

Climat & Océan

connectés dans le changement

Notre planète est bleue, recouverte en grande partie par l'Océan.

Avec l'augmentation fulgurante des émissions de gaz à effet de serre liées aux activités humaines, l'Océan a énormément contribué à l'atténuation des effets du changement climatique en absorbant chaleur et CO₂. Cela n'est pas sans effets négatifs : augmentation de température de l'eau, acidification, modification des courants, augmentation du niveau de la mer, perte de biodiversité marine. Ces bouleversements ont déjà des impacts économiques et sociaux, notamment sur les populations les plus fragiles.

Malgré les fantastiques progrès des sciences marines, beaucoup reste encore à découvrir sur les mécanismes complexes qui permettent à l'Océan de réguler le climat. Il est essentiel de poursuivre l'effort de recherche.

Il nous faut prendre conscience que maintenir l'Océan en bonne santé est primordial pour lui permettre d'assurer ses fonctions essentielles d'atténuation des effets du changement climatique.

Dans le cadre des négociations sur le climat, une meilleure intégration des enjeux liés à l'Océan est fondamentale.

La santé de l'Océan nous concerne tous !





Questions multiples, regards croisés,

Aborder la complexité

Les liens qui unissent l'océan et le climat sont complexes. Il faut prendre en compte un grand nombre d'interactions, comprendre le rôle de l'océan comme régulateur du climat et intégrer les recherches menées dans de nombreuses disciplines scientifiques telles que la physique, la géologie, la chimie, la biologie, l'écologie, la géographie mais aussi l'économie et le droit.

Il est également nécessaire d'intégrer de nombreuses incertitudes :

- Les émissions de CO₂ vont-elles augmenter ? Diminuer ? Et si oui dans quelles proportions ?
- Comment les sociétés, l'économie, mais aussi toutes les espèces marines vont-elles s'adapter ?
- Jusqu'à quel point l'océan peut-il absorber la chaleur et le CO₂ ?
- Que se passera-t-il quand il ne sera plus en mesure de jouer son rôle de régulateur ?

Renforcer les connaissances et la compréhension du système Océan nécessite de mobiliser des approches nouvelles, capables de prendre en compte la complexité au lieu de tenter de la réduire.



Climats du passé, climats de demain

Etudier le climat du passé, sur des milliers ou des millions d'années permet de reconstituer les changements climatiques qui ont affecté notre planète il y a très longtemps, avant que les activités humaines ne perturbent la composition chimique de l'atmosphère. Le climat mondial global se situe actuellement dans une période interglaciaire (les calottes glaciaires sont peu développées). L'analyse du contenu des sédiments océaniques permet de reconstituer les variations climatiques quaternaires, ainsi leurs forçages.

Des techniques très diversifiées et complémentaires sont développées afin de mieux comprendre les pressions naturelles et anthropiques sur le milieu :

- sédimentologie (L'étude des sédiments),
- palynologie (l'étude des pollens et dinokystes),
- micropaléontologie (L'étude des foraminifères),
- sclérochronologie (étude des stries de croissance des mollusques bivalves, des coraux...).

**Une palette de techniques efficaces pour mieux
connaître les climats du passé**

Les climats passés racontés par les microfossiles

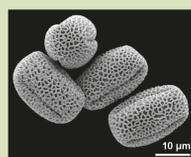
La machine climatique répond à différents forçages (modification de l'orbite terrestre, activité solaire, tectonique des plaques, interaction océan-atmosphère...) qui entraînent des cycles glaciaires et interglaciaires.

Ces derniers sont enregistrés dans les sédiments marins ou continentaux par différents marqueurs. Parmi ceux-ci, les microfossiles permettent de reconstituer la biodiversité passée et de comprendre l'évolution naturelle de leurs milieux au cours du temps. Les grains de pollen et les dinokystes donnent des informations sur l'évolution de la végétation et des conditions océaniques.

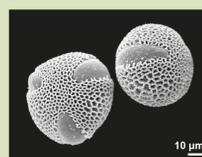
Avec ces informations, les chercheurs comparent les changements climatiques actuels et passés tout en distinguant les pressions naturelles et celles dues à l'homme. Ces données servent à préciser les modèles climatiques simulant les changements à venir.

Période interglaciaire

paysage de forêt méditerranéenne



Pollen d'olivier
(*Olea*)



Pollen d'armérie
(*Armeria maritima*)



Période glaciaire

paysage de steppe méditerranéenne



Pollen d'armoise
(*Artemisia arborescens*)



Pollen d'éphédra
(*Ephedra nebrodensis*)



Aujourd'hui

-500 ans

-25 000 ans

Carotte
prélevée en
Méditerranée

les coquilles Saint-Jacques nous parlent...

