



Exposition "Le climat change, l'océan aussi"

Dossier pédagogique

Activités pédagogiques autour des panneaux de l'exposition

Ce guide de lecture de l'exposition s'adresse préférentiellement aux enseignants de collège, mais il peut être utilisé par les enseignants du premier degré ou du lycée, qui y trouveront également des éléments et idées pour faire réfléchir leurs élèves.

L'étude de cette exposition, en classe ou lors de ses différentes présentations publiques est particulièrement pertinent à l'occasion de la 21e Conférence des parties de la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques dite COP21 qui aura lieu au Bourget du 30 novembre au 11 décembre 2015.

EXPLOITER

Pour chaque panneau, à l'oral ou à l'écrit, poser les questions dont les réponses figurent dans les fiches de lecture. Il est possible de constituer des groupes d'élèves qui se répartissent le travail :

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

A votre avis, où a été prise cette photographie ? Ou comment a été réalisée cette image ?

Que suggère le titre ?

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Quelle est la question posée par ce panneau ?

REFLECHIR

Proposer aux élèves de réaliser un dessin de leur choix, qui s'inspire du panneau.

Sur certains panneaux, demander aux élèves quelle expérience personnelle ont-ils du phénomène évoqué.

Organiser un débat entre les élèves.

RECHERCHER

Proposer une recherche complémentaire sur les thèmes proposés dans les fiches pédagogiques.

Approfondir les sujets des panneaux en consultant les liens proposés.

Les photos de l'exposition en bonne définition sont téléchargeables sur le site

<http://www.edutheque.fr/thematiques/sciences-et-techniques/partenaire/ifremer.html>, réservé aux enseignants.



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°1

L'océan, élément essentiel du climat

L'océan représente 71% de la surface totale du globe terrestre et contient 97% de l'eau disponible sur la Terre. L'océan, qui se réchauffe et se refroidit très lentement, est le véritable régulateur de la machine climatique.

L'océan assure une part du transport de chaleur de l'équateur vers les pôles égale à celle de l'atmosphère. On estime que l'océan a absorbé 90% de l'excès de chaleur générée par les activités humaines.

L'Ifremer étudie le rôle de l'océan et de sa variabilité sur le climat à plusieurs niveaux : l'institut développe et entretient des moyens d'observation (capteurs, bouées et flotteurs océanographiques), traite les données enregistrées par ces moyens et par plusieurs satellites dédiés à l'observation des océans et gère ces gigantesques bases de données. A l'aide de ces multiples observations, il étudie précisément certains phénomènes océanographiques locaux et contribue à prévoir l'état de l'océan.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette photographie montre le soleil vu à travers quelques mètres d'eau de mer. On voit bien les rayons du soleil se propager à travers une eau de couleur verte. Cette couleur indique que l'eau est riche en algues microscopiques, appelées également plancton végétal ou phytoplancton. Vers le bas de l'image, les couleurs s'assombrissent, montrant que la lumière du soleil ne pénètre pas très profondément dans l'océan.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photo a été prise par Olivier, photographe plongeur à l'Ifremer, à quelques mètres sous la surface, par un jour de beau temps.

Que suggère le titre ?

Il indique que le climat ne concerne pas que l'atmosphère, mais que l'océan y joue un rôle très important, ce que le grand public ne sait généralement pas.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Régulateur : qui est soumis à plusieurs forces contraires qui stabilisent et ralentissent le changement

Machine climatique : le climat peut être comparé à une machine car il fonctionne sous l'effet de nombreux phénomènes

Variabilité : dont l'état peut varier

Capteur : appareil qui enregistre une mesure (ex : un thermomètre est un capteur)

Flotteur océanographique : objet qui est laissé dans l'eau, qui peut couler ou remonter et qui se déplace au gré des courants. Il comporte très souvent des capteurs.

Données : ce sont les mesures réalisées par les capteurs

Bases de données : serveurs informatiques qui regroupent de très nombreuses données sur un objet, un milieu ou un type d'information

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce qui émerge de ce panneau est qu'en raison de l'immense capacité de l'eau à transporter des substances et de la chaleur, l'océan joue un rôle central dans le climat de la planète. Il est donc très important de le connaître et de comprendre son fonctionnement pour pouvoir prévoir le climat des années à venir.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Répartition de l'eau sur la Terre

Pour en savoir plus

L'océan, thermostat de la planète : http://www.ocean-climate.org/?page_id=1832

De l'océan au nuage : http://www.ocean-climate.org/?page_id=2021



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°2

Des mouvements océaniques tourmentés

Les eaux des océans ne sont pas homogènes : elles sont plus ou moins salées et plus ou moins chaudes selon les zones géographiques. Ces différences sont à l'origine de mouvements des masses d'eau que l'on appelle la circulation thermohaline (des mots grecs thermos = chaud et halinos = salé). Les eaux froides et salées, plus denses et donc plus lourdes, vont couler sous les eaux plus chaudes ou peu salées, et les contrastes de densité vont créer des courants. Cette circulation des eaux tout autour de la planète est perturbée par de nombreux tourbillons, qui jouent un rôle essentiel dans le mélange et le trajet des eaux. Dans l'Atlantique nord, Ifremer s'intéresse à la circulation qui apporte les eaux chaudes vers l'Arctique et ramène les eaux refroidies en profondeur vers les tropiques. D'après les prévisions, cette circulation serait amenée à ralentir. Cela n'est pas encore observé de façon significative car, s'il existe, ce phénomène est masqué par de grandes variations saisonnières ou pluriannuelles.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette photo montre le *Pourquoi pas ?*, navire amiral de l'Ifremer et de la Marine Nationale, en mer, près d'un iceberg. Un navire océanographique est conçu pour la recherche scientifique et possède de nombreux équipements spéciaux : des treuils, des sondeurs, des portiques pour mettre des appareils à la mer, des laboratoires, des salles informatiques. Et bien-sûr, tout ce qu'il faut pour vivre à bord plusieurs jours, parfois plusieurs semaines : cabines, salle à manger, salons, cuisines etc...

Un iceberg est un morceau de glace formée sur un continent, et rejetée en mer par l'écoulement d'un glacier.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photo a été prise dans le nord de l'océan Atlantique, probablement près du Groenland d'où provient cet iceberg. Loïc le photographe se trouvait à bord d'un zodiac.

Que suggère le titre ?

Deux idées émanent de ce titre :

- l'océan est animé de mouvements : ce sont les courants marins, qui existent en surface et aussi en profondeur, tout autour du globe. Ils permettent à une "goutte" d'eau (image virtuelle bien-sûr) de faire le tour de la planète en 1000 ans environ.
- ces mouvements sont tourmentés : ils subissent des changements.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Homogène : de même nature, qui possède les mêmes caractéristiques

Masse d'eau : important volume d'eau

Circulation thermohaline : qui vient du grec thermos = chaud et halinos = salé, ce terme désigne l'ensemble des courants océaniques liés aux différences de température et de teneur en sel des eaux. On la désigne aussi par l'expression simpliste "Tapis roulant"

Dense : masse pour un volume

Tourbillons : mouvement de rotation. En mer, les tourbillons peuvent mesurer plusieurs dizaines de kilomètres.

Significatif : qui exprime clairement quelque chose, qui est plus important que la marge d'erreur

Saisonniers : qui varie selon les saisons

Pluriannuelle : qui varie selon les années

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ces courants marins, dont certains sont connus du public (comme le Gulf Stream, le courant des aiguilles...) subissent actuellement des modifications. Parfois ils accélèrent, parfois ils ralentissent, sans que l'on sache encore très bien pourquoi. Ce qui est certain, c'est qu'ils ne sont pas stables et que cette instabilité est certainement liée au réchauffement des eaux. Il faudra encore beaucoup de campagnes océanographiques, de mesures, de simulations numériques pour comprendre comment ces courants changent et quelles en seront les conséquences.

