Primaire

8–11

climate change initiative

Dossier de ressources pédagogiques

PAYS MENACÉ

Perspectives de vie sur les petites îles

Guide du professeur et fiches d'activité de l'élève

Traduction et adaptation par le CNES, ESERO France et le SCO

Présentation	page 3
Synthèse des activités	page 4
Climate from Space	page 6
Climat et niveau des océans : informations générales	page 7
Activité 1 : PAYS MENACÉ	page 8
Activité 2 : FONTE DES GLACES	page 10
Activité 3 : RÉCHAUFFEMENT DES EAUX	page 13
Activité 4 : MERS CHAUDES ET FROIDES	page 16
Fiche d'activité n° 1 de l'élève	page 18
Fiche d'activité n° 2 de l'élève	page 20
Fiche d'activité n° 3 de l'élève	page 21
Fiche d'activité n° 4 de l'élève	page 22
Fiche d'information n° 1	page 24
Liens	page 26

Dossier de ressources pédagogiques Climate Change Initiative – PAYS MENACÉ
https://climate.esa.int/fr/educate/

Concepts d'activités développés par l'université de Twente (Pays-Bas) et par le National Centre for Earth Observation (Royaume-Uni)

Le Bureau du climat de l'ESA apprécie les retours et commentaires
https://climate.esa.int/helpdesk/

Produit par le Bureau du climat de l'ESA

Copyright © Agence spatiale européenne 2020

Traduction et adaptation par le CNES, ESERO France et SCO France en 2021

PAYS MENACÉ : Présentation

Perspectives de vie sur les petites îles

En bref

Thème(s) : géographie, sciences, sciences de la Terre

Tranche d'âge : 8 à 11 ans

Type : lecture et activités pratiques

Difficulté : facile à intermédiaire

Temps requis pour la leçon : 2½ à 4 heures

Coût : bas (5 à 20 euros)

Lieu : en intérieur

Implique l'utilisation de : glace, eau, différents contenants, colorant alimentaire, logiciels standard, Internet

Mots-clés : niveau des océans, température, glaciers, nappes glaciaires, expansion, satellite, observation

Aperçu

Avec cet ensemble d'activités, les élèves découvrent les causes et les conséquences potentielles de la hausse du niveau des océans tout en développant leurs compétences scientifiques de base.

La première activité définit le contexte en envisageant l'avenir potentiel du Kiribati ; elle est associée à un exercice visant à développer les compétences rédactionnelles pédagogiques.

Des activités pratiques explorant deux des principaux facteurs de la hausse du niveau des océans offrent l'opportunité de parler de l'utilisation des modèles dans les sciences.

Dans le cadre de l'activité finale, les élèves utilisent de véritables données satellite pour explorer la température à la surface des océans, l'évolution du niveau moyen des océans et le lien existant entre les deux.

Résultats d'apprentissage attendus

Au terme de ces activités, les élèves seront capables de :

Énumérer certains des aspects du réchauffement climatique qui contribuent à la hausse du niveau des océans ; créer un ensemble d'instructions que d'autres pourront utiliser pour réaliser une expérience ;

Établir un lien entre les différentes composantes d'un modèle expérimental et le monde réel ;

analyser des images pour obtenir des données sur la fonte des glaces ;

Réaliser une expérience pour démontrer que l'eau subit un phénomène d'expansion lorsqu'elle est chauffée ; expliquer pourquoi cela se produit en se basant sur des notions relatives aux particules ;

Identifier certains problèmes pouvant découler de la hausse du niveau des océans ;

Utiliser l'application web Climate from Space pour explorer et comparer la température à la surface des océans et l'évolution du niveau des océans ;

Expliquer le lien entre les variables en se basant sur leurs connaissances scientifiques.

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Synthèse des activités

	Titre	Description	Résultat	Apprentissage préalable	Durée
1	Pays menacé	Exercice de compréhension et activité de rédaction basés sur une histoire relative aux conséquences de la hausse du niveau des océans sur les nations occupant des basses terres insulaires. Discussion facultative sur les impacts locaux de la hausse du niveau des océans.	Énumération de certains des aspects du réchauffement climatique qui contribuent à la hausse du niveau des océans. Création d'un ensemble d'instructions que d'autres pourront utiliser pour réaliser une expérience.	Aucun	45 à 60 minutes
2	Fonte des glaces	Surveillance et cartographie de la fonte des glaces.	Établissement d'un lien entre les différentes composantes d'un modèle expérimental et leurs équivalents dans le monde réel. Analyse d'images pour obtenir des données sur la fonte des glaces.	Aucun	30 minutes (version simple) 1 à 1½ heure (avec analyse)
3	Réchauffe-ment des eaux	Activités pratiques démontrant et expliquant la dilatation thermique de l'eau.	Réalisation d'une expérience pour démontrer que l'eau subit un phénomène d'expansion lorsqu'elle est chauffée. Explication des causes de ce phénomène en se basant sur des notions relatives aux particules. Identifications de problèmes pouvant découler de la hausse du niveau des océans.	Aucun	30 à 45 minutes
4	Mers chaudes et froides	Activité de recherche à l'aide de l'application web Climate from Space. Recherche supplémentaire facultative sur El Niño.	Utilisation de l'application web Climate from Space pour explorer et comparer la température à la surface des océans et l'évolution du niveau des océans. Explication du lien entre les variables en se basant sur des connaissances scientifiques.	Compréhension de la dilatation thermique, par ex. avec l'activité 3	30 minutes

Les durées indiquées couvrent les principaux exercices, en supposant un accès total aux outils informatiques et/ou une répartition des calculs répétitifs et des graphiques entre les élèves de la classe. Elles englobent le partage des résultats mais pas la présentation des conclusions, car celle-ci peut varier en fonction de la taille de la classe et des groupes. Les approches alternatives peuvent prendre plus de temps.

Remarques d'ordre pratique pour les professeurs

Le **matériel nécessaire** pour chaque activité est précisé au début de la section correspondante, avec des remarques relatives à toute préparation requise autre que la photocopie des fiches d'activité et des fiches d'information.