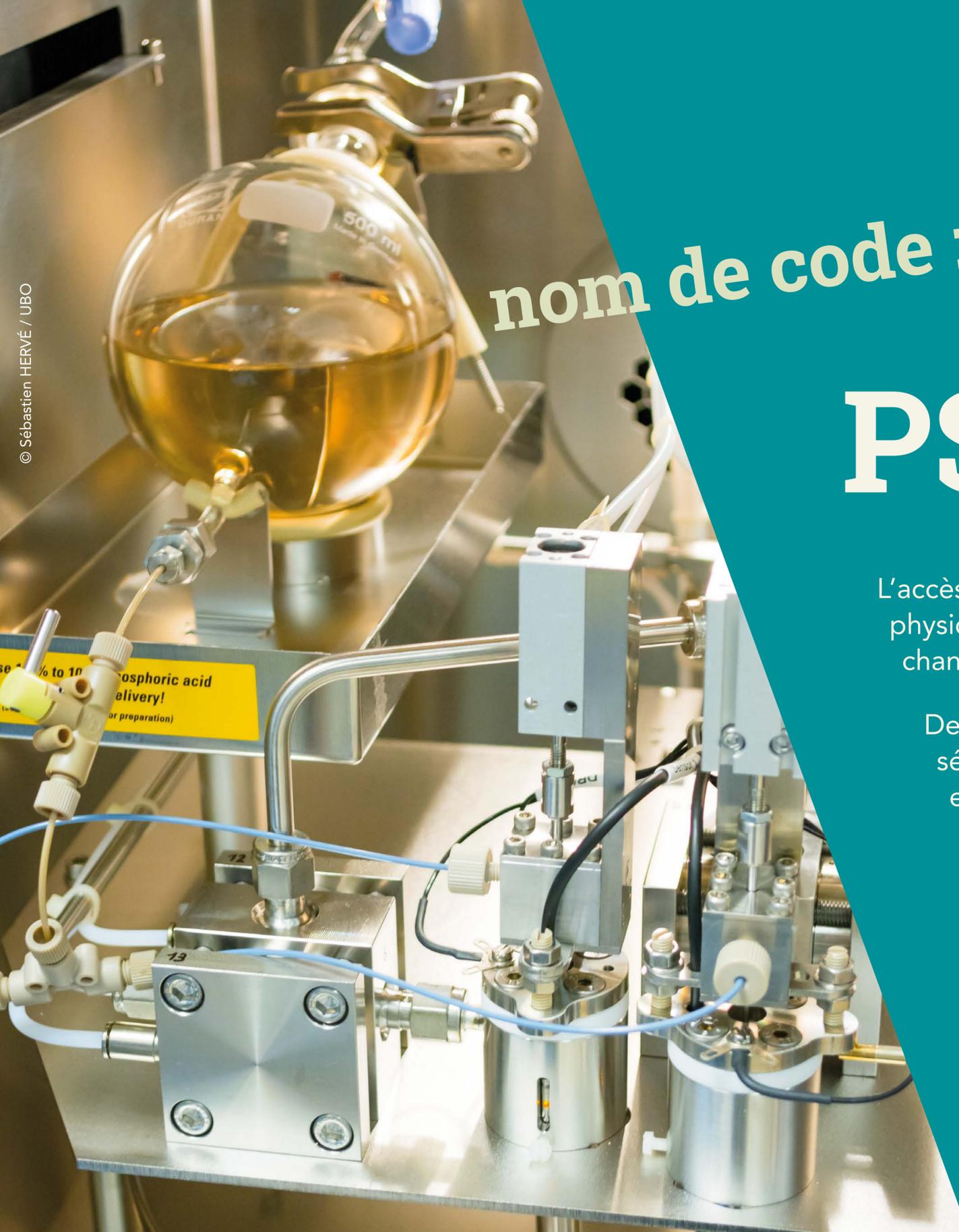
Sclérochronologie

La coquille Saint-Jacques a la capacité de mémoriser des informations liées à son environnement. Cette espèce fabrique sa coquille en déposant chaque jour une strie de croissance, un peu comme le ferait l'arbre en ajoutant un cerne à son tronc. L'analyse des stries nous informe sur la croissance de ce mollusque (nombre de jours, vitesse, début et fin de croissance saisonnière...), les variations de température de l'eau mais aussi identifie les périodes de stress. Plus il fait chaud, plus la nourriture est abondante, plus la distance entre deux stries est grande !

Il est ainsi possible de retrouver la température de l'eau qui a vu naître les stries en mesurant les isotopes de l'oxygène.

L'analyse chimique des stries fournit également des indices pour déterminer l'origine des stress, qu'elle soit naturelle (chute de température, prolifération d'algues microscopiques toxiques, crue...) ou anthropique (pollution, clapage de sédiments). Ces mollusques bivalves peuvent se révéler de véritables "indics" sur les conditions climatiques du passé. Ce sont de formidables bio-marqueurs.

Afin de mesurer le rythme de croissance de cette pétoncle polaire (*Chlamys islandica*), des chercheurs la placent pendant quelques heures sous une cloche dans laquelle ils injectent de la calcéine, un marqueur organique. La strie fabriquée par l'animal ce jour là sera alors fluorescente sous lumière UV, créant un point de repère temporel très précis. En mesurant la distance entre deux repères il est possible de savoir quel a été le taux de croissance sur la période observée.