Idées de recherches à proposer aux élèves

La circulation thermohaline

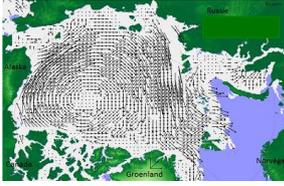
Pour en savoir plus

L'océan, thermostat de la planète http://www.ocean-climate.org/?page_id=1832

Communiqué de presse de la campagne OVIDE : <http://www.ifremer.fr/Les-ressources->

[documentaires/Medias/Communique-de-presse/Archives/2013/Stockage-du-CO2-dans-l-ocean-de-nouvelles-donnees-a-prendre-en-compte-dans-les-modeles-de-prevision-du-changement-climatique](http://www.ifremer.fr/Les-ressources-documentaires/Medias/Communique-de-presse/Archives/2013/Stockage-du-CO2-dans-l-ocean-de-nouvelles-donnees-a-prendre-en-compte-dans-les-modeles-de-prevision-du-changement-climatique)

Conférence d'Herlé Mercier sur les campagnes OVIDE : <http://www.ifremer.fr/webtv/Conferences/Les-campagnes-Ovides>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°3

Sous l'œil des satellites

L'observation des océans depuis l'espace a connu un essor fulgurant ces dernières années. Les satellites sont capables de mesurer les températures de surface des océans, l'étendue et le mouvement des glaces de mer, la salinité de surface ou encore la hauteur des vagues.

L'Ifremer réalise quotidiennement une carte du déplacement des glaces de mer à partir des données satellitaires. Ces informations permettent de suivre l'évolution de la banquise. La diminution de la surface de la banquise arctique est spectaculaire. Depuis les premières mesures par satellite dans les années 1970, près de 40% de la surface a disparu lors du minimum estival en septembre

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image est une carte de l'océan arctique. Le pôle Nord est situé au-dessous du milieu de l'image, matérialisé par le croisement des lignes représentant les longitudes. La Russie est en haut, la Norvège est à droite, le Groenland est en bas, le Canada est à gauche. Les zones en blanc correspondent aux surfaces d'océan recouvertes de glaces flottante, ou banquise. Les flèches montrent le déplacement sur trois jours de la banquise. On voit que la banquise tourne autour d'un point situé au Nord du Canada, et qu'une partie est évacuée le long des côtes est du Groenland et entre le Spitsberg et la Nouvelle-Zemble.

A votre avis, comment a été réalisée cette image ?

L'image a été élaborée à partir de données obtenues par satellite. On distingue la taille des pixels de mesure, qui correspondent à une surface d'environ 3km X 3km.

Que suggère le titre ?

Le titre indique que la planète est sous la surveillance permanente des satellites qui peuvent enregistrer en continu ou de façon très répétitives de très nombreuses données.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Essor : développement

Données satellitaires : données obtenues par les satellites

Banquise : étendue de mer recouverte par de la glace formée par la congélation de l'eau de mer. La banquise ne dépasse pas quelques mètres d'épaisseur. Elle fond en grande partie d'une saison à l'autre.

Minimum estival : surface minimale atteinte par la banquise à la fin de l'été, en septembre pour la banquise arctique, et en mars pour la banquise antarctique.

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce panneau évoque ce qu'on appelle l'océanographie spatiale. La contribution des satellites aux observations océanographiques est récente mais est devenue essentielle. Elle permet de couvrir toutes les zones de la planète, même celles qui sont difficiles d'accès. Les satellites enregistrent les informations de la surface des océans, comme la température, l'altitude, le déplacement, la salinité, la glace de mer, la chlorophylle... En revanche il est plus difficile d'en déduire des informations sur les eaux profondes : on peut déterminer ainsi l'épaisseur des glaces, la topographie du fond des océans...

Idées de recherches à proposer aux élèves

Evolution de la banquise ces dernières années et dans le futur

Les expéditions polaires sur la banquise

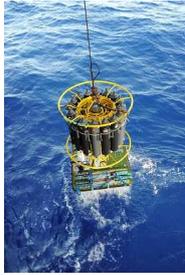
L'océanographie spatiale

Pour en savoir plus

Suivi journalier de l'étendue des glaces de mer en Arctique : <http://cersat.ifremer.fr/data/tools-and-services/indicators/north-pole>

Le laboratoire d'océanographie spatiale : <http://wwz.ifremer.fr/los/Le-Laboratoire>

Dix ans d'observations marines avec le satellite ENVISAT : <http://wwz.ifremer.fr/webtv/Conferences/Envisat>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°4

Plongée dans l'océan

Des mesures en mer sont nécessaires pour compléter les mesures satellitaires et étudier les eaux en profondeur. Depuis les navires océanographiques, des bathysondes sont immergées au bout d'un câble. Cela permet d'obtenir des informations très précises sur les caractéristiques de la colonne d'eau jusqu'à plusieurs milliers de mètres de profondeur.

La bathysonde est équipée d'appareils de mesure et comporte une rosette de 24 bouteilles ouvertes aux deux extrémités. Celles-ci sont fermées une à une, à des profondeurs choisies. Des échantillons d'eau de mer de différentes profondeurs sont ainsi remontés. Plus d'une douzaine de paramètres différents sont analysés : salinité, oxygène dissous, acidité (pH), chlorophylle, nitrates, silicates, isotopes du carbone et de l'oxygène, gaz rares, espèces planctoniques, polluants...

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image montre un appareil accroché à l'extrémité d'un câble. On y voit des outils scientifiques, ainsi que des bouteilles en plastique gris fermées. Cet appareil s'appelle une bathysonde, *bathy* signifiant profondeur. On ne voit pas l'autre extrémité du câble, mais il passe dans une poulie et rejoint un treuil fixé sur un navire océanographique. Quand le câble se déroule, la bathysonde descend dans l'océan. Quand il s'enroule, elle remonte.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photo a été prise depuis le pont d'un navire océanographique

Que suggère le titre ?

On imagine bien que c'est la bathysonde qui peut plonger à de grandes profondeurs, jusqu'à 6000 mètres, profondeur que ne peuvent pas atteindre les hommes plongeurs du fait de la pression trop importante.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Navire océanographique : navire conçu pour la recherche scientifique, qui possède de nombreux équipements spéciaux : des treuils, des sondeurs, des portiques pour mettre des appareils à la mer, des laboratoires, des salles informatiques

Bathysonde : structure en métal immergée dans les profondeurs de l'océan sur laquelle on fixe des appareils de mesures et de prélèvement.

Colonne d'eau : volume d'eau compris entre le fond et la surface de l'océan

Paramètre : caractère observé ou variable mesurée

Salinité : quantité de sel en grammes dans un litre d'eau

Acidité : qualité acide d'une substance, concentration de cette substance en ions H⁺

Chlorophylle : molécule qui permet aux algues et aux végétaux de réaliser la photosynthèse

Nitrate : ion formé d'un atome d'azote et de trois atomes d'oxygène

Isotopes : deux éléments chimiques qui ont le même nombre de protons mais pas le même nombre de neutrons

Gaz rare : élément chimique très stable, qui ne s'associe à aucun autre pour former une molécule

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Pour observer l'océan, il est nécessaire de l'observer *in situ*, c'est à dire sur place. Cette bathysonde permet de réaliser des mesures très précises aux profondeurs choisies. Pendant une campagne océanographique, la bathysonde peut être mise à l'eau plusieurs fois par jours.