Les **fiches d'activité** sont conçues pour un usage unique et peuvent être photocopiées en noir et blanc.

Les **fiches d'information** peuvent contenir des images plus grandes que vous pouvez insérer dans vos présentations en classe, des informations supplémentaires pour les élèves ou des données sur lesquelles ils peuvent travailler.
Ces ressources ont un meilleur rendu si elles sont imprimées ou photocopiées en couleur, mais elles peuvent être réutilisées.

Les **feuilles de calcul, jeux de données ou documents supplémentaires** requis pour l'activité peuvent être téléchargés en suivant les liens vers ce dossier depuis le site suivant : https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/

Des idées et suggestions **complémentaires** à des fins de **différenciation** sont incluses en des points stratégiques de la description de chaque activité.

Les réponses des fiches d'activité et les résultats des activités pratiques sont inclus pour faciliter l'**évaluation**. Les occasions d'utiliser des critères locaux pour évaluer les compétences de base, comme la communication ou le traitement des données, sont indiquées dans la partie concernée de la description de l'activité.

Hygiène et sécurité

Pour toutes les activités, nous avons supposé que vous continuerez d'appliquer vos procédures habituelles relatives à l'utilisation des équipements communs (y compris les appareils électriques, comme des ordinateurs), aux déplacements dans l'environnement d'apprentissage, aux chutes et aux débordements, aux premiers secours, etc. La nécessité de ces procédures est universelle mais leur mise en œuvre varie considérablement, de sorte que nous ne les avons pas détaillées à chaque fois. En revanche, nous avons souligné les dangers propres à chaque activité pratique afin de vous informer de l'évaluation des risques.

Certaines de ces activités utilisent la ressource en ligne Climate from Space. Il est possible d'accéder, depuis cette ressource, à d'autres parties du site Web Climate Change Initiative de l'ESA, et donc vers des sites Web externes. Si vous ne pouvez pas ou ne souhaitez pas limiter les pages que les élèves peuvent consulter, rappelez-leur vos règles locales en matière de sécurité sur Internet.

Climate from Space

Les satellites de l'ESA jouent un rôle important dans la surveillance du changement climatique. Climate from Space (cfs.climate.esa.int) est une ressource en ligne qui utilise des histoires illustrées pour synthétiser certains des changements subis par notre planète et mettre en lumière le travail des scientifiques de l'ESA.

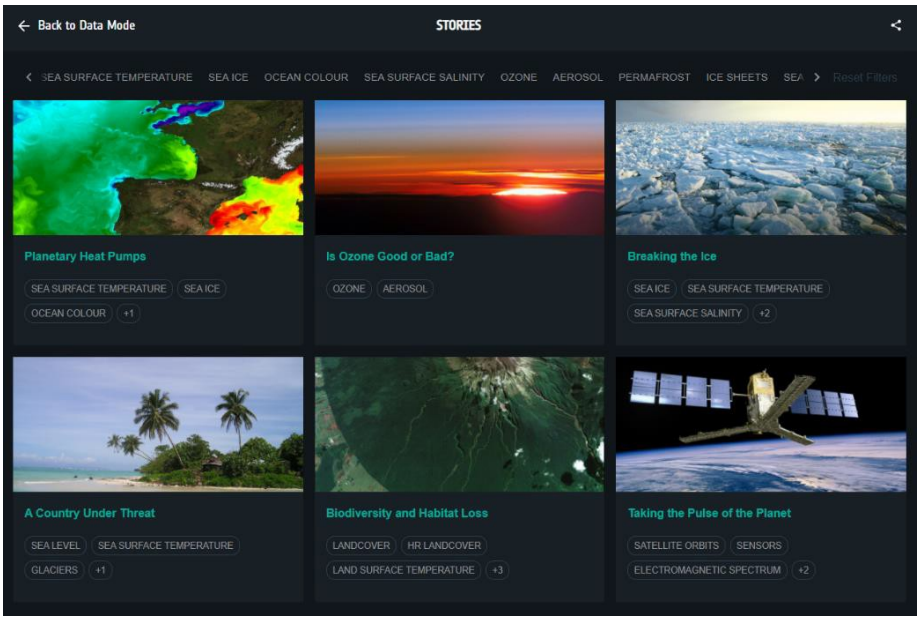


Figure 1 : Histoires de Climate from Space (source : ESA CCI)

Le programme Climate Change Initiative (CCI) de l'ESA produit des enregistrements globaux fiables de certains des aspects clés du climat appelés variables climatiques essentielles (VCE). L'application Web Climate from Space vous permet d'en apprendre plus sur les impacts du changement climatique en explorant ces données par vous-même.

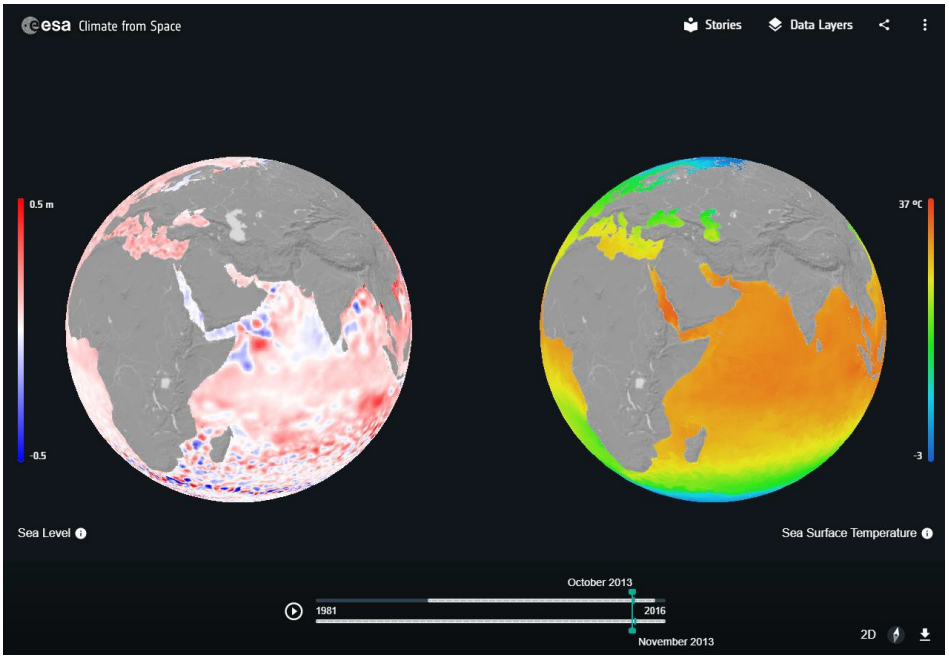


Figure 2 : Comparaison du niveau des océans et de la température à la surface des océans dans l'application Web Climate from Space (source : ESA CCI)