nom de code : Pôle de Spectrométrie Océan

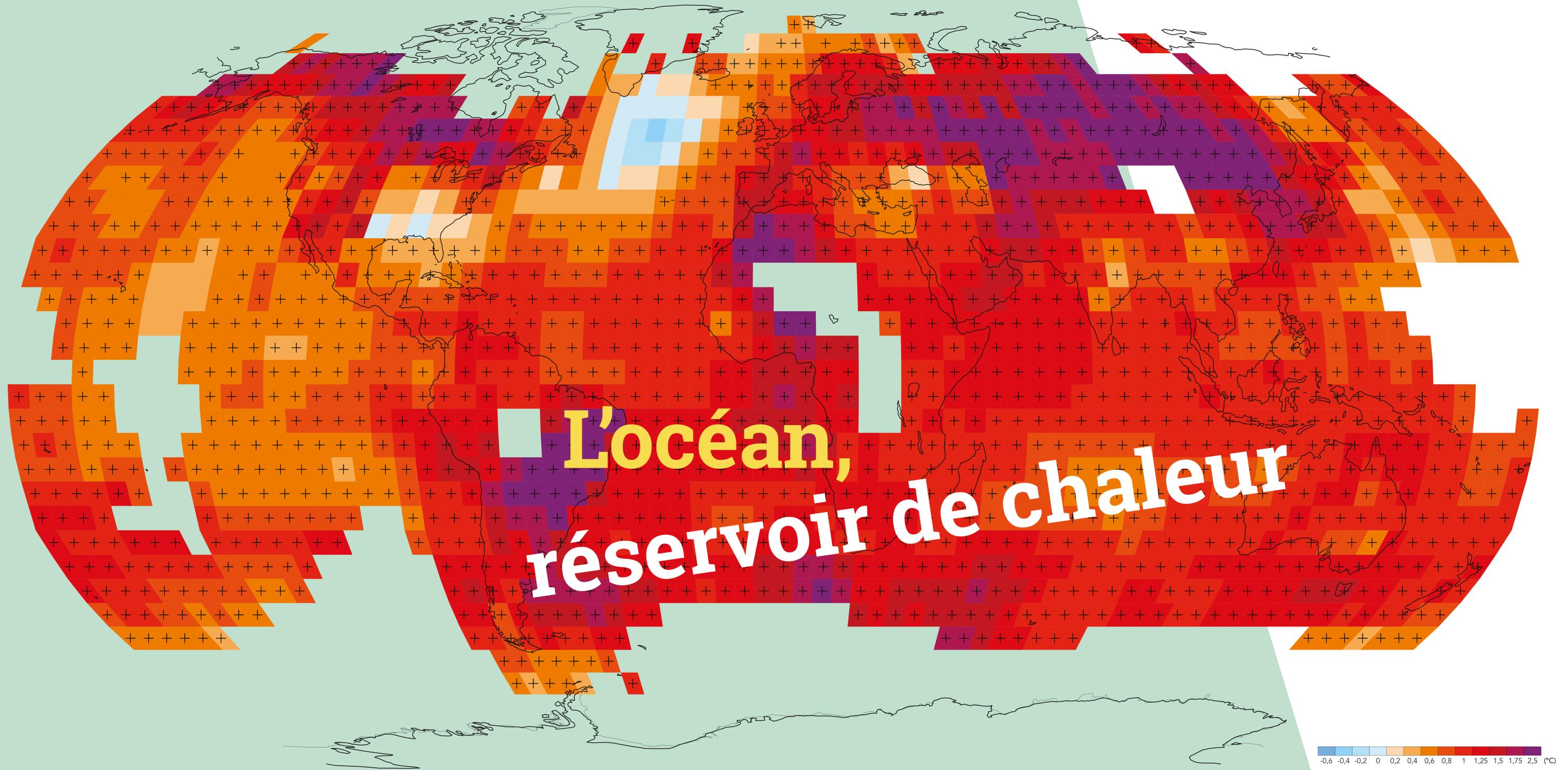
PSO

L'accès aux données de paléotempératures, mais aussi à celles des conditions physico-chimiques du passé, permet de valider les modèles de prédiction du changement climatique.

De nombreux paramètres de l'environnement sont enregistrés dans les couches sédimentaires. L'utilisation de la spectrométrie de masse est devenue un outil essentiel pour "décoder" ces informations. Les scientifiques ont démontré que l'abondance relative des différentes formes d'oxygène, l'oxygène 18 plus lourd et l'oxygène 16 plus léger, est un indice pour reconstituer les températures passées.

La mesure de certains éléments chimiques (baryum, calcium, magnésium, manganèse...), ainsi que de la composition isotopique du carbone dans les organismes vivants, permet d'obtenir des informations déterminantes sur le fonctionnement des écosystèmes passés.

Avec 8 spectromètres de masse particulièrement innovants, le Pôle Spectrométrie Océan (PSO) de Brest constitue un équipement de pointe au niveau mondial de l'analyse élémentaire et isotopique au service de la recherche océanographique.



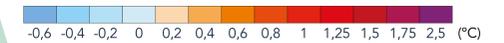
L'océan, réservoir de chaleur

L'océan se réchauffe, il a déjà absorbé plus de 90% de l'énergie accumulée par notre planète depuis les trente dernières années.

La capacité calorifique de l'eau étant bien plus importante que celle de l'air, l'océan stocke la chaleur et atténue ainsi les effets du changement climatique.

La carte de la tendance de température de surface de l'océan depuis 1901 établie par le GIEC montre que l'océan ne se réchauffe pas de manière uniforme. Par exemple, l'Atlantique Nord présente une très forte variabilité naturelle, décennale et séculaire. Ainsi, il est possible que cette région se soit peu réchauffée, voire même refroidie, au siècle dernier ! L'Atlantique Nord est une région où se focalise un grand effort d'observation des propriétés de l'océan : température, salinité, degré d'acidification.

Il est essentiel d'observer la circulation océanique, c'est-à-dire les courants qui transportent la chaleur accumulée dans les tropiques vers les pôles. Cette dynamique océanique qui redistribue la chaleur a un effet modérateur sur le climat.



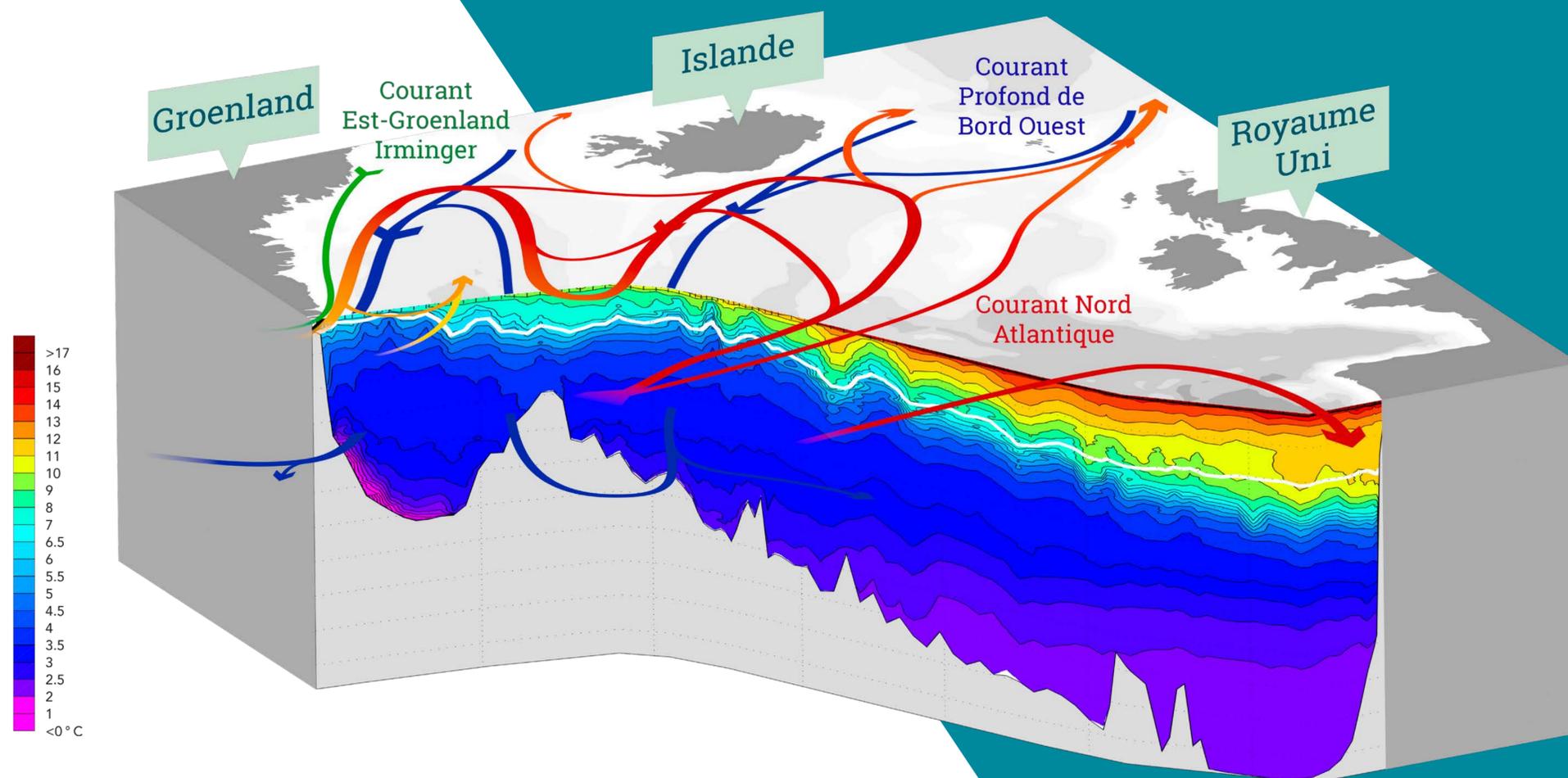
Évolution de la température en surface observée entre 1901 et 2012. Les mailles pour lesquelles les tendances ont un degré de certitude élevé sont marquées d'un +. Les autres mailles indiquent une tendance incertaine ou une absence de données (mailles vides)
Carte extraite du 5^{ème} rapport du GIEC.