Idées de recherches à proposer aux élèves

La profondeur des océans

Les profils verticaux de température ou de salinité

La stratification des eaux de l'océan

Pour en savoir plus

Instrumentation océanographique : <http://www.ifremer.fr/lpo/cours/instrumentation/>

La Terre, planète océane : <http://eduscol.education.fr/obter/appliped/ocean/theme/ocean11.htm>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°5

Une armée de sentinelles

L'océan mondial est parsemé de bouées ou flotteurs dérivants, qui peuvent plonger jusqu'à 2000 mètres de profondeur et transmettent régulièrement, via les satellites, leurs mesures locales de température et salinité. Leurs trajectoires renseignent sur les courants. Ces bouées, d'une durée de vie de 2 à 5 années, doivent régulièrement être améliorées, réglées ou remplacées.

Plus les bouées sont nombreuses, plus les mailles des réseaux d'observation sont resserrées et plus les modélisations du fonctionnement et de l'évolution des océans sont précises. Les 3800 flotteurs autonomes actuellement déployés par le programme international ARGO, lancé en 2000 et réunissant plus de 30 pays, constituent le premier réseau mondial d'observation *in situ* des océans en temps réel. L'Ifremer participe à ce grand programme et héberge l'un des deux centres mondiaux pour l'analyse et le stockage des données ARGO.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Sur cette photographie, on voit un appareil flotter dans l'eau, avec un zodiac en arrière-plan. On peut supposer que les personnes dans le zodiac ont un lien avec cet appareil. L'appareil montre une partie immergée, avec le logo de l'Ifremer, et une partie émergée. C'est un flotteur ARGO.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photographie a été prise à la surface par Olivier, plongeur photographe à l'Ifremer. Son objectif était à moitié dans l'eau et à moitié hors de l'eau.

Que suggère le titre ?

Une armée de sentinelles exprime deux idées :

- armée : l'abondance de ces appareils : ils sont plus de 3800 disséminés sur les océans du globe, et leur nombre continue d'augmenter
- sentinelles : ces flotteurs ARGO observent en permanence l'océan et enregistrent de nombreuses mesures. Mais elles ne font qu'observer, elles n'ont aucune action sur l'océan.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Réseau d'observation : ensemble d'appareils de mesures ou d'observations répartis sur une zone que l'on souhaite étudier.

Maille : distance entre les points d'observations de ces réseaux, un peu comme dans un tissu ou un quadrillage.

Modélisation : réalisation de simulations informatiques d'un phénomène passé, actuel ou futur, par l'intermédiaire d'équations mathématiques, et alimenté par des données.

Autonomes : sans assistance, non fixé

In-situ : sur place

En temps réel : sans décalage dans le temps entre la mesure et la transmission.

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Les observations doivent être nombreuses et bien réparties. Le seul moyen pour y parvenir est de développer ces réseaux de flotteurs autonomes. Le programme ARGO est essentiel pour acquérir toutes les données nécessaires à la compréhension des océans.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Le réseau ARGO

Pour en savoir plus

Des flotteurs ARGO déployés pendant la World Barcelona Race : <http://wwz.ifremer.fr/L-institut/Actualites/Barcelona-World-Race-mission-Argo-accomplie>

Le site d'ARGO (en anglais) : <http://www.argo.ucsd.edu/>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°6

Des zones sous haute surveillance

Pour étudier de façon approfondie certains phénomènes océaniques, des zones d'étude particulières sont mises sous surveillance pour un temps limité. Dans cet objectif, l'Ifremer installe un ensemble de mouillages constitués d'un câble fixé au fond de la mer et maintenu vertical grâce à des bouées, et de plusieurs capteurs disposés le long du câble. L'installation de ces mouillages et leur relève au bout d'un à deux ans se font lors de campagnes océanographiques. Les données enregistrées en continu permettent de mieux comprendre les processus complexes, comme les courants, les tourbillons ou les mélanges entre eaux de surface et eaux de profondeur.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

On voit sur cette photographie des hommes casqués en train de manipuler des flotteurs accrochés à un câble. L'opération paraît dangereuse : les hommes sont casqués, ils portent des chaussures de sécurité, ils sont tout au bord du navire, à l'arrière, sans garde-corps pour les empêcher de tomber à l'eau. On suppose qu'ils sont en train d'installer du matériel océanographique dans l'océan.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photo a été prise par Pascale, chercheuse à l'Ifremer, pendant la campagne océanographique OVIDE, alors que l'équipe de pont est en train d'installer un mouillage au fond de l'océan. Pascale était sur le pont supérieur, éloignée de la zone à risque.

Que suggère le titre ?

Les scientifiques identifient des zones particulièrement intéressantes qu'ils vont étudier dans le détail. Pour cela ils utilisent un matériel océanographique particulier.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Mouillage : ensemble constitué (de bas en haut) : d'un lest en ciment ou en métal posé sur le fond, d'un câble sur lequel des appareils sont fixés ou peuvent coulisser, de bouées qui maintiennent le câble à la verticale

Campagne océanographique : expédition en mer sur un navire océanographique, qui dure de quelques jours à quelques semaines, pour mettre en œuvre un ou plusieurs programmes de recherche

En continu : sans arrêt ou à des intervalles de temps très rapprochés

Processus : ensemble de phénomène organisés dans le temps

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Le panneau aborde ce qu'on appelle l'océanographie de recherche. Pour comprendre certains phénomènes océaniques, il faut étudier des zones précises dans le détail. La surveillance est alors assurée non pas par les hommes car on ne peut pas rester en continu sur une zone, mais par des appareils qui seront installés dans l'océan pour un ou deux ans. Quand on les récupère, on recueille également les enregistrements réalisés. Puis les études se poursuivent au laboratoire.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Les tourbillons océaniques

Les campagnes océanographiques

Pour en savoir plus

Instrumentation océanographique : <http://www.ifremer.fr/lpo/cours/instrumentation/>

Présentation des navires océanographiques sur le site de la flotte de l'Ifremer :

<http://flotte.ifremer.fr/Présentation-de-la-flotte/Navires/Navires-hauturiers>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°7

Tous océanographes !

Pour compléter les mesures effectuées à partir des navires océanographiques, l'Ifremer installe aussi des capteurs sur des navires d'opportunité, voiliers ou bateaux de croisière, qui sillonnent les mers peu fréquentées comme l'océan Antarctique.

Le voilier Oceanoscientific Explorer est ainsi équipé d'un Oceanoscientific System, un appareil qui enregistre des données météorologiques et océanographiques, traitées par les équipes du Laboratoire de Physique des Océans. D'autres navires de croisière disposent d'un simple capteur de température et salinité qui peut enregistrer des données pendant deux à trois années. Le monde de la course au large et de la plaisance contribue ainsi à l'observation des océans.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

On voit sur cette image un voilier rapide. C'est un voilier de course au large. Les logos placés dans la voile (Ocean & Climate) et sur la coque (Oceanoscientific) montrent qu'il est chargé d'une mission scientifique liée au changement climatique.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Le photographe était placé à quelques mètres au-dessus de la surface de l'eau. La photo a probablement été prise du pont d'un gros bateau, ou alors d'un hélicoptère.

Que suggère le titre ?

« Tous océanographes ! » suggère que chacun peut apporter sa contribution à l'océanographie sans être forcément scientifique. Des navigateurs qui parcourent les océans peuvent ainsi aider les scientifiques à l'étudier et le comprendre.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Navire d'opportunité : c'est un navire qui est prévu pour une certaine activité (par exemple la course au large) et qui est utilisé pour une autre activité (enregistrement de mesures scientifiques).

Météorologique : qui relève de la prévision du temps pour les prochains jours ou prochaines semaines

Océanographique : littéralement : *qui écrit sur l'océan*. C'est la science qui a pour objet l'étude des mers et des océans. L'océanologie est l'ensemble des méthodes et des opérations scientifiques pour étudier les mers et les océans.

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce panneau évoque les sciences participatives : ce sont des observations scientifiques réalisées par des citoyens, non professionnels des sciences, qui sont transmises aux scientifiques et utilisées pour des programmes d'observation ou de recherche. L'intérêt est de multiplier les observations en particulier dans des lieux difficiles d'accès. Ainsi, les instituts de recherche équipent parfois des bateaux de croisière ou de course avec des capteurs pour aller effectuer des mesures sur tous les océans du globe.

Il existe beaucoup de projets de sciences participatives. L'Ifremer en a développé un autre, sur l'observation des eaux colorées dues à des efflorescences de plancton, appelé Phénomex.

Idées de recherches à proposer aux élèves

L'OcéanoScientific System

Les sciences participatives

Les programmes scientifiques des courses à la voile

Pour en savoir plus

Phénomex : www.phenomex.fr

Le site d'OcéanoScientific : <http://www.oceanoscientific.org/>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°8

Des millions de données...

Les données obtenues pendant les campagnes océanographiques constituent une ressource essentielle pour étudier les changements de l'océan. Un important travail de qualification des données est réalisé par l'Ifremer, dans le but de ne retenir que des informations fiables et exploitables.

La carte montre les zones de l'Atlantique couvertes par les bathysondes de l'Ifremer et les bouées du réseau ARGO. Certaines zones géographiques de l'océan mondial sont encore peu couvertes. Les eaux profondes, au-delà de 2000 mètres de profondeur, seront explorées avec les futures bouées ARGO qui pourront descendre jusqu'à 5000 mètres.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette carte de l'océan Atlantique présente un grand nombre de points rouges et noirs qui correspondent à des lieux explorés par des scientifiques. Les points rouges sont alignés, ce qui évoque le trajet d'un navire. Les points noirs isolés.

A votre avis, comment a été réalisée cette image ?

Cette carte a été réalisée par une graphiste. A partir de plusieurs données différentes, on a représenté les endroits où on a analysé l'océan, avec des bathysondes (points rouges) ou avec des bouées ARGO (points noirs).

Que suggère le titre ?

On compte des centaines de points sur la carte. Le titre indique des millions de données. On évoque ici la nécessité d'acquérir une très grande quantité de mesures à la surface et en profondeur, partout dans les océans.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Donnée : valeur enregistrée par un appareil de mesure

Campagne océanographique : expédition en mer sur un navire océanographique, qui dure de quelques jours à quelques semaines, pour mettre en oeuvre un ou plusieurs programmes de recherche.

Qualification : tri des données pour ne conserver que les données fiables et éliminer les mauvaises.

Fiable : dont on peut être sûr

Bathysonde : structure en métal immergée dans les profondeurs de l'océan sur laquelle on fixe des appareils de mesures et de prélèvement.

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce panneau pose la question de l'acquisition des données, qui est essentielle pour pouvoir comprendre son fonctionnement, réaliser des prévisions et développer des modèles numériques. De plus, l'océan étant en perpétuelle évolution, il faut répéter ces mesures un grand nombre de fois. On arrive ainsi à enregistrer des millions d'informations. Mais il faut éliminer les mauvaises mesures, celles qui sont anormales à cause d'un problème de matériel, ou d'un mauvais enregistrement. Cet énorme travail est réalisé à l'aide des outils informatiques.

Malgré tout, il reste encore beaucoup de zones où les mesures ne sont pas suffisamment nombreuses : certaines régions géographiques, les grandes profondeurs...

Idées de recherches à proposer aux élèves

Le traitement des données

Les valeurs aberrantes

La précision de la mesure

Le stockage des données

Pour en savoir plus

Le portail des données marines de l'Ifremer : <http://data.ifremer.fr/>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°9

... pour dévoiler les profondeurs de l'océan

Rassemblées dans les centres de données, les observations de l'océan sont utilisées de différentes façons. Elles alimentent les modèles numériques pour de meilleures prévisions de l'état de l'océan. Elles constituent une ressource dans laquelle les scientifiques puisent pour préparer leurs futures expériences et compléter leurs propres jeux de données. Elles permettent d'évaluer l'état de l'océan à un endroit précis sur une période donnée.

Par exemple, grâce aux observations réalisées dans les années 2000, on peut désormais évaluer les changements intervenus en quelques années dans les masses d'eau intermédiaires, des zones difficiles d'accès. Ces eaux sont situées entre 300 et 1500 mètres de profondeur, au-dessous des eaux en interaction avec la surface. Sur la carte ci-dessous, les eaux qui se sont réchauffées apparaissent en rouge et celles qui se sont refroidies apparaissent en bleu. L'échelle de couleur à droite indique l'anomalie de température en degrés Celsius.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

C'est une carte du monde où les océans sont colorés selon un dégradé de couleur. Ces couleurs graduelles du bleu foncé au rouge indiquent un paramètre, c'est à dire une information sur l'état de l'océan. Il y a une majorité de zones en jaune. Le rouge et le bleu ne sont pas uniformément répartis, et souvent très proches dans certaines zones, vers le 40ème parallèle Sud et dans l'Atlantique nord.

A votre avis, comment a été réalisée cette image ?

C'est une carte réalisée par ordinateur à partir d'un ensemble de données.

Que suggère le titre ?

Il commence par trois petits points, donc est lié au titre précédent. Les données servent à faire apparaître des informations qui ne sont pas facilement accessibles. Ici, on montre un exemple : les températures de l'océan autour de 600 mètres de profondeur.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Centre de données : serveurs informatiques où sont sauvegardées les données

Modèles numériques : ce sont des programmes informatiques qui tentent de reconstituer ou de prévoir l'évolution d'un système. Par exemple : reconstitution des températures du passé. Ou prédiction des changements du niveau de la mer...

Evaluer : estimer

Masse d'eaux intermédiaires : tranche des eaux qui sont situées entre 300 et 1500 mètres sous la surface.

En interaction : qui peuvent réagir avec.

Quelle est la question posée par ce panneau ?

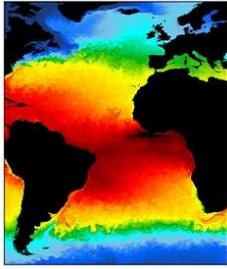
L'utilisation des données est le sujet de ce panneau. A quoi vont servir ces millions d'informations recueillies ? Ici, on montre un exemple : on a indiqué le changement de température des eaux de l'océan autour de 600 mètres de profondeur, depuis les années 1980. Le bleu indique un refroidissement, le rouge un réchauffement. On montre ainsi que si globalement, il y a une tendance au réchauffement, localement, il y a des variations très importantes. Des zones très réchauffées sont situées juste à côté des zones très refroidies. Cette carte montre que les moyennes que l'on réalise au niveau du globe entier cachent des variations locales très importantes.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Modèle numérique

Pour en savoir plus

La Terre, planète océane : <http://eduscol.education.fr/obter/applied/ocean/theme/accueil.htm>



"Le climat change, l'océan aussi" - " - Fiche de lecture du panneau n°10

Voir et prévoir l'océan

Pour réaliser une « météo de l'océan », c'est-à-dire être capable de fournir une description détaillée de l'état des océans et prévoir son évolution sur quelques semaines, il est nécessaire de combiner les modèles numériques avec les observations des satellites et les mesures enregistrées dans l'océan (bathysondes, flotteurs, bouées fixes...).

Pour relever ce véritable défi, les organismes français de recherche en océanographie dont l'Ifremer ont mis en place à la fin des années 90 une structure commune unique en Europe, le centre de prévision des océans Mercator Océan. Aujourd'hui, est capable de fournir tous les jours des analyses et prévisions de l'océan afin de répondre aux besoins variés des usagers de la mer. Il fournit également des descriptions de l'état passé de l'océan qui sont un outil indispensable pour mieux comprendre le rôle de l'océan sur le climat.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

C'est une carte qui montre les eaux de l'océan Atlantique fortement colorées, du violet au rouge. La couleur violette est située très au Nord et très au Sud. La couleur rouge est située au niveau de l'équateur. On peut penser que la carte représente des températures de l'eau de la surface des océans. A la limite des couleurs, on distingue des tourbillons qui montrent que l'eau de l'océan est animée de multiples mouvements tourbillonnaires.

A votre avis, comment a été réalisée cette image ?

Cette image a été réalisée à partir d'un modèle de prévision des températures de surface de l'océan. C'est une carte de prévision, réalisée par Mercator Océan, similaire aux cartes de Météo France pour les prévisions de températures de l'air.

Que suggère le titre ?

Ce titre suggère que l'on peut observer l'état actuel de l'océan et qu'on peut prévoir son évolution future.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Evolution : transformation, changement, qui peut être mesuré par la température par exemple

Combiner : mélanger les effets

Modèles numériques : ce sont des programmes informatiques qui tentent de reconstituer ou de prévoir l'évolution d'un système. Par exemple : reconstitution des températures du passé. Ou prédiction des changements du niveau de la mer...

Usagers de la mer : tous ceux qui « utilisent » la mer pour leur besoin personnel ou professionnel : pêcheurs, promeneurs côtiers, plaisanciers, industriels...

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Voir et prévoir l'océan, c'est la finalité de ce qu'on appelle l'océanographie opérationnelle. Avec les moyens d'observations et d'enregistrements, on "voit" l'océan. Et avec les modèles numériques, on "prévoit" son état futur dans quelques jours ou quelques semaines.

Idées de recherches à proposer aux élèves

L'océanographie opérationnelle

Pour en savoir plus

Le site de Mercator Océan : analyser et prévoir l'océan, section climat : <http://www.mercator-ocean.fr/fre/applications/climat>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°11

Ça chauffe !

Les mesures globales montrent que la température des 300 premiers mètres de l'océan a augmenté de 0,3°C depuis 1950. Mais ce réchauffement n'est pas homogène : certaines régions se réchauffent davantage et plus rapidement que d'autres. C'est le cas de l'Océan glacial Arctique. Ce réchauffement provoque une diminution importante de la banquise.

Grâce à des mesures par satellites, l'Ifremer réalise quotidiennement une cartographie du déplacement des glaces de mer, assure le suivi de l'évolution de la surface occupée par la banquise et estime la proportion des glaces de plus de 2 mètres d'épaisseur par rapport aux glaces nouvellement formées, moins épaisses.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image montre des plaques de glace qui flottent sur la mer. Elles sont séparées par des zones d'eau non englacée. C'est une banquise disloquée. Le soleil se reflète sur l'eau, ce qui suggère qu'il peut y avoir un lien entre cet ensoleillement et la fonte de la banquise.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photo a été prise depuis le pont d'un navire océanographique en mission dans l'océan arctique. Le photographe est à quelques mètres au dessus de la surface de la mer.

Que suggère le titre ?

Ce titre est une affirmation. Il indique que l'océan, en particulier sa surface et les zones proches des pôles se réchauffent. Le point d'exclamation évoque un signal d'alarme : attention, l'océan se réchauffe !

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Globales : qui concernent le globe terrestre dans son ensemble

Homogène : de même nature, qui possède les mêmes caractéristiques

Banquise : couche de glace qui se forme à la surface de la mer lorsqu'il fait très froid

Cartographie : établissement des cartes

Proportion : partie d'un ensemble, souvent donnée en pourcentage

Quelle est la question posée par ce panneau ?

L'information majeure est que depuis plusieurs dizaines d'années, l'océan se réchauffe, tout comme l'atmosphère. C'est une constatation. C'est aussi un signal d'alarme car les effets de ce réchauffement sont nombreux. En particulier, l'un des effets visibles est la fonte de la banquise arctique, dont le minimum estival (en été) est de plus en plus réduit. L'une des conséquences est qu'on pourra dans quelques années aller au pôle Nord en bateau.

Idées de recherches à proposer aux élèves

L'océan arctique

La banquise : nature, extension, variation, milieu de vie

L'albédo

Le rôle de la banquise dans la circulation océanique globale

Pour en savoir plus

Fiche scientifique L'océan réservoir de chaleur : www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2015/03/FichesScientifiques-ocean-reservoir-chaleur_BD.pdf



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°12

En compétition !

Depuis les années 80 en Bretagne, on observe une régression des zones d'habitat de certaines algues brunes. Les hivers plus chauds favorisent le développement des patelles (ou chapeaux chinois) et des algues vertes. Or la patelle est un prédateur redoutable des algues brunes. Et les algues vertes concurrencent les algues brunes pour les zones d'installation et la disponibilité en nutriments. Cet exemple montre très concrètement comment le réchauffement climatique peut introduire une compétition entre espèces et modifier les équilibres biologiques de nos littoraux.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Sur cette côte rocheuse, la mer apparaît à quelques dizaines de mètres. On voit principalement deux organismes : des algues brunes et des patelles (chapeaux chinois). Les deux espèces occupent chacune une zone, indiquant qu'elles ont chacune un territoire précis. Il n'y a pas d'algues brunes dans la zone des patelles, et pas de patelles dans la zone des algues brunes. On voit également d'autres organismes : deux espèces d'algues brunes, des algues vertes à l'arrière-plan, des balanes derrière les patelles.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photo a été prise sur l'estran rocheux, la côte rocheuse du littoral breton, à marée basse.

Que suggère le titre ?

Le mot compétition laisse penser que ces espèces ont des relations d'affrontement. Leur répartition en deux zones différentes peut indiquer qu'elles sont en compétition pour coloniser leur territoire.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Régression : diminution de la zone de répartition

Zone d'habitat : zone où une espèce s'est installée

Favorisent : rendent plus favorables

Prédateur : qui se nourrit d'un autre organisme vivant

Disponibilité : dont les espèces peuvent disposer, qui sont disponibles

Nutriments : élément pour se nourrir qui peut être directement assimilé par l'organisme

Equilibre biologique : état de stabilité des relations entre des espèces et leur milieu de vie

Littoral : bord de la mer

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce panneau illustre l'influence des changements de conditions de milieu sur la répartition des espèces côtières. Le réchauffement de l'air et des eaux entraîne le développement des patelles qui envahissent les zones d'habitat des algues brunes et mangent les jeunes algues.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Les êtres vivants de l'estran

L'effet des marées sur les côtes

Les relations entre espèces (compétition, symbiose, parasitisme...)

Les conditions de milieu

Pour en savoir plus

Fiche scientifique Océan, biodiversité et climat : www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2015/03/FichesScientifiques_ocean-biodiversite.pdf



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°13

Cap au Nord pour l'huître creuse

Originaires d'Asie, les huîtres creuses élevées aujourd'hui en Europe y ont été introduites dans les années 1970. Leur reproduction dans le milieu naturel a longtemps été limitée à la façade atlantique française... Pourtant, elles se reproduisent désormais jusqu'au Sud de la Norvège !

Ceci est lié au développement de l'aquaculture dans ces régions mais c'est également une conséquence du changement de la température, possiblement accompagnée d'une adaptation génétique de l'espèce.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image montre un ensemble d'huîtres et d'algues brunes sur l'estran, zone de balancement des marées (entre les niveaux de haute et de basse mer). La côte est rocheuse, assez abrupte. L'eau est calme ce qui peut indiquer une baie abritée. Un zodiac circule le long de la côte.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photographie a été prise par Olivier photographe à l'Ifremer, sur le littoral de la Bretagne nord. Il a placé son appareil très près du sol, pour que les huîtres apparaissent en gros plan.

Que suggère le titre ?

Le titre indique qu'on parle bien ici de l'huître creuse, celle qui apparaît sur la photo. Cap au Nord veut dire que cette huître, qui vit pourtant fixée, s'est déplacée vers le Nord. On imagine que c'est donc sa zone de répartition qui a changé et s'est déplacé vers le Nord, probablement en lien avec le changement climatique.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Ostréiculture : élevage d'huîtres dans le but de les commercialiser

Conditions climatiques : paramètres liés au climat (température, vent, précipitations, humidité...)

Salinité : concentration de sel dans un liquide, en grammes par litres

Adaptation génétique : modification des gènes de l'espèce suite à une sélection des individus les plus adaptés aux conditions du milieu

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce panneau, comme le précédent sur les algues brunes et les patelles, veut montrer que les changements des conditions de milieu (réchauffement par exemple) entraînent un changement des zones d'habitat des espèces côtières. De plus, le grand nombre d'huîtres visibles sur la photo et la légende associée qui parle de "récif" indique que cette migration vers le Nord s'accompagne d'une importante colonisation, jusqu'à former des récifs. Cela entraîne le déplacement ou la disparition d'autres espèces en ces lieux.

Idées de recherches à proposer aux élèves

- les êtres vivants de l'estran
- l'effet des marées sur les côtes
- les relations entre espèces (compétition, symbiose, parasitisme...)
- les conditions de milieu

Pour en savoir plus

Conférence de Stéphane Pouvreau sur l'huître face au climat : <http://wwz.ifremer.fr/webtv/Conferences/L-huitre-face-au-climat>



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°14

Un plancton moins productif

Le plancton végétal, également appelé phytoplancton, constitue l'ensemble des végétaux microscopiques et unicellulaires qui flottent dans les eaux marines de surface et dérivent au gré des courants. Méconnu car invisible à l'œil nu, le phytoplancton est pourtant le poumon de notre planète : il produit plus de la moitié de l'oxygène que nous respirons ! Il se trouve à la base de la chaîne alimentaire océanique. De sa présence et de son activité va dépendre toute la vie dans les océans.

L'observation de la couleur de surface des océans est une technique utilisée pour évaluer la concentration en phytoplancton. Connaissant ce paramètre et la quantité de lumière disponible selon les zones étudiées, il est aussi possible d'estimer la production primaire du plancton végétal. Les études menées par l'Ifremer à l'aide de satellites, montrent que sa productivité globale est en baisse. Suivre l'évolution du plancton végétal depuis l'espace contribue à mieux comprendre le cycle global du carbone.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image montre le golfe de Gascogne, qui s'étend entre le sud de la Bretagne (en haut de l'image) et le nord de l'Espagne (en bas de l'image). On distingue bien du nord au sud l'île de Belle-Ile, l'île d'Yeu, l'île de Ré, l'île d'Oléron, l'estuaire de la Gironde, la longue plage des Landes, interrompue en son milieu par le bassin d'Arcachon, la côte espagnole. Au large des landes, en plein golfe, une tâche claire présente de nombreux tourbillons.

A votre avis, comment a été réalisée cette image ?

Ce n'est pas une photo mais une image construite à partir des informations numériques envoyées par un satellite de la NASA. C'est pour cela qu'on parle d'image satellite.

Que suggère le titre ?

Le titre cite le plancton, ce qui permet de faire le lien avec la tache colorée que l'on voit sur l'image. Un plancton moins productif signifie un changement dans la production de matière organique par ces algues microscopiques, appelée production primaire.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Plancton : ensemble des espèces vivantes qui vivent en suspension dans l'eau de mer

Phytoplancton : plancton d'origine végétal

Microscopique : invisible à l'œil nu

Unicellulaire : constitué d'une seule cellule

Chaîne alimentaire océanique : ensemble des espèces liées par des relations de nutrition (qui mangent ou sont mangées par)

Concentration : quantité dans un volume donné

Paramètre : caractère observé ou variable mesurée

Production primaire : production de matière organique d'origine végétale, par les organismes végétaux à partir des éléments minéraux et de la lumière

Contribue : apporte une aide

Cycle global : circulation d'un élément chimique au niveau du globe terrestre

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Ce panneau évoque les effets du réchauffement des eaux de l'océan sur le plancton végétal et sa capacité à fabriquer de la matière organique végétale, que l'on appelle production primaire. Cette production est essentielle au monde vivant car elle constitue la base du réseau alimentaire. C'est cette production primaire qui transforme la matière minérale en matière organique. Puis cette matière organique sera soit consommée par les petits animaux, soit dégradée, soit enfouie dans les sédiments au fond de l'océan pour constituer, après des millions d'années, des réserves de pétrole ou de gaz.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Le cycle du carbone

La pompe biologique du carbone

La chaîne alimentaire dans l'océan

Les blooms phytoplanctoniques

Pour en savoir plus

Conférence de Claude le Bec : « La biodiversité de l'invisible : les microalgues, ennemies ou amies ?

<http://www.ifremer.fr/webtv/Conferences/Les-microalgues>

Conférence de Francis Gohin : L'environnement côtier sous surveillance depuis l'espace :

<http://www.ifremer.fr/webtv/Conferences/L-environnement-cotier-sous-surveillance-depuis-l-espace>

Fiche scientifique : Acidification des océans : www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2015/03/FichesScientifiques_acidification-oceans.pdf



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°15

L'atlantique, puits de CO₂ : jusqu'à quand ?

La combustion des énergies fossiles libère dans l'atmosphère d'énormes quantités de gaz carbonique (CO₂). Environ un quart de ce CO₂ est absorbé par les eaux marines de surface puis rejoint les profondeurs océaniques entraîné par les courants verticaux : c'est la pompe physique du carbone.

Depuis 2002, l'Ifremer étudie le fonctionnement de cette pompe physique dans l'Atlantique nord. Pour le moment, les observations n'indiquent pas de saturation des eaux profondes en CO₂, ni de ralentissement de la pompe physique. Cependant, si cela devait se produire, cela signifierait certainement un emballement du réchauffement climatique.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

On voit sur cette image une jeune scientifique au travail dans un laboratoire. Elle effectue une mesure (en chimie on dit un dosage) de l'oxygène dans un échantillon d'eau de mer. Elle porte l'équipement de protection du technicien de laboratoire : lunettes, blouse, gants.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photo a été prise dans un laboratoire de l'Ifremer sur le centre Bretagne.

Que suggère le titre ?

Le titre mentionne une molécule chimique : le CO₂, ou dioxyde de carbone ou encore gaz carbonique. C'est le principal gaz à effet de serre responsable du changement climatique observé actuellement. Le titre indique que le CO₂ "tombe" dans un puits : ce puits est l'océan. Ce puits n'est pas sans fond, car la question posée par le titre indique que le phénomène pourrait s'arrêter un jour. Mais quand ? On ne sait pas.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Combustion : le fait de brûler. C'est une réaction chimique qui libère une grande quantité d'énergie sous forme de chaleur. Il faut un carburant (ici le charbon), un comburant (ici l'oxygène de l'air) et un déclencheur (une flamme ou une étincelle)

Energies fossiles : énergies renfermées dans des roches riches en matière organique, qui peuvent brûler (le charbon, le pétrole, le gaz)

Gaz carbonique CO₂ : dioxyde de carbone, ou encore gaz carbonique : molécule issue de la combustion d'un corps carboné par l'oxygène

Absorbé : qui passe par équilibre chimique dans les eaux de l'océan

Saturation : la saturation est atteinte quand les eaux ne peuvent plus absorber le CO₂. On dit alors qu'elles sont saturées

Emballement : forte accélération

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Le panneau aborde la complexité du cycle du carbone. Il souligne que l'océan, qui a jusqu'à maintenant absorbé une bonne part du carbone émis dans l'atmosphère sous forme de CO₂, risque un jour de ne plus pouvoir en absorber, ce qui provoquerait une forte augmentation du CO₂ dans l'atmosphère. Mais rien n'est sûr. Les connaissances scientifiques progressent lentement et il est très difficile de prévoir comment l'océan va réagir à cette modification chimique. Un message important de ce panneau est de montrer que les réponses aux problèmes scientifiques ne sont ni rapides, ni faciles à obtenir.

Idées de recherches à proposer aux élèves

- le cycle du carbone
- les métiers de laboratoire
- l'équipement de laboratoire
- la précision de la mesure

Pour en savoir plus

Fiche scientifique : L'océan pompe à carbone : www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2015/03/FichesScientifiques-ocean-pompe-carbone.pdf



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°16

Poissons : changements en prévision pour les générations futures

La diminution de la teneur en oxygène dans l'eau est une des conséquences du réchauffement climatique. Or cet élément est essentiel pour la vie animale. Cela peut amener certaines espèces à modifier leurs fonctions biologiques. Des expériences menées à l'Ifremer montrent que les larves de bars exposées à un manque modéré d'oxygène donnent des bars adultes de petite taille, puis des descendants de petite taille également. Cette exposition induit donc un frein à la croissance qui se transmet d'une génération à l'autre. Des poissons de petite taille seront probablement plus vulnérables aux prédateurs et auront moins de chances de se reproduire. Cela entraînera donc des effets sur l'évolution de l'espèce. Le réchauffement des eaux risque de provoquer des bouleversements dans les équilibres biologiques marins car potentiellement beaucoup d'espèces et différentes fonctions (croissance, résistance, reproduction) sont concernées.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

La photo montre des petits organismes vivants, de format allongé, tous identiques. Leurs yeux sont particulièrement bien visibles. Ce sont des larves de bar. Elles ont 10 jours et mesurent 2 à 3 mm de long.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photo a été prise avec un objectif macroscopique, qui permet de faire de très gros agrandissements, et deux flashes. Elle a été réalisée dans un laboratoire de l'Ifremer, où on élève les larves de bar pour les soumettre à des modifications du milieu (privation d'oxygène) et en observer les conséquences. Les larves ont été déposées dans une coupelle sur la paillasse du laboratoire.

Que suggère le titre ?

Le titre indique qu'il est question de poissons et suggère qu'ils sont sensibles au changement climatique, ce qui risque d'entraîner des changements chez les adultes et leurs descendants.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Teneur : concentration

Fonctions biologiques : les fonctions nécessaires au fonctionnement d'un organisme : respiration, alimentation, excrétion, reproduction...

Larve : jeune qui ne ressemble pas à ses parents

Prédateur : espèce qui mange d'autres espèces vivantes

Evolution de l'espèce : transformation d'une espèce amenant à des modifications physique ou physiologiques transmissibles à ses descendants

Equilibre biologique : état de stabilité des relations entre des espèces et leur milieu de vie

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Le message transmis par ce panneau est que des modifications même temporaires du milieu de vie des larves vont modifier les adultes, et même leurs descendants. Dans le cas présenté, les bars adultes ont une taille plus petite que la moyenne. La raison en est probablement qu'ils ont dû apprendre pendant leur stade larvaire, à limiter leur croissance pour garder de l'énergie pour leurs fonctions vitales (alimentation, respiration...).

La transmission de ce caractère à leur descendance est un phénomène qualifié d'épigénétique : c'est la transmission d'un caractère acquis, sans que le patrimoine génétique de l'individu soit modifié.

Le changement de conditions des milieux risquent de provoquer de nombreuses modifications épigénétiques.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Cycle de développement des poissons

Modifications épigénétiques

Pour en savoir plus :

Consommer responsable : www.mrgoodfish.com

Conférence de José Luis Zambonino et Guy Claireaux : L'homme change la mer, la mer change les poissons : <http://wwwz.ifremer.fr/webtv/Conferences/L-Homme-change-la-mer-la-mer-change-les-poissons>

Fiche scientifique : Biodiversité marine exploitée et changement climatique : www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2015/03/FichesScientifiques_biodiversite.pdf



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°17

Les vagues à l'attaque de la côte

Le réchauffement des eaux de l'océan et la fonte des glaces continentales provoque l'élévation du niveau marin. Depuis 1900, le niveau moyen de la mer s'est ainsi élevé d'environ 20 cm.

Les travaux de l'Ifremer montrent que la hauteur des vagues ne devrait pas augmenter sur les côtes métropolitaines. Mais la combinaison de ces vagues avec des niveaux d'eau plus hauts devrait augmenter les risques de submersion marine, notamment à l'occasion de fortes tempêtes. Dans ce cadre, l'Ifremer travaille sur la mesure des vagues par satellite et, par modélisation numérique, simule l'effet de ces vagues lors de leur arrivée à la côte.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

C'est une photo de tempête particulièrement forte, car les vagues passent par-dessus une jetée de protection. C'est la marée haute.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photo a été prise depuis la côte au-dessus du port du Conquet, à l'Ouest de la Bretagne, face aux îles de Molène et Ouessant.

Que suggère le titre ?

Le titre indique que les fortes vagues qui arrivent à la côte peuvent avoir un effet destructeur sur l'environnement côtier. Ce fut le cas en Bretagne particulièrement au printemps 2014 où les fortes tempêtes se sont succédé.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Glaces continentales : glaces qui constituent les glaciers en montagne ou les calottes polaires au Groenland et en Antarctique

Submersion marine : inondation provoquée par la mer

Modélisation numérique : c'est un programme informatique qui tente de reconstituer ou de prévoir l'évolution d'un système. Par exemple : reconstitution des températures du passé, ou prédiction des changements du niveau de la mer...

Quelle est la question posée par ce panneau ?

La côte est régulièrement menacée par les fortes vagues. Le réchauffement du climat n'entraîne pas une augmentation évidente de la hauteur des vagues. En revanche, l'élévation du niveau de la mer (20 cm en moyenne depuis 1900), qui semble encore s'accélérer récemment (3mm par an actuellement), va rendre ces vagues de plus en plus menaçantes pour le littoral.

Sur la côte, les vagues peuvent éroder les falaises, inonder certaines parties basses, ou passer par-dessus les digues de protection.

Idées de recherches à proposer aux élèves

L'effet comparatif de la fonte des glaces de mer et de la fonte des glaces continentales sur le niveau de la mer
Les vagues scélérates

Pour en savoir plus

Conférence de Fabrice Arduin : Les vagues en mer d'Iroise : observer, comprendre, prévoir : <http://wwz.ifremer.fr/webtv/Conferences/Les-vagues-en-mer-d-Iroise>

Fiche scientifique : Hausse de la mer au XXème siècle : observations et causes : www.ocean-climate.org/wp-content/uploads/2015/03/FichesScientifiques_hausse-des-mers.pdf



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°18

Les estuaires vont-ils déborder ?

Le changement global va entraîner sur les côtes métropolitaines françaises la montée du niveau marin, une modification des régimes des crues et également des changements dans les apports de sédiments par les fleuves. Ces effets, combinés aux activités humaines comme les aménagements portuaires, le pompage des nappes d'eau ou encore les dragages vont particulièrement affecter les estuaires.

Comment la topographie du fleuve et de ses berges va-t-elle changer ? Le dépôt des sédiments apportés par le fleuve va-t-il se modifier ? Comment et avec quel délai de réponse ? Et quelles seront les conséquences de ces changements sur les fréquences d'inondation, sur la végétation des berges et de la plaine alluviale, et donc sur les usages ? Afin de proposer différents scénarios d'adaptation, l'Ifremer développe des modèles numériques permettant de répondre à ces questions et d'anticiper l'évolution des estuaires sous l'effet du changement global.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image montre une étendue de vase au bord d'une eau calme. La présence de vase montre une variation du niveau d'eau et un fort apport en sédiments. On est donc en bordure d'un fleuve. La variation du niveau d'eau peut être due à des effets de marée, ce qui indique qu'on est certainement proche de l'embouchure, au niveau d'un estuaire probablement. La végétation semble adaptée aux milieux humides. La petite rigole au premier plan indique que des écoulements ont lieu vers le fleuve.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

La photo a été prise au bord du fleuve, les pieds dans la vase.

Que suggère le titre ?

Le titre confirme qu'il s'agit bien d'un estuaire. La légende indique qu'on est sur la rive droite. Le fleuve Loire coule donc vers la droite, vers son embouchure. Le titre évoque un débordement des estuaires, contredisant la photo qui montre un niveau d'eau assez bas. Mais l'origine de ce débordement n'est pas explicitée dans le titre. L'eau peut venir du fleuve, ou de la mer proche. Mais vu la faible altitude de la zone, on peut penser que des changements du niveau marin vont impacter l'équilibre de ce milieu.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Régime des crues : la fréquence et l'intensité des hauteurs d'eau exceptionnelles des fleuves, appelées crues

Sédiments : particule transportée par le fleuve. Plus le courant est fort, plus la taille maximale des particules transportées est grosse. Un faible courant, comme dans les estuaires dépose des sédiments très fins comme les argiles

Nappe d'eau : masse d'eau qui imbibe une roche en profondeur, et que l'on peut exploiter en creusant des forages

Dragages : ramassage de sédiments à l'aide d'outils, par exemple pour approfondir un chenal et permettre la navigation des bateaux

Topographie : cartographie du relief, de l'altitude des terrains

Fréquence : temps de retour d'un phénomène

Usages : utilisation d'un milieu par des usagers : pêche, navigation, ports, digues, ponts, promenade etc...

Anticiper : agir avant que les effets ne se produisent

Quelle est la question posée par ce panneau ?

Le panneau mentionne un programme de recherche sur les estuaires, qui sont des milieux très sensibles aux changements du niveau marin. De nombreux paramètres peuvent changer : la hauteur de l'eau, la vitesse d'écoulement du fleuve, le dépôt de sédiments ou au contraire leur érosion, la végétation associée... De plus, les estuaires sont des milieux fortement impactés par l'homme : aménagements portuaires, dragages, pompage de l'eau, aménagement des berges etc... Il est important d'anticiper les changements dans les estuaires pour apporter la meilleure réponse possible pour des aménagements ultérieurs.



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°19

Ca dégaze dans les grands fonds

Les hydrates de gaz ont été découverts au début du XIX^{ème} siècle. On les trouve dans des endroits riches en matière organique, entre 400 mètres et 5000 mètres de profondeur et par une température de 4 à 5°C. Les molécules d'eau forment en effet une cage autour des molécules de méthane. Lorsque les hydrates sont ramenés à la surface, l'eau s'évapore très vite au contact de l'atmosphère, le gaz est ainsi libéré et peut brûler si on l'enflamme, d'où l'expression « la glace qui brûle ». Ces hydrates ont la particularité de stocker les gaz sous une forme très concentrée. Mais ce réservoir est instable, notamment en réponse au changement climatique.

Ainsi un réchauffement des eaux peut provoquer une dissociation des hydrates de méthane et donc une libération du méthane : 1 m³ d'hydrate de méthane libère environ 164 m³ de gaz ! Le sédiment est alors fragilisé et les sols sous-marins se déstabilisent, avec des glissements de pentes. Le méthane est un puissant gaz à effet de serre et son dégazage dans l'atmosphère contribue à augmenter encore la température globale. L'Ifremer étudie ces hydrates de gaz, leur stabilité, et les effets de leur déstabilisation sur les fonds marins.

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

Cette image est énigmatique. On voit de très nombreuses moules, des crevettes et d'autres organismes qui recouvrent tout le terrain, et qui indiquent qu'on est bien au fond de la mer. Ils sont installés autour d'une zone où il semble y avoir de la glace, avec des reflets bleutés. Pourtant, en raison de sa densité moindre, l'eau sous forme de glace flotte habituellement dans l'eau. Or sur la photo, la glace reste au fond. C'est donc une glace spéciale.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photo a été prise par une caméra d'un engin sous-marin de l'Ifremer, le *Victor 6000*, à 3800 mètres de profondeur dans l'océan Atlantique. C'est un scientifique qui a déclenché la prise de vue depuis le bateau situé en surface, et auquel le *Victor 6000* est relié par un câble.

Que suggère le titre ?

Le titre évoque le gaz et le dégazage alors qu'on ne voit pas de bulles de gaz. On peut supposer qu'il y a un lien entre cette glace bleue et le dégazage, mais cela reste mystérieux. En revanche, on a la confirmation que le phénomène se passe dans les grands fonds marins.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

Dissociation : séparation

Gaz à effet de serre : gaz qui contribue à augmenter le piégeage de la chaleur dans l'atmosphère

Quelle est la question posée par ce panneau ?

La glace visible sur la photo est un hydrate de méthane. C'est un mélange de molécules d'eau et de molécules de gaz, stable à grande profondeur. Le réchauffement des eaux peut entraîner la dissociation de ces molécules et la libération des molécules de gaz dans l'eau, puis leur passage dans l'atmosphère. C'est pour cela qu'on parle de dégazage. Les quantités de gaz qui pourraient ainsi être rejetés dans l'atmosphère sont très importantes. De plus ce gaz est un puissant gaz à effet de serre, et il contribue au réchauffement de l'atmosphère.

Idées de recherches à proposer aux élèves

Les gaz à effet de serre

Les différentes sources de méthane

La vie dans les grands fonds marins



"Le climat change, l'océan aussi" - Fiche de lecture du panneau n°20

Et demain ?

À la surface de notre planète, l'océan et les continents évoluent ensemble depuis des millions d'années, mais le monde marin change aujourd'hui à un rythme accéléré : le réchauffement et l'acidification des eaux, tout comme la modification des communautés d'organismes qu'elles hébergent, se produisent désormais avec une rapidité qui permet d'observer leurs changements. Ces phénomènes, qui se déploient à de multiples échelles, sont fondamentalement globaux et inscrits dans la durée. L'ambition de l'Ifremer et de ses partenaires est de mieux comprendre les processus moteurs de la dynamique de l'océan et du climat : comment ont-ils fonctionné dans le passé ? Quelles réponses les sociétés humaines inventeront-elles pour esquisser un futur vraisemblable et s'y adapter ?

Regardez cette image. Que voyez-vous ? Que suggère-t-elle ?

La photographie montre le navire océanographique « La Thalassa » faisant route, c'est à dire en train de naviguer à sa vitesse de croisière. On distingue de chaque côté du sillage les vagues d'étrave provoquées par l'avancée de la coque dans l'eau et à l'arrière les remous provoqués par les deux hélices situés sous la coque.

A votre avis, où a été prise cette photographie ?

Cette photographie a été prise depuis un hélicoptère.

Que suggère le titre ?

Le titre évoque l'avenir de la recherche scientifique sur le milieu océanique. Il répond à l'image qui montre le navire en route vers une destination inconnue et qu'on ne voit pas sur l'image.

Lisez le texte. Que signifient ces mots ?

A un rythme accéléré : de plus en plus rapidement

Communautés d'organismes : ensemble des espèces vivantes d'un milieu

Echelle : dimension de la zone où se produisent ces changements. Petite échelle = localement. Grande échelle = sur de vastes zones.

Globaux : qui ont une action sur le globe terrestre

Esquisser : tenter de prévoir

Vraisemblable : qui semble vrai

Quelle est la question que ce panneau souhaite poser ?

L'idée majeure de cette image est que le futur de la planète est aujourd'hui encore très difficile à prévoir. Les changements se font aujourd'hui à un rythme beaucoup plus rapide qu'avant. L'avenir de la planète dépendra des décisions prises par les sociétés humaines. Les scientifiques doivent continuer à travailler pour mieux comprendre ce qui s'est déjà passé et ce qui se passe actuellement, afin de réussir à prévoir le futur et aider la société à prendre de bonnes décisions.