Climat et niveau des océans : informations générales

Le réchauffement climatique et nos océans

Le réchauffement climatique influe sur la quantité considérable d'eau contenue dans les océans, et les océans ont un énorme impact sur le climat de la Terre en raison des gigantesques quantités d'énergie qu'ils stockent et de la proportion de la planète qu'ils recouvrent.

Le niveau des océans s'élève en raison de la dilatation thermique (l'eau plus chaude prend plus de place), de l'accélération de la fonte des glaces continentale (glaciers dans de nombreuses régions du monde et nappes glaciaires massives de l'Antarctique et du Groënland) et de l'évolution de notre utilisation de l'eau, qui implique qu'une plus grande quantité d'eau issue de lacs et des nappes phréatiques se retrouve dans les océans.

Impact de l'élévation du niveau des océans

Les conséquences potentielles de l'élévation du niveau des océans pour des nations insulaires comme le Kiribati sont dramatiques, et les habitants de ces pays travaillent actuellement à protéger leurs habitations. Mais les gouvernements d'autres pays investissent également dans des projets pour défendre leur propre littoral ou pour l'adapter aux changements qu'ils anticipent. Dans le monde entier, 680 millions de personnes vivent dans des zones côtières, et beaucoup d'entre elles ressentent déjà les effets d'inondations plus fréquentes ou de tempêtes plus violentes. De plus en plus de personnes déménagent dans des villes, dont beaucoup se situent à faible altitude : chaque centimètre de hausse du niveau des océans implique que 3 millions supplémentaires de personnes vivent dans un lieu susceptible de subir des inondations chaque année.

Surveillance de l'évolution des océans

Nous pouvons désormais utiliser des capteurs satellitaires, comme ceux embarqués à bord du satellite illustré à la Figure 3, pour mesurer le niveau des océans ainsi que beaucoup de facteurs entraînant son élévation, comme l'épaisseur et l'étendue des nappes glaciaires ou la température de la surface des océans. Les satellites peuvent prendre des mesures fréquentes à l'échelle du monde entier plutôt que des mesures périodiques à quelques endroits sélectionnés. Toutefois, les instruments sur les bouées, les navires de recherche et les avions sont toujours nécessaires : en effet, les scientifiques utilisent leurs relevés pour étalonner les capteurs satellitaires et vérifier que leurs données sont fiables.

Figure 3 : Sentinel-6 – un satellite qui surveille le niveau des océans (source : ESA/ATG Medialab)

Activité 1 : PAYS MENACÉ

Cette activité utilise l'histoire de deux enfants du Kiribati pour présenter les raisons pour lesquelles le niveau des océans augmente de manière globale. Les bons lecteurs peuvent lire l'histoire seuls, peut-être pour préparer le cours. En classe, vous pouvez utiliser le matériel de l'histoire correspondante sur le site Climate from Space pour compléter le texte.
L'histoire décrit des expériences réalisées par les personnages. Rédiger les descriptions sous forme d'instructions permet de développer des compétences rédactionnelles en lien avec la science et de renforcer certains aspects de la méthode scientifique.

Matériel

- Fiche d'information n° 1 (2 pages)
- Fiche d'activité n° 1 de l'élève (2 pages)
- Ressource en ligne Climate from Space : histoire *Coasts under threat* (facultatif)

Exercice

1. Lisez l'histoire de la fiche d'information n° 1 à ou avec la classe, en faisant des pauses à des moments appropriés pour vérifier que tout le monde a compris.
   Vous pouvez illustrer le texte à l'aide d'éléments tirés de l'histoire de Climate from Space *Coasts under threat* comme suit :
   - Vous trouverez plus d'images du Kiribati dans la galerie affichée à la diapo 2, ainsi que l'image de New York utilisée dans la fiche d'information.
   - La première partie de la vidéo à la diapo 3 (jusqu'à 1:33 minute) fournit plus de détails sur les différentes contributions à la hausse du niveau des océans (y compris des chiffres que les élèves peuvent noter et utiliser pour créer un graphique ou un camembert).
   - Autre région déjà fortement impactée par l'élévation des océans, le delta du Mississipi est illustré dans la galerie à la diapo 5, qui contient également deux autres images utilisées dans la fiche d'information.
2. Demandez aux élèves de répondre à la question 1 de la fiche d'activité en synthétisant les causes de l'élévation du niveau des océans.
   Si votre pays a un littoral, vous pouvez poursuivre en discutant des possibles effets locaux de l'élévation du niveau des océans et/ou des mesures mises en œuvre pour réduire les changements potentiels ou s'y adapter.
3. Expliquez que les scientifiques répètent des expériences réalisées par d'autres scientifiques pour vérifier que les résultats sont fiables. (La plus ancienne institution scientifique au monde, la Royal Society (Royaume-Uni) fondée en 1660, a pour devise *Nullius in verba*, que l'on peut traduire par « Ne croire personne sur parole ».)
   C'est plus facile à faire avec une liste du matériel nécessaire, des instructions étape par étape et peut-être un schéma expliquant comment utiliser le matériel.
4. Demandez aux élèves de convertir les descriptions des expériences de l'histoire en instructions, en travaillant individuellement ou par deux et en utilisant la structure de la fiche d'activité.
   Certains élèves peuvent avoir besoin d'assistance pour s'assurer que chaque étape ne contient qu'une seule action et/ou que la description dans l'histoire comprend également les résultats (ce qui s'est produit).