Transports climatés

Le climat est une machine complexe dans laquelle l'océan transporteur de chaleur joue un rôle très important. Les masses d'eaux d'origines différentes, qui apparaissent comme des couches, s'empilent et se rencontrent. Les eaux chaudes et légères de surface s'écoulent vers le nord, et les eaux froides et denses du fond s'écoulent vers le sud, d'où un transport de chaleur depuis les latitudes tropicales jusqu'aux mers nordiques. Les modèles de climat seront meilleurs et plus fiables, si l'on comprend mieux ces mécanismes en particulier en Atlantique Nord où il demeure de nombreuses incertitudes.

Ovide est le nom d'un programme de campagnes océanographiques répétées tous les deux ans depuis 20 ans, entre le Portugal et le Groenland, au cours desquelles sont mesurées les propriétés de la colonne d'eau, de la surface jusqu'au fond. En complétant les observations des campagnes Ovide par les observations satellites et celles du réseau international de flotteurs Argo, les scientifiques peuvent suivre mois après mois l'intensité du transport des masses d'eau.

C'est une belle illustration de la complémentarité des approches pour mesurer et comprendre le transport de chaleur océanique.



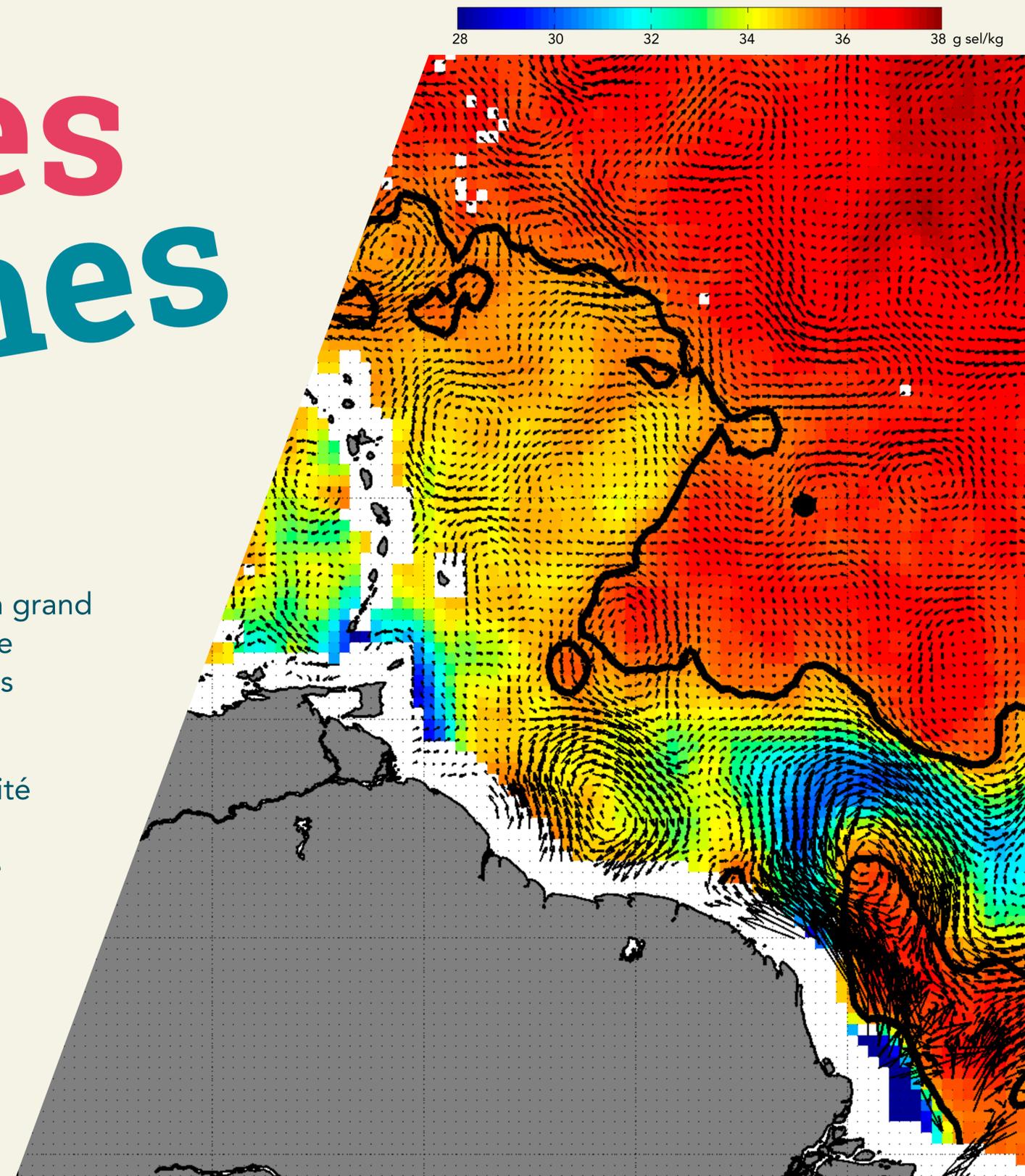


Satellites océanographiques

Pour comprendre le fonctionnement de l'Océan global et son rôle sur le climat, un grand nombre de mesures doit être réalisé. Les satellites permettent alors une couverture spatiale globale et des mesures régulières, ce qui est impossible à réaliser avec des navires océanographiques.

Les progrès technologiques permettent depuis quelques années d'estimer la salinité à la surface des océans. La salinité est le paramètre géophysique qui jauge les échanges d'eau entre l'océan et l'atmosphère, lesquels représentent 80% du cycle hydrologique planétaire. Mesurer cette salinité permet de savoir si le cycle hydrologique planétaire va s'accélérer (réchauffement climatique) ou décroître.

C'est l'un des objectifs de la mission SMOS (Soil Moisture - Ocean Salinity) menée par l'agence spatiale européenne (ESA). Les données SMOS offrent un suivi des composantes du système climatique tels que les panaches de fleuve, les grandes zones tropicales, les échanges de sels induits par les grands courants (Gulf Stream), les banquises dans les régions polaires...



Observation SMOS de la salinité entre le 17 et le 27 septembre 2010 à l'embouchure des fleuves Amazone et Orénoque. On peut y voir le rôle joué par les courants dans la dilution des eaux douces fluviales dans les eaux salées de l'Océan Atlantique.

Absorber, fixer, stocker...

L'Océan pompe à carbone

L'océan est un puits à CO₂, il a absorbé plus de 30% des émissions d'origine humaine depuis le début de l'ère industrielle.

Deux mécanismes principaux permettent le transfert du dioxyde de carbone de l'atmosphère vers l'Océan :

- Le phénomène le plus important est physique : la majeure partie du CO₂ est capté par simple dissolution du gaz dans l'eau de mer.
- Le second est biologique : à la surface de l'océan, le phytoplancton (algues microscopiques) est le principal acteur de la pompe biologique océanique. Véritable poumon bleu de la planète, il produit par la photosynthèse environ 50% de l'oxygène que nous respirons et fixe de grandes quantités de CO₂. Le phytoplancton, producteur primaire, fait entrer le carbone dans la chaîne alimentaire marine. Il est consommé par les animaux, du zooplancton aux organismes plus grands.

Une grande partie de cette matière d'origine végétale ou animale chute vers les eaux profondes, sous forme de particules (organismes morts et fèces) plus denses que l'eau. Il en résulte un flux de carbone de la surface vers les profondeurs. Ce carbone restera stocké dans les sédiments marins pendant des milliers d'années.

La pompe biologique de l'océan contribue à réguler le cycle du carbone. C'est pourquoi une meilleure connaissance des processus physiques et du rôle et de la biodiversité planctonique constitue un enjeu majeur dans le contexte des changements climatiques globaux.

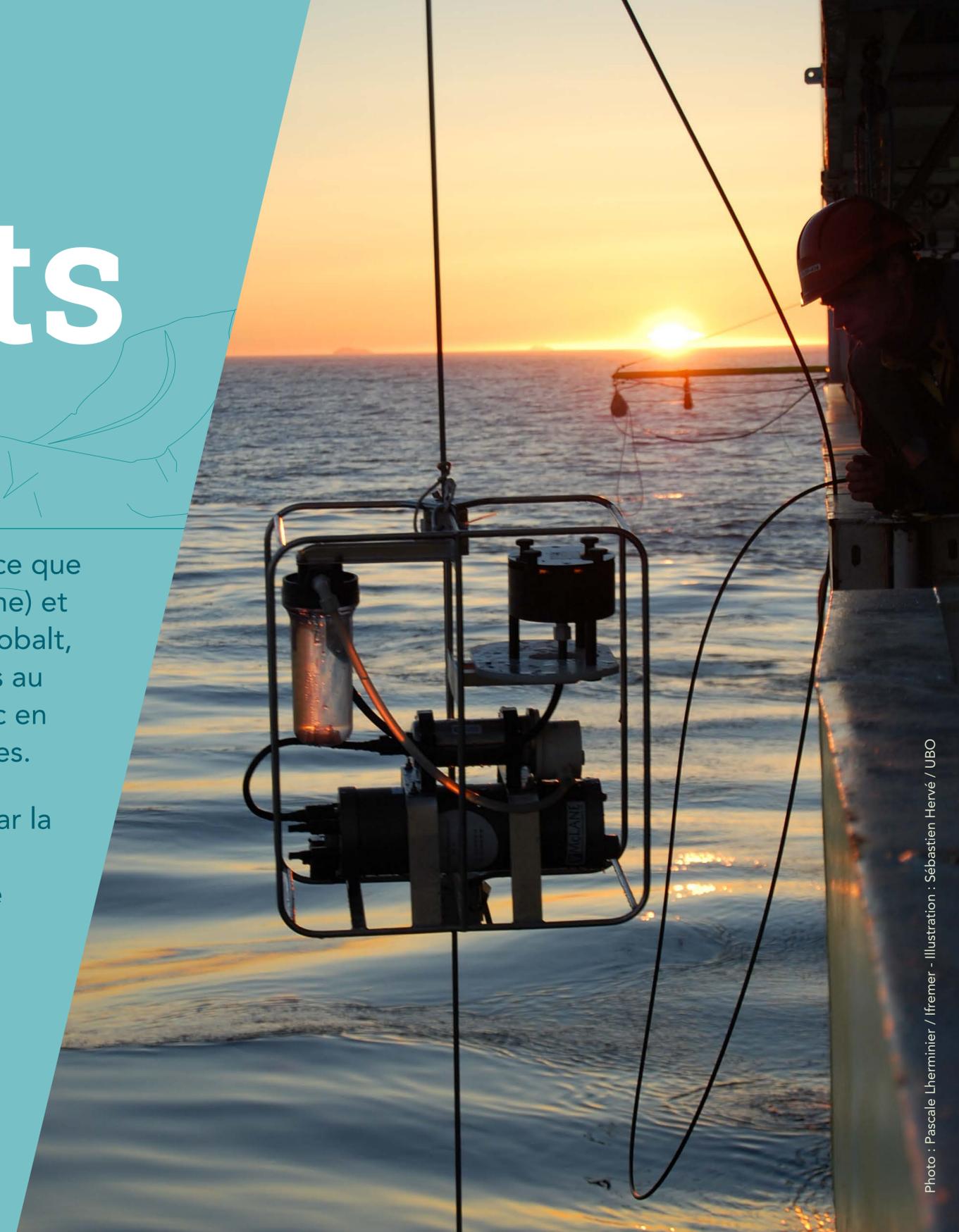


À la traque des éléments traces

Les éléments traces sont au cœur des considérations environnementales, à la fois parce que certains peuvent être contaminants et toxiques pour l'environnement (mercure, chrome) et parce que d'autres contrôlent en partie la croissance phytoplanctonique (fer, cuivre, cobalt, zinc...), ce qui a un effet sur la pompe biologique de carbone. Les recherches relatives au cycle du carbone et au fonctionnement des écosystèmes océaniques dépendent donc en grande partie de la compréhension des cycles biogéochimiques de ces éléments traces.

Dans la plupart des régions océaniques, la production de phytoplancton est limitée par la lumière et/ou les nutriments. Cependant, dans environ 40% de l'océan mondial, la pompe biologique se montre relativement inefficace, alors que les niveaux de lumière sont adéquats et que les sels nutritifs ne sont pas épuisés. Ceci est dû à une moindre abondance du fer dans l'océan, particulièrement à grande distance des continents.

Pour mener à bien les recherches sur ces cycles, les scientifiques organisent des campagnes océanographiques pour prélever de grands volumes d'eau en haute mer et doivent suivre des protocoles extrêmement rigoureux afin d'éviter toute contamination des échantillons. Les données de concentrations de ces différents éléments traces alimenteront des bases de données qui seront partagées avec des chercheurs de différentes disciplines.



Déploiement de pompes *in situ* en Atlantique Nord. Ces pompes filtrent de grands volumes d'eau (1000 litres) pour collecter la matière en suspension.



Acidification de l'Océan

Ça crise pour les organismes marins !

L'océan a absorbé depuis 200 ans un tiers des émissions de CO₂ d'origine humaine. Cela n'est pas sans conséquences, la chimie de l'eau de mer est modifiée et son pH diminue (elle devient moins basique). L'acidification de l'océan s'amplifie à un rythme mille fois plus rapide que toutes ses variations naturelles connues depuis 600 000 ans. Elle est irréversible à l'échelle humaine, il faudrait des milliers d'années pour revenir au niveau précédant l'ère industrielle.

Les recherches sur les impacts de l'acidification de l'océan sur les organismes marins sont récentes et intéressent aujourd'hui de nombreuses équipes scientifiques. Une mer qui s'acidifie contient moins d'ions carbonates qui sont essentiels aux végétaux et animaux marins pour fabriquer leurs squelettes et coquilles. Les espèces les plus touchées sont certaines espèces de phytoplancton, à la base de la chaîne alimentaire et essentielles au stockage du CO₂, les mollusques marins, mais aussi les coraux qui abritent une formidable biodiversité marine et participent à la protection des côtes contre l'érosion.

L'un des effets les plus spectaculaires de l'acidification de l'Océan, et le plus documenté, est le blanchissement des récifs coralliens. Les coraux vivent en symbiose avec des microalgues. Les changements globaux perturbent cette association entraînant une décoloration et un affaiblissement du corail. Il est estimé que 20% des récifs coralliens ont déjà disparu, et que 25% sont aujourd'hui en grand danger.

S'acclimater, s'adapter, migrer... ou disparaître ?

Les organismes marins face au changement climatique

Les organismes vivants se développent de manière optimale dans des conditions particulières (spécifiques à chaque espèce) de température, de pH ou de disponibilité en oxygène. Les changements climatiques actuels s'accompagnent de modifications importantes de ces paramètres physico-chimiques dans l'environnement marin.

Face à ces modifications, les espèces et les populations d'organismes marins modifient leur fonctionnement :

- en s'acclimatant (modification temporaire),
- en s'adaptant (modification permanente impliquant un changement du patrimoine génétique),
- en migrant vers des environnements devenus plus propices à leur développement.

Cependant, la survie de certaines populations et organismes marins peut se trouver menacée, c'est alors le risque de l'extinction, avec ses conséquences dramatiques sur la biodiversité.

Par des approches couplant observations de terrain et simulations au laboratoire, les chercheurs étudient ces concepts de l'écologie évolutive sur différents modèles biologiques comme les poissons, les mollusques marins mais aussi les communautés microbiennes.





Bio-indicateurs et bio-marqueurs

Sentinelles de l'environnement

Le changement climatique entraîne des modifications physico-chimiques des écosystèmes, qui impactent les espèces végétales et animales. Connaître et expérimenter en laboratoire les effets du changement climatique sur certains organismes marins permet de définir des espèces sentinelles de l'environnement qui reconstituent l'état de santé de l'écosystème.

- Elles sont bio-indicatrices quand par leur absence, leur présence ou leur abondance, elles donnent des indications sur la qualité écologique d'un milieu.
- les bio-marqueurs sont des paramètres observables et mesurables au niveau moléculaire, biochimique, cellulaire, physiologique ou comportemental. Ils révèlent l'exposition de l'organisme à des conditions environnementales particulières.

Ces espèces sentinelles sont de précieuses alliées pour évaluer les impacts du changement climatique.

Le Flet

Attention aux stress multiples !

De la Norvège au Portugal, un gradient thermique existe naturellement au sein des eaux côtières européennes. Depuis les années 70, les eaux à la surface de l'océan se réchauffent. Cette augmentation de la température exerce une pression sur les poissons dépendants des eaux tempérées. Pour connaître l'adaptation des poissons marins au changement climatique, les scientifiques étudient le flet, *Platichthys flesus*. Ce poisson plat typique des estuaires est présent le long des côtes européennes. Le flet doit faire face au réchauffement des eaux, plus particulièrement au sud du Portugal (limite sud de répartition).

Les analyses comparées de populations françaises et portugaises, dans la nature et en laboratoire ont montré que certaines populations de poissons du Portugal présentent vraisemblablement des capacités à résister aux effets du réchauffement climatique. Cependant, cette possible adaptation locale s'accompagnerait d'une moindre capacité de résistance vis-à-vis de situations où plusieurs facteurs interagissent : réchauffement des eaux et pollution, eaux chaudes et peu oxygénées.



Le flet, poisson estuarien présent dans toute l'Europe, devient rare au sud de Lisbonne. Ce poisson peut-il s'adapter aux eaux les plus chaudes de sa distribution, notamment au Portugal ?



Comment décider dans un environnement changeant ?

Dans le contexte du changement climatique, pour protéger les écosystèmes marins et mieux gérer les risques côtiers, il est important d'anticiper pour agir. Les scientifiques produisent des connaissances essentielles à destination des décideurs, des gestionnaires et des acteurs économiques. Il existe ainsi de plus en plus d'outils pour explorer l'avenir qui mêlent changement climatique, développement humain et capacités d'adaptation des sociétés. Bien que conçus pour la prise de décision, leur complexité les rend difficilement utilisables par les gestionnaires et la société. De plus, les résultats sont parfois contradictoires !

Simplifier les outils d'aide à la décision et mieux partager les connaissances : un vrai défi pour les scientifiques, les décideurs et la société civile



Les écosystèmes à votre service

Des écosystèmes marins sains et productifs contribuent au bien être humain, ils nous rendent de nombreux services !

Les services écosystémiques sont les bénéfices que les êtres humains tirent des écosystèmes :

- La production de ressources pour l'alimentation, la santé, la cosmétique, le bâtiment ou les biocarburants
- La régulation des cycles comme ceux du climat (séquestration de CO₂ et autre gaz à effet de serre), de l'eau douce (l'évaporation de l'océan, dépollution) ou des nutriments, moteurs de la chaîne alimentaire
- La protection des côtes face à l'élévation du niveau des mers et la multiplication des événements climatiques extrêmes
- La source de valeurs symboliques, culturelles et esthétiques essentielles pour notre imaginaire (valeurs du monde de la mer, création artistique...) et notre bien-être (baignade, pêche récréative, nautisme...)

L'océan c'est une variété d'habitats réserves d'une biodiversité marine indispensable au maintien de la vie sur terre et support de tout ces services. L'évaluation des services écosystémiques permet de mieux comprendre les enjeux de leur protection.

Co-élaboration d'un outil d'aide à la réflexion

Il y a le CACTUS !

Les gestionnaires du littoral doivent prendre en compte les effets du changement climatique afin d'anticiper leurs impacts sur les risques côtiers (inondations, érosion,...). Dans un contexte complexe et souvent épineux, l'action ne peut s'envisager sans le dialogue avec les scientifiques. Ainsi, le Parc Naturel Régional du Golfe du Morbihan s'est associé avec des chercheurs dans le cadre du projet IMCORE qui a étudié cette problématique dans 9 sites de l'Europe du nord-ouest.

L'outil CACTUS (Climat, Adaptation, Changements, Territoires, Usages) a été réalisé sur la base des résultats obtenus dans le golfe du Morbihan. Il fonctionne tel un arbre dont on peut explorer les branches pour construire un diagnostic partagé. Deux entrées permettent de progresser dans son arborescence, par type d'espace (ex. marais, forêt, zone urbaine dense) ou type d'activité (ex. pêche, plaisance, urbanisation).

À l'extrémité de chaque branche, une fiche synthétique liste les questions jugées utiles pour aborder les aspects politiques, économiques, sociaux, technologiques ou environnementaux et propose une liste de mesures d'adaptation pour le territoire.



Anticiper pour s'adapter

Pêcheurs de langoustes en Tasmanie

Le changement climatique a des conséquences sur les espèces pêchées, mais aussi sur la rentabilité économique de leur pêche. Pour comprendre et anticiper les adaptations nécessaires pour le secteur de la pêche, tous les paramètres, depuis la répartition des stocks de langoustes et de l'effort de pêche, jusqu'aux variations de prix, doivent être pris en considération.

Les scientifiques se sont notamment penchés sur le cas de la pêcherie de langoustes en Tasmanie. Plusieurs modèles ont été élaborés :

- Pas d'adaptation des pêcheurs, ils ne changent pas de zones de pêche
- Adaptation à la diminution du stock avec un déplacement vers des zones de pêche plus prolifiques
- Adaptation aux facteurs biologiques et économiques avec un déplacement vers des zones de pêche plus rentables

Ces modèles sont testés suivant plusieurs scénarios :

- Avec ou sans changement climatique
- Avec une variation saisonnière des prix de vente forte ou faible
- Avec une augmentation annuelle des prix de vente ou avec un prix constant

L'étude montre que les pêcheurs de langoustes pourraient déplacer leur effort de pêche plus au sud, vers une zone où le stock exploitable augmente. Cette adaptation permettrait d'équilibrer la pression de pêche sur la ressource et d'éviter son épuisement dans certaines zones où une baisse globale du nombre d'animaux est à prévoir.



Énergies marines renouvelables

Solutions bleues

L'océan rend bien des services dans la régulation du climat et l'atténuation des effets du changement climatique en captant la chaleur et en absorbant le CO₂, mais ce n'est pas sans conséquences sur les écosystèmes marins et les hommes qui en dépendent.

Avec le développement des énergies marines renouvelables, l'océan devient également source de solutions pour limiter notre utilisation d'énergies fossiles et limiter nos émissions de CO₂.

Il est aujourd'hui possible de produire de l'électricité à partir de différents formes d'énergies marines :

- L'énergie du vent : éoliennes en mer
- L'énergie des courants et des marées : hydroliennes
- L'énergie des vagues : machines houlomotrices
- L'énergie thermique des mers : exploitation du gradient de température entre les eaux de surface plus chaudes et les eaux profondes plus froides
- L'énergie du gradient de salinité (énergie osmotique) : utilisation des différences de salinité entre les eaux douces et salées

Les recherches menées sur l'énergie issue de la biomasse marine ouvre des perspectives intéressantes sur la production d'algocarburants à partir de lipides issus des micro-algues.



Photo : Floating Power Plant

Vers des systèmes plus performants

Mutualiser les supports

Le coût de la production d'électricité à partir des énergies marines renouvelables est aujourd'hui peu compétitif sur un marché dominé par le nucléaire et les énergies fossiles. Pour réduire le coût des machines et de leur exploitation, chercheurs et ingénieurs étudient différentes solutions techniques.

Mutualiser sur une même plateforme la récupération de plusieurs formes d'énergies, combiner par exemple l'énergie des vagues et du vent sur un même flotteur, permet de faire des économies et de réduire l'emprise des infrastructures sur le domaine maritime.

Il est également intéressant de combiner les usages en partageant les coûts de l'infrastructure et en optimisant l'utilisation de l'espace. Des ouvrages portuaires tels que les digues peuvent intégrer des systèmes houlomoteurs.

La combinaison de plusieurs énergies ou de plusieurs usages rend les machines plus complexes à concevoir. C'est un défi technologique passionnant et source d'innovations.



Ordinateur, grand bassin et pleine mer...

le terrain de jeu des scientifiques

Chercheurs et ingénieurs participent à la conception et au développement des systèmes de conversion des énergies marines renouvelables à différents stades de vie des projets.

Des simulations numériques de l'environnement marin et du comportement des machines sont utilisées au stade du développement :

- Étude numérique de l'effet des vagues sur les performances des éoliennes flottantes
- Modélisation et simulation des vagues, du vent, de la houle et de leurs interactions
- Calcul des pressions exercées sur une structure ancrée
- Études des impacts d'un parc éolien sur la propagation de la houle

Pour valider ces calculs, des tests sont ensuite réalisés dans des bassins d'essai qui génèrent de la houle, du vent et des courants.

Les performances des équipements sont enfin testées dans des conditions réelles, en mer, avec des prototypes de petite échelle.



labex MER

L'Océan dans le changement

Un laboratoire d'excellence MER, financé par le programme Investissements d'Avenir, offre la formidable opportunité de mener des recherches sur le long terme en réunissant les meilleurs chercheurs en sciences et technologies marines. Il est coordonné par l'Institut Universitaire Européen de la Mer à Brest, et associe les grands acteurs des sciences marines françaises.

De la molécule à l'Océan global, des climats passés aux scénarii pour le futur, le LabexMER s'implique dans la recherche sur le changement climatique à travers des projets ambitieux croisant les disciplines :

- Observation et modélisation de l'océan à haute résolution
- Processus majeurs régulant le climat tels que la pompe biologique du carbone
- Décodage des paléo-archives sédimentaires
- Impacts des changements climatiques sur les organismes marins et la biodiversité
- Environnements littoraux et gestion des zones côtières
- Impacts économiques et législatifs des changements climatiques
- Développement des énergies marines renouvelables

Axe 1 : La machine Océan
à haute résolution



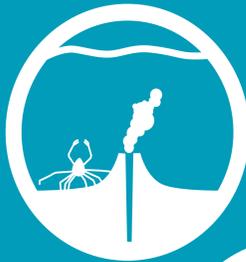
Axe 2 : Nouvelle approche
de la pompe biologique de
carbone



Axe 7 : Dynamique des
mouvements de l'océan et
interactions avec les systèmes
marins

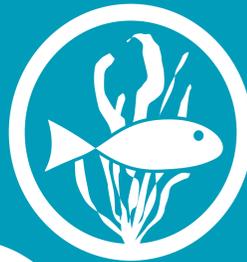


Axe 3 : Interactions
géobiologiques dans les
environnements extrêmes



**7 axes de
recherche**

Axe 6 : Evolution des habitats
marins et adaptation des
populations



Axe 4 : Transferts sédimentaires
de la côte aux abysses



Axe 5 : Dynamique et vulnérabilité
des zones côtières





Photo : Thierry Joyeux / Océanopolis

Océanopolis

www.oceanopolis.com **Brest**

lieu de partage et échanges de savoirs

Parc de découverte des océans situé au bord de la rade de Brest, Océanopolis propose au grand public une plongée au cœur de l'Océan au travers de trois écosystèmes tropical, polaire et tempéré. Centre de Culture Scientifique et Technique de la Mer, créé en 1990, Océanopolis est né de la conjugaison et concentration de compétences à la pointe de la Bretagne, avec la plus grande communauté scientifique en France dédiée à l'étude de l'océan.

Équipement unique, associant découverte et science, sensibilisation et éducation, Océanopolis est un lieu de partage et d'échange de savoirs. Comprendre le fonctionnement et les enjeux liés à l'Océan et construire sa propre opinion sur l'impact de nos actions, tout en s'émerveillant, tel est en résumé l'objectif partagé par toute l'équipe.

Sur la base des connaissances océanographiques et des innovations technologiques les plus récentes, Océanopolis développe un programme d'activités (expositions, événements de culture scientifique, animations...) à destination de tous les publics avec pour objectifs :

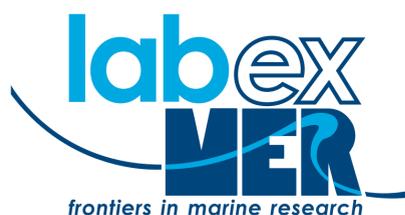
- d'expliquer le fonctionnement de l'océan, la complexité et la richesse de ses écosystèmes, sa biodiversité, son rôle dans la machine climatique... ;
- de sensibiliser aux potentialités de l'océan comme source de solutions face au changement climatique ;
- de susciter l'intérêt pour l'océan et ses ressources, bases d'une croissance « bleue » ;
- de contribuer à bâtir des liens nouveaux entre science, innovation et société et ainsi construire une culture marine et maritime.

Cette pluridisciplinarité unique de compétences scientifiques, technologiques et industrielles est valorisée auprès du public à Océanopolis, centre de culture scientifique, technique et industrielle dédié à l'océan.

Océan & Climat

connectés dans le changement

Exposition conçue par le laboratoire d'excellence MER, en collaboration avec Océanopolis centre de culture scientifique et technique dédié aux océans.



Le LabexMER, est coordonné par :



Le LabexMER bénéficie du soutien financier de :



Le LabexMER regroupe 13 unités de recherche du Grand-Ouest :



Le LabexMER est membre de la Plateforme Océan & Climat, cette exposition s'inscrit dans ses objectifs de sensibilisation du public à l'importance de l'océan dans la machine climatique planétaire à l'occasion de la COP21.



Cette exposition s'inscrit dans ses objectifs de sensibilisation du public du projet Responseable :

RESPONSEABLE

Coordination : Vianney Pichereau, Coordinateur scientifique du LabexMER-IUEM/UBO

Conception graphique : Sébastien Hervé – IUEM/UBO

Comité de rédaction : Anouck Hubert, Anne Rognant, Sébastien Hervé, Vianney Pichereau, Anne-Marie Tréguier, Cécile Nassalang, Alexis Sauvage