo

Modèles 3D de plancton (à toucher)

- Le radiolaire Carposphaera sp. (zooplancton) x 3333
- Le cilié *Epicancella nervosa* (zooplancton) x 2500
- La diatomée Biddulphiaceae (phytoplancton) x 1667

Méduse (à toucher)

Capables de mouvement limité assurant leur propulsion, les méduses utilisent essentiellement les courants pour se déplacer. Sculpture échelle 1 inspirée d'Aurelia aurita (méduse commune) – réalisée par Thierry Boisgard



2sd table d'observation



Phytoplancton - Quand l'invisible devient visible

Une prolifération de phytoplancton entraîne un phénomène appelé *bloom* ou efflorescence. Cette concentration, naturelle ou liée à la pollution du milieu, provoque une coloration de l'eau.

La chlorophylle, présente dans les cellules végétales, est alors accompagnée d'autres pigments qui captent une partie de la lumière et améliorent le rendement de la photosynthèse.

Photos de blooms, rétroéclairés

- Bloom de l'espèce Alexandrium monilatu, à Gloucester Point, Virginie, USA, © Dr. Wolfgang K. Vogelbein,

Professor of Marine Science, Virginia Institute of Marine Science, The College of William and Mary, Gloucester Point, Virginia, août 2015

- Microalgue Alexandrium monilatu, © FWC Fish & Wildlife Research Institute CC BY-NC-ND 2.0, Contient de la chlorophylle, pigment vert de tous les organismes du phytoplancton

- -Bloom de l'espèce *Trichodesmium sp.,*© National Geographic Image Collection / Alamy Stock Photo
- Cyanobactérie *Trichodesmium sp., © MNHN Charlotte Duval,* Contient de la **phytocyanine**, pigment bleu
- Bloom de l'espèce *Pyrocystis noctiluca,* © Purestock / Alamy Stock Photo
- Microalgue *Pyrocystis noctiluca, © MNHN Charlotte Duval,* Contient de la **caroténoïde**, pigment de couleur jaune à rouge

Le phytoplancton - Microscopique mais essentiel



Comme tous les végétaux, le phytoplancton réalise la photosynthèse. Grâce à l'énergie lumineuse qu'il capte, il transforme le CO2 et l'eau en glucides tout en produisant de l'oxygène. Alors qu'il ne représente qu'1 % de la masse végétale totale de la planète, le phytoplancton produit plus de la moitié de l'oxygène sur Terre!

Schéma en relief et texte en braille expliquant la photosynthèse.

TOUT EST BON DANS LE PLANCTON!

Le phytoplancton constitue de véritables « pâturages » océaniques « broutés » par le zooplancton, luimême mangé par de plus gros animaux. Le réseau trophique compte aussi d'autres acteurs : les bactéries qui décomposent la matière et les virus qui les régulent. Les liens entre proies et prédateurs sont multiples !

Multimédia : Qui mange qui ?

Suivez les instructions et les indices pour reconstituer le réseau alimentaire.

Le phytoplancton est mangé par le zooplancton qui est mangé par la sardine.

La sardine est mangée par le thon, le phoque et l'humain.

Le thon est mangé par l'humain et par l'orque.

Le phoque est mangé par l'orque.

Les cadavres d'orque et de phoque sont mangés par des décomposeurs : crabes et bactéries.

De même, les cadavres de crabes sont mangés par les bactéries.

Et si le phytoplancton disparaissait?

Toute le réseau alimentaire disparaît. Et l'humain devrait trouvé d'autre ressources.

Le phytoplancton, d'une part, participe à l'oxygénation de l'eau et de l'air. D'autre part, le phytoplancton permet de piéger le dioxyde de carbone. Si ce dernier disparaît les taux d'oxygène et de dioxyde de carbone serait modifiés et ne permettrai plus aux animaux terrestres (dont l'humain) de respirer.

Jeu - Quel est ce plancton?

Assurez-vous que toutes les cartes de votre jeu sont relevées. Sélectionnez un plancton dans la réserve, à droite et posez-le sur le présentoir, en face de vous. Devinez le plancton choisi par votre compagnon de jeu en posant des questions : Forme ? Couleur ? Nombre de « pattes » ? Seules les réponses **oui** ou **non** sont autorisées, une question à la fois, chacun son tour. Rabattez les cartes qui ne correspondent pas au plancton que vous devez deviner jusqu'à ce qu'il n'en reste qu'une. Si c'est la bonne, c'est gagné!



Organismes à identifier dans le jeu :

(1) Microplasticus Micro particules de plastique Microplasticus sp.

Ceci n'est pas un organisme vivant. Cette « espèce » hautement invasive absorbe, telle une éponge, toutes sortes de polluants. Avalés par les organismes du plancton, elle s'immisce durablement dans le réseau alimentaire.

(2) Cavolinia inflexa / Zooplancton Mollusque volant Cavolinia inflexa

Ce ptéropode à la coquille et au corps transparents dispose de deux grandes nageoires en formes d'ailes, qui lui donnent l'air d'un hélicoptère lorsqu'il nage. L'acidification de l'océan met en péril la fabrication de leurs coquilles.

(3) LarveCrabe / Zooplancton Crabe en devenir...

À qui sont ces gros yeux ? À une larve de crabe, joliment appelée zoé. Elle quittera le zooplancton après de nombreuses mues et métamorphoses. Ses épines acérées découragent les prédateurs de l'approcher.

(4) Oceania / Zooplancton Star planctonique Oceania sp.

Les méduses sont les animaux les plus connus du plancton ! D'apparence fragile, elles ont survécu à plusieurs extinctions. Celle-ci est une proche cousine de la méduse *Turritopsis*, réputée immortelle ! (5) Spongodiscus / Zooplancton Comme des étoiles *Spongodiscus sp.*

Les fines extensions des radiolaires leur permettent d'explorer leur environnement et de détecter leurs proies. Depuis 500 millions d'années, leurs squelettes ont fossilisé au cours des temps permettant ainsi de dater les couches géologiques.

(6) Phronima / Zooplancton Alien planctonique Phronima sp.

Cet étrange animal est entouré d'un tonneau qu'elle fabrique à partir d'animaux gélatineux. Rare chez les crustacés : elle y pond et élève ses petits ! Son apparence a inspiré l'un des monstres du film Alien.

(7) Sapphirina / Zooplancton Roi du plancton Sapphirina sp.

Les copépodes sont les organismes les plus abondants du zooplancton. Ils broutent de 10000 à 100000 diatomées par jour ! Pour cela, ils se rapprochent de la surface en journée puis redescendent la nuit pour se protéger dans les profondeurs.

(8) Bolinopsis/ Zooplancton Guirlande lumineuse Bolinopsis mikado

Les milliers de cils géants disséminés tout le long du corps des cténophores réfléchissent la lumière, leur donnant ainsi des allures de guirlande! Ils leur permettent de se propulser et de réaliser de spectaculaires acrobaties.

(9) Coscinodiscus / Phytoplancton Fournisseur d'oxygène Coscinodiscus sp.

À partir de la silice dissoute dans l'eau, les diatomées se fabriquent une enveloppe en verre. Transparente, elle permet aux chloroplastes de capter la lumière et de réaliser la photosynthèse. Elles produisent un quart de l'oxygène de la planète!

(10) Ceratium ranipes / Phytoplancton Main verte Ceratium ranipes

Au lever du soleil, ce petit dinoflagellé se fait pousser des doigts remplis de chloroplastes. Il capte ainsi un maximum de lumière et optimise la photosynthèse. À la nuit, ses doigts se rétractent et il rejoint les profondeurs.

(11) Protiste foraminifère Paléoclimatologue Foraminifera

Les foraminifères - un groupe d'une grande diversité – constituent des couches sédimentaires de plusieurs milliers de mètres par endroits. Leur étude permet de documenter les climats qui régnaient sur Terre au moment de leur dépôt.

(12) Cyanobacterie / Bactérie Une bouffée d'oxygène Cyanobacteria

Parmi les <u>premières</u> formes de vie apparues sur terre, les cyanobactéries sont les <u>premières</u> à réaliser la photosynthèse. En rejetant massivement de l'oxygène lors de ce processus, elles ont contribué à former notre atmosphère.

A-LE PEUPLE DES PROFONDEURS



Malgré l'obscurité, la pression ou la température, de multiples et diverses formes de vie s'épanouissent dans les grandes profondeurs.

Audiovisuel « Le peuple des profondeurs » - 4 min - Muet

Montage: Evantias Chaudat, MNHN

Crédits images: © Avec l'aimable autorisation du Monterey Bay Aquarium Research Institute (MBARI - institut de recherche privé non lucratif où des scientifiques et des ingénieurs travaillent ensemble afin de développer de nouveaux outils et méthodes pour l'étude de l'océan) © Avec l'aimable autorisation du OET/Nautilus Live, nautiluslive.org / B. Phillips (URI) et D. Gruber (CUNY/Baruch College) / National Geographic © BBC, extraits de The Blue Planet – The Deep (2001) © HBOI © CNRS / Ifremer, extraits de Abysses, les alliances des profondeurs (2014), réal. Jean-Yves Collet

Lorsqu'on s'enfonce profondément sous la surface, l'obscurité, les basses températures, les fortes pressions, l'apport limité de nourriture créent un milieu a priori peu propice à l'épanouissement de la vie. On imagine quelques rares organismes n'ayant pas évolué depuis la nuit des temps. La réalité est tout autre : il y a de la vie dans les grandes profondeurs en diversité et en quantité! L'évolution y est dynamique et connectée au reste du monde marin.

Les fonds marins ne sont pas un grand désert tout plat - Schéma en relief et en braille

Les plaines abyssales (relief le plus répandu) sont couvertes de sédiments fins et de formations rocheuses. La densité des organismes y est faible mais on compte une grande diversité d'espèces notamment de petites tailles.

Les dorsales océaniques forment une chaîne de montagnes sous-marines qui s'étend sur plus de 64 000 km. C'est principalement ici qu'on trouve les sources hydrothermales, riches en minéraux qui alimentent de véritables oasis de vie.

Les monts sous-marins sont des reliefs qui s'élèvent à plus de 1 000 m au-dessus du plancher océanique sans atteindre la surface. On en connaît près de 10 000 mais on estime en avoir exploré moins de 1%. Leurs sommets et versants abritent une faune diverse et parfois abondante.

Les fosses océaniques sont des dépressions abyssales longues, étroites et profondes, liées aux mouvements des plaques tectoniques. Ces milieux hébergent certainement quantité d'organismes encore ignorés de la science.

Chiffres clefs associés au schéma

4 809 m Mont-Blanc

324 m Tour Eiffel

0 > - 200 m Zone exposée à la lumière solaire

- 4 300 m Profondeur moyenne de la plaine abyssale
- 11 000 m Fosse des Mariannes, point le plus profond jamais exploré



DANS L'OBSCURITÉ DES PROFONDEURS



Certaines espèces produisent de la lumière. D'autres en détectent de petites quantités ou se repèrent grâce aux odeurs, aux vibrations.

Dans les profondeurs, quantité d'organismes brillent de mille feux ! Ce phénomène de bioluminescence – résultant d'une réaction chimique – leur permet de s'éclairer, d'attirer des proies, se camoufler ou encore communiquer. Certaines espèces tirent plutôt profit d'odeurs et de vibrations pour se déplacer et repérer leurs proies. D'autres encore, dotées de gros yeux ultrasensibles, sont capables de détecter d'infimes quantités de lumière.

Spécimens

Requin lézard Chlamydosechalus anguineus vit jusqu'à – 1300 m / Large répartition, sauf Océan Indien / Coll. Muséum de Nantes
Ce requin est doté d'une ligne latérale, dans laquelle des cellules mécano-réceptives sont exposées à l'eau de mer environnante. Elles lui permettent d'améliorer sa sensibilité aux mouvements infimes de ses proies.

Grenadier rude Trachyrinchus scabrus vit jusqu'à - 1700 m / Atlantique Est et Méditerrannée / Coll. Muséum de Nantes Ce grenadier est reconnaissable par son énorme tête et son long « museau » pointu. Grâce à ses grands yeux adaptés à l'obscurité, il est capable de percevoir la moindre variation de la luminosité. **Hache d'argent à épines** *Argyropelecus aculeatus* vit jusqu'à - 2000 m / Large répartition / *Coll. Muséum de Nantes*

La nuit, lorsque ce poisson remonte pour se nourrir, il se distingue sur le fond bleuté de la surface. Pour se camoufler, il dispose de photophores ventraux qui produisent une lumière qui le dissimule aux yeux des prédateurs.

Chimère commune *Chimaera monstrosa* vit jusqu'à - 1400 m - Océan Atlantique Est / *Coll. Muséum de Nantes*

Ces yeux sont équipés d'une couche réfléchissante qui, en augmentant la quantité de lumière captée par la rétine, lui confère une sensibilité accrue. Cette couche appelée *tapetum lucidum* est également présente chez les chats.

Audiovisuel « Brillantes espèces »- 3 min 30 – Muet

Scénario : Certaines espèces des milieux profonds présentent des caractéristiques étonnantes : tapetum lucidum, yeux mobiles, bactéries bioluminescentes..., qu'ils mettent à profit pour communiquer, chasser, se camoufler... dans l'obscurité des profondeurs.

© MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2019

DES OASIS DE VIE!

Autour des sources hydrothermales, la matière organique n'est plus synthétisée à partir de la lumière, mais des minéraux qu'elles produisent.

Par rapport au reste du milieu profond, les sources hydrothermales sont de véritables oasis de vie ! On y rencontre des espèces qui ne dépendent pas de la surface pour s'alimenter. L'énergie à la source de la vie n'est pas ici la lumière mais les minéraux expulsés par les fluides surchauffés. Des bactéries utilisent cette énergie pour synthétiser de la matière organique : c'est la chimiosynthèse, point de départ d'un réseau alimentaire original.

Spécimens

Ver tubicole géant *Riftia pachyptila* vit jusqu'à - 2850 m / Océan Pacifique / *Muséum de Nantes (Sculpture Thierry Boisgard)*

Ce ver géant, emblématique des sources hydrothermales du Pacifique Est, est dépourvu de bouche et de tube digestif. Il se nourrit grâce aux bactéries qu'il abrite et qui libèrent dans son corps la matière organique dont il a besoin.



Gastéropodes des sources hydrothermales

Alviniconcha hessleri , Ifremeria nautiliei vivent vers - 2500 m / Région Indo-Pacifique / MNHN, Paris

Représentants de la faune hydrothermale de l'Océan Indien Est et Pacifique Ouest, ces gastéropodes vivent en colonies : *Alviniconcha* vit près des sources, où la température et la concentration de sulfures sont élevées, alors qu'*Ifremeria* s'installe plus à distance.

Palourde des sources hydrothermales *Calyptogena magnifica*

vit jusqu'à - 2 650 m / Océan Pacifique / MNHN, Paris (impression 3D)

Cette palourde est caractéristique des formes géantes des sources hydrothermales. Elle vit en colonies denses, et abrite dans ses branchies des bactéries qui lui procurent une nourriture abondante lui permettant de croître rapidement.

Crabe des sources hydrothermales *Cyanagrae predator*

vit jusqu'à - 2500 m / Pacifique Est / MNHN, Paris Surnommé « crabe des fumeurs », ce gros crustacé, endémique de la dorsale du Pacifique Est, vit sur la paroi des cheminées actives des sources hydrothermales. Il y est l'un des principaux prédateurs, se nourrissant de cadavres ou d'animaux vivants (vers, mollusques...).

AU MENU DES GRANDS FONDS

Plus de lumière, plus de photosynthèse, plus de production de matières organiques. La nourriture (restes ou cadavres) vient d'en haut.

Sans lumière, pas de possibilité de produire de la matière organique par photosynthèse. Ce sont les restes d'organismes provenant des étages supérieurs qui alimentent la plupart des espèces de l'océan profond. Cette pluie continue de détritus est appelée « neige marine ». Parfois, le cadavre d'un grand animal marin constitue une véritable aubaine, qui va profiter aux

Parfois, le cadavre d'un grand animal marin constitue une véritable aubaine, qui va profiter aux charognards et à diverses espèces spécialisées selon un ballet bien orchestré.

Spécimens

Crustacé isopode Bathynomus giganteus vit jusqu'à - 2 100 m - Golfe du Mexique et Océan Indien / MNHN, Paris (impression 3D) Sa grande taille — la plupart des isopodes ne dépassant pas 1 cm - lui permet de prospecter de vastes zones à la recherche de cadavres. En période faste, il peut stocker des réserves de graisse qui lui permettront de patienter jusqu'au prochain festin.

Crabe-araignée du Japon *Macrocheira kaempferi* vit jusqu'à - 600 m – Océan Pacifique / *Muséum de Nantes (moulage)*

C'est le plus grand arthropode vivant. Incapable de nager, il se déplace sur les fonds marins à la recherche de sa nourriture qui se compose principalement de carcasses d'animaux, de crustacés, de mollusques et d'algues.



Audiovisuel « Un banquet inattendu » – 2 min – Muet

Scénario: Dans les profondeurs, la nourriture est rare et souvent en provenance des étages supérieurs. Un cadavre de baleine échoué sur la plaine abyssale représente un apport massif, mis à profit par toutes sortes d'espèces: opportunistes, charognards spécialisés, formes géantes, poissons à la gueule extensible... © MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2019

POUR VIVRE HEUREUX, VIVONS FIXÉS!

Au niveau des monts sous-marins, les courants favorisent l'émergence d'espèces fixées et d'animaux qui y trouvent un refuge.

En faisant obstacle aux courants, les monts sous-marins créent des remontées d'eaux riches en minéraux qui favorisent la photosynthèse et augmentent les retombées de matière organique sur leurs sommets et leurs versants.

Ils sont l'habitat privilégié d'une grande diversité d'espèces qui vivent fixées sur les rochers et se nourrissent de cette abondante « neige marine ». Nombre d'entre elles servent de refuges à d'autres animaux.

Spécimens

Éponge abritant des organismes Oceanapia sp., MNHN, Paris

Divers organismes ont élu domicile à la surface et à l'intérieur de cette éponge : bryozoaires, éponges, ascidies, crustacés... mais aussi de nombreuses communautés bactériennes spécialisées.

Oursin des monts sous-marins Cidaridae, MNHN, Paris

Des vers et des balanes ont trouvé refuge sur les piquants de cet oursin. Pour ces

espèces, cet habitat mobile est un moyen de coloniser des zones sédimentaires, sur lesquelles elles ne peuvent se fixer.

Poisson empereur Hoplostethus atlanticus, MNHN, Paris

L'abondance de nourriture sur les monts sousmarins attire de nombreux poissons, dont l'hoplosthète. Capable de vivre plus de 100 ans, il atteint sa maturité sexuelle à 25 ans, ce qui le rend vulnérable à la pêche en eaux profondes.

Corail profond des monts sous-marins

Antipatharia, MNHN, Paris

En profondeur vivent différents groupes de coraux qui peuvent former d'impressionnants récifs. Contrairement à leurs cousins tropicaux, ils ne s'associent pas avec des algues mais se nourrissent de plancton.



B-LES HABITANTS DU FROIDS

Audiovisuel « Les habitants du froid » – 1 min 30 - Muet

Montage: Evantias Chaudat, MNHN

Extraits de Antarctica, sur les traces de l'Empereur (2017)

Réalisation Jérôme Bouvier

Coproduction Paprika Films, Wild-Touch Productions, ARTE France, Andromède

Océanologie, CNRS Images

Avec le soutien institutionnel des TAAF et de l'IPEV et en partenariat avec Blancpain

CE FILM A ÉTÉ RÉALISÉ À LA STATION DUMONT D'URVILLE, TERRE ADÉLIE, ANTARCTIQUE AVEC L'AIDE DES ÉQUIPES ET DE LA LOGISTIQUE DE L'INSTITUT POLAIRE FRANÇAIS PAUL-ÉMILE VICTOR ET DES TERRES AUSTRALES ET ANTARCTIQUES FRANÇAISES.

SOUS LA GLACE, UNE EXPLOSION DE VIE!



Malgré le froid, l'océan Austral abrite une faune abondante, dont certaines espèces qu'on ne trouve nulle part ailleurs.

Les eaux glaciales de l'océan Austral abritent une vie foisonnante. Sur le fond, on découvre une faune particulièrement diversifiée et abondante : des espèces d'éponges, étoiles de mer, oursins, crustacés qui, pour beaucoup, ne sont

connues dans aucune autre région du monde.

Ces espèces dites « endémiques » sont sans doute le fruit d'une longue histoire évolutive liée, en partie, à l'isolement de l'océan Austral.

Un océan à part

Au sein de l'océan global, l'océan Austral est le seul qui ne soit pas délimité par des continents. Il entoure l'Antarctique au sud et est limité au nord par le « front polaire ». Les eaux froides australes et les eaux plus chaudes de la région subantarctique s'y rencontrent et créent des conditions favorables à la vie. Autre caractéristique remarquable : l'océan Austral est parcouru par le courant le plus puissant du monde, le courant circumpolaire antarctique, qui constitue une barrière écologique infranchissable pour de nombreux organismes.

Schéma légendé de l'océan austral en relief et en braille Les flèches indiquent les courants marins.

TAILLES XL

L'isolement de l'océan Austral, le métabolisme, la durée de vie des animaux des eaux froides contribueraient au gigantisme de certains d'entre eux.



Le gigantisme de certains animaux des eaux froides aurait plusieurs explications. La plupart d'entre eux ont un métabolisme lent, une maturité sexuelle tardive et une longue durée de vie, ce qui leur permettraient d'atteindre des tailles record. Ils pourraient également être favorisés par le taux très élevé d'oxygène dans ces eaux glacées.

Sans oublier l'isolement de l'océan Austral qui, , comme dans certaines îles, contribuerait à l'émergence de formes géantes.

Spécimens

Pycnogonide géant *Colossendeis sp.* (voir photo) Voici un bel exemple de gigantisme polaire! En Antarctique, les pycnogonides, arthropodes marins aux pattes démesurées, atteignent de très grandes tailles, alors que dans les autres régions du monde, ils ne dépassent pas le centimètre. *Muséum national d'histoire naturelle, Paris*

Crustacés isopodes *Ceratoserolis trilobitoides, Glyptonotus antarcticus*

Le fond de l'océan Austral abrite peu de crabes et de crevettes mais des crustacés isopodes (dont les pattes sont toutes égales) en abondance. Ces organismes, cousins de nos cloportes, prennent ici des formes géantes alors qu'ils mesurent environ 1,5 à 2 cm sous nos climats. *Muséum national d'histoire naturelle, Paris*

Cloporte Armadillidium sp.

Les isopodes (dont les 14 pattes sont identiques) forment un groupe très varié et comptent environ 10 000 espèces. Parmi elles, le cloporte est un isopode terrestre. Il est présenté ici en comparaison des formes géantes de l'océan Austral. *Muséum de Nantes (inclusion)*

PARÉS CONTRE LE GEL

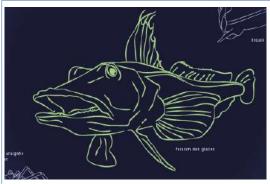
Les poissons des glaces produisent des protéines anti-gel, leur permettant de résister à des températures en dessous de 0°C.

Dans l'océan Austral, l'eau peut atteindre des températures proches de - 2°C mais le sel qu'elle contient l'empêche de geler. Le sang des poissons — moins chargé en sel que l'eau de mer — devrait en théorie geler en dessous de 0°C. Ils résistent pourtant à la congélation. Leur secret ? Ils produisent des protéines antigel qui se lient aux microcristaux de glace dès leur formation et les empêchent de grossir dans l'organisme.

Spécimen: Poisson des glaces Champsocephalus gunnari

Les poissons des glaces sont exceptionnels à plus d'un titre! Leur sang, blanc laiteux, est dépourvu d'hémoglobine. L'oxygène — très abondant dans les eaux antarctiques — diffuse passivement à travers leur peau fine et sans écailles puis va alimenter les organes grâce à leur système cardio-vasculaire hyper développé.

Muséum des sciences naturelles / Institut royal des sciences naturelles de Belgique



Multimédia : Vivre sous la glace

Comparons le poisson des glaces et le merlu. Pourquoi le premier peut-il vivre dans les mers glaciales et pas le second ? Faites glisser le curseur sur les 2 poissons et lisez les instructions pour découvrir les réponses.

Conclusion : chez les poissons des glaces, le sang n'a pas d'hémoglobine. L'oxygène diffuse à travers leur peau puis passe dans les organes grâce à leur système cardiovasculaire hyper développé. Ils produisent également des protéines antigel.

Dessin: Lucile Fond.

BÉBÉS À BORD

Pour résister au froid, certaines larves vont rester sous protection ou au contact d'un parent jusqu'à ce qu'elles deviennent juvéniles.

Autre originalité des fonds antarctiques : des formes dites « incubantes ». Chez ces espèces, les larves ne sont pas libérées dans l'eau pour se développer loin des parents, comme ailleurs. Elles vont, au contraire, rester au contact du corps d'un parent ou dans des poches de protection jusqu'à ce qu'elles deviennent juvéniles. Ce n'est qu'à ce stade, qu'elles quitteront leur parent et adopteront le mode de vie des adultes.

Spécimens

Étoile de mer avec ses juvéniles

Leptychaster kerquelensis

Cette étoile de mer, présente au large des îles Kerguelen, est « incubante ». Ses petits peuvent se répartir sur tout son corps. Chez d'autres étoiles de mer, les juvéniles vont se nicher au centre, à proximité de la bouche. *Muséum national d'histoire* naturelle, Paris (impression 3D)



Oursin femelle Abatus cordatus

Ces oursins sont dits « kangourous ». Les femelles gardent les juvéniles à l'abri dans des poches de protection, sous leurs piquants. Ils en sortiront après plusieurs mois d'incubation. *Muséum national d'histoire naturelle, Paris*

Oursin mâle Abatus cordatus

Ces oursins, débarrassés de leurs piquants, permettent de bien distinguer le mâle de la femelle. L'oursin mâle ne possède pas les 4 poches creusées dans le test (squelette) permettant d'abriter les petits chez la femelle. Muséum national d'histoire naturelle. Paris

Photo: Les tests vides (coques internes) des oursins mâle et femelle sont présentés, ici. Le test contient les organes et est recouvert de peau et de piquants, quand l'animal est vivant.

PARTICULES ALIMENTAIRES

Pour se nourrir, les espèces fixées sur les fonds antarctiques filtrent l'eau et piègent les microorganismes en suspension.

Lorsque l'on vit fixé sur les fonds antarctiques, savoir capter la moindre particule nutritive en suspension est vital. Pour ces espèces dites « suspensivores », toutes les stratégies sont bonnes pour filtrer l'eau et piéger les microorganismes. Bien que très majoritaire dans l'océan Austral, ce régime n'est pas partagé par tous. Certaines étoiles de mer, ophiures, pycnogonides ou vers géants sont plutôt prédateurs.

Spécimens



Corail bubblegum Paragorgia arborea
Ce corail bubblegum dispose de petits tentacules
pour capter le plancton qui dérivent au gré du
courant. Ses habitudes alimentaires le distinguent
des coraux tropicaux, qui s'associent à des algues
photosynthétiques pour se nourrir. Muséum national
d'histoire naturelle, Paris

Étoile de mer Hippasteria phrygiana
Cette prédatrice s'attaque à toutes sortes de
proies : coraux, mollusques, poissons, animaux
morts... Dépourvue de dents et de mâchoires, elle
sort son estomac par la bouche et en recouvre sa
victime. Muséum - Aquarium de Nancy

Audiovisuel « Festin sous la glace » – 1 min 30 – Muet

Scénario : Un cadavre de phoque représente un réel festin pour les espèces carnivores ou nécrophages de l'Antarctique. Ici, étoiles de mer et vers némertes.

© MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE, 2019



Bien que menacés, les organismes marins possèdent des propriétés étonnantes, dont l'humanité pourrait s'inspirer dans des domaines variés.

La surexploitation du milieu marin fait peser une grave menace sur ses habitants. Une nouvelle façon de considérer l'océan est aujourd'hui indispensable et peut mener à de belles découvertes.

L'étude des organismes marins a déjà permis d'identifier des molécules aux propriétés prometteuses et a inspiré une multitude d'innovations dans des domaines variés. Et il reste encore beaucoup à découvrir ...

DE L'OCÉAN AUX MÉDICAMENTS

Les organismes marins vivent dans un milieu très compétitif et assurent leur survie, entre autres, par la transmission de signaux chimiques. Certains d'entre eux ont développé un arsenal puissant pour se défendre. Les scientifiques étudient les propriétés de ces molécules pour des applications médicales.

Une étonnante chimiodiversité / En tête de classement

Chaque année, 200 nouvelles molécules d'intérêt pharmacologique ou cosmétique sont identifiées à partir d'éponges marines. Parmi elles, l'Éribuline et la Cytarabine agissent comme anticancéreux, la Vidarabine comme un antiviral contre les herpès et la Leucettamine B pourrait retarder l'apparition de l'Alzheimer.

Spécimen : **Éponge** Hippospongia sp. / Muséum de Nantes

Un venin qui fait du bien!

Le cône magicien capture ses proies en les paralysant, à l'aide d'un venin très puissant, en moins d'une seconde. En travaillant sur son venin, les biologistes ont découvert une molécule qui désactive certains récepteurs de la douleur.

Prialt, issu des recherches sur le venin du cône magicien, permet de traiter des douleurs résistantes à d'autres molécules. Il est 1000 fois plus puissant que la morphine!

Spécimen : **Cône magicien** Conus magus / Muséum de Nantes

L'hémoglobine universelle

Ce ver marin peut vivre hors de l'eau sans respirer pendant 6h, car son hémoglobine est 40 fois plus chargée en oxygène que celle des humains. De plus, elle est compatible avec tous les groupes sanguins. **HEMO2life®**, contenant une solution d'hémoglobine issue du ver arénicole, est utilisée pour la conservation d'organes destinés à la transplantation.

Spécimen : Ver arénicole Arenicola marina / Muséum de Nantes



Les œufs de la découverte

Les œufs d'étoiles de mer, gros et transparents, sont de parfaits modèles pour observer les cellules. C'est ainsi que la roscovitine a été découverte en 1995. Cette molécule inhibe les kinases, impliquées dans la division cellulaire, et pourrait limiter les effets secondaires des AVC, améliorer le traitement de la mucoviscidose et l'arthrite. Études en cours ...

Spécimen : **Étoile de mer** Protoreaster nodosus / Muséum de Nantes



FORMES INSPIRANTES

Considérée comme l'outil de la prochaine révolution industrielle, la bioinspiration repose sur l'étude des formes dans la nature afin de créer de nouvelles architectures. Elle est aussi à l'origine d'inventions dans de nombreux domaines.

Jeu : ces organismes ont des formes très inspirantes, observezles attentivement !

Pour chacun d'eux, saurez-vous retrouver la bioinspiration correspondante ?

Oursin diadème / Sculpture réalisée par Michelle Cainjo

Sur le clapet	Sous le clapet
Laquelle de ces inventions a trouvé son inspiration chez cet échinoderme ? (Réponse en soulevant le clapet)	Une nurserie artificielle Les oursins diadèmes offrent une protection à de petits organismes qui se réfugient entre leurs piquants. Ce principe a été repris pour créer des nurseries artificielles dans des zones côtières endommagées permettant ainsi d'offrir un refuge à de nombreuses autres espèces.
2 photos : Une nurserie artificielle marine © Seaboost - Élodie Rouanet - Gis Posidonie et une aiguille médicale © Terumo	Illustration

Corbeille de Vénus *Euplectella sp. / Muséum de Nantes*

Sur le clapet	Sous le clapet
Laquelle de ces deux réalisations architecturales a trouvé son inspiration dans cette éponge ? (Réponse en soulevant le clapet)	Le Gherkin ou Cornichon de Londres Sa structure n'est pas sans rappeler celle de la Corbeille de Vénus. Cette éponge constituée d'un matériau très fragile (des spicules de silice) n'en est pas moins flexible et très résistante : un véritable modèle architecturale.
2 photos : Gherkin © Meunierd / Shutterstock + Tour Eiffel © Taxiarchos228/ CC BY 3.0	Illustration

Nautile Nautilus sp. / Prêt Cécile Daval-Hommery

Sur le clapet	Sous le clapet	
Lequel de ces engins sous-marins a trouvé	é La soucoupe plongeante de Cousteau	
son inspiration dans ce mollusque	En envoyant du gaz dans ses loges remplies d'eau, le nautile	
céphalopode ?	provoque un courant et donc un phénomène de propulsion :	
(Réponse en soulevant le clapet)	c'est comme cela qu'il se déplace. Selon le même principe,	

	l'engin d'exploration aspire l'eau et la rejette sous pression.
2 photos : Nautilus de J.Verne © Bridgeman et Soucoupe plongeante de Cousteau ©	Illustration
Davis Meltzer/National Geographic/Getty Images	

MATÉRIAUX INNOVANTS

Au contraire des procédés utilisés par l'industrie chimique, les organismes vivants créent des matériaux à température et pression ambiante, sans création de déchets toxiques. Une chimie bio-inspirée permet de fabriquer de nouveaux matériaux en suivant une démarche plus naturelle, à partir d'atomes compatibles avec le vivant.



L'ormeau et la nacre

La coquille de l'ormeau doit sa très grande résistance à sa structure en millefeuille qui lui permet de répartir les chocs sans se briser. En 2014, un laboratoire lyonnais a réussi à fabriquer un nouveau matériau bioinspiré, une nacre artificielle dix fois plus rigide qu'une céramique classique. Elle pourrait être utilisée dans des domaines tels que la construction, l'aviation ou la conception d'engins spatiaux.

Spécimen: Ormeau Haliotis / Muséum de Nantes

Les diatomées et le verre

Pour créer la coque qui les entoure, les diatomées fabriquent du verre à température ambiante. Un modèle à copier au regard de notre processus de fabrication du verre qui nécessite des températures très élevées. C'est chose faite avec la confection d'un film mince, utilisé pour ses propriétés anti-reflets et pour la fabrication d'implants osseux permettant une régénération deux fois plus rapide.

Sculptures en verre marin de Lucile Viaud - Diatomées :

- Planothidium (grossi X 10 000)
- Chaetoceros (grossi X 3 000)

Le corail et le béton vert

Pour constituer son squelette, le corail transforme le carbone dissous dans l'eau en minéral.

Une entreprise américaine s'en est inspirée pour mettre au point un béton moins polluant. Elle utilise pour cela un procédé qui permet de capter le CO2 provenant d'usines à proximité, et de le séquestrer dans le ciment, principale source de pollution, de par ses émissions de gaz à effet de serre, dans la fabrication du béton.

Spécimen : **Corail** *Lobophyllia cristata / Muséum de Nantes*

L'HYDRODYNAMISME DANS TOUS SES ÉTATS

4 milliards d'années de recherche et de développement font du vivant un réservoir d'innovation potentielle. Les organismes marins inspirent de nombreuses applications liées à la mécanique des fluides.

Jeu - Ces espèces sont bien plus hydrodynamiques qu'elles n'en ont l'air... De quoi inspirer les ingénieurs! Tournez les rouleaux et tentez d'associer l'organisme à sa bioinspiration.

Organisme (Photo et Texte)	Bioinspiration (Photo et Texte)
(1) Baleine à bosse Malgré sa taille, la baleine à bosse est très hydrodynamique. Les bosses situées le long de ses nageoires facilitent l'écoulement de l'eau. © Mario Lopes Ferreira / CC BY-SA 4.0	(B) Éolienne Suivant ce principe, le bord lisse de certaines éoliennes pourrait être remplacé par un bord bosselé plus efficace et moins bruyant. © WhalePower Corporation, photo by Joe Subirana and Carmen Dunjko/Pod10
(2) Poisson coffre La forme cubique du poisson coffre lui confère une agilité insoupçonnée. De quoi inspirer un constructeur automobile! © Stubblefield Photography / Shutterstock	(D) Voiture Le concept du <i>Bionic car</i> , à la fois léger, rigide, profilé, spacieux et économe en carburant, lui doit beaucoup! © NatiSythen / CC BY-SA 3.0
(3) Requin Les surfaces lisses ne sont pas forcément les plus hydrodynamiques : pour preuve, la peau des requins est recouverte de denticules ! © Megablaster / Shutterstock	' ' ' ' ' '
(4) Anguille En ondulant de tout son corps, l'anguille nage très vite sans dépenser beaucoup d'énergie. © Rostislav Stefanek / Shutterstock	(C) Hydrolienne Cette nage a inspiré une nouvelle hydrolienne, capable de produire de l'énergie en ondulant sous l'effet d'un courant, même très faible. © Eel Energy

(Solution: 1B - 2D - 3A - 4C)

<u>Conclusion</u> <u>Vidéothèque</u>

Audiovisuel « Océan insolite » - Océan menacé - 5 min- 1 écran

Si l'océan est une source de surprises, il est aussi gravement menacé. Nous avons demandé à deux personnalités ayant un lien privilégié avec le milieu marin d'en témoigner, entre souvenirs sensibles et inquiétudes pour le futur.

- Isabelle Autissier, navigatrice et présidente du WWF-France
- Bruno David, biologiste marin et président du Muséum national d'histoire naturelle

Conception : Service des expositions, MNHN

Tournage : Ollie Ship Production

Post-production: Evantias Chaudat, MNHN

Montage Version Nantaise: Gleech

Vignette Langue des Signes Françaises : TIC 44

Deux thématiques vous sont proposées : la bioinspiration et les menaces - 2 postes

BIOINSPIRATION

9 vidéos pour monter comment l'Océan inspire l'humain.

Source: Leblob.fr / Universcience

Biomimétisme, le vivant comme modèle – 2019 – 5min37

https://leblob.fr/videos/biomimetisme-le-vivant-comme-modele

Avec 4 milliards d'années de recherche et développement, le vivant est un fabuleux réservoir d'innovations! Pas étonnant que l'Homme ait cherché à s'en inspirer: cette démarche s'appelle le biomimétisme.

Réalisation: Thomas Marie

Production : La Belle Société production / EPPDCSI-Universcience / MNHN / Ceebios / Ministère de la Transition écologique et solidaire / IRD / Région Nouvelle-Aquitaine / Région Sud / Région Bretagne / Communauté d'Agglomération Pays Basque / Institut des Futurs souhaitables

Une architecture très (bio)inspirée – 2020 – 4 min37

https://leblob.fr/videos/une-architecture-tres-bioinspiree

Au cours de son évolution, le monde vivant a développé des enveloppes aux propriétés étonnantes (régulation thermique, isolation, récupération d'eau...). Ces technologies uniques inspirent aujourd'hui de nombreux architectes.

Réalisation : Thomas Marie

Production : La Belle Société production / EPPDCSI-Universcience / MNHN / Ceebios / Ministère de la Transition écologique et solidaire / IRD / Institut des Futurs souhaitables / Région Nouvelle-Aquitaine / Région Sud / Région Bretagne / Communauté d'Agglomération Pays Basque / CNRS

Le verre des diatomées – 2016 – 4min59

https://leblob.fr/environnement-nature/le-verre-des-diatomees

Voici des algues microscopiques, dans le plancton marin, qui présentent une particularité incroyable : elles s'entourent d'une coque en verre pour se protéger, verre qu'elles fabriquent ellemêmes à partir de la silice de l'eau. Peut-on aujourd'hui fabriquer du verre dans les mêmes conditions ?

Réalisation: Pascal Moret, Jean-Philippe Camborde

Production : La Belle Société - Universcience - CNRS Images - Inserm - France Télévisions - MNHN - A way to

wake up - Ceebios - Ville de Senlis - Biomimicry Europa

Des fonds marins plus vivants - 2020 - 6min27

https://leblob.fr/videos/des-fonds-marins-plus-vivants

La biodiversité des fonds marins côtiers en Méditerranée a été gravement impactée depuis le 19e siècle par le déversement des eaux usées. Pour permettre à la faune et à la flore de revenir et de prospérer à nouveau, une société installe des récifs artificiels biomimétiques qui reproduisent les différents abris naturels nécessaires aux différentes espèces.

Réalisation: Thomas Marie

Production: La Belle Société production / EPPDCSI-Universcience / MNHN / Ceebios / Ministère de la Transition écologique et solidaire / IRD / Région Nouvelle-Aquitaine / Région Sud / Région Bretagne / Communauté d'Agglomération Pays Basque / Institut des Futurs souhaitables

Comme un poisson dans l'eau – 2016 – 3min51

https://leblob.fr/environnement-nature/comme-un-poisson-dans-leau-0

Les espèces marines comme l'anguille ont un mode de propulsion ondulatoire qui intéresse les ingénieurs. Ce mouvement naturel les inspire pour imaginer les hydroliennes du futur.

Réalisation: Pascal Moret, Jean-Philippe Camborde

Production : La Belle Société - Universcience - CNRS Images - Inserm - France Télévisions - MNHN - A way to wake up - Ceebios - Ville de Senlis - Biomimicry Europa

Une colle bio-inspirée – 2016 – 4min50

https://leblob.fr/environnement-nature/une-colle-bio-inspiree

Le ver marin construit son propre habitacle dans l'eau en agrégeant des grains de sable. L'escargot, quant à lui, adhère sur les surfaces humides grâce à sa bave. L'observation de ces

particularités inspirent les chercheurs qui travaillent sur des colles médicales non solubles dans le sang.

Réalisation : Pascal Moret , Jean-Philippe Camborde

Production : La Belle Société - Universcience - CNRS Images - Inserm - France Télévisions - MNHN - A way to wake up - Ceebios - Ville de Senlis - Biomimicry Europa

Des vaisseaux marins - 2016 - 4min31

https://leblob.fr/techno/des-vaisseaux-marins

La longue molécule de polysaccharide qui donne à l'algue marine toute sa souplesse et sa solidité pourrait remplacer des artères défectueuses. Ces vaisseaux artificiels doivent résister à des variations de pression importantes et être biocompatibles. Plusieurs essais sur un modèle animal s'avèrent concluants...

Réalisation : Pascal Moret , Jean-Philippe Camborde

Production : La Belle Société - Universcience - CNRS Images - Inserm - France Télévisions - MNHN - A way to wake up - Ceebios - Ville de Senlis - Biomimicry Europa

Des pesticides naturels issus des océans – 2019 - 5min13

https://leblob.fr/videos/des-pesticides-naturels-issus-des-oceans

Durant des milliards d'années, les algues ont développé des systèmes de défenses biologiques très efficaces. Des chercheurs racontent la mise au point de procédés entièrement naturels et biodégradables de lutte contre les maladies courantes qui endommagent les cultures agricoles.

Réalisation: Thomas Marie

Production : La Belle Société production / EPPDCSI-Universcience / MNHN / Ceebios / Ministère de la Transition écologique et solidaire / IRD / Région Nouvelle-Aquitaine / Région Sud / Région Bretagne / Communauté d'Agglomération Pays Basque / Institut des Futurs souhaitables

Des algues dans nos villes – 2015 – 4min57

https://leblob.fr/environnement-nature/des-algues-dans-nos-villes

Cultiver des microalgues sur les murs de nos villes, notamment pour capter le dioxyde de carbone ? tel est le concept développé par Olivier Scheffer (XTU Architects) et Jérémy Pruvost (Université de Nantes). Ainsi nos biofaçades vont passer par toutes les nuances de rouge, de brun et de vert !

Réalisation : Pascal Moret , Jean-Philippe Camborde

Production : La Belle Société - Universcience - CNRS Images - Inserm - France Télévisions - MNHN - A way to wake up - Ceebios - Ville de Senlis - Biomimicry Europa

MENACES SUR L'OCÉAN

9 vidéos pour aborder les périls qui menacent les océans.

Montée des eaux : la grande débâcle ? - 2021 - 3'53

https://leblob.fr/videos/montee-des-eaux-la-grande-debacle

Le changement climatique bouleverse les flux océaniques et maritimes. Un rapport de juin 2021 en présente les conséquences pour l'Europe, avec un risque accru de phénomènes extrêmes et de montée des eaux affectant les zones côtières.

Réalisation: Anaïs Poncet - Production: Universcience

La daurade royale aux prises avec le changement climatique / 2021 – 8'

https://lejournal.cnrs.fr/videos/la-daurade-royale-aux-prises-avec-le-changement-climatique Jusqu'où la faune marine parviendra-t-elle à supporter la hausse des températures ? Découvrez comment des scientifiques tentent de déterminer l'impact du réchauffement climatique sur la physiologie et le comportement de la daurade royale, poisson méditerranéen hypersensible.

Réalisation: Aurélien Prudor – Wild Talks

Production: CNRS Images

La fonte de la banquise fait monter le niveau des océans ? - 2019 - 2'07

https://leblob.fr/environnement-nature/la-fonte-de-la-banquise-fait-monter-le-niveau-des-oceans Réalisation : Pascal Goblot - Production : Universcience, Arte GEIE, France Télévisions, IRD, Escalenta

Récifs coralliens : y'a foule dans l'océan !

https://leblob.fr/videos/recifs-coralliens-y-foule-dans-ocean

https://www.youtube.com/watch?v=BXtr8DTXLek

Plongez avec Léa au cœur des récifs coralliens, pour une explosion de couleurs. Cette beauté naturelle, aujourd'hui menacée, abrite 20 à 30 % de la biodiversité marine. Pendant plus de deux ans, les scientifiques de l'expédition Tara en ont dressé l'inventaire. Il est temps d'agir... Réalisation : Xavier Bougeard, Antoine McFly - Production : Océanopolis de Brest, Fondation Tara Océan

Une pêche « durable » - 5'07, sous-titré https://leblob.fr/videos/une-peche-durable

Comment faire face aux conséquences désastreuses de la surpêche ? Philippe Cury, directeur de recherche à l'IRD, invite pour cela à mieux connaître la biodiversité marine, base d'une pêche durable.

Réalisation: Thomas Marie

Production: La Belle Société production / EPPDCSI-Universcience / MNHN / Ceebios / Ministère de la Transition écologique et solidaire / IRD / Institut des Futurs souhaitables / Région Nouvelle-Aquitaine / Région Sud / Région Bretagne / Communauté d'Agglomération Pays Basque / CNRS

Une géante vulnérable, la baleine - 2019 - 4'49

https://leblob.fr/videos/une-geante-vulnerable-la-baleine

Au Canada, les baleines se rassemblent chaque fin d'été dans le golfe du Saint-Laurent, un lieu propice au développement du plancton qui permet leur survie d'année en année. Les principales menaces qui pèsent sur ces grands cétacés sont la pollution des mers et la chasse commerciale à la baleine.

Réalisation : Nicolas Bazeille , Eric Ellena - Production : French Connection Films, Les productions Megafun, France Télévisions, CNRS Images, avec la collaboration d'Universcience

La formation des microplastiques - 2018 - 2'19

https://www.youtube.com/watch?v=1aZSXiaBxnQ

Les microplastiques sont des microparticules dont la taille est inférieure à 5mm. Il proviennent soit de granulés industriels dévolus à la production d'objets plastiques, soit de la fragmentation en petits morceaux de macro-déchets plastiques. On vous explique comment cette fragmentation s'opère.

Réalisation : Olivier Dugornay, Emina Mamaca - Production : Ifremer

Tara, enquête de plastiques / 2019 – 6'

https://images.cnrs.fr/video/6837

Une nouvelle mission scientifique initiée par la Fondation Tara Océans s'est embarquée pour naviguer sur les neufs plus grands fleuves européens, afin de remonter le chemin fait par les plastiques, avant leur transformation en microplastique. Les scientifiques utilisent un filet manta, qui permet de capturer certains microplastiques...

Réalisation : Pierre de Parscau - Production : CNRS Images

Le cachalot, un animal en danger - 2019 – 4'41

https://leblob.fr/videos/le-cachalot

Le scientifique Patrick Miller étudie le cachalot, l'un des plus gros mammifères marins aux énormes besoins alimentaires. Nous le retrouvons en Norvège, un environnement très favorable pour ces animaux qui consomment plus d'une tonne de nourriture par jour.

Réalisation : Eric Ellena , Nicolas Bazeille - Production : French Connection Films, Les productions Megafun, France Télévisions, CNRS Images, avec la collaboration d'Universcience

Parcours Jules Verne

Jules Verne et la mer

Partie 1 - Un monde à explorer

« La mer est tout ! Elle couvre les sept dixièmes du globe terrestre. Son souffle est pur et sain. C'est l'immense désert où l'homme n'est jamais seul, car il sent frémir la vie à ses côtés. La mer n'est que le véhicule d'une surnaturelle et prodigieuse existence ; c'est l'infini vivant. »

Propos prêtés par Jules Verne au capitaine Nemo dans Vingt Mille lieues sous les mers, 1870

Jules Verne est un romancier, né à Nantes en 1828. Pour écrire ses 62 *Voyages extraordinaires,* il s'est souvenu de son enfance et s'est beaucoup documenté. On retrouve dans ses livres sa passion pour la mer.

Nantes, ville natale de Jules Verne, a alimenté l'imaginaire de l'écrivain : la Loire, les îles, la vie fourmillante du port furent sources de rêve et d'inspiration. Dans les 62 romans réunis sous le nom de *Voyages extraordinaires*, Jules Verne place la connaissance au cœur de l'aventure. Son expérience maritime, ses rencontres et correspondances avec des journalistes, explorateurs et scientifiques, ses lectures quotidiennes sont autant de sources qui lui permettent de compiler les savoirs et découvertes de son temps en sciences, techniques, géographie...

Rares sont les romans de Jules Verne qui ne comportent pas de scènes maritimes. Elles sont l'occasion de décrire un bestiaire foisonnant de créatures fabuleuses que les héros verniens rencontrent dans des lieux souvent fantasmés. Lucide sur l'évolution du monde qui l'entoure, l'auteur s'est aussi interrogé sur l'exploitation irraisonnée de l'océan, l'utilisation débridée des progrès techniques, interrogations qui résonnent particulièrement aujourd'hui.



Portrait de Jules Verne (1828-1905), photographié par Félix Nadar

Livres présentés dans les vitrines

Vingt mille lieues sous les mers Jules Verne

Ce roman relate le voyage du professeur Aronnax, suppléant au Muséum, de Conseil et Ned Land. Partis chasser un monstre marin, ils sont capturés à bord du *Nautilus* par un personnage énigmatique, le capitaine Nemo...

Paris, Hetzel, 1870, *Prêt du Musée Jules Verne, Nantes*

*Le Sphinx des glaces*Jules Verne

Le Sphinx des glaces est une suite des aventures d'Arthur Gordon Pym d'Edgar Allan Poe dans l'océan Antarctique. À travers ce roman, Jules Verne rend hommage à cet auteur qui l'a tant influencé dans sa jeunesse. Paris, Hetzel, 1897, Prêt du Musée Jules Verne, Nantes

Voyages et aventures du capitaine Hatteras Jules Verne

Frontispice d'Édouard Riou

Le Capitaine John Hatteras est obsédé par une idée fixe : atteindre le pôle Nord afin d'y planter le

pavillon britannique. Ce roman est en partie basé sur l'hypothèse d'une mer polaire libre de glace. Paris, Hetzel, 1866, *Prêt du Musée Jules Verne, Nantes*

Les Histoires de Jean-Marie Cabidoulin Jules Verne, Illustration de George Roux L'équipage du baleinier, le *Saint-Enoch*, va être rapidement confronté à une succession d'évènements mystérieux. Une question se pose alors : s'agit-t-il de phénomènes naturels ou d'un monstre marin ? Paris, Hetzel, 1901, *Prêt du Musée Jules Verne*, *Nantes*

« Bibliothèque » Michel de l'Ormeraie (10 ouvrages)

Quelques Voyages Extraordinaires de Jules Verne

Réédition illustrée des *Voyages Extraordinaires* reproduisant dans son intégralité les textes et les illustrations de l'édition originale (1863-1919), Paris , Michel de l'Ormeraie, 1977, *Prêt du Musée Jules Verne, Nantes*



Jeux de société

Cyclorama / Petit théâtre de carton reprenant l'imagerie vernienne : **Un voyage au fond de la mer.**

Véritable invitation à un voyage au fond de l'océan sous forme d'un long tableau déroulant, ce jeu donne l'illusion d'une descente dans les profondeurs. Les différentes scènes rappellent les dessins de *Vingt mille lieues sous les mers*. Paris, Saussine, vers 1900, *Prêt du Musée Jules Verne, Nantes*

Jeu de l'oie sur le thème de la plongée sous-marine : **1000 mètres au-dessous de la mer**Le plateau de jeu montre le monde sous-marin et ses habitants. À l'identique d'un jeu de l'oie, le parcours tracé est ponctué de cases circulaires numérotées dont certaines, sur fond rouge, ne procurent que des désagréments. [Allemagne], vers 1900, *Prêt du Musée Jules Verne, Nantes* (remplacera le petit théâtre vers mars 2023).

NB - Chaque pupitre de 1 à 5 est composé :

- d'un plaque tactile avec une illustration et une explication en braille
- d'un QR code pour accéder à un fichier audio sur soundcloud (3, 7, 9, 11,13)
- d'un livret (le contenu des livrets est indiqué ci-dessous).

Quand Jules Verne fait entrer l'appareil plongeur dans la fiction

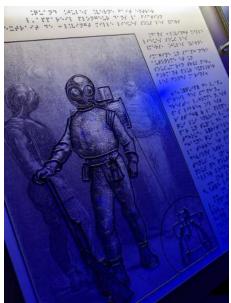
Pupitre 1 / Partie 1 - Un monde à explorer / Exploration / profondeurs



Dans *Vingt mille lieues sous les mers*, Jules Verne imagine un scaphandre sans tuyau et un sous-marin très performant pour explorer les fonds marins.

Dans ce roman, le capitaine Nemo se donne comme objectif de relever un double défi : atteindre les ultimes profondeurs et vivre entièrement sous l'eau malgré les contraintes que cela génère (manque d'oxygène, obscurité et pression). Pour décrire le scaphandre

« inventé » par Nemo, Jules Verne va s'inspirer du premier scaphandre autonome - l'appareil plongeur Rouquayrol-Denayrouze, du nom de ses deux inventeurs - et imaginer des capacités d'autonomie bien supérieures à celles de l'époque!



Le saviez-vous?

Pour expliquer le fonctionnement de cet appareil, Jules Verne s'appuie sur de multiples sources comme les *Mystères de l'océan* d'Arthur Mangin, *Le Monde sous-marin* de Zurcher et Margollé qui décrivent ses avantages par rapport au scaphandre classique. Le romancier a également visité l'Exposition universelle de Paris de 1867, durant laquelle il a très probablement assisté à la démonstration de l'appareil Rouquayrol-Denayrouze.

Si le Nautilus atteint la profondeur imaginaire de 16 000 m, il faudra attendre 1960 pour qu'une plongée se réalise au plus profond des océans (10 916 m) avec un nouveau type de sous-marin : le bathyscaphe.

Iconographies

1-« J'étais prêt à partir »

Illustration d'Alphonse de Neuville - Ière partie. Chapitre XVI - *Vingt mille lieues sous les mers*

2-« Un geste du capitaine nous fit faire halte »

Illustration d'Alphonse de Neuville lère partie. Chapitre XVII - Vingt mille lieues sous les mers

3-Frontispice

Illustration d'Edouard Riou Vingt mille lieues sous les mers

4-« On pouvait compter ces calmars par millions » Illustration d'Alphonse de Neuville

lère partie. Chapitre XVIII - Vingt mille lieues sous les mers

Voyage au cœur du plancton

Pupitre 2 / Partie 2 – Au gré du courant



Jules Verne décrit dans ses romans des animaux et des *végétaux* qui font partie du plancton. Il n'emploie pas le mot « plancton » encore méconnu à son époque.

Dans ses *Voyages*, Jules Verne évoque les espèces planctoniques : les méduses, les bancs de petits crustacés, qu'il appelle « *le manger de la baleine* », ou encore les noctiluques, responsables de la lumière phosphorescente visible dans le sillon des

navires ... mais il n'emploie jamais le mot *plancton*. Ce terme apparaît en 1887 dans les écrits du physiologiste Victor Hensen. Pour ce dernier, le plancton constitue « *le sang de la mer* » : comme le corps humain, la mer transporte dans ses

fluides les matériaux indispensables pour vivre.

Le saviez-vous?

Désireux de dépeindre avec exactitude les organismes marins, Jules Verne va s'appuyer sur les travaux d'Alexandre Agassiz, zoologiste américain, et de Félix Dujardin, professeur de zoologie à Rennes, réalisés sur les méduses notamment. Il s'inspire également des comptes-rendus d'expéditions de James Ross dans les mers antarctiques (1819-1828), de Jules Dumont d'Urville à bord de *l'Astrolabe* (1826-1829) puis de *la Coquille* (1843)...



Iconographies

1-« Paysage sous-marin de l'île Crespo »

Illustration d'Alphonse de Neuville lère partie. Chapitre XVI - *Vingt mille lieues sous les mers*

2-« La pêche des éponges »

Illustration d'Alphonse de Neuville - Ilè partie. Chapitre IV - *Vingt mille lieues sous les mers*

3-Illustration de George Roux

Ière partie. Chapitre XI - Le Sphinx des glaces

4-« Ces gens ne cessent d'observer l'île »

Illustration de Léon Benett lère partie. Chapitre X - L'île à hélice

Lorsque les profondeurs marines et ses habitants se dévoilent...

Pupitre 3 / Partie 3-A - Plongée en milieu extrême / Le peuple des profondeurs



Jules Verne imagine au fond des océans des animaux parfois merveilleux, parfois monstrueux par leur taille, rendant le récit toujours captivant.

Les abysses sont propices à l'émerveillement et à l'imaginaire. Jules Verne décrit ses habitants de façon poétique ou effrayante, amplifiant l'intensité dramatique de l'action.

Son approche scientifique lui permet de garder un aspect réaliste aux êtres vivants rencontrés dans « l'incommensurable profondeur marine ». L'auteur reprend l'idée de son époque selon laquelle la nature semble avoir oublié, dans les cavités abyssales, certains animaux de grande taille « qui vivaient déjà aux époques géologiques et constituant les derniers survivants d'une faune ancienne ¹ » . Milne-Edwards, La Revue Scientifique - 28 octobre 1882

Le saviez-vous?

Dans Vingt mille lieues sous les mers, le narrateur Pierre Aronnax a comme « illustre maître » Henri Milne-Edwards (1800-1885). Réellement professeur au Muséum, ce dernier fut un des premiers à étudier les invertébrés marins. Son fils, Alphonse, apportera dès 1861, les preuves d'une vie marine dans les profondeurs de la mer Méditerranée. Il conduira en 1881 une mission scientifique dans le golfe de Gascogne au cours de laquelle de très nombreux spécimens seront récoltés.

3-Illustrateur non mentionné

Ilè partie. Chapitre VII - Vingt mille lieues sous les mers

Sur cette illustration, sont représentées des créatures étranges : le poisson dragon (Stomie commune) muni de longues dents ou encore la baudroie abyssale. La femelle émet de la lumière grâce aux bactéries bioluminescentes logées dans une « ampoule » portée sur sa tête !

Iconographies

1-« Une monstrueuse araignée de mer »

Illustration d'Alphonse de Neuville - lère partie. Chapitre XVII - *Vingt mille lieues sous les mers*

2-« *Je m'approchai de ce mollusque phénoménal* » Illustration d'Alphonse de Neuville - Ilè partie.

Chapitre III - Vingt mille lieues sous les mers

4- « Des homards géants, des crabes titanesques » Illustration d'Alphonse de Neuville

Ilè partie. Chapitre IX - Vingt mille lieues sous les mers

Les « fantasmagories » de la mer polaire

Pupitre 4 / Partie 3-B - Plongée en milieu extrême / Les habitants du froid



Les expéditions scientifiques envoyées dans les pôles fascinent Jules Verne. Il va s'en inspirer pour écrire les voyages de ses héros vers les mers polaires.

Au 19ème siècle, les progrès scientifiques et techniques permettent de repousser les frontières atteintes par les expéditions précédentes, en particulier dans les régions polaires. Jules Verne s'empare de ce sujet, en s'appuyant sur les différents comptes-

rendus d'expéditions polaires et en mobilisant toute son imagination. Les récits de voyage des héros verniens vers les mers polaires sont l'occasion de décrire une nature fantasmée à la fois merveilleuse et angoissante et de faire découvrir les conditions de vie extrêmes des habitants de ces contrées inhospitalières.

Le saviez-vous?

Jules Verne a publié, chez son éditeur Pierre-Jules Hetzel entre 1878 et 1880, un documentaire méconnu *L'Histoire générale des grands voyages et des grands voyageurs* composé de trois volumes richement illustrés. Dans le troisième et dernier volume, consacré aux *Voyageurs du XIXème siècle*, l'auteur retrace la découverte des mondes inconnus par les circumnavigateurs français et étrangers de cette époque. **Un chapitre particulier est consacré aux expéditions polaires.**



1-Illustration d'Edouard Riou

Ilè partie. Chapitre XXI - Voyages et aventures du capitaine Hatteras

2-« *Le Nautilus tomba au milieu d'une troupe de baleines* » Illustration d'Alphonse de Neuville Ilè partie. Chapitre XII - *Vingt mille lieues sous les mers*

3-« Le capitaine Nemo gravit un roc » Illustration d'Alphonse de Neuville - Ilè partie. Chapitre XIV, Le pôle Sud - *Vingt mille lieues sous les mers*

4-Illustration de George Roux

Ilè partie. Chapitre I - Le Sphinx des Glaces

Jules Verne, un écologiste visionnaire

Pupitre 5 / Partie 4 – épilogue : Océan insolite, océan menacé

Jules Verne aime profondément l'océan. Dans ses romans, il partage son inquiétude : une mauvaise gestion des ressources pourrait conduire à la disparition d'espèces.

Il est un des premiers auteurs à alerter sur les conséquences d'une chasse outrancière, sur l'épuisement des ressources et l'extinction des espèces. Vingt mille lieues sous les mers lui permet de lancer un appel afin que ses lecteurs réagissent pour garantir l'avenir des générations futures : comment respecter l'environnement et procéder à un usage raisonné des ressources ?

« La mer est le vaste réservoir de la nature. C'est par la mer que le globe a pour ainsi dire commencé, et qui sait s'il ne finira pas par elle ! », telle est la profession de foi du capitaine Nemo.

Le saviez-vous?

Jules Verne n'emploie pas le terme « écologie », mot tout juste créé en 1866 par le biologiste allemand Ernst Haeckel et encore ignoré dans le *Grand Dictionnaire Universel du 19ème siècle de Pierre Larousse* (1866-1876). Utilisé peu à peu dans le milieu scientifique et défini comme « *la science des interactions des*

êtres vivants entre eux et leur milieu », il faudra attendre la fin du 20ème siècle pour qu'il soit employé dans le langage courant.

1-« Là vivaient en famille plusieurs groupes de lamantins » Illustration d'Alphonse de Neuville Ilè partie. Chapitre XVII - Vingt mille lieues sous les mers

2-«Le gigantesque animal soulevait *l'embarcation»* Illustration d'Alphonse de Neuville Ilè partie. Chapitre V - *Vingt mille lieues sous les mers*

3-« *J'ai amariné, près du Groenland, une baleine* » Illustration Alphonse de Neuville Ilè partie. Chapitre XII - *Vingt mille lieues sous les mers*

4-« La pêche des éponges » Illustration d'Alphonse de Neuville Ilè partie. Chapitre IV - *Vingt mille lieues sous les mers*



Ces animaux, vigoureusement frappés... Les naufragés de l'air, p137





Rendre la mer accessible aux 6-18 ans avec les ressources de l'Ifremer

L'Ifremer souhaite éclairer la société sur les enjeux liés à la biodiversité marine, aux liens entre mer et santé, aux interactions entre océan et climat, et à la gestion durable des ressources océaniques.

Les principales offres de médiation de l'Ifremer sur la région nantaise

Initium Maris-Civis (cycle 3)

À la croisée des arts et des sciences, *Initium Maris-Civis* engage les élèves dans une enquête scientifique, sensible et créative pour **découvrir la diversité et la complexité des paysages sous-marins**. Volet pédagogique et citoyen d'*Initium Maris*, une expédition artistique menée par l'**artiste photographe Nicolas Floc'h**, il propose d'interroger notre lien à l'océan et d'explorer d'autres regards sur ces paysages.

Ressource associée : un kit éducatif

Gratuit, le kit *Initium Maris-Civis* vous offre des éléments pédagogiques, illustratifs et scientifiques pour **créer une**

grande installation artistique inspirée des fonds marins dans votre école.

En collaboration avec artconnexion, Passerelle centre d'art contemporain, Cap vers la nature



Adopt a float (tous niveaux)



En suivant un robot sous-marin dérivant au gré des courants dans les mers du monde, nous invitons les élèves à découvrir l'océan global et l'importance de l'observer pour mieux le comprendre et le protéger. Médiateurs et scientifiques interviennent en classe ou en visioconférence pour échanger autour du programme international Argo et des projets de recherche associés. Des ponts entre toutes les disciplines sont possibles et des ressources éducatives clés en main permettent de travailler en autonomie.

En collaboration avec Culture Océan, IMEV, CNRS, Sorbonne Université

Des formations pour les enseignants (à Brest et à La Seyne sur Mer)

Pour aider les enseignants du primaire et du secondaire à se faire les ambassadeurs de l'océan auprès de leurs élèves, l'Ifremer dispense des formations au contact des équipes de recherche.

- Université d'été Mer & Education pour les enseignants du secondaire de toutes disciplines : 4 jours fin août, accessibles à toutes et à tous par le Plan Académique de Formation (PAF)
 En collaboration avec Isblue, UBO, Océanopolis, Académie de Rennes
- Stages Cefpep (Centre d'études et de formation en partenariat avec les entreprises et les professions) pour les enseignants du primaire et du secondaire : 2 jours en avril En collaboration avec le Ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse

Envie d'en savoir plus sur ces offres ou à la recherche d'autres actions de médiation ? Contactez l'équipe médiation de l'Ifremer : mediation@ifremer.fr



Franck Schoefs (Professeur des Universités) et Antoine Dubois (Doctorant) de l'Institut Universitaire Mer et littoral (IUML) - Nantes Université vous expliquent toute la préparation nécessaire à une plongée dans le cadre de leurs recherches scientifiques.

La mer et ses mystères : faut-il plonger pour comprendre ?



« La mer ne nous a pas livré tous ses secrets, pourquoi ? Imaginez que vous voulez savoir ce qu'il y a 50 cm sous vos pieds dans la rue : de la terre, avec des vers ou pas ? Des canalisations ? Est-ce que je creuse ou est-ce que j'utilise des appareils ? En mer, c'est tout aussi difficile et en plus cela change sans cesse : vous plongez un matin et vous voyez pleins de poissons, et le lendemain à la même heure plus rien ! En plus, il vous a fallu passer du temps en mer, louer un bateau, ... que d'énergie pour un tel résultat !

C'est le décor de la recherche en mer.

La solution réside dans la préparation : il faut des mois de travail à terre, en laboratoire avant de passer un ou deux jours en mer. Frustrant ? Pas du tout ! stimulant !

Tout d'abord on essaye de poser le plus clairement possible la question que l'on se pose. Prenons par exemple ce qu'on appelle les récifs artificiels. Ce sont des blocs avec des trous que l'on met dans l'eau et qui vont abriter des poissons, des crustacés, se couvrir d'algues qui vont elles-mêmes abriter et nourrir toutes les espèces s'y installant. Bref... c'est tout un éco-système qui apparaît. Par magie ? Non, parce que l'on aura bien conçu le récif avant en laboratoire.

Alors quelle était la question scientifique ? Souhaitait-on privilégier la présence d'algues, de poissons, de crustacés ? Imaginons que l'on veuille aider en particulier une espèce de crustacé en voie de disparition. On débutera par la revue bibliographique : c'est-à-dire chercher, dans les articles publiés par les autres laboratoires, à savoir quels sont ses sites de prédilection (profondeur, type de fond, agitation de l'eau), et aussi à quelle date installer le récif. Pourquoi ? Parce qu'il faut être certain que le récif soit le plus efficace possible et que la place ne soit pas prise par une autre espèce. Puis une autre recherche concernera ses cachettes préférées : taille, forme et profondeur des trous (exactement comme les nichoirs pour les oiseaux dans les jardins). Là il faudra choisir un matériau, béton, acier, caoutchouc ? Et il faudra vérifier qu'il n'est pas nocif pour l'environnement et étudier les réglementations.

Prêt à partir ? Non, nous n'avons pas l'autorisation ! Nous aurions du débuter par cela : on ne peut pas mettre n'importe quoi à l'eau ! Il faut demander aux autorités maritimes si c'est possible.

Et là c'est bon on part ? Et bien pas encore : comment va t-on vérifier que notre idée fonctionne? Veut-on compter le nombre de crustacés par récif, ou leur taille, ou leur âge ? Tout cela change tout le temps. Il faut donc un protocole : savoir ce que l'on va mesurer, comment, et à quel moment, par exemple faire des plongées sous-marines pour observer les organismes directement. Pour vérifier que tout fonctionne on va comparer ce qu'il se passe au niveau de notre récif avec un récif naturel (comme un rocher par exemple).

Ça y est, notre protocole est prêt, le récif est fabriqué, c'est parti : Prêt à embarquer ? L'IUML plongera bientôt pour voir ce que cela donne! » Pour les professeurs souhaitant exploiter ce texte avec leurs élèves, il est possible de leurs demander de retrouver les grandes étapes de la démarche scientifique.



LES ÉCLAIREURS C'est l'homme qui prend la mer ou la mer qui prend l'homme ?

Cette question, les chanteurs et les chercheurs se la posent de 1 Cette question, les chanteurs et les chercheurs se la posent de

Connaissance et protection de la biodiversité, économie de la pêche, risques de submersion, invasion et valorisation des algues, etc., autant de sujets soulevés/décortiqués/analysés par l'Ifremer et l'Université de Nantes, après 4 ans de recherches au sein du projet COSELMAR, financé par la Région Pays de la Loire.

Les Éclaireurs Coselmar est un programme qui se veut à la fois prospectif et accessible à tous. Il a pour ambition d'éclairer le public sur des questions qui impactent leur quotidien et de favoriser une prise de conscience des conséquences de l'activité humaine et des changements climatiques sur nos territoires. C'est grâce à leurs explorations sur le terrain et aux analyses transversales en laboratoire que les équipes du projet COSELMAR sont aujourd'hui en mesure de proposer des préconisations, autant de scénarios avec lesquels le public va pouvoir interagir. https://leseclaireurs.coselmar.fr/

Envie d'en savoir plus sur les laboratoires de l'université de Nantes et sur leurs actions de médiation?

Contactez l'équipe du service de Diffusion de la culture scientifique et technique :

cst-sciences@univ-nantes.fr

L'école du littoral

L'école du Littoral est une structure pédagogique de l'éducation Nationale. L'objectif principal de cette école est d'accueillir gratuitement, sur une journée, les élèves des écoles publiques de Loire-Atlantique afin de leur faire découvrir un environnement proche (plage, forêt, dunes...).

Pour mieux comprendre le milieu littoral et mieux le connaître, les élèves sont, au cours de la journée, mis en situation de démarche d'investigation en sciences.

Ce centre départemental de ressources est également un lieu de formation initiale ou continue dans le domaine des sciences. http://ec-littoral-44.ac-nantes.fr/

Pour s'inscrire à l'école du littoral, contacter le responsable pédagogique par mail : ecole.littoral@ac-nantes.fr

Le musée Jules-Verne



Découvrez l'offre scolaire du musée Jules-Verne et leurs ressources pédagogiques : https://julesverne.nantesmetropole.fr/home/preparer-sa-visite/offre-scolaire.html#article

Pour les groupes, la demande de réservation est indispensable.

Elle s'effectue via le formulaire de réservation en ligne.

Muséum de Nantes sur Internet

- Vidéo de présentation de l'exposition.
- Bibliographie de la Bibliothèque scientifique du Muséum
- Bibliographie de la Médiathèque du Muséum
- Accès à soundcloud

- ...

Toutes ces ressources sont disponible sur la page de l'exposition « Océan, une plongée insolite » : https://museum.nantesmetropole.fr/home/expositions/ocean.html





De très nombreuses ressources sur le sujet des océans sont disponibles sous différents format. Les pages suivantes proposent une sélection selon plusieurs entrées :

- les outils et ressources proposés par le Muséum national d'histoire naturelle
- des références pour l'enseignant
- des ressources complémentaires

> outils et ressources proposés par le Muséum national d'histoire naturelle

La planète revisitée

Pour avoir des informations sur les expéditions du muséum national d'histoire naturelle : http://www.laplaneterevisitee.org/fr et https://www.mnhn.fr/fr/laplanete-revisitee



Bestioles

En partenariat avec France inter, le muséum national d'histoire naturelle vous propose une série de podcast. Qu'ils soient immenses ou minuscules, les animaux vivent des aventures souvent méconnues. Se nourrir, construire son habitat, s'occuper de ses bébés... est, la plupart du temps, une aventure, une question de survie. Grâce à *Bestioles*, l'enfant part à la découverte de ce monde qu'il côtoie sans le connaître vraiment.

Le narrateur embarque l'enfant à la découverte d'un animal, de son histoire et de ses caractéristiques scientifiques. En toute fin d'épisode, le jeune auditeur découvrira, grâce à un QCM, un mot de langue étrangère en rapport avec la bestiole. Un mot qui résonne comme un objet exotique à ses oreilles et qui l'embarquera encore un peu plus dans le monde aventureux, singulier et plein de surprises de Bestioles!

Bestioles a un double objectif : donner conscience de l'importance de la biodiversité et donner des informations de manière ludique aux enfants.

Les animaux en lien avec le milieu marin : moule, hippocampe, sardine, méduse, oursin, crabe, tortue marine, seiche, baleine à bosse, oursin, saumon et requin blanc.



https://www.franceinter.fr/emissions/bestioles

> RÉFÉRENCES POUR LES ENSEIGNANTS



https://fondation-lamap.org/projet/l-ocean-ma-planete-et-moi

Une page pour cycles 2 et 3 avec des progressions -programmation et ressources autour des thèmes océaniques.



https://fondation-lamap.org/ressource-multimedia/la-machine-oceaniquebilles-de-sciences



pages « éducation et océan » https://eduscol.education.fr/2252/education-et-ocean

Recueil des ressources autour de cette thématique dont concours nationaux. En constante évolution depuis 2019



CANOPÉ https://canope-loire-atlantique.esidoc.fr/recherche/oc%C3%A9an



Riche banque de ressources et nombreuses propositions pédagogiques dont chaîne you tube « TARA Océan», graine d'explorateur, Echo d'escales, plastique à la loupe ... https://fondationtaraocean.org/partager/ressources-projets-

pedagogiques/



UNDER THE POLE

C'est un programme d'exploration sous-marine alliant recherche scientifique, innovation et sensibilisation au service d'une meilleure connaissance de l'Océan et de sa préservation. https://underthepole.org/

Plateforme éducative : https://education.underthepole.com/



Développement durable : ODD N°14 :-Vie aquatique https://www.diplomatie.gouv.fr/fr/politique-etrangere-de-la-france/ developpement/l-agenda-2030-du-developpement/article/objectif-dedeveloppement-durable-no14-vie-aquatique

Une entrée vers de très nombreuses ressources en particulier en langues.

L'opération « Objectifs de développement durable », consiste en la remise aux établissements scolaires, en Ateliers Canopé, d'un ensemble de posters photographiques relatifs aux 17 objectifs de développement durable tels que définis par l'UNESCO.

Pour vous aider à aborder en classe et dans les CDI, le développement durable, Réseau Canopé vous propose un dossier pédagogique faisant référence aux ODD et illustrés par les posters de l'opération. Les posters sont à retirer dans votre Atelier Canopé 44.

https://www.reseau-canope.fr/notice/objectifs-de-developpement-durable-dossier-pedagogique.html

Réseau Canopé s'associe à l'opération initiée par la Fondation Good Planet avec le photographe Yann Arthus-Bertrand.

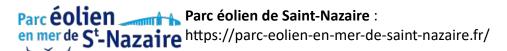
https://www.goodplanet.org/fr/posters-goodplanet-objectifs-de-developpement-durable/



La décennie des océans 2021-2030 (la Décennie des Nations Unies des sciences océaniques au service du développement durable) : la science dont nous avons besoin pour l'océan que nous voulons.

https://www.oceandecade.org/fr/

> autres ressources





Dans cet épisode, découvrez pourquoi l'acidification des océans est un phénomène chimique inquiétant qui pourrait bien remettre en cause l'équilibre biologique de notre planète. En rejetant du gaz carbonique dans l'atmosphère, l'espèce humaine a déclenché une réaction chimique à grande échelle qui met aujourd'hui en danger de

nombreuses espèces aquatiques, notamment les animaux à coquille calcaire. Saurons-nous inverser la vapeur pour rétablir l'équilibre ?

https://www.youtube.com/watch?v=QA-tldY0qOQ



Épisode 4/4 : À la recherche de la lumière dans les abysses

Depuis la côte de Villefranche-sur-mer jusqu'au tréfonds de la colonne d'eau méditerranéenne, un très grand nombre d'organismes marins produisent de la lumière. Depuis la nuit des temps, il semble que nous cherchions de la lumière dans l'obscurité. Et parfois, elle vient à nous, un soir lors d'une balade sur la plage. Alors que des vagues bleutées se brisent sur le rivage ; la bioluminescence semble surgir des grands fonds océaniques.

Ils sont peu nombreu-x-ses celles et ceux qui vont chercher au-delà de la surface et qui s'engouffrent dans l'océan profond. L'océanologue Séverine Martini explique la complexité de son travail : "La bioluminescence, c'est une émission de lumière vraiment très faible, la technologie qui permet d'enregistrer des images de la bioluminescence doit

donc être extrêmement pointue, et ça fait seulement quelques années, 5-10 ans, qu'on a des caméras et des appareils photo numériques qui sont suffisamment sensibles aux faibles lumières dans le noir complet pour enregistrer des images d'organismes bioluminescents."

https://www.radiofrance.fr/franceculture/podcasts/lsd-la-serie-documentaire/a-la-recherche-de-la-lumiere-dans-les-abysses-4874084