Les élèves plus à l'aise peuvent inclure des détails supplémentaires : par exemple, l'histoire n'explique pas comment déterminer si le niveau de l'eau a changé.

5. Les élèves peuvent évaluer leurs instructions entre eux, en considérant ce qu'ils feraient exactement s'ils ne disposaient que des instructions créées par un autre binôme.

Remarque : si les élèves devaient réaliser l'expérience en suivant leurs propres instructions ou celles d'un autre binôme, vous auriez besoin de beaucoup de seaux et d'une grande quantité de glace ; aussi, nous vous suggérons de ne pas le faire, même si vous pouvez décider d'imiter mademoiselle Bauro et de réaliser cette expérience à titre de démonstration. Des instructions pour une version de l'activité utilisant des gobelets d'eau et seulement deux glaçons par groupe sont disponibles dans le dossier ESA Climate Detectives *La glace est en train de fondre* (https://esero.fr/wp-content/uploads/2020/10/PR13a-THE-ICE-IS-MELTING_FR-1_TEACHERS.pdf).

Réponses de la fiche d'activité

1. Les quatre facteurs mentionnés dans l'histoire sont la fonte des glaciers, la fonte des nappes glaciaires, les eaux souterraines qui finissent dans les océans et la dilatation de l'eau avec la hausse des températures.
2. Les éléments entre parenthèses ne sont pas spécifiquement mentionnés dans l'histoire.

Expérience 1 **Ce dont vous avez besoin** : seau, eau, glace.

Ce que vous devez faire :

Étape 1 : versez de l'eau dans le seau (et marquez ou notez le niveau de l'eau).

Étape 2 : ajoutez de la glace dans le seau et marquez ou notez le niveau de l'eau).

Étape 3 : laissez le seau dans un endroit chaud.

Étape 4 : observez le niveau de l'eau après quelques heures/une fois la glace fondue (et marquez ou notez le nouveau niveau).

Expérience 2 **Ce dont vous avez besoin** : seau, eau, glace, sable.

Ce que vous devez faire :

Étape 1 : utilisez le sable pour réaliser une « île » dans le seau.

Étape 2 : versez de l'eau dans le seau en laissant dépasser l'île (et marquez ou notez le niveau de l'eau).

Étape 3 : posez de la glace sur l'île.

Étape 4 : laissez le seau dans un endroit chaud.

Étape 5 : observez le niveau de l'eau après quelques heures/une fois la glace fondue (et marquez ou notez le nouveau niveau).

Activité 2 : FONTE DES GLACES

Dans le cadre de cette activité, les élèves surveillent la fonte de la glace. C'est l'occasion pour eux d'effectuer des observations détaillées pouvant inclure un dessin à l'échelle et/ou l'utilisation de papier quadrillé pour mesurer les zones irrégulières. Ils peuvent utiliser un smartphone pour modéliser un satellite réalisant des observations en orbite, ou vous pouvez l'organiser sous forme de démonstration en parallèle.

Équipements

- Une assiette avec un rebord, ou bien un petit plateau ou un bol pour chaque groupe
- Trois ou quatre boutons ou jetons de différentes couleurs pour chaque groupe
- De la pâte à modeler pour maintenir les marqueurs en position
- Un glaçon ou un morceau de glace pour chaque groupe
- L'horloge de la classe
- Une copie de la fiche d'activité n° 2 pour chaque élève, plus quelques copies de réserve
- Un smartphone ou une tablette (facultatif)
- Une pile de livres ou un bloc de bois pour soutenir le téléphone le cas échéant
- Du papier quadrillé et/ou millimétré (facultatif)
- Des feuilles de rhodoïd imprimées avec une grille (facultatif, en cas d'utilisation d'un appareil-photo)
- L'accès à un logiciel de présentation et de traitement des images et/ou de texte auquel les élèves sont habitués (facultatif, en cas d'utilisation d'un appareil-photo)
- Des serviettes pour les mains et pour éponger tout éventuel débordement

Remarque : la fiche d'activité suggère différentes façons d'enregistrer les résultats ; choisissez-en une adaptée à l'âge et aux capacités de vos élèves, au matériel dont vous disposez et aux compétences que vous souhaitez développer. La première option consiste à décrire des observations détaillées, mais vous pouvez demander à de jeunes enfants de simplement dessiner ce qu'ils voient. Si les élèves doivent mesurer la superficie de la glace, l'analyse de photos est plus facile que la réalisation de dessins, pour lesquels le respect de l'échelle s'avère complexe. Un compromis peut consister à laisser les élèves travailler en groupes, dans le but de rédiger des descriptions de ce qu'ils observent, et à utiliser la version sur téléphone de l'expérience sous forme de démonstration. Les images de cette activité peuvent ensuite être partagées et analysées par la classe entière.

Préparation

Vous pouvez faire une tentative préalable pour déterminer la hauteur et la position optimales du téléphone (le cas échéant) et/ou le temps nécessaire pour que des glaçons de la taille de ceux que vous envisagez d'utiliser fondent de manière visible dans l'environnement de votre classe.

Hygiène et sécurité

Assurez-vous que les assiettes (et les livres/blocs le cas échéant) sont positionnées de manière stable sur les tables, sans dépasser dans le vide. Tous ces éléments devront rester en position pendant un certain temps, et il existe un risque de débordement en cas de déplacement. Demandez aux élèves de ne rien mettre (y compris leurs doigts !) dans leur bouche. Assurez-vous de disposer du matériel nécessaire pour éponger des débordements.

Exercice

1. Reportez-vous à l'histoire de l'activité précédente. Le présentateur déclare que la glace fond. Comment savoir la quantité de glace présente et dans quelle mesure elle évolue quand il y en a autant ? L'histoire affirme que nous utilisons des satellites. Expliquez aux élèves que ces derniers tournent autour de la Terre et peuvent, depuis l'espace, prendre des images que les scientifiques utilisent notamment pour surveiller et cartographier la glace.
2. Dites aux élèves qu'ils vont surveiller et/ou cartographier une partie de la fonte des glaces. Guidez-les tout au long de l'installation décrite dans la fiche d'activité n° 2 de l'élève.
   Demandez aux élèves d'identifier comment l'installation sur les photos modélise la situation globale : l'assiette fait partie de la Terre, le glaçon est une nappe glaciaire ou un glacier, les boutons sont des éléments immobiles facilement visibles depuis l'espace, comme des villes ou des caps (ou des points de référence GPS), l' appareil-photo est le capteur à bord du satellite qui survole de temps à autre la même partie de la Terre.
3. Demandez aux élèves d'installer le matériel et de noter les résultats à intervalles appropriés,
   – par exemple toutes les cinq minutes pendant une demi-heure.
   - S'ils rédigent des descriptions ou prennent des photos pour une analyse ultérieure, les intervalles peuvent permettre de discuter des prévisions et des comparaisons. Existe-t-il des différences dans ce que les différents groupes observent ? Pourquoi ? Que pouvons-nous nous attendre à observer la prochaine fois ? Combien de temps pensons-nous que la glace va mettre pour fondre complètement ?
   - S'ils ont réalisé des dessins sur du papier quadrillé, ils peuvent utiliser les intervalles pour mesurer et enregistrer la superficie de la glace et peut-être tracer leur dernier point de données sur un graphique avec des axes préalablement définis.
4. Si la classe a simplement fait des observations descriptives (en mots ou en photos), discutez de ce qui est arrivé à la glace et de l'évolution envisagée par les élèves si l'air était plus chaud. Demandez-leur de discuter en groupes du moyen de tester cette idée. Peuvent-ils trouver une solution n'impliquant pas d'allumer le chauffage dans la classe (par ex. en déplaçant le matériel dans une autre partie de la classe, dehors au soleil ou dans une boîte pour supprimer les courants d'air).
5. Si vous ou vos élèves avez pris des photos de la fonte de la glace, importez-les dans un document ou une présentation en veillant à ce que toutes les images soient de la même taille. (Ce doit effectivement être le cas si l'appareil-photo est resté en position. S'il a bougé, vous pouvez devoir utiliser des points de référence pour vous aider à redimensionner les photos.)
   Les élèves peuvent ensuite mesurer la superficie de la glace à chaque intervalle à l'aide d'une grille transparente posée sur l'écran ou sur une impression, ou bien tracer les contours de la glace sur du papier quadrillé à partir d'une impression. Si vous avez travaillé avec la classe entière, vous pouvez répartir ces tâches.
6. Demandez aux élèves de tracer un graphique de la superficie de la glace au fil du temps et de discuter de ce que cela montre. Comment le graphique évoluerait-il si la glace fondait plus rapidement ? La vitesse à laquelle la glace fond changerait-elle à mesure que la quantité de glace évoluerait ? Qu'est-ce que cela implique pour la fonte des nappes glaciaires de l'Antarctique et du Groënland dans le futur ?

Résultats

Les résultats illustrés à la Figure 4 et dans le tableau ont été collectés en extérieur par une chaude journée ensoleillée au mois d'août.

La Figure 5 montre une séquence d'images issues d'une deuxième série et qui ont été recadrées et redimensionnées de manière à pouvoir utiliser une grille pour comparer la superficie de la glace dans chaque cas.

Figure 4 : Observation de la fonte de la glace à 13:30 et 13:50 (source : ESA CCI)

Heure	Durée depuis le début (minutes)	Observations
13:30	0	Un grand bloc de glace.
13:35	5	Les bords du bloc ont fondu. Il s'est déplacé.
13:40	10	Le bloc de glace s'est déplacé, il a peut-être glissé sur l'eau située sous lui ou bien quelqu'un a percuté la table.
13:45	15	Le bloc de glace est plus petit.
13:50	20	Le bloc de glace a presque complètement fondu.

Figure 5 : Images de la fonte de la glace redimensionnées et recadrées de manière à pouvoir mesurer les superficies par superposition (source : ESA CCI)

Activité 3 : RÉCHAUFFEMENT DES EAUX

Une expérience illustrant la dilatation thermique de l'eau. Ce phénomène étant une cause majeure de l'élévation du niveau des océans, il est mentionné dans l'histoire de l'activité 1 et étudié de manière plus détaillée dans l'activité 3.

Matériel

- 2 bouteilles identiques avec bouchon en plastique pour chaque groupe : des petites bouteilles donneront des résultats plus rapides ; des bouteilles d'eau en PET de 500 ml conviennent bien
- 2 pailles transparentes pour chaque groupe : les modèles étroits conviennent mieux
- Du colorant alimentaire ou de l'encre
- Une carafe ou un grand bécher pour chaque groupe
- De la pâte à modeler ou équivalent : chaque groupe doit disposer d'un morceau de la taille d'une noix
- Une source de chaleur : par ex., un rebord de fenêtre au soleil, une lampe de lecture avec une ampoule à incandescence, un bol d'eau chaude à utiliser comme bain-marie, un bloc chauffant comme ceux utilisés pour la vinification maison, un sèche-cheveux ou un radiateur soufflant
- Des vêtements adaptés en cas de débordements
- Un plateau pour chaque groupe (facultatif)
- Un marqueur et une règle (facultatif)
- Fiche d'activité n° 3 : une copie par élève, plus quelques copies de réserve en cas de besoin
- Une craie ou du ruban adhésif pour matérialiser une zone au sol

Préparation

- Réalisez un trou pour la paille dans le couvercle de chaque bouteille à l'aide d'un poinçon ou de ciseaux pointus. Si les bouteilles sont dotées de bouchons sport, retirez-les et découpez tout élément en plastique à l'intérieur des bouchons, de manière à pouvoir insérer les pailles.
- Vous pouvez préparer des carafes d'eau colorées si vous ne souhaitez pas que les enfants colorent l'eau eux-mêmes.
- Si vous disposez de matériel de laboratoire, vous pouvez utiliser des tubes à ébullition, des tubes capillaires et un bouchon percé. Les tubes doivent être bien ajustés dans les bouchons percés, aussi il est conseillé de les insérer à l'avance pour réduire le risque de blessure en cas de verre cassé.
- Le temps nécessaire pour obtenir des résultats mesurables varie beaucoup en fonction des équipements et de la source de chaleur utilisés. Il est donc important de faire des essais au préalable et d'organiser la session en conséquence.

Hygiène et sécurité

Demandez aux élèves de ne rien mettre (y compris leurs doigts !) dans leur bouche.

Si vous devez utiliser des équipements électriques branchés sur le secteur, assurez-vous que leur sécurité est éprouvée, que les élèves ne les touchent pas avec leurs mains mouillées et que les câbles ne risquent pas de les faire trébucher. Avertissez les élèves si la source de chaleur est susceptible de devenir chaude au toucher (bien que l'utilisation de tels dispositifs ne soit pas recommandée). Assurez-vous de disposer du matériel nécessaire pour éponger des débordements.

Exercice

1. Reportez-vous à l'histoire de l'activité 1. Mademoiselle Bauro affirme à Joena et Afa que l'eau chaude prend plus de place que l'eau froide, mais elle ne leur en fait pas la démonstration. Expliquez que cela s'appelle la dilatation thermique et abordez la question de savoir si nous pouvons ou pas observer la dilatation de l'eau à la maison. Si on sort une bouteille d'eau du frigo et qu'on la laisse réchauffer, est-ce qu'elle va devenir plus pleine ? (Vous pouvez souligner que le phénomène est différent lorsqu'une casserole d'eau est portée à ébullition !) Est-ce que M^{elle} Bauro a tort ? Peut-être pas.
2. Expliquez que le changement de volume d'un liquide est beaucoup plus visible dans un conteneur étroit. (Vous pouvez peut-être utiliser une paille comme pipette et prélever un peu d'eau colorée pour la transférer dans un bécher : l'eau est bien visible dans la paille mais couvre à peine le fond du bécher plus large.) Si le seul espace dans lequel l'eau peut se dilater est étroit, il est possible d'observer le changement de volume.
3. Demandez aux élèves de préparer le matériel comme décrit dans la fiche d'activité n° 3 de l'élève. Vous devez leur indiquer où laisser chaque bouteille et pendant combien de temps.
   Avec de jeunes élèves, transférer l'eau avec tout le matériel sur un plateau (comme un plateau de stockage peu profond) peut permettre de contenir les débordements.
   Si la précision de la préparation mise en œuvre le permet, vous pouvez demander à des élèves plus âgés ou plus aptes de tracer un graphique montrant comme le niveau évolue avec le temps. Il peut être plus facile pour eux de tracer une marque sur la paille à l'endroit où elle touche la bouteille, puis de marquer le niveau de l'eau à intervalles réguliers, les mesures pouvant ensuite être effectuées une fois le matériel démonté.
4. Cette étape peut être réalisée pendant que les élèves attendent que l'eau se réchauffe ou une fois les résultats notés, selon ce qui vous semble le plus adapté.
   Rappelez ou expliquez aux élèves que tout est constitué de particules et que plus une chose est chaude, plus les particules qu'elle contient se déplacent vite. Demandez à un groupe d'élèves (de quatre enfants à une classe complète) de se tenir debout à côté les uns des autres et matérialisez une zone autour d'eux sur le sol à l'aide d'une craie ou de ruban adhésif. Demandez-leur de commencer à s'agiter, puis de bouger de plus en plus vite : ils auront rapidement du mal à rester dans la zone matérialisée au sol. Lorsque des particules bougent plus vite, elles occupent plus d'espace.
5. Demandez aux élèves d'utiliser ces notions pour expliquer ce qu'ils ont observé durant leur expérience et de noter leurs idées sur la fiche d'activité.
6. Les océans sont vastes et non étroits comme la paille, et on pourrait penser que leur niveau ne va pas s'élever tant que ça. Discutez-en avec les élèves en soulignant les points suivants :
   - L'eau stocke très efficacement la chaleur (pensez à la durée pendant laquelle un bain d'eau reste chaud par rapport à la rapidité avec laquelle l'air d'une pièce refroidit).
   - Les océans recouvrent 70 % de notre planète et sont très profonds, ce qui représente beaucoup d'eau.
   - La plupart des grandes villes dans le monde, et donc une part importante de la population mondiale, se trouvent sur des côtes et seront donc touchées par des hausses de niveau relativement faibles. (Les élèves peuvent utiliser des cartes et des données démographiques pour approfondir ce point.)
   - Les inondations et la disparition des terres ne sont pas le seul problème. Pensez aux effets de l'infiltration de l'eau de mer dans un sol où elle n'arrive pas habituellement : de nombreuses villes sont en partie souterraines, un sol plus humide peut ne pas supporter les bâtiments existants, nous utilisons de l'eau fraîche extraite du sol et les plantes en dépendent également.

- C'est pourquoi les scientifiques surveillent étroitement la température et le niveau des océans, et nous allons étudier certaines de leurs données au cours de l'activité suivante.

Résultats

Comme indiqué ci-dessus, les résultats dépendent du matériel utilisé et de l'environnement, mais l'eau devrait se déplacer dans la paille de la bouteille laissée dans un endroit chaud. La bouteille illustrée à la Figure 6 est restée dans le bol d'eau chaude pendant environ cinq minutes.

Un léger changement de niveau de la bouteille laissée dans un endroit frais peut être constaté si l'eau utilisée était plus fraîche que l'air ambiant.

Figure 6 : Activité liée au réchauffement des eaux (source : ESA CCI)

Réponse de la fiche d'activité

Du fait de la chaleur, les particules de l'eau se déplacent encore plus. Lorsqu'elles se déplacent plus, elles occupent plus d'espace. L'eau s'est donc dilatée dans la paille parce qu'il n'y avait plus de place dans la bouteille.

Activité 4 : MERS CHAUDES ET FROIDES

Pour cette activité, les élèves utilisent l'application web Climate from Space pour étudier les changements de température et de niveau de la surface des océans dans le monde. L'étude des deux bases de données simultanément permet aux élèves d'établir un lien entre les données satellite et leur activité expérimentale sur la dilatation thermique.

Matériel

- Accès Internet
- Application Web Climate from Space
- Fiche d'activité n° 4 de l'élève (2 pages)
- Crayons de couleur

Exercice

1. Demandez aux élèves d'ouvrir l'application web Climate from Space et de naviguer jusqu'à la couche de données relative à la température de la surface des océans.
   Assurez-vous que les élèves comprennent l'échelle de couleurs (le bleu est froid, le rouge est chaud).
   Il peut être intéressant d'expliquer pourquoi la température la plus basse se situe juste en deçà du point de congélation (l'eau de mer gèle à une température inférieure à celle de l'eau fraîche) et de déterminer à quoi peut correspondre la température la plus chaude de l'échelle (les piscines sont souvent chauffées à 28 ou 29 °C, un bain chaud atteint 40 à 45 °C).

2. Laissez aux élèves le temps d'étudier les données avant de leur demander de répondre aux deux premières questions de la fiche d'activité n° 4.1 de l'élève. Vous pouvez encourager les élèves à tracer une droite numérique pour répondre à la deuxième question s'ils ne sont pas familiarisés avec les opérations impliquant des nombres négatifs.
3. Montrez comment passer au jeu de données relatif au niveau des océans et expliquez de nouveau l'échelle des couleurs. Cette étape peut être inutile pour les élèves plus âgés, qui peuvent poursuivre en suivant les instructions de la fiche d'activité.
4. Demandez aux élèves de répondre aux questions 3 et 4 de la fiche d'activité. Ils devront probablement consulter une carte en ligne ou un atlas pour trouver les lieux.
   Les élèves les plus rapides peuvent étudier comment le niveau de l'océan varie en un point donné. Est-ce qu'il existe un schéma régulier sur une année ? Une tendance à plus long terme ?
5. Si nécessaire, montrez aux élèves comment afficher deux globes côte à côte avant de leur demander de poursuivre avec les questions de la fiche d'activité n° 4.2.
   Les élèves peuvent rechercher des schémas intéressants d'autres années, étudier comment l'emplacement et le tracé des courants d'eau froide varient d'une année à l'autre, ou bien encore effectuer des recherches personnelles sur El Niño.

Réponses de la fiche d'activité

Température des océans

1. Le pôle Sud.
2. Environ 40 °C : 37 °C – (-3 °C) = 40 °C

Niveau des océans

3.

4.

Lieu	Date	Niveau
Mer Rouge	Août 1994	Bien plus bas que d'habitude
Mer Baltique	Janvier 2000	Bien plus haut que d'habitude
Mer Méditerranée	Avril 2004	Un peu plus bas que d'habitude
Mer du Nord	Février 2009	À peu près comme d'habitude / un peu plus bas que d'habitude
Golfe de Guinée	Mai 2015	Un peu plus haut que d'habitude

Comparaison des niveaux et températures des océans

5. Les images des élèves doivent être des versions simplifiées des données illustrées à la Figure 7.

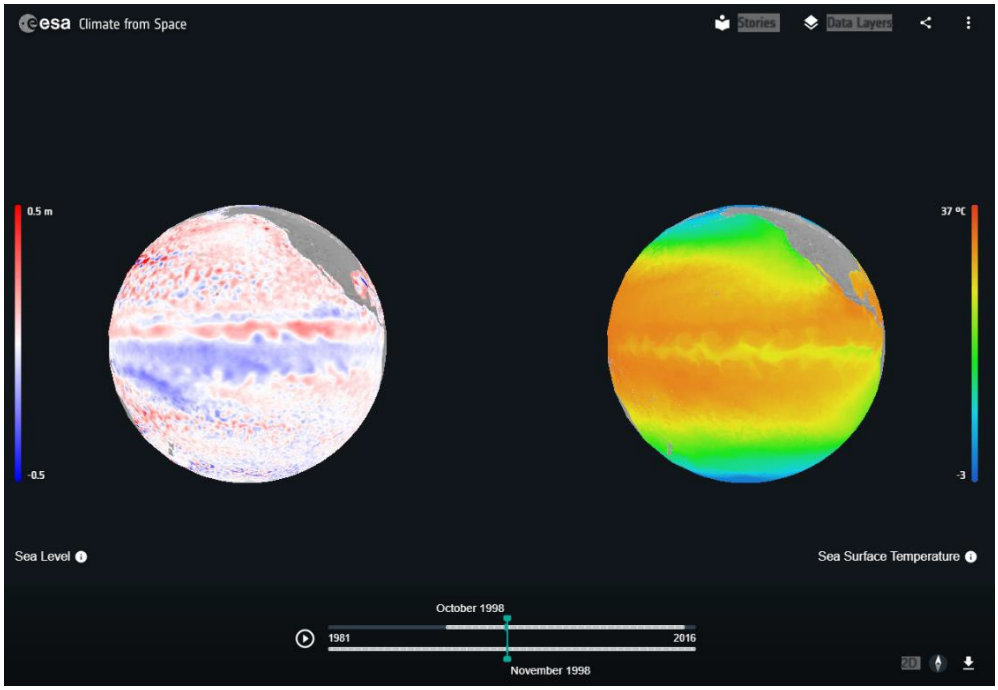


Figure 7 : Niveau et température de la surface des océans en octobre 1998 dans l'application web Climate from Space (source : ESA CCI)

Remarque : la Niña était forte en 1998-1999. Le schéma opposé, El Niño, est nettement visible dans les données de niveau des océans (par exemple, d'octobre à décembre 2015) mais moins dans les données de température, qui prennent en compte des valeurs absolues et non des écarts.

6. a. Plus bas que d'habitude.

b. L'eau froide prend moins de place que l'eau chaude (sur cette plage de température).

Fiche d'activité n° 1 : PAYS MENACÉ

1. Pourquoi le niveau des océans s'élève-t-il ?
   (Quatre raisons sont mentionnées dans l'histoire : peux-tu les trouver toutes ?)

_____

_____

_____

_____

2. Mademoiselle Bauro, Joena et Afa réalisent deux expériences.
   Rédige les instructions étape par étape pour aider quelqu'un à répéter ces expériences.
   Établis la liste du matériel nécessaire et trace des schémas illustrant comment installer le matériel. (Toutes les lignes ne doivent pas forcément être utilisées.)

Expérience 1

Ce dont tu as besoin

_____ _____

_____ _____

Schéma

Ce que tu dois faire

Étape 1 _____

_____

Étape 2 _____

_____

Étape 3 _____

_____

Étape 4 _____

_____

Étape 5 _____

_____

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Expérience 2

Ce dont tu as besoin

_____ _____

_____ _____

Schéma

Ce que tu dois faire

Étape 1 _____

_____

Étape 2 _____

_____

Étape 3 _____

_____

Étape 4 _____

_____

Étape 5 _____

_____

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Fiche d'activité n° 2 :
FONTE DES GLACES

Hygiène et sécurité

- Assure-toi que ton matériel ne dépasse pas du bord de la table.
- Éponge rapidement le moindre débordement.
- Ne goûte à rien. Garde tes mains à distance de ta bouche.

Ce dont tu as besoin

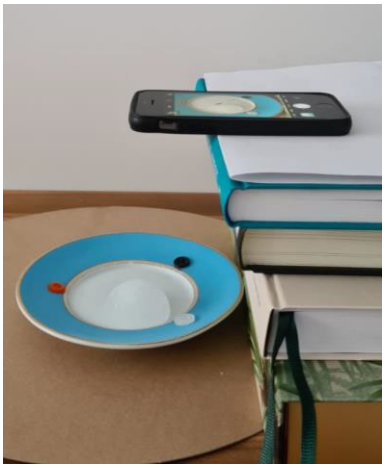
- Une assiette
- 3 ou 4 boutons (de différentes couleurs)
- De la pâte à modeler
- Un gros glaçon
- Une horloge

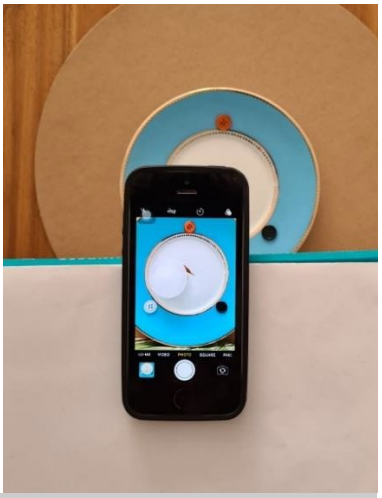
À titre facultatif

- Une pile de livres
- Un smartphone
- Du papier quadrillé ou millimétré

Ce que tu dois faire

1. Utilise la pâte à modeler pour fixer les boutons sur l'assiette près du bord. Espace-les de manière uniforme. Ce seront tes points de référence pour t'aider à voir si la glace a bougé.
2. Si tu utilises un smartphone pour prendre des photos, pose-le sur une pile de livres comme illustré sur les photos.
3. Place ton glaçon au milieu de l'assiette.
4. Note l'heure et dessine ce que tu vois ; tu peux aussi prendre une photo ou simplement le décrire. Ce sont tes observations initiales.
5. De temps en temps (ton professeur te dira à quelle fréquence), observe attentivement la glace.





Utilisation d'un smartphone pour surveiller la fonte de la glace. La photo du haut est une vue latérale, celle du bas une vue de dessus. (source : ESA CCI)

Résultats

Chaque fois que tu observes la glace, note l'heure et ce que tu vois. Les questions clés dans l'encadré ci-dessous t'aideront à observer attentivement.

Tu peux faire un tableau et écrire ce que tu vois, prendre des photos ou faire des dessins, peut-être même à l'échelle sur du papier quadrillé.

Discussion

Combien de temps la glace a-t-elle mis à fondre ?

_____

Selon toi, qu'est-ce qui changerait dans une classe plus chaude ?

_____

Avec ton groupe, détermine comment tester cette idée.

Questions clés

1. La taille du glaçon est-elle différente ?
2. La forme du glaçon est-elle différente ?
3. Est-ce que le glaçon s'est déplacé ? Comment ? Jusqu'où ?
4. Est-il arrivé autre chose au glaçon ?

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Fiche d'activité n° 3 : RÉCHAUFFEMENT DES EAUX

Hygiène et sécurité

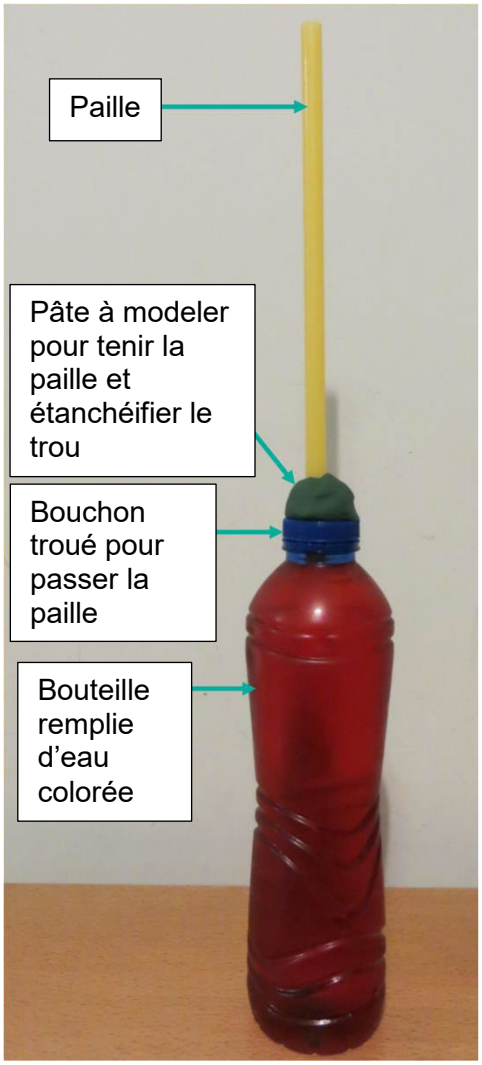
- Verse l'eau colorée avec précaution pour ne pas tacher ta peau ou autre chose.
- Éponge rapidement le moindre débordement.
- Ne goûte à rien. Garde tes mains à distance de ta bouche.
- Assure-toi que tes mains sont sèches avant de toucher un appareil électrique.
- Fais attