



un lieu  
**universcience**

## DOSSIER DE PRESSE

2011

# OCEAN CLIMAT ET NOUS

UN ÉQUILIBRE FRAGILE ?

**EXPO > 6 AVRIL 2011 > JUIN 2012**

Ⓜ **PORTE DE LA VILLETTE / UNIVERSCIENCE.FR**

**Cité des sciences et de l'industrie**

30, avenue Corentin-Cariou - 75930 Paris cedex 19

**Information presse :**

Caroline Huguenet 01 40 05 73 61 / 06 17 44 56 24

caroline.huguenet@universcience.fr

**[www.cite-sciences.fr/presse](http://www.cite-sciences.fr/presse)**

## COMMUNIQUÉ DE PRESSE

### OCÉAN, CLIMAT ET NOUS

du 6 avril 2011 au 30 juin 2012

Le changement climatique est un enjeu majeur qui soulève de nombreuses questions scientifiques et suscite des débats qui interpellent chaque citoyen. Après *Climax*, une exposition consacrée au changement climatique, *Changer d'ère* dédiée à l'impact écologique de nos modes de vie et *La Terre et nous* qui faisait état des ressources de la planète, la Cité des sciences et de l'industrie poursuit son cycle d'expositions sur les sujets liés au développement durable avec *Océan, climat et nous*, une nouvelle exposition temporaire de quinze mois abordant la question cruciale de cette relation tripartite.

L'océan mondial occupe 70% de notre planète et joue un rôle primordial dans la régulation du climat. Aujourd'hui, le changement climatique constaté et les activités humaines modifient le comportement des océans. Quelles sont ces modifications? Quels en sont les impacts? Quelles sont les stratégies d'adaptation envisagées? L'exposition tend à expliquer les fondamentaux scientifiques par des dispositifs muséologiques privilégiant l'interactivité, à donner les clés de compréhension du débat scientifique actuel et à présenter les recherches en cours avec la mise à jour des explorations océanographiques.

---

#### L'OCÉAN, LE CLIMAT ET L'HOMME, UN ÉQUILIBRE FRAGILE ?

C'est un fait, un changement climatique dû aux activités humaines est en cours. Or, ce changement affecte l'océan, régulateur important du climat. Les effets s'observent déjà à l'échelle du monde : fonte des glaces continentales et océaniques, montée des eaux, acidification de l'océan... Des incertitudes demeurent sur l'ampleur de ces phénomènes mais une chose est sûre, leur impact sur les sociétés humaines s'accroîtra dans le demi-siècle à venir. Il nous faut anticiper et pour nous adapter, mieux connaître l'océan et son rôle dans le climat, trouver des solutions applicables et acceptables par les populations.

C'est à cette relation étroite et fragile entre le climat, l'océan et nous que cette exposition s'intéresse à travers trois thèmes :

- » L'océan agit sur le climat
- » L'océan se modifie
- » L'adaptation de l'Homme

#### **PARTIE A** COMMENT L'OCÉAN AGIT-IL SUR LE CLIMAT ?

Vénéralisé pour sa beauté, craint pour ses tempêtes mais largement exploité, l'océan reste encore mal connu. Il joue pourtant un rôle primordial dans la régulation du climat. Il absorbe 1/3 du CO<sub>2</sub> que nous rejetons, stocke et transporte d'énormes quantités de chaleur, réfléchit les rayons solaires grâce à la banquise. Mieux connaître les interactions entre l'océan et l'atmosphère est essentiel pour éviter l'emballement du changement climatique. Que savons-nous des mécanismes intimes de l'océan au sein de cette machinerie complexe qu'est le climat ? Que nous apprennent les climats du passé ? Que pouvons-nous savoir de l'avenir ?

→ Le visiteur est invité à explorer et à expérimenter les mécanismes en cause.

#### **PARTIE B** COMMENT L'OCÉAN SE MODIFIE-T-IL AUJOURD'HUI ?

Tous les océans communiquent pour former un seul océan mondial de 361 millions de km<sup>2</sup>, soit 97 % du volume d'eau de la Terre. Aujourd'hui encore, nous en savons moins sur lui que sur la Lune. Notre connaissance des reliefs océaniques n'a progressé que récemment, avec les observations des satellites qui complètent les mesures in situ. Ces observations montrent aussi que malgré son énorme inertie, l'océan est perturbé par les modifications du climat : les eaux se réchauffent, le niveau des mers monte, les eaux s'acidifient, la vie marine est affectée. Ces symptômes s'ajoutent aux effets déjà néfastes de la pollution et de la surpêche. Jusqu'où iront ces perturbations ?

→ Ce deuxième volet de l'exposition présente les outils de diagnostic des scientifiques afin d'observer l'océan et comprendre comment il se porte aujourd'hui.

## **PARTIE C COMMENT L'HOMME S'ADAPTE-T-IL À CES MODIFICATIONS ?**

Même si nous parvenons à limiter les émissions de gaz à effet de serre, le changement climatique est en cours. D'ici 2100, selon les scénarios, les eaux pourraient monter de 20 cm à 1 m, touchant les 40 % de la population mondiale qui vivent à moins de 60 km des côtes. Exposition au risque climatique et niveau de développement économique ne sont pas les seuls facteurs de vulnérabilité. Aucune région du monde n'est a priori à l'abri. Les États devront s'adapter et le monde se trouve devant la nécessité de mener conjointement deux stratégies complémentaires : réduire les émissions de gaz à effet de serre et s'adapter aux changements inévitables.

→ Vulnérabilité et adaptation : à travers des études de cas, le visiteur part à la découverte de six régions du monde et, confronté au risque dans un jeu collectif multimédia, doit opter pour des stratégies d'adaptation.

*Océan, climat et nous* s'adresse aux familles qui ont à cœur de sensibiliser leurs enfants (à partir de 11 ans) aux questions d'environnement, aux collégiens et aux lycéens qui y trouveront des éléments concrets et complémentaires aux cours du programme scolaire. Cette nouvelle exposition de 1 000 m<sup>2</sup> est destinée aussi aux citoyens, en leur donnant les outils et données scientifiques pour comprendre la complexité des phénomènes, l'état de la recherche et l'impact socio-économique de la modification de l'océan.

### **AUTOUR DE L'EXPOSITION OCÉAN, CLIMAT ET NOUS**

**UN COLLOQUE** *L'océan et le climat vus de l'espace*, proposé par le collège d'Universcience le **vendredi 8 et le samedi 9 avril 2011** à l'auditorium de la Cité des sciences et de l'industrie.

**UN PROGRAMME D'ANIMATIONS** complet (visite, ateliers, démonstrations, jeux, expérimentations) conçu par l'équipe des médiateurs scientifiques de la Cité des sciences, à la sortie de l'exposition, dans l'espace de médiation, à partir du 12 avril.

**UN LIVRE** *L'océan, le climat et nous, un équilibre fragile ?*

Co-édité par Universcience et les éditions du Pommier dans la collection "Beaux Livres".

Dirigé par **Édouard Bard**, commissaire scientifique de l'exposition, professeur au Collège de France, membre de l'Académie des sciences. Sortie en librairie : le 13 avril 2011. 168 pages en couleurs (100 photos). Prix : 35 €

**UN SITE INTERNET** consacré à *Océan, climat et nous*, accessible par le portail [www.universcience.fr](http://www.universcience.fr) dès l'ouverture de l'exposition : [www.cite-sciences.fr/ocean-climat-et-nous/](http://www.cite-sciences.fr/ocean-climat-et-nous/)

**UN ESPACE RESSOURCE POUR ALLER PLUS LOIN** La bibliothèque de la Cité des sciences et de l'industrie propose sur les thématiques de l'exposition des ouvrages à la consultation et au prêt. Une programmation de films sur écran plasma et à la vidéothèque complète l'offre, ainsi que deux dossiers documentaires en ligne sur le portail de la bibliothèque [www.universcience.fr/fr/bibliotheque-bsi/](http://www.universcience.fr/fr/bibliotheque-bsi/)

**UNE FABULEUSE ODYSSEE EN 3D** Depuis le 2 février 2011, la Géode propose en exclusivité 3D le film *Océanosau-res*, une plongée dans les mers du Mésozoïque pour découvrir en famille les alter-ego marins des dinosaures ! [www.lageode.fr](http://www.lageode.fr)

#### **LES MARDIS DURABLES AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE, UN LIEU UNVERSCIENCE**

**Le 3 mai 2011 : Convertir l'énergie des mers**

• Démonstration : *une hydrolienne, comment ça marche ?* avec SABELLA

• Table ronde avec le directeur Productions et énergies durables (ADEME) ; Jean-François Daviau, président (Sabella) ; Yann-Hervé de Roeck, chef du projet Plateforme technologique nationale des énergies marines renouvelables (Ifremer) ; Alain Clément, directeur du laboratoire Mécanique des fluides (École centrale, Nantes-CNRS).

**Les mardis durables du Palais** : une série de 5 conférences consacrées à des questions d'actualité environnementale. Ces rendez-vous proposent de faire le point sur la stratégie nationale et européenne en matière d'énergie et de développement durable, en prenant appui sur les feuilles de routes produites conjointement par l'ADEME et par des experts de la recherche publique et de l'industrie. Elles sont destinées à définir des visions réalistes de déploiement technologique, tout en considérant les contraintes et les enjeux.

**Contact presse** : Murielle Colin - 01 40 74 86 55 - [murielle.colin@universcience.fr](mailto:murielle.colin@universcience.fr)

L'exposition *Océan, climat et nous* a été conçue en partenariat avec

**Ifremer**

## SOMMAIRE

### ÉDITO

### PARCOURS DE L'EXPOSITION Océan, climat et nous

|                                                                     |       |
|---------------------------------------------------------------------|-------|
| Préambule                                                           | p. 6  |
| <b>PARTIE A</b> Comment l'océan régule-t-il le climat ?             | p. 6  |
| <b>PARTIE B</b> Comment l'océan se modifie-t-il aujourd'hui ?       | p. 10 |
| <b>PARTIE C</b> Comment l'Homme s'adapte-t-il à ces modifications ? | p. 15 |

### GÉNÉRIQUE DE L'EXPOSITION

p. 18

### AUTOUR DE L'EXPOSITION

|                                                                                                                             |       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Le colloque L'océan et le climat vus de l'espace                                                                            | p. 19 |
| Les animations                                                                                                              | p. 20 |
| Le livre L'océan, le climat et nous, un équilibre fragile ?                                                                 | p. 21 |
| Le site Internet <a href="http://www.cite-sciences.fr/ocean-climat-et-nous/">www.cite-sciences.fr/ocean-climat-et-nous/</a> | p. 22 |
| Un espace Ressources                                                                                                        | p. 22 |
| La Géode : "Océanosaures 3D"                                                                                                | p. 22 |
| Les mardis durables au Palais de la découverte : "Convertir l'énergie des mers"                                             | p. 23 |

### LES PARTENAIRES

|                              |       |
|------------------------------|-------|
| Ifremer                      | p. 24 |
| La Cité de l'Océan, Biarritz | p. 26 |

## INFORMATIONS PRATIQUES

#### Exposition Océan, climat et nous

du 6 avril 2011 au 30 juin 2012

En français, anglais et italien.

Accessible aux publics handicapés.

**Horaires** : ouverte tous les jours, sauf le lundi, de 10h à 18h, et jusqu'à 19h le dimanche.

**Tarifs** : 8€ et 6€ (TR : + de 60 ans, enseignants, - de 25 ans, familles nombreuses et étudiants.)

Gratuit pour les moins de 6 ans, chômeurs, les bénéficiaires du RSA, les handicapés et leur accompagnateur.

Offre spéciale Étudiants : le tarif HAPPY HOURS est désormais valable tous les jours !

3€ pour visiter les expositions d'Explora, sur présentation de la carte d'étudiants.

#### Information du public

01 40 05 80 00 / [www.universcience.fr](http://www.universcience.fr)

Cité des sciences et de l'industrie

30, av. Corentin-Cariou - 75019 Paris

Ⓜ Porte de la Villette (ligne 7) Ⓜ 150.

#### Information presse

Caroline Huguenet

01 40 05 73 61 / 06 17 44 56 24

[caroline.huguenet@universcience.fr](mailto:caroline.huguenet@universcience.fr)

Dossier, affiche et visuels disponibles sur [www.cite-sciences.fr/presse](http://www.cite-sciences.fr/presse)

L'océan est si vaste et si profond que nous oublions son rôle crucial dans les équilibres terrestres.

En stockant et en répartissant la chaleur à grande échelle par d'incessants mouvements en surface et en profondeur, l'océan est le grand régulateur thermique de notre climat. Ce rôle a permis, dès le néolithique, le développement des sociétés humaines complexes jusqu'au nord de l'Europe.

À plus hautes latitudes, les océans gèlent en surface et forment la banquise, immense étendue de glace de mer qui réfléchit les rayons du Soleil. Ces étendues glacées sont cruciales pour le bilan thermique de l'atmosphère des zones polaires et par là même épousent le climat de la planète toute entière.

Depuis qu'il s'est formé, il y a plus de quatre milliards d'années, l'océan agit et adoucit les climats. Cette influence bénéfique pour l'homme perdure encore aujourd'hui, mais il est aussi perturbé par les activités humaines à de multiples échelles, allant de la pollution locale des eaux côtières à des perturbations, souvent invisibles, à l'échelle planétaire. Ainsi le réchauffement de l'atmosphère observé depuis un siècle gagne l'océan qui, du fait de son volume et des propriétés de l'eau liquide, stocke déjà l'essentiel de la chaleur excédentaire. Il absorbe également le tiers du gaz carbonique que nous rejetons par la combustion des carbones fossiles, par la déforestation, et par la dégradation des sols.

Malgré son inertie, l'océan présente déjà des symptômes indéniables des perturbations récentes.

Le niveau marin général augmente à la suite de la dilatation thermique des eaux de surface, ainsi que la fonte des glaciers et de la perte de masse des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique. L'évolution probable du niveau des mers au cours du XXI<sup>e</sup> siècle aura des conséquences importantes sur de nombreuses zones côtières très peuplées qui seront partiellement submergées ou rendues dangereusement insalubres.

Le réchauffement de l'océan affecte aussi la vie marine d'un bout à l'autre de l'échelle alimentaire : du plancton jusqu'aux poissons et mammifères prédateurs. Les organismes des profondeurs seront aussi touchés par les modifications de la ventilation des masses d'eau. Parallèlement à la perturbation climatique qu'il contribue à provoquer, le gaz carbonique acidifie les eaux de surface, ce qui entraîne d'autres conséquences sur la vie marine, en particulier pour les organismes à coquille composées de calcaire.

Toutes ces influences climatiques se surimposent graduellement aux effets néfastes, déjà très visibles, de la pollution et de la surpêche.

Les changements conjugués de la température, du régime des pluies et des vents, de la fonte des glaces sont de nature à modifier la densité des masses d'eau et à perturber la circulation océanique sur une grande échelle. De nombreuses observations océanographiques suggèrent que certaines régions de l'océan sont en train de changer, mais il est encore trop tôt pour savoir si l'on assiste à des cycles naturels ou à un véritable basculement vers une situation encore inconnue.

Grâce aux ordinateurs les plus puissants, la modélisation numérique permet de faire des prévisions prenant en compte les évolutions probables des activités humaines. Même si les incertitudes restent grandes, ces perturbations vont malheureusement diminuer la capacité de l'océan à régler nos problèmes, en pompant et en stockant le gaz carbonique d'origine anthropique. Ces projections doivent nous permettre de nous adapter aux conséquences des changements climatiques et océaniques. Elles doivent aussi nous convaincre que le meilleur moyen d'éviter ou de modérer le changement de l'océan est encore de limiter notre empreinte climatique.

La leçon qui s'impose est que l'océan doit être préservé dans sa stabilité, localement et globalement, non seulement parce qu'il est beau mais surtout car la survie de nos sociétés en dépend.

Édouard Bard

Commissaire scientifique de l'exposition

Membre de l'Académie des sciences

Professeur au Collège de France, chaire de l'évolution du climat et de l'océan

Responsable de l'équipe "Géochimie et paléocéanographie" au Cerege (Centre européen de Recherche et d'Enseignement des Géosciences de l'Environnement)

## LE PARCOURS DE L'EXPOSITION OCÉAN, CLIMAT ET NOUS

Sur 1 000 m<sup>2</sup>, le visiteur part à la rencontre des trois protagonistes de l'exposition pour découvrir et comprendre ce lien particulier qui unit l'océan, le climat et l'Homme.

### Préambule

En pénétrant dans l'exposition, le visiteur entre dans le vif du sujet. Une installation immersive grand format le plonge instantanément dans la splendeur des océans. Grâce à un dispositif panoramique de panneaux interactifs de 5 m de haut, il découvre un environnement d'un autre rythme que la temporalité humaine : celui de l'océan.

Immergé dans un flot d'images et de sons combinés en temps réel, le visiteur assiste d'abord au spectacle du triptyque des "Grandes images", magnifiant le calme, la puissance, la lenteur, l'inertie, le mouvement, la beauté de l'océan... Sur ces images naviguent à des rythmes différents, sous forme de phrases, des informations clé sur la temporalité. En effet, entre l'océan, le climat et nous, les interactions sont constantes, même si les rythmes diffèrent : le cycle océanique est à l'échelle du millénaire, celui du climat compte des dizaines de milliers d'années, la vie humaine dure moins de cent ans... Puis le visiteur devient acteur : à chacun de ses pas dans l'installation, il découvre qu'il peut interagir avec les écrans et révéler, par sa présence, d'autres informations sur ce lien étroit et fragile entre les trois protagonistes.

## PARTIE A COMMENT L'OCÉAN RÉGULE-T-IL LE CLIMAT ?

Par ses différentes composantes biologiques et physico-chimiques, l'océan joue un rôle primordial dans la régulation du climat. Cette première partie de l'exposition donne des repères scientifiques fondamentaux sur les principaux phénomènes qui entrent en jeu dans la régulation du climat terrestre par l'océan, à travers un récapitulatif des constats et une exposition d'outils de recherche (carottes, modèles) liés au changement climatique en cours.

**Constats, phénomènes et état de recherche, le visiteur manipule et expérimente.**

### ► LA MACHINERIE CLIMATIQUE

La visite commence par une sculpture mécanique animée représentant les facteurs et les mécanismes du système climatique terrestre. Le climat de la Terre est en effet un système complexe en perpétuelle évolution. De nombreux facteurs influent sur le climat et opèrent à plusieurs échelles du temps. Le soleil, la composition de l'atmosphère, les carottes glaciaires, les océans, les continents et le monde vivant (la biosphère) sont les rouages qui déterminent son équilibre et son évolution. Chacun interagit avec les autres. Imaginée en matériaux recyclés, cette œuvre symbolise chacun des principaux acteurs du climat, la place de l'océan dans cette grande machinerie climatique et la subtilité de ses mécanismes. Elle illustre aussi la relation entre la pulsation du temps et la temporalité du climat.

**Sculpture mécanique en métal spécialement conçue pour l'exposition par Stevens Dossou-Yovo, 2011.**

### ► LA CIRCULATION OCÉANIQUE

Les courants marins transfèrent la chaleur reçue du soleil à l'équateur vers les pôles. Comment fonctionnent-ils ? Les courants profonds sont liés à la température et à la densité de la mer. Plus la mer est froide et salée, plus elle est dense et plus elle s'enfonce.

#### Le rôle de la température

Ici, le visiteur réalise une expérience pour comprendre le rôle de la différence de température dans la mise en place des courants marins profonds, grâce à un aquarium rempli d'eau avec une résistance chauffante d'un côté et un bloc froid de l'autre. Le visiteur remplit le réservoir et observe, en suivant le produit blanchâtre ajouté à l'eau, le courant se former sous la différence de température. La densité de l'eau dépend de la température : plus elle est froide, plus elle est dense. Près des pôles, l'eau de surface entraînée par les vents se refroidit. Devenue plus dense, elle s'enfonce. Le réchauffement des mers du nord pourrait ralentir la formation des courants profonds.

### ► TOURNE, TOURNE L'Océan !

La résultante de l'ensemble des courants marins est un vaste circuit qui brasse et transporte la chaleur et les gaz atmosphériques dissous dans l'eau de mer. On distingue des courants de surface (dits "géostrophiques") des courants profonds (circulation thermohaline). Une **maquette en 3 dimensions** touchables (accessibilité aux non voyants) illustre ces mouvements. Sur un **globe** sont stylisés les fonds marins et les plaques continentales. La circulation thermohaline globale est représentée par un tube. Le visiteur suit de la main ce tube et visualise ainsi les principales zones de création des courants profonds et les circuits empruntés. Un schéma animé sur écran vient compléter ce dispositif en donnant des précisions sur les mouvements et les échelles de temps.

### Les fleuves marins

"L'océan est le partenaire indispensable de l'atmosphère pour assurer l'équilibre du climat. Or la circulation océanique ressemble à un tapis roulant qui s'est déjà arrêté dans un passé lointain. Avec le réchauffement, le phénomène peut-il se reproduire ?" Pascale Delecluse, océanographe, directrice adjointe de la recherche à Météo France.

En effet, la circulation océanique en Atlantique nord joue un rôle majeur dans la régulation actuelle du climat. Et si elle était modifiée ? Cela pourrait avoir un effet négatif sur l'ensemble de la circulation thermohaline, comme le ralentissement du Gulf Stream. Aujourd'hui, les probabilités d'un tel phénomène sont encore faibles : elles sont estimées à seulement quelques pourcent pour un réchauffement moyen de 2°C. Néanmoins, ces probabilités croissent rapidement et si le réchauffement atteignait 8°C, le risque atteindrait les 30%...Un dispositif audio pose la problématique.

### ► L'Océan, TAMPON THERMIQUE

Deux récipients, l'un avec de l'eau, l'autre avec de l'air. Une résistance d'eau dans chacun d'eux. Le visiteur active un chauffage et observe sur des thermomètres la température de l'air et de l'eau dans chacun des récipients. L'eau chauffe moins vite que l'air. Lors de la phase de refroidissement, il peut voir également que l'eau refroidit plus lentement que l'air. Cette expérimentation tend à expliquer que l'eau a la capacité d'absorber plus de chaleur que l'air. Ainsi, depuis la fin des années 50, plus de 80% de la hausse de la température moyenne de l'atmosphère se sont retrouvés stockés dans les océans, l'effet du réchauffement ayant été ainsi atténué.

### ► EL NIÑO OU LA VARIABILITÉ NATURELLE DE L'Océan

Dans la zone intertropicale du Pacifique, les interactions entre l'océan et l'atmosphère engendrent une anomalie climatique appelée El Niño : habituellement froides, les eaux se réchauffent. Tous les 3 ou 7 ans, à la période de Noël, l'anomalie perturbe les régimes de température et de pluies partout dans le monde. L'inverse existe aussi : c'est la Niña. De telles oscillations ont été observées dans d'autres océans. Comment la variabilité naturelle due au couplage océan-atmosphère va-t-elle évoluer avec le changement climatique ? Un panneau graphique donne l'illustration de variabilité naturelle des relations océan-atmosphère avec un exemple connu : le phénomène El Niño.

### ► LE POUVOIR RÉFLÉCHISSANT DE LA BANQUISE

L'albédo est l'indice de pouvoir de réflexion d'une surface exposée à la lumière. La banquise, en réfléchissant les rayons du soleil, a une influence importante sur le bilan radiatif (quantité d'énergie reçue / quantité d'énergie émise) des zones polaires. Elle contribue à l'effet d'atténuation du réchauffement par l'océan. La fonte de la banquise amplifierait ainsi les effets du réchauffement. **Cette expérience tactile permet au visiteur de comprendre le pouvoir réfléchissant des corps.** Il ressent sous ses mains la chaleur réfléchie par une surface blanche et par une surface sombre. Pour une même intensité lumineuse, la sombre est plus chaude au toucher que la claire.

### ► L'Océan, ASPIRATEUR DE CO<sub>2</sub>

L'océan absorbe aujourd'hui près d'un tiers du CO<sub>2</sub> atmosphérique grâce à deux mécanismes intimement liés : l'un physique (**pompe physico-chimique**) et l'autre dû à la biosphère marine (**pompe biologique**). Comment l'océan pompe-t-il le CO<sub>2</sub> atmosphérique ?

Ce mécanisme fondamental de la machinerie "océan-climat" est expliqué par un audiovisuel en schéma animé présentant les processus des pompes à CO<sub>2</sub>, la pompe physico-chimique et la pompe biologique, selon plusieurs étapes :

- la dissociation acido-basique du CO<sub>2</sub> dans l'eau, sa transformation en ions bicarbonates et son transport vers les couches profondes de l'océan
- la photosynthèse et l'utilisation des ions carbonates par les organismes vivants pour fabriquer leur squelette calcaire.

En complément de l'élément précédent, un aquarium avec du phytoplancton de différentes couleurs, acteurs de la photosynthèse, met en abîme l'importance des végétaux aquatiques dans le cycle du carbone. En effet, le phytoplancton et les organismes chlorophylliens des océans fixent une quantité importante de carbone par la photosynthèse. Par ce processus, il y a autant d'oxygène libéré par l'océan dans l'air que par l'ensemble des forêts mondiales. Leur rôle est donc essentiel dans les échanges entre atmosphère et océan.

#### ► VARIATIONS CLIMATIQUES

Depuis la révolution industrielle, les modifications climatiques font l'objet d'observation à l'échelle mondiale. Les émissions de gaz à effet de serre augmentent. En parallèle, on a constaté un réchauffement global de la surface terrestre... **Une projection dynamique en grand format met à disposition du public des informations à l'échelle planétaire en donnant les données globales acquises sur quelques variables climatiques, réchauffement, contributions du soleil, des activités humaines et des éruptions volcaniques depuis plus de 200 ans.** Ce dispositif montre l'évolution dans le temps. Un cartel dynamique complète l'information par la présentation des outils, le mode d'acquisition des données et leur traitement.

#### ► À L'ÉCOUTE DES CAROTTES MARINES...

Depuis près d'un million d'années, se succèdent des périodes glaciaires et interglaciaires. Connaître et comprendre les variations climatiques passées aide à répondre aux questionnements d'aujourd'hui et prévoir les changements à venir. Or la nature regorge d'indices pour les paléoclimatologues. Ils les trouvent dans les couches de sédiments marins, de sédiments des lacs, dans les squelettes des coraux, dans les glaces continentales... Grands témoins de variations climatiques passées, les carottes sédimentaires apportent des informations à de très grandes échelles temps (de dizaines de milliers à des millions d'années) par l'étude des débris de coquilles et squelettes d'animaux aquatiques.

**Écoutez ce qu'elles nous enseignent grâce à la vitrine tactile interactive : deux sections de carottes sédimentaires marines** permettent au visiteur d'avoir accès à une information sonore suivant la zone tactile explorée. L'une, prélevée en Mer Rouge à -571 m de fond, dévoile des changements de composition associés à la remontée du niveau de la mer à la fin de la dernière période glaciaire. La seconde, extraite au nord de l'Océan Indien, dans le Passage des Amirantes à -3 565 m de fond, révèle d'importantes modifications de la circulation océanique et du climat associées aux mouvements des plaques tectoniques. Cette présentation est accompagnée d'éléments extraits des carottes en question : nodules, ptéropodes, foraminifères, observables si nécessaire à la loupe. De plus, la maquette d'un carottier, accompagnée d'un film d'animation proposé par Ifremer, montre le principe d'extraction des carottes sédimentaires marines.

**Prêt du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.**

**Le Muséum National d'Histoire Naturelle.** À la fois établissement scientifique et service public, tourné vers la recherche et la diffusion des connaissances, le Muséum national d'Histoire naturelle assume 5 grandes missions fondatrices qui régissent et nourrissent l'ensemble de ses activités : Recherche fondamentale et appliquée, gestion et conservation des collections ; enseignement et pédagogie ; diffusion des connaissances et expertise.

La collection océanique du Muséum abrite environ 900 carottes qui représentent 8 km de sédiment provenant principalement de l'Océan Indien. C'est principalement une collection ouverte à la communauté scientifique internationale pour effectuer des recherches sur l'évolution de l'océan en relation avec le climat passé et/ou la tectonique.

Cette collection continue à s'agrandir grâce aux missions océanographiques qui se déroulent encore actuellement. Elle abrite aussi des échantillons rares provenant des régions difficilement accessibles aujourd'hui, soit en raison de problèmes politiques ou géographiques (Mer rouge, Mer caspienne). [www.mnhn.fr](http://www.mnhn.fr)

## ► QUELS SCÉNARIOS POUR DEMAIN ?

Les changements climatiques futurs dépendront de deux facteurs : les émissions de gaz à effet de serre (dépendant du choix de développement) et la réponse du système climatique à ces émissions. Difficile d'imaginer l'état du monde et du climat en 2100. Depuis près de 25 ans, le Giec (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) fait appel à des scientifiques du monde entier pour élaborer différents scénarios possibles regroupés en quatre famille. Les paramètres pris en compte sont notamment la démographie, le développement socio-économique et les l'évolution des techniques. Sont exclus les scénarios catastrophes.

Un panneau graphique donne à voir les quatre principaux scénarios d'émissions de gaz à effet de serre et leurs incidences sur la température terrestre et celle des océans.

Hypothèse 1 : croissance économique rapide et développement technique important dans un monde globalisé et homogène. Démographie stabilisée en 2050. Ce scénario envisage l'équilibre entre différentes sources d'énergie.

Hypothèse 2 : croissance économique et évolution technique ralenties dans un monde hétérogène tourné vers l'autosuffisance. Identités locales préservées. La croissance démographique est maintenue.

Hypothèse 3 : économie de services et d'information, techniques "propres" dans un monde homogène qui trouve des solutions globales et viables sur les plans économique, social, environnemental. Démographie stabilisée en 2050.

Hypothèse 4 : croissance économique et développement technique hétérogènes avec des solutions régionales orientées vers la protection de l'environnement et l'équité sociale. La croissance démographique est ralentie.

## ► L'ANATOMIE D'UN MODÈLE

Un modèle climatique couplé est une **représentation numérique dynamique du système Terre et des interactions complexes de ses nombreux éléments**. Il en existe une vingtaine dans le monde dont deux en France. Leur but n'est pas la prévision météorologique mais de prédire l'évolution du climat sur de longues périodes de temps : 100 ans environ. Les modèles découpent l'espace (atmosphère, océan...) en grilles horizontales et en niveaux verticaux, créant un empilement de boîtes. Plus la maille est fine, plus les simulations le sont. C'est depuis les années 50 et les premiers ordinateurs que la modélisation du climat a pris son essor. La finalité des modèles est la simulation sur la base de scénarios. Les modèles de projection climatique se complexifient mais se précisent, même s'il subsiste quelques paramètres d'incertitudes. Ici, une installation multimédia explique le fonctionnement d'un modèle climatique global, modèle couplé de circulation générale atmosphère-océans par des explications simples et accompagnées de simulations interactives. Le visiteur peut agir sur un curseur temps et découvrir les modifications futures de certains paramètres océaniques : température de surface, ph, répartition du phytoplancton.

## ► LES EXPERTS RÉPONDENT AUX INCERTITUDES

L'incertitude fait partie du processus de la recherche scientifique. Lorsque l'on fait de la projection, elle doit être évaluée, mesurée, estimée. La connaître permet ainsi d'appréhender le niveau de risque, ce qui est d'autant plus important lorsque des vies humaines sont en jeu.

*Quels sont les types d'incertitudes auxquels sont confrontés les chercheurs ?*

*Sur quoi peut-on avoir des certitudes ?*

*Comment peut-on prendre des décisions en situation d'incertitudes ?*

Face à une grande dalle vitrée tactile avec graphisme rétroéclairé, le visiteur choisit d'associer une question à un expert. Le commentaire sonore se déclenche en interviews : **Stéphane Hallegatte**, climatologue et économiste, **Sandrine Bony-Léna**, climatologue et modélisatrice et **Olivier Godard**, économiste, répondent chacun en regard de leur discipline aux questions posées.

## **PARTIE B COMMENT L'OCÉAN SE MODIFIE-T-IL AUJOURD'HUI ?**

Aujourd'hui, le changement climatique constaté et les activités humaines modifient le comportement des océans. Que sait-on de l'océan ? Comment le surveille-t-on ? Quel en est le diagnostic ? Cette deuxième partie de l'exposition donne à voir les outils d'observation modernes de l'océanographie en apportant au visiteur une mise à jour régulière des connaissances océanographiques.

**Actualité, diagnostic et questionnements. Le visiteur s'informe et analyse.**

### **L'océan mondial**

L'océan, c'est 361 millions de km<sup>2</sup> et 1.36 milliards de km<sup>3</sup> d'eau, soit 97% du volume d'eau sur Terre. Vue de l'espace, notre planète est bien la planète bleue. Si dans l'hémisphère nord, l'océan est séparé par des zones continentales, au sud, les océans Antarctique, Atlantique, Pacifique et Indien communiquent entre eux et forment ainsi l'océan mondial se prolongeant au nord de l'océan Arctique. Les plaines abyssales s'étendent entre 3 000 m et 6 000 m de fond sur 76% de la surface totale. Des fosses océaniques peuvent, quant à elles, dépasser les 11 km de profondeurs. La dorsale océanique constitue la plus grande chaîne de montagne du monde avec 60 000 km de long. Le globe en relief grand format est à explorer par le toucher. Les mains parcourent l'océan, sondent les reliefs de ses fonds, et le visiteur prend peu à peu conscience de l'unicité du "grand bleu".

### **► L'OCEAN OBSERVÉ**

#### **Des observations *in situ* aux données satellites**

Depuis 30 ans, l'observation combinée, par des instruments embarqués sur des bateaux et dans des bouées robotisées et, par une flottille de satellites, a radicalement transformé l'étude de l'océan. Aujourd'hui, les procédés d'observation sont les sondes, les balises Argo, les images satellites...

De nombreuses bouées automatiques, fixes ou dérivantes, transmettent leurs données à des satellites de communication. Ainsi le réseau ARGO a disposé, depuis 2008, 3 000 bouées réparties sur l'ensemble du globe, mesurant notamment la température et la salinité jusqu'à des profondeurs de 1 000 m. Les satellites envoient périodiquement leurs propres mesures couvrant l'ensemble de la planète. Ce sont les observations satellites qui ont permis par exemple de découvrir l'importance des "tourbillons océaniques". Les programmes d'observation *in situ* et en orbite sont aujourd'hui coordonnés à l'échelle européenne et mondiale.

Dans cette présentation multimédia sous forme de **globe virtuel**, le visiteur explore le positionnement des différentes bouées, gliders, et autres vaisseaux, d'après les données diffusées par Argo, mises à jour deux fois par jour. Il y découvre aussi les nombreux satellites en orbite qui embarquent des instruments dédiés à l'océanographie : Envisat, Jason, Aqua, Smos, Grace, Cryosat-2, et lancés en 2011, Saral/Altika (Cnes-ISRO), HY-2 (agence spatiale chinoise)... Pour chaque élément, un clic ouvre une fenêtre descriptive sur le type de mesures effectuées, la nationalité...

### **► LE COIN DES OBJETS**

#### **De vrais outils d'observation comme le public a peu l'habitude d'en voir.**

D'abord, **le flotteur Argo**. Argo est un réseau de surveillance mondial de l'océan. 3 000 sondes flottantes, dérivantes et plongeantes sont réparties dans le monde. Ce profiler réalise en complète autonomie des mesures de température et de conductivité de l'eau. Programmé pour la descente pendant 6 h, il dérive ensuite pendant 9 jours; il descend jusqu'à 2 000 m de fond et remonte ensuite à la surface. Les scientifiques en déduisent la salinité et la densité de l'eau. La collecte des données sont émises *via* des réseaux de communication en orbite.

**Prêt : CLS**

CLS Les études scientifiques en océanographie, auxquelles CLS participe activement, apportent des informations vitales dans deux domaines : les effets du climat sur l'environnement et la prévention de crises environnementales majeures. Quotidiennement plus de 60 océanographes travaillent à CLS pour percer les mystères de l'océan. Grâce au largage en mer de bouées équipées du système Argos, il est ainsi possible de connaître l'état de l'océan dans les zones les plus inaccessibles à l'homme. Plus de 6 000 balises océanographiques renseignent les scientifiques sur l'état de notre océan, sur sa salinité, sa température, ses courants, sa concentration en phytoplancton, etc. Toutes les données sont traitées, valorisées et distribuées par le centre de traitement de CLS basé à Toulouse à toute la communauté scientifique internationale. Les océanographes de CLS acquièrent également des informations variées : niveau de la mer, courants, hauteur des vagues, température sub-surface... La combinaison des services de CLS permet d'élaborer un ensemble détaillé de données sur l'océan, à l'intention des organismes internationaux. Les applications sont diverses : prévision des changements climatiques, suivi de pollutions accidentelles, gestion des ressources halieutiques, aménagement raisonné du littoral, support à l'exploitation des gisements pétroliers, offshore...

CLS, c'est 400 salariés dans le monde, 15 bureaux et filiales, un chiffre d'affaires de 60 millions d'euros en 2010 et quatre domaines d'activités: la gestion durable des ressources marines, la surveillance environnementale, la sécurité maritime, le pétrole et le gaz. CLS exploite les données de plus de 80 instruments embarqués à bord de près de 40 satellites. [www.cls.fr](http://www.cls.fr)

Le public continue la découverte des outils d'observation de l'océan avec la **bouée dérivante** qui permet d'étudier un courant à une profondeur donnée. Le flotteur sphérique comporte des capteurs de température et de pression. Sous le flotteur, une "chaussette" de 5 m de long est immergée à la profondeur voulue. L'ensemble dérive; une antenne émet les données mesurées vers une constellation de satellites. Ces mesures aident à cartographier les courants. **Prêt : CLS**

Quant à elle, la **balise de glace**, insérée dans la glace, quantifie l'impact et la vitesse du changement climatique global. Les balises sont disposées sur la banquise dans l'océan Arctique. Elles relèvent quotidiennement la pression atmosphérique, la température de l'air et suivent les dérives des glaces. Ce réseau témoigne de la diminution de la glace de mer estivale. **Prêt : MetOcean**

La **bouée de vague**, dite "Waveriders" est utilisée partout dans le monde pour mesurer l'amplitude et la direction des vagues. On peut ainsi étudier l'érosion et l'accrétion des côtes et prévoir les effets et dangers potentiels des tempêtes pour les communautés littorales. **Prêt : Datowell**

Ensuite, petits et grands seront sans doute amusés par le **glider, planeur sous-marin** qui parcourt des milliers de km sans hélice ni moteur comme son nom l'indique. Équipé de capteurs de mesures physiques, chimiques et biologiques, le glider explore les océans en grande partie inconnus. De plongée en remontée, il récolte et donne des informations pratiquement en temps réel. 10 minutes à peine après la remontée du glider, les profils de tous les paramètres s'affichent sur l'ordinateur. Ces mesures sont automatiquement envoyées à des banques de données ainsi qu'à **Mercator**, le centre de prévisions océanographiques à Toulouse. **Prêt : ENSTA**

Plus loin dans la visite, le **courantomètre et sa ligne de mouillage** : il mesure la direction et la vitesse des courants océanographiques en un point précis sur une grande période (plusieurs années). On a vu que l'océan joue un rôle important dans la distribution de la chaleur sur notre planète; le flux de chaleur est mesuré avec ce courantomètre qui enregistre directement les déplacements de l'eau. Il est ancré sur le fond par l'intermédiaire d'un lest et maintenu à la verticale grâce à des flottabilités réparties sur la ligne de mouillage à différentes profondeurs. Les données sont enregistrées et déchargées une fois le mouillage remonté. Le courantomètre est sensible pour les enregistrements mais robuste pour supporter les énormes pressions.

On découvrira aussi la **bouée d'étalonnage**. Cette bouée dérivante sert à étalonner et valider les mesures de salinité recueillies par le satellite européen Smos. Celui-ci capte les rayonnements réfléchis par la surface de l'océan, qui varie avec la teneur en sel. Or, ce rayonnement peut être perturbé par la traversée de l'atmosphère. Les mesures prises sur place par la bouée permettent de rectifier les mesures satellitaires. **Prêts : LOCEAN**

**LOCEAN** étudie le système couplé océan - atmosphère - cryosphère - biosphère et hydrosphère continentales, pour une meilleure compréhension de l'évolution de l'environnement et du climat :

- variabilité du système climatique terrestre et ses impacts, de l'évolution naturelle et forcée du système climatique et ses conséquences aux échelles globales et régionales (climat passé, actuel, et scénarios pour le futur) ;
- processus physiques et biogéochimiques océaniques et leurs couplages, évolution de l'environnement océanique (hydrologie et chimie) et de ses ressources biologiques (biodiversité, ressources halieutiques) aux échelles régionales, en relation avec la variabilité du système naturel ou forcé et à différentes échelles de temps.

Les recherches du LOCEAN s'appuient sur des travaux analytiques en laboratoire à partir des échantillons collectés, sur des mesures in situ ou par satellite pour observer le milieu (y compris sur le long terme), sur des simulations numériques du milieu (il est responsable du développement du principal modèle d'océan européen, NEMO), et sur des analyses statistiques de grandes bases de données et de simulations climatiques. Il participe aux travaux du GIEC dans le cadre de l'Institut Pierre Simon Laplace (IPSL).

## ► DES NAVIRES EN QUÊTE DE CONNAISSANCE

### Suivi de deux expéditions océanographiques

Aujourd'hui, les expéditions océanographiques mobilisent les équipes de recherche internationales et sont essentielles à la compréhension de la relation océan-climat. Quels sont leurs objectifs ? Que nous apprennent-elles ?

**Sur écran, le public suit deux expéditions étape par étape.**

**1/ L'Ifremer** (l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer) entreprend plusieurs expéditions chaque année. Achevée en juillet 2010, la dernière campagne Ovide projetait d'étudier la variabilité naturelle de l'océan et son impact sur le climat européen.

**Montez à bord du Thalassa pour lire le journal de bord ou consulter les informations scientifiques.**

#### L'expédition Ovide : L'Atlantique Nord a-t-il livré ses secrets ?

Entre 2002 et 2010, plusieurs campagnes Ovide ont observé les courants et masses d'eau du tourbillon subpolaire de l'Atlantique Nord. Il s'agissait de mieux comprendre la variabilité naturelle de l'océan et son impact sur le climat européen. La dernière campagne s'est terminée en juillet 2010. 109 stations le long d'un tracé allant du Portugal au Groenland ont permis d'identifier les courants, de déterminer leur origine ainsi que les quantités de matière, de chaleur et de sel transportées vers l'Europe. Un parcours choisi : le trajet Ovide croise les principaux courants de l'Atlantique Nord. En surface, il coupe la dérive Nord-Atlantique, extension vers le nord-est du Gulf Stream. Il coupe également les courants qui s'écoulaient autour de la ride de Reykjanes, montagne sous-marine située au sud de l'Islande, et traverse les courants s'écoulant vers le sud le long du Groenland.

**2/ Embarquez pour suivre en direct Tara Oceans.** L'expédition en cours (2009-2012) étudie la vie microscopique de l'océan et recense les espèces dans tous les écosystèmes marins de la planète, pour l'étude des écosystèmes du plancton.

Grâce à une liaison Internet, le visiteur a accès aux données actualisées sur la localisation et les recherches scientifiques en cours.

#### L'expédition Tara Oceans : la biodiversité d'un monde invisible et méconnu

Tara est une goélette entrée dans l'histoire pour avoir réussi, enserrée par la banquise, la traversée de l'Arctique, entre 2006 et 2008.

La 7<sup>e</sup> expédition de Tara, Tara Oceans, a débuté en septembre 2009 pour 3 ans autour du globe afin d'étudier la vie microscopique marine. C'est la première tentative d'un recensement planétaire du plancton marin. Le but de la mission est de mieux connaître cet écosystème en découvrant d'innombrables espèces et en décryptant leurs interactions. Étudier le plancton, c'est prendre le pouls de notre planète. En effet, la population planctonique peut être affectée par les variations climatiques mais pourrait aussi influencer le climat en modifiant l'absorption du carbone. À bord de Tara, océanographes, biologistes, généticiens et physiciens couvrent plus de douze domaines de recherche. Le programme Tara Océans rassemble ainsi aujourd'hui une équipe internationale et multidisciplinaire d'une centaine de scientifiques.

### ► L'OCÉANOGRAPHIE OPÉRATIONNELLE

Grâce à l'assimilation des données in situ et en orbite dans le modèle d'océan (analyse et prévisions), il est possible aujourd'hui d'établir des diagnostics des modifications en cours.

**Pour obtenir une vision actualisée de l'état de l'océan, un multimedia sur grand écran tactile en plan incliné présente des données de la semaine en cours.** L'océanographie opérationnelle permet des prévisions à quelques jours et servent considérablement les acteurs de l'océan (pêcheurs, marins, chercheurs...). En complément, une interface également tactile permet au visiteur l'accès à des animations de données de semaine passées à partir d'un an avant l'exposition; il peut s'informer aussi sur la profondeur des océans grâce aux données sur la salinité et sur la température. Par ailleurs, quelques zooms mettent l'accent sur des "zones remarquables" comme le ballet des tourbillons au large du Mozambique... **Élément conçu en relation avec Mercator Océan.**

**MERCATOR OCÉAN** est le centre français d'analyses et de prévisions océaniques. Société Civile de droit privé depuis septembre 2010, elle est portée par 5 organismes majeurs de l'océanographie opérationnelle : le CNRS, l'IFREMER, l'IRD Météo France et le SHOM. Le CNES, membre fondateur du Groupement d'Intérêt public Mercator Océan (2002-2010) est aujourd'hui un partenaire privilégié. La société développe et opère des systèmes opérationnels de prévisions océaniques, capables de décrire, d'analyser et de prévoir l'océan en 3D, en continu et en temps réel, à l'échelle globale ou régionale. R&D, opérations, expertise de prévisionnistes et service aux utilisateurs, Mercator Océan couvre l'ensemble de la chaîne de valeur d'un centre d'océanographie opérationnelle de très haute technicité par des systèmes complexes de simulation de l'océan. Mercator Océan pilote depuis 2009 le projet Européen "MyOcean" dans le cadre du programme GMES (Global Monitoring for Environment and Security) qui prépare l'ouverture d'un service Européen d'analyses et de prévisions océaniques.  
[www.mercator-ocean.fr](http://www.mercator-ocean.fr) (en cours de reconstruction jusqu'à fin mars 2011)

### ► LES MODIFICATIONS DE L'OCÉAN

L'océan est perturbé par les activités humaines à de multiples échelles, allant de la pollution locale des eaux côtières à des perturbations souvent invisibles à l'échelle mondiale. Le climat change et l'état de l'océan en témoigne par ses modifications. Le visiteur étudie des **cartes géospatiales mondiales grand format** montrant sur plusieurs décennies la température de surface de l'océan, le niveau des mers, l'acidification...

### ► LA MER MONTE

Deux facteurs contribuent à l'élévation du niveau marin : le réchauffement qui dilate l'eau et l'apport d'eau douce issue des fontes des glaces continentales. Environ 60% de l'élévation du niveau de la mer est due à la dilatation thermique de l'océan, le reste étant dû à la fonte des glaciers de montagne et des glaces du Groenland, et dans une moindre mesure de l'Antarctique. Actuellement la mer monte en moyenne de 3 mm par an alors qu'elle montait de 1,5 mm en 1970. En outre, cette élévation n'est pas homogène à travers le globe car la redistribution de chaleur par la circulation océanique n'est pas uniforme.

**Le film d'animation explique comment ces deux facteurs contribuent à la montée des eaux et quelles sont les prévisions envisagées.**

### ► L'AQUARIUM DE LA DIVERSITÉ

Le réchauffement et l'acidification de l'océan affecte d'ores et déjà la vie marine et s'ajoute aux dangers existants pour la biodiversité marine comme la surexploitation de certaines espèces et la pollution. **Telle une tranche de mer virtuelle, l'audiovisuel permet au visiteur d'aller à la rencontre d'écosystèmes marins caractéristiques.** Attention, il n'échappera pas aux menaces actuelles qui pèsent sur leur survie !

### ► CHRONIQUE DU PLANCTON

Découvrez le monde miniature du plancton, premier maillon de la chaîne alimentaire dans les océans ! Dans l'aquarium visuel, voici les espèces microscopiques marines trop peu connues du grand public. Le biologiste **Christian Sardet**, spécialiste du plancton et de l'imagerie scientifique, a filmé les espèces qu'il a identifiées et pu entretenir en aquarium dans son laboratoire océanographique de Villefranche sur mer : ptéropodes, pleurobrachia, protistes, larves de poissons, cténophores, salpes, vélelles, pelagia noctiluca et autres phronimes émerveillent par leur diversité et leur beauté.

### ► QUI MANGE QUI ?

Chaque espèce vivante dépend des autres pour sa survie. Elle est un maillon de la chaîne alimentaire qui la relie à ses proies et à ses prédateurs; la disparition ou la multiplication excessive d'une espèce retentit ainsi sur l'ensemble de l'écosystème. Pour comprendre la notion fondamentale de la chaîne alimentaire, **un puzzle à reconstituer** : à vous maintenant de trouver qui mange qui ? Plusieurs combinaisons sont possibles, attention aux intrus !

### ► TÉMOINS DE L'ACIDIFICATION

Comprendre les mécanismes et les effets de l'acidification, découvrir les différents groupes vivants marins à structures calcaires à travers 3 exemples (les coraux, coccolithophores et ptéropodes) : **une mosaïque de photos** donne à comprendre ce phénomène qui constitue à terme une menace pour la diversité de la flore et la faune marine.

### ► L'AQUARIUM DES MÉDUSES

Surpêche, pollution et réchauffement des mers mettent en danger les ressources halieutiques ; si rien n'est fait, l'océan de demain pourrait-il n'être peuplé que de méduses ? Par son esthétisme, la faune marine émerveille, intrigue : en voici un bel exemple présenté dans l'aquarium cylindrique de l'exposition.

### ► RÉTROACTIONS

Plusieurs phénomènes de rétroaction pourraient amplifier et accélérer les effets du changement climatique. Quels autres effets amplificateurs devons-nous craindre ? Et si la banquise disparaît ? Et si la température de l'air et le CO<sub>2</sub> atmosphérique continuent d'augmenter ? **Un jeu multimédia** sur dalle tactile permet de suivre le mécanisme de quelques-uns d'entre eux et de s'informer sur les conséquences que pourraient avoir une intensification du réchauffement sur l'océan et sur le climat.

### ► PROTÉGER L'OCÉAN

#### Les larmes de sirène

Témoignage citoyen d'une artiste engagée, ce collier de perles est réalisé à partir de microbilles plastiques, produit de l'activité industrielle et des ordures ménagères, récupérées parmi d'autres déchets sur les plages. À travers cette œuvre, la Finlandaise **Tuula Närhinen** témoigne du problème de la pollution marine.

#### Le droit de la mer

Il existe aujourd'hui de nombreuses conventions relatives à l'océan mais ces instruments juridiques au final ne protègent que 1% de l'océan. Parce que la Cité des sciences, un lieu Universcience, s'attache à accompagner ses visiteurs-citoyens dans une meilleure compréhension du monde actuel, l'exposition **Océan, climat et nous** fait également état des différents instruments de droit international et évoque l'intérêt d'une gouvernance mondiale des océans.

## **PARTIE C** COMMENT LES HOMMES S'ADAPTENT-ILS À CES MODIFICATIONS ?

Réchauffement, acidification, montée des eaux : les modifications de l'océan ont d'ores et déjà des conséquences sur les sociétés humaines. Quelles sont les stratégies d'adaptation envisagées ? Vulnérabilité et adaptation : cette partie de l'exposition propose un tour du monde à travers six études de cas sous forme de carnets de voyage audiovisuels.

L'action aujourd'hui et l'anticipation pour demain, le visiteur est ici témoin et acteur.

**Les six études de cas choisies - Maldives, zone Arctique, côte méditerranéenne, Bangladesh, Pays-Bas et Sud Sénégal - illustrent les différentes données scientifiques sur l'état de l'océan exposées dans les deux premières parties de l'exposition. Elles permettent de mesurer les conséquences sur les populations du littoral. Le visiteur s'installe à présent dans une cabine de voyage où il est accueilli par un personnage incarnant chaque pays. Celui-ci expose à son interlocuteur son carnet de voyage. Départ immédiat pour un tour du monde !**

### **A/ LA VULNÉRABILITÉ**

Géographiquement, les deltas, les récifs coralliens, les zones littorales de faible altitude et les régions arctiques sont les plus menacées. Mais la vulnérabilité d'un territoire dépend aussi des facteurs à la fois sociaux, économiques, démographiques et politiques. Une projection dynamique en grand format de cartes géographiques mondiales font état des différents paramètres entrant dans l'évaluation de la vulnérabilité. Au-delà des éléments théoriques de la définition de la vulnérabilité, cette cartographie montre aussi l'indice du développement humain, l'évolution de la démographie et de l'urbanisation en zones littorales, et l'évolution de la pêche.

#### **Les études de cas :**

##### **1/ Les Maldives**

Les atolls sont les premiers territoires affectés par la montée des eaux avec la zone arctique. Pratiquement sans relief, les Maldives présentent plusieurs facteurs de vulnérabilité : la disparition du corail due à la surexploitation et au réchauffement de l'eau. D'où la diminution des ressources halieutiques et de la protection que la barrière de corail apporte contre tempêtes et tsunamis. Plus rien ne s'oppose à l'érosion de la côte et la submersion prévisible et totale de certaines îles. De plus, les atolls ont naturellement tendance à s'enfoncer. Face à cela, le gouvernement de ce pays essaie d'obtenir de l'aide internationale. Une digue en brise lame a été érigée autour de l'île capitale, et une île artificielle de 2 m d'altitude a été construite. Même si la population pauvre est discrètement invitée à émigrer, le gouvernement se fait le porte-parole de tous les atolls coralliens menacés par le réchauffement de l'océan "Nous sommes tous Maldiviens". **Un moniteur de plongée dont l'île est menacée de submersion s'adresse au visiteur.**

##### **2/ La zone Arctique**

Selon les prévisions du Giec, le réchauffement en arctique sera le plus important (+7°C en 2100) dans un scénario modéré. C'est également dans cette zone que les premiers signes d'acidification apparaissent en surface et la diminution des ressources est avérée par les pêcheurs canadiens. Le pergélisol fond et s'effondre obligeant les déplacements des populations d'Inuits vers de grandes villes américaines où ils risquent la perte de leur culture et de leur identité. Des problèmes géopolitiques apparaissent avec les nouveaux passages maritimes dégagés par la fonte de la banquise et de nouvelles perspectives d'exploitation énergétique, à l'origine d'une véritable "course à l'énergie" entre la Canada, les États-Unis (en Alaska), la Norvège, le Danemark (au Groenland) et la Russie. En effet, le plateau arctique contiendrait à lui seul 600 à 700 milliards de tonnes ainsi que 500 000 à 700 000 milliards de mètres cube de gaz naturel. Le Groenland a obtenu son autonomie pour pouvoir bénéficier de ces richesses souterraines et sous-marines... **Le porte-parole d'une communauté inuit du Canada, expose la situation à des représentants des Nations lors d'un sommet mondial pour l'environnement.**

### 3/ La côte méditerranéenne

Densément peuplée, cette zone du littoral languedocien est concernée par le réchauffement climatique attendu : + 2°C au moins selon tous les scénarios. Érosion des côtes et submersion marine sont prévisibles en particulier dans les zones littorales basses et des deltas. Les réseaux scientifiques de mesures et d'observation se développent mais pour les côtes les plus vulnérables comme celles du Golfe du Lion, les risques économiques et sociaux sont encore peu connus et les plans de prévention des risques difficiles à mettre en place. Ici une adjointe au maire chargée de l'urbanisme d'une cité côtière explique la situation à un promoteur immobilier demandeur d'un permis de construire.

## B/ L'ADAPTATION

Construire des digues, se replier loin des côtes, convertir son économie ? Les réponses locales seront aussi diverses que les situations. Une stratégie globale pourrait être nécessaire avec par exemple des systèmes de mutualisation et d'assurance à l'échelle de la planète. Quelles sont les mesures d'adaptation incorporées dans les projets ou politiques de développement ou de conservation de l'environnement ?

### Le jeu de stratégie

L'adaptation consiste à choisir une stratégie sur du long terme conciliant développement socio-économique et évaluation du risque. Se résume-t-elle à une réponse technologique d'ingénierie ou ouvre-t-elle le champ du choix politique ? **Le jeu de l'adaptation** est une installation ludique proposée aux publics sous forme de jeu collectif multimédia de type jeu de plateau : à deux, trois ou quatre, il s'agit de voter pour des choix de stratégie d'adaptation dans différents scénarios caractéristiques et fictifs et d'en voir les limites à long terme ou lors d'un phénomène météorologique exceptionnel.

### Les études de cas :

#### 1 /Le Bangladesh

Pays menacé par la montée des eaux, très pauvre et le plus densément peuplé du monde, le Bangladesh a mis en place une gestion des risques. Cette gestion consiste en des constructions anticycloniques incluant des abris pour les animaux servant, hors période d'inondation, d'écoles ou d'hôpitaux. Un bon système d'alerte a aussi permis une diminution importante du nombre de décès lors des cyclones. Les recommandations pour s'adapter et lutter contre l'immigration sont : augmenter la hauteur des digues et des maisons, installer de petites industries de transformation locale, instituer des assurances pour les risques d'érosion des rivages, favoriser l'éducation... Pour financer ces projets, le gouvernement bangladais demande des dédommagements aux pays responsables du changement climatique.

#### 2 /Les Pays-Bas

Pays développé,  $\frac{1}{4}$  de son territoire gagné sur la mer, très densément peuplé, les Pays-Bas acceptent l'hypothèse d'augmentation du niveau de la mer et s'organisent pour s'adapter. Le gouvernement investit 0,5% du budget national. Plusieurs approches cohabitent : techniques, écologiques de dépoldérisation (concertation longue avec la population concernée pour un retrait indemnisé de zones cultivées), et architecturales par l'aménagement du territoire (type maison flottante d'Amsterdam soutenues par un cube en béton creux).

#### 3 / Le Sud Sénégal

Entre le Sénégal et le Bénin, le littoral du Golfe de Guinée connaît une augmentation très forte de la population fuyant la désertification du Sahel. Les fleuves dont les débits baissent n'arrivent plus à lutter contre la remontée des eaux salées dans les estuaires. La mangrove, barrière naturelle contre la mer et source importante de bois et de nourriture diminue du fait de sa surexploitation et de la salinisation des eaux. Des initiatives locales soutenues par des ONG, ont entrepris de protéger et de restaurer la mangrove en replantant des centaines de palétuviers. Cette entreprise collective associe les villageois concernés qui comprennent leur intérêt de tendre de nouveau vers l'équilibre écologique et économique local.

**Pour ces trois études de cas, ce sont des étudiantes bangladaise, hollandaise et sénégalaise qui présentent leur rapport d'étude à leur professeur sous forme d'un carnet de voyage virtuel.**

#### **VISITE +**

##### **En fin de parcours, les scientifiques répondent aux visiteurs.**

Largement débattus dans les médias, ces sujets peuvent susciter de nouveaux questionnements selon l'actualité. Le Gulf Stream risque-t-il de dévier ? Y aura-t-il assez de poissons pour nourrir la population demain ? Paris pourrait-elle être immergée un jour ? La Cité des sciences et de l'industrie permet aux citoyens de s'adresser aux scientifiques grâce à un poste multimédia permettant au visiteur de poser sa question. La réponse des scientifiques sera éditée en différé sur le site Internet de l'exposition et dans l'exposition.

# LE GÉNÉRIQUE DE L'EXPOSITION OCÉAN, CLIMAT ET NOUS

Une exposition conçue et réalisée par la Cité des sciences et de l'industrie, un lieu Universcience, avec le soutien de l'Ifremer.

## COMMISSARIAT

Marie-Christine Hergault, commissaire  
Françoise Vallas, chef de projet  
Maud Livrozet, Julia Maciel et Éric Lapie, muséographes

## COMMISSAIRE SCIENTIFIQUE

Édouard Bard, professeur au Collège de France, titulaire de la Chaire de l'évolution du climat et de l'océan, membre de l'Académie des sciences, directeur adjoint du CEREGE (Centre européen de recherche et d'enseignement des géosciences de l'environnement) d'Aix-en-Provence.

## COMITÉ SCIENTIFIQUE

Laurent Bopp, océanographe-climatologue, chercheur CNRS au Laboratoire des sciences du climat et de l'environnement de l'Institut Pierre-Simon-Laplace (IPSL / LSCE)  
Anny Cazenave, chercheur au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (LEGOS), membre de l'Académie des sciences  
Pascale Delecluse, directeur adjoint de la recherche CNRM Météo-France  
Laurence Eymard, directrice de recherche au CNRS, LOCEAN/IPSL (UPMC-CNRS-IRD-MNHN)  
François Gemenne, chercheur à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri - Sciences Po), enseignant à Sciences Po, à l'Université Paris 13 et à l'Université libre de Bruxelles  
Stéphane Hallegatte, économiste pour Météo-France et au Centre International de recherche sur l'environnement et le développement.  
Alix Lombard, chercheur au Centre National d'Études Spatiales (CNES)  
Alexandre Magnan, chercheur à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri, Sciences Po) - thème "Vulnérabilité et adaptation au changement climatique"  
Herlé Mercier, océanographe, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS)  
Paul Tréguer, EUR-OCEANS Consortium, professeur émérite à l'Université de Brest.  
Patrick Vincent, directeur des programmes et de la coordination des projets - Ifremer  
**Scénographie et installation audiovisuelle panoramique** Groupement ASA : Atelier Sompairac Architectes / Amak / Médiapolis / Passerelles / Acoustique et environnement / Parica international  
**Graphisme** : Bénédicte Roland  
**Contribution à la muséographie** : Christelle Baraton, Laure Martin  
**Œuvres d'art** : Tuula Närhinen, Stevens Dossou-Yovo  
**Textes** : Marie Christian et Pierre-Guillaume Vuillecard  
**Traduction** : ILTI

## RÉALISATION DE L'EXPOSITION

### Scénographie

Lumideco (agencement menuiserie) ; Ammac (agencement mobilier) ; AP2R (peinture et revêtement de sol) ; Edmond Petit (rideaux et écrans textiles) ; Satelec (électricité) ; Sogetrel ; Soft audiovisuel

**Graphisme** : Cristal sérigraphie (impression sérigraphique) ; Studio 3B (impression numérique) ;

Silva Georges, (enseigne lumineuse)

**Éléments d'exposition** Décodiffusion, Polymaquettes, Veroliv/À première vue

**Soclage** : Yves Morel workshop

**Audiovisuels** : Studio K, Silicon Worlds, CNRS, CNRS Images, Prodixi, Bande Annonce, Hashka, Hifi Génie, CMC, B&B Communication

**Multimédias** : Logilune, Opixido, SIP Conseil, Pense-tête, Poliacom, so2media, Stéphanie De Nadaï

**Intégration multimédia et audiovisuelle** : Soft audiovisuel, Aux Chercheurs d'Écho

**Partenaires et prêteurs** : CLS, Datawell, ENSTA, LOCEAN, Mercator Océan, MetOcean, Muséum national d'Histoire naturelle, Tara Oceans

**Partenaire marketing** Nature & Découvertes

**Contributions scientifiques** : Étienne Berthier (CNRS - OMP-LEGOS), Sandrine Bony-Léna (CNRS-IPSL), Pierre-Jean Giannesini (MNHN), Philippe Gouletquer (Ifremer), Olivier Godard (CNRS), Nicole Lenôtre (BRGM), Valérie Masson Delmotte (LSCE-IPSL), Tarik Mezziane (MNHN), Eva Moreno (MNHN), Amélie Proust (CLS), Julien Rochette (IDDRI), Christian Sardet (CNRS), Virginie Thierry (Ifremer)

**Contributions diverses** : Institut Finlandais. Images : Oriane Arnould (CNES Diffusion), Luc Beaufort (CEREGE), Nadia Imbert-Vier (ESA), Danièle Lemerrier (Ifremer), Yann Metrich (Agence Biosphoto), Sophie Opron (Agence Corbis), Cécile Thomas-Courcoux (Mercator Océan), Riccardo Rodolfo-Metalpa

## AUTOUR DE L'EXPOSITION OCÉAN, CLIMAT ET NOUS

### ■ UN COLLOQUE

#### L'océan et le climat vus de l'espace

proposé par le collège d'Universcience, le vendredi 8 et le samedi 9 avril 2011, à l'auditorium de la Cité des sciences et de l'industrie.

Observer l'océan est devenu l'affaire des satellites, qui permettent d'en survoler la totalité en un temps très court, et qui donnent accès à un ensemble de données essentielles : température, vent et vagues, niveau de la mer, salinité, glaces de mer... La combinaison des observations spatiales et de celles acquises par les navires constitue un outil puissant au service de la surveillance des océans et du changement climatique.

Le colloque est placé sous la présidence de Giovanni Bignami, président du Cospar (Committee on space research) et Roger-Maurice Bonnet, directeur de l'Institut international des sciences spatiales.

**Comité scientifique :** Jérôme Benveniste, Agence spatiale européenne (Esa) ; Laurence Eymard, CNRS-Locean ; Jean-Louis Fellous, Cospar ; Andrey Kostyanoy, Shirshov Institute of Oceanology of the Russian Academy of Sciences ; Éric Lindstrom, Nasa ; Barbara Ryan, Organisation météorologique mondiale (OMM) ; Pascale Ultré-Guérard, Cnes ; Patrick Vincent, Ifremer ; W. Stanley Wilson, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et Philip Woodworth, National Oceanography Center (NOC).

Programme complet et abstracts des intervenants sur [cite-science.fr/presse](http://cite-science.fr/presse)

#### Vendredi 8 avril 2011

- 14h** Introduction de Stephen Briggs, Esa, Paris et Giovanni Bignami, Cospar.
- 14h30** **Climat et océan** par Johann Jungclauss, Max-Planck Institute for meteorology, Hambourg.
- 15h45** **Observer l'océan de la surface** par Albert Fisher, Unesco/Intergovernmental oceanographic commission (IOC), Paris.
- 16h10** **Le système ARGO** présenté par Pierre-Yves Le Traon, Ifremer, Brest.
- 16h30** **Observer l'océan de l'espace**, Johnny Johannessen, Nansen Environmental and Remote Sensing Center (NERSC), Bergen, Norvège.
- 17h15** **Table ronde** avec les orateurs.

#### Samedi 9 avril 2011

- 10h** **Le renversement méridional dans l'océan Atlantique** avec Herlé Mercier, CNRS, laboratoire de Physique des océans, Brest.
- 10h20** **Les tendances climatiques et les événements dans la région méditerranéenne des vingt dernières années** par Nadia Pinardi, université de Bologne.
- 11h10** **Glaces de mer et calottes glaciaires** avec Frédérique Rémy, CNRS-Legos, Toulouse.
- 11h50** **L'élévation du niveau des océans** par Anny Cazenave, CNES-Legos, Toulouse.
- 14h** **Le cycle du carbone et les océans**
- 14h45** **L'océanographie opérationnelle** avec Pierre Bahurel, Groupement d'intérêt public (GIP) Mercator Océan, Toulouse.
- 16h** **Table ronde** avec Claudie Haigneré, Catherine Chabaud, Jean-François Minster et les orateurs.
- 17h30** **Conclusions** avec Giovanni Bignami, université Pavie, Italie, et Roger-Maurice Bonnet, International Space Science Institute (ISSI), Berne, Suisse.

Traduction simultanée anglais/français

Inscription obligatoire avant le 31 mars 2011 à : [cospar@cosparhq.cnes.fr](mailto:cospar@cosparhq.cnes.fr)

■ **UN PROGRAMME D'ANIMATIONS** (démonstrations, jeux, expérimentations), proposé par l'équipe des médiateurs scientifiques de la Cité, à la sortie de l'exposition, dans l'espace de médiation. En accès libre avec le billet d'entrée des expositions.

Accessible au handicap moteur, cette programmation est destinée au public familial, individuel et scolaire, à partir de 12 ans. La médiation s'accorde avec un enseignement transdisciplinaire sur la climatologie et le développement durable vu au collège. Les lycéens peuvent également compléter leurs programmes de SVT de seconde et l'enseignement de spécialité de terminale S qui font une large place aux problématiques sur les changements climatiques.

**À partir du 12 avril 2011, d'une durée de 45 minutes, les séances ont lieu à 14h, 15h, 16h et 17h, le mardi, jeudi vendredi, les week-end et pendant toutes vacances.**

Climat et océan, est un couple indissociable qui a toujours connu de multiples rebondissements : continents en mouvement, activité volcanique plus ou moins forte, courants océaniques qui s'inversent ou se renforcent, insolation changeant au gré de l'activité solaire et/ou de l'orbite de la Terre... Autant de facteurs qui influent grandement sur les climats de la Terre. Depuis peu un nouvel élément est apparu : les émissions de dioxyde de carbone liées aux activités humaines. Aussi, si pour l'Humanité, prévoir une élévation du niveau de la mer liée à un réchauffement climatique est essentiel, il paraît pertinent de replacer cette problématique dans le cadre plus général de l'histoire des océans et du climat.

### **Quand la mer monte...**

Cette animation interactive, organisée en 5 pôles, aborde l'histoire et le rôle des océans selon différentes échelles de temps géologiques et humaines.

#### **1/ Origine des océans et glaciations du Protérozoïque**

Échelle de temps : centaines de millions d'années - milliard d'années

#### **2 / Tectonique, climat et océan**

Échelle de temps : dizaines de millions d'années - centaines de millions d'années

#### **3 / Périodes glaciaire/ interglaciaire**

Échelle de temps : dizaines de milliers d'années - centaines de milliers d'années

#### **4 / Courants / circulation thermohaline**

Échelle de temps : millier d'années

#### **5/ Horizon 2100**

Échelle de temps : 100 ans

Chaque thématique prend appui sur des objets spectaculaires, révélateur d'un contenu et d'un épisode de l'Histoire de la Terre, mais aussi sur des expérimentations simples permettant de comprendre les phénomènes évoqués.

- Des maquettes : reproduction d'une défense de mammoth, circulation thermohaline ; transgression et régression marine.
- Des instruments océanographiques : bathythermographe, courantomètre d'Ekman, thermomètre à renversement (prêt du laboratoire LOCEAN).
- Un vidéoglobe numérique.
- Des aquariums pour effectuer des manipes relatives aux courants marins, à la fonte des glaces...
- Un diaporama permet d'explicitier et d'illustrer davantage les aspects scientifiques.

Qui a entendu parler de la "terre boule de neige" ? Sait-on que l'océan est apparu avant les continents ? Que la Terre a connu des périodes chaudes, sans aucunes glaces aux pôles ? Quelles influences ont les glaces sur les grands courants marins ? Glaciations, périodes inter-glaciaires, circulation thermo haline, activités tectoniques, niveau des mers, récolte des données océaniques... Autant de sujets qui sont abordés au cours de cette démonstration.

## ■ UN LIVRE

### L'océan, le climat et nous, un équilibre fragile ?



Dirigé par Édouard Bard, Collège de France, membre de l'Académie des sciences, et commissaire scientifique de l'exposition.

Coédité avec les Éditions Le Pommier.

Sortie en librairie : le 13 avril 2011.

168 pages en couleurs (environ 100 photos). Prix : 35 €

Collection "Beaux livres"

Format : 230 X 275 mm, reliure sous jaquette

### L'ouvrage

**La splendeur des océans ne doit pas nous cacher les risques que les bouleversements climatiques vont nous faire subir dans ce siècle !**

*Les océans couvrent plus de 70 % de notre planète. C'est en eux que la vie est née. Comme de grands « échangeurs » fluides, ils redistribuent, avec l'atmosphère, l'énergie que notre planète reçoit du Soleil, et la rendent habitable. Ils participent au vaste cycle qui distribue l'eau à sa surface. Ils capturent des masses énormes de dioxyde de carbone, ce gaz à effet de serre qui, sinon, resterait dans l'atmosphère.*

*La grande histoire des climats, que les chercheurs reconstituent aujourd'hui de plus en plus finement, montre que les événements climatiques du passé ont, à chaque fois, modifié la circulation, la chimie et la biologie des océans. À leur tour, ces changements de la "machine océanique" ont transformé l'ensemble des paysages planétaires, et modifié les conditions d'existence des êtres vivants sur la Terre.*

*Placés au cœur des échanges de matière et d'énergie qui animent notre planète, les océans font d'elle un immense système où tout se tient.*

*Or, voici qu'à l'occasion du changement climatique actuel le comportement des océans se modifie à nouveau : réchauffement des eaux, modification des courants marins, fonte des glaces, acidification, montée du niveau des mers...*

*Quelles seront les conséquences de ces changements ? Comment peuvent évoluer les cycles de l'eau et du carbone à la surface du globe, comment peut se modifier la circulation des courants océaniques ?*

*Surtout, peut-on anticiper les impacts pour les populations humaines et les écosystèmes, en particulier dans les régions polaires, dans les îles basses, les grands deltas, les régions côtières de plus en plus urbanisées ?*

*Telles sont les questions qu'aborde cet ouvrage, grâce aux contributions d'experts rassemblés autour d'Édouard Bard.*

**"L'océan doit être préservé dans sa stabilité, localement et globalement. Non seulement parce qu'il est beau, sublime et féérique, mais surtout car la survie de nos sociétés en dépend." Édouard Bard.**

### Les auteurs

Édouard Bard, membre de l'Académie des sciences, professeur au Collège de France, titulaire de la chaire Évolution du climat et de l'océan, directeur adjoint du Centre européen de Recherche et d'enseignement des Géosciences de l'environnement (Cerege) à Aix-en-Provence ; Herlé Mercier, océanographe, directeur de recherche au CNRS, Laboratoire de physique des océans (CNRS, Ifremer, IRD, UBO), Ifremer centre de Bretagne, Plouzané ; Anny Cazenave, spécialiste des sciences de la planète, chercheur au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiale (Legos, CNRS/Cnes/IRD/Université Toulouse III), membre de l'Académie des sciences ; Étienne Berthier, glaciologue au Laboratoire d'études en géophysique et océanographie spatiales (Legos, Cnes/CNRS/IRD/Université Toulouse III) ; Laurent Bopp, chercheur au CNRS en océanographie/climatologie au laboratoire des Sciences du climat et de l'environnement de l'Institut Pierre-Simon Laplace (IPSL) ; Alexandre Magnan, chercheur "Vulnérabilité et Adaptation au changement climatique" à l'Institut du développement durable et des relations internationales (Iddri, Sciences Po).

## ■ UN SITE INTERNET

Un site consacré à *Océan, climat et nous* est en ligne dès l'ouverture de l'exposition, le 6 avril 2011, accessible par le portail universcience.fr : [www.cite-sciences.fr/ocean-climat-et-nous](http://www.cite-sciences.fr/ocean-climat-et-nous)

Le site offre un descriptif de l'exposition et de toutes les activités qui l'accompagnent (animation, colloque, film, ressources documentaires...) pour tous les publics.

Il est organisé en trois rubriques :

- l'exposition
- approfondir (les animations, les conférences passées et à venir, le livre de l'exposition et les dossiers documentaires de la bibliothèque)
- éducation (les contenus à destination des enseignants)

Sera également proposé en ligne un ensemble d'informations multimédias complémentaires :

**Les Questions des visiteurs** : questions que les visiteurs laisseront sur la borne Visite + tout au long de l'exposition et les réponses des experts.

**Anatomie d'un modèle** : multimédia proposé dans l'exposition et qui explique ce qu'est un modèle climatique et quels sont les différents scénarios du GIEC en matière d'évolution des océans.

**Les infographies**, qui dans chacune des trois parties de l'exposition, donnent les principales données sur l'évolution passée et récente des paramètres de l'océan (salinité, température, vitesse des courants...) ainsi que des repères géographiques sur les pays menacés par le changement climatique.

**À l'écoute d'une carotte** : (éléments) adaptation multimédia de la vitrine interactive sur l'étude des carottes sédimentaires marines qui renseignent sur les climats passés (paléoclimatologie). Au survol des carottes, un commentaire audio explique, section par section, ce que révèlent les sédiments.

**Incertitudes ?** : audiovisuel des trois experts s'exprimant sur la nécessité de prendre en compte l'incertitude quand on fait des scénarios sur l'évolution climatique.

## ■ UN ESPACE RESSOURCES pour aller plus loin

La **bibliothèque** propose des ouvrages à la consultation et au prêt. Une programmation de films sur écran plasma et à la vidéothèque complète l'offre.

Deux dossiers documentaires en ligne sur le portail de la bibliothèque [www.universcience.fr/bibliotheque-bis/](http://www.universcience.fr/bibliotheque-bis/) et sur le site Web de l'exposition :

- **L'océan et le climat** : ce dossier propose des notions clés pour comprendre le rôle de l'océan dans la régulation du climat, les conséquences du changement climatique sur l'océan et les solutions pour le préserver.
- **Le changement climatique : ça chauffe !** : le climat de la Terre varie depuis des milliers d'années sur de longues périodes. L'Homme à son échelle ne peut le percevoir que d'une façon parcellaire. Mais au cours des dernières décennies les changements climatiques semblent s'accélérer... le dossier aborde et explique l'impact des océans sur le climat, les controverses autour du réchauffement, ce qu'est l'effet de serre...].

## ■ UNE FABULEUSE ODYSSEE EN 3D À LA GÉODE : "OCÉANOSAURES"

La sphère miroitante aux 6 433 triangle-miroirs propose depuis le 2 février 2011 un film français en 3D relief de Pascal Vuong et Ronan Chapalain, à la fois ludique et scientifiquement juste, qui plaira autant aux groupes scolaires qu'aux familles : **Océanosaures**. En compagnie d'une jeune étudiante et d'un paléontologue mystérieux, les spectateurs plongent dans les mers du mésozoïque à la découverte d'un univers sous-marin fascinant peuplé de créatures extraordinaires, de l'improbable élasmosaure au terrible mosasaure.

Grâce à la technologie 3D relief et à des effets spéciaux à couper le souffle, le public navigue à travers le temps et l'espace pour percer les secrets d'un pan majeur de l'histoire de l'évolution de la vie sur Terre.

Le film a été réalisé en étroite collaboration avec Le **Museum national d'Histoire naturelle**. Une équipe des meilleurs scientifiques, dirigée par le Dr Nathalie Bardet, a participé aux côtés de l'équipe de production à la conception des images de synthèse des différents reptiles marins et de leur environnement, garantissant ainsi l'exactitude scientifique du documentaire.

Tous les jours à 12h30, 15h30 et 17h30. [www.lageode.fr](http://www.lageode.fr)

## ■ LES MARDIS DURABLES AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE, UN LIEU UNIVERSCIENCE

**Le 3 mai 2011 Convertir l'énergie des mers**

- Démonstration : **Une hydrolienne, comment ça marche ?** avec Sabella
- Table ronde avec : le directeur productions et énergies durables (Ademe), Jean-François Daviau, président (Sabella), Yann-Hervé de Roeck, chef du projet Plateforme technologique nationale des énergies marines renouvelables (Ifremer) et Alain Clément, directeur du laboratoire Mécanique des fluides (École centrale, Nantes-CNRS).

**Les mardis durables du Palais** : une série de 5 conférences consacrées à des questions d'actualité environnementale. Ces événements ont vocation à mettre en relation le grand public avec des industriels et des scientifiques de renom :

- **de 14h à 16h** : sur réservation, des classes de lycées rencontrent un chercheur et assistent à ses démonstrations
- **de 16h30 à 18h30** : en accès libre, démonstrations expérimentales et table ronde avec des intervenants spécialisés sur la thématique.

Ces rendez-vous proposent de faire le point sur la stratégie nationale et européenne en matière d'énergie et de développement durable, en prenant appui sur les feuilles de routes produites conjointement par l'ADEME et par des experts de la recherche publique et de l'industrie. Elles sont destinées à définir des visions réalistes de déploiement technologique, tout en considérant les contraintes et les enjeux.

Contact presse : Murielle Colin 01 40 74 86 55 / [murielle.colin@universcience.fr](mailto:murielle.colin@universcience.fr)



## L'Ifremer, l'un des acteurs de la recherche sur le changement climatique

Il est essentiel d'observer et de quantifier les changements climatiques en cours dans les composantes physique, géochimique et biologique des océans, de préciser le rôle de l'océan dans le climat terrestre et de prévoir les conséquences du changement global sur les systèmes côtiers. La connaissance de la circulation océanique pour enrichir le diagnostic du changement climatique est ainsi le premier des dix axes inscrits dans le plan stratégique de l'Ifremer à l'horizon 2020.

La recherche sur le climat nécessite une approche pluridisciplinaire. Elle s'organise autour de programmes nationaux et internationaux qui font intervenir de nombreux organismes de recherche. L'Ifremer dispose de nombreux atouts dans ce domaine : le Laboratoire de Physique des Océans (LPO – Unité mixte de recherche CNRS, Ifremer, IRD, UBO) basé sur son Centre de Brest, un groupe « moyens à la mer » performant, une coopération étroite entre chercheurs et ingénieurs pour le développement des flotteurs nouvelles générations (ces petits robots autonomes qui mesurent la température et la salinité de la surface à 2000 mètres de profondeur), la coordination du projet Naos (Novel Argo Ocean Observing System) et son expertise dans le domaine de l'observation satellite et la modélisation de l'océan côtier.

Le Laboratoire de Physique des Océans a coordonné **OVIDE**<sup>1</sup>, un programme d'observations sur 10 ans des courants et des propriétés des masses d'eau du tourbillon subpolaire de l'Atlantique Nord. Tous les deux ans, entre 2002 et 2010, les scientifiques de ce programme ont réalisé une centaine de stations d'hydrographie le long d'une radiale allant du Portugal au Groenland afin de collecter des données pour mieux comprendre l'impact de la variabilité océanique sur le climat européen.



© Ifremer / OVIDE 2008

**Le projet Naos**, retenu en janvier dernier pour les Équipements d'excellence – Equipex – dans le cadre du Grand Emprunt, permettra de consolider et d'améliorer la contribution française au réseau international Argo. Avec ses 3000 flotteurs profileurs déployés sur l'ensemble des océans, le réseau Argo est une véritable révolution dans l'histoire de l'océanographie. Un des objectifs majeurs de Naos sera de développer la prochaine génération de flotteurs, plus intelligents, capables d'embarquer de nouveaux capteurs et d'aller vers de plus grandes profondeurs. Coordonné par l'Ifremer, Naos devrait permettre la mise en place d'une véritable surveillance de l'ensemble des océans et renforcer l'excellence française dans l'observation et la prévision de l'océan et du climat. NAOS résulte d'un partenariat fort entre l'Ifremer, l'UPMC (co-porteur), le CNRS (INSU), le PRES UEB (UBO/IUEM), le SHOM et deux entreprises privées: CLS et NKE.

L'Ifremer est impliqué dans les systèmes d'observation *in situ*, mais également satellite, qui permettent aujourd'hui un suivi régulier et global de l'état de l'océan superficiel et profond (altimétrie par satellite, température de surface, couleur de l'eau, salinité de surface). Contrôlé depuis le Centre des opérations du CNES à Toulouse, **le satellite européen SMOS**<sup>2</sup> (Soil Moisture and Ocean Salinity), permet depuis novembre 2009 de mesurer la salinité de surface des océans, paramètre exploité au Centre aval de traitement des données SMOS (CATDS) au Centre Ifremer Bretagne.



© CESBIO

Les régions côtières sont les plus vulnérables au changement global. L'Ifremer s'est spécialisé depuis plus de 20 ans dans la **modélisation de l'océan côtier**. Cette expertise permet de construire, avec des partenaires, un système de prévision à court terme de l'océan côtier (PREVIMER<sup>3</sup>) mais également de réaliser des analyses à plus grandes échelles afin de mieux comprendre les évolutions liées aux changements climatiques. Ainsi, une analyse des 30 dernières années de données de température dans le Golfe de Gascogne a mis en évidence un réchauffement moyen de 0.5°C qui va croissant du sud au nord (1.2 °C en Manche occidentale).

<sup>1</sup> En savoir plus sur OVIDE : <http://www.ifremer.fr/institut/Les-ressources-documentaires/Medias/Communiqués-de-presse/Campagne-OVIDE-20102>

<sup>2</sup> **SMOS** est un programme commun d'Observation de la Terre, proposée par le CESBIO (Centre d'Etudes Spatiales de la BIOsphère) et développée par l'ESA (Agence Spatiale Européenne), le CNES (l'Agence spatiale française) et le CDTI (Centre espagnol pour le développement technologique et industriel). En savoir plus sur SMOS : <http://www.ifremer.fr/institut/Les-ressources-documentaires/Medias/Communiqués-de-presse/Inauguration-du-CATDS>

<sup>3</sup> [www.previmer.org](http://www.previmer.org)

## L'Ifremer, partenaire de l'exposition « Océan, climat et nous »

L'Ifremer est heureux d'apporter son soutien à l'exposition « Océan, climat et nous ». L'une de ses priorités est en effet de faire découvrir, comprendre et partager l'océan et ses enjeux auprès du plus grand nombre. L'Institut met ainsi à disposition d'Universcience différentes données, photos et vidéos, notamment de l'expédition OVIDE, ainsi qu'une animation expliquant le fonctionnement d'un carottier.

Les scientifiques de l'Ifremer sont également impliqués dans ce projet pédagogique à travers notamment la présence de Patrick Vincent, directeur scientifique, au sein du comité scientifique de l'exposition et la participation de chercheurs au cycle « Colloques et rencontres » sur le thème « L'océan et le climat vus de l'espace ». Pierre-Yves Le Traon, chercheur au département « Océanographie et Dynamique des Écosystèmes » à l'Ifremer et coordinateur du projet Naos, présentera **le système ARGO le vendredi 8 avril à 16h10**. Herlé Mercier (CNRS – Laboratoire de Physique des Océans (LPO), Centre Ifremer Bretagne) évoquera **le renversement méridional dans l'océan Atlantique le samedi 9 avril à 10h**. Herlé Mercier participe également à la rédaction de l'ouvrage « L'Océan, le climat et nous : un équilibre fragile ? » coédité par la Cité des sciences et les Editions La Martinière à paraître en juin. Fabienne Gaillard, responsable du LPO, donnera une conférence lors de la journée d'accueil des enseignants le mercredi 6 avril.



© Ifremer / OVIDE 2010

L'Ifremer, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, contribue, par ses travaux et expertises, à la connaissance des océans et de leurs ressources, à la surveillance du milieu marin et du littoral et au développement durable des activités maritimes. Ses programmes de recherche couvrent un vaste champ : biodiversité, halieutique, aquaculture, environnement et écosystèmes, biotechnologies, géosciences, ressources minérales et énergétiques, océanographie physique et opérationnelle, technologies marines et sous-marines, opération de la flotte hauturière et côtière, banques de données physico-chimiques et biologiques.

Créé en 1984, l'Ifremer est un établissement public à caractère industriel et commercial (EPIC), placé sous la tutelle conjointe des trois ministères de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, de l'Écologie, du Développement durable, du Logement et des Transports, et de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche et de l'Aménagement du Territoire. Implanté sur 26 localisations en métropole et outre-mer, il compte environ 1600 salariés dont trois-quarts de personnel scientifique et technique.

**L'Ifremer vous révèle les océans**  
[www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)



## JUIN 2011, Biarritz a rendez vous avec l'Océan....

Nous avons établi un partenariat avec Universcience dans le cadre de la nouvelle exposition de la Cité des sciences et de l'industrie, *Océan, climat et nous*. Elle s'inscrit en effet dans la même thématique des sujets traités dans la Cité de l'Océan et du surf, nouvel équipement de Biarritz qui ouvre ses portes dès cet été.

La **Cité de l'Océan et du surf**, bâtiment conçu par l'architecte new-yorkais Steven Holl, **est dédiée à la connaissance de l'océan**. Elle se présente comme un parcours découverte qui donne la vision d'un océan vivant que l'on apprend à mieux connaître : Comment est-il né ? Comment fonctionne-t-il ? Quelles sont ses humeurs, ses fragilités, les légendes qui l'entourent ? Interactive, la visite s'appuie sur les technologies des plus modernes et fait vivre au visiteur des expériences inédites au cœur des océans.

**L'établissement d'un partenariat avec Universcience, nous est paru indispensable afin de compléter les thématiques développées dans la Cité de l'Océan et du surf.**

Nous nous sommes adressés à **Universcience** pour notre exposition temporaire, pour parler d'un sujet d'actualité « Océan, climat et nous ». Exposition qui sera traitée simultanément à la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, et à Biarritz; la Cité de l'Océan et du Surf reprenant quelques modules.

Ce partenariat nous permettra de présenter des maquettes à manipuler, conçues par **Universcience** qui possède un savoir-faire reconnu dans l'expérimentation et la réalisation de telles maquettes, réalisées dans un but pédagogique : faire comprendre tout en stimulant la curiosité et la passion des sciences. Nous présenterons aussi des interviews de chercheurs et d'experts, car **Universcience** est aussi reconnu pour ses expériences participatives, son engagement dans les débats de sociétés posés par la science aujourd'hui

Cette exposition temporaire « Océan, climat et nous » complètera les animations interactives, films en 3D et espaces ludo-scientifiques utilisant les nouvelles technologies de l'exposition permanente.

### **A propos de Biarritz Océan**

**Il s'agit de deux équipements complémentaires : le Musée de la mer, grand aquarium de Biarritz et la Cité de l'Océan et du surf.**

- Depuis plus d'un demi-siècle face à l'Océan et au Rocher de la Vierge, le Musée de la Mer propose une visite de la faune et de la flore du Golfe de Gascogne. Aujourd'hui, **il double sa surface d'exposition** pour une invitation au voyage le long du Gulf Stream, depuis le golfe de Gascogne jusqu'à la mer des Caraïbes puis l'océan Pacifique. Le visiteur découvre un magnifique spectacle vivant avec une cinquantaine d'aquariums dont le bassin des phoques, un lagon caraïbe de 11 mètres, 1 bassin tactile, une barrière tropicale, 2 bassins géants dont un de 1 500 m<sup>3</sup> (le plus grand d'Aquitaine) où évoluent de nombreux spécimens dont plusieurs espèces de requins, raies et barracudas.

- « **Sous le ciel, sous l'Océan** » tel est le bâtiment conçu par l'architecte new-yorkais, Steven Holl. Sous la vague imaginée par l'architecte, un vaste espace de 2000 m<sup>2</sup>, est dédié à la connaissance de l'océan. L'Océan est vivant, à ce titre il a une naissance, un fonctionnement, des activités, des humeurs (les tempêtes). Des mythes et légendes lui sont attachés, il produit des ressources pour l'homme ; il est indispensable à l'Homme.

[www.museedelamer.com](http://www.museedelamer.com)

[www.biarritzocéan.fr](http://www.biarritzocéan.fr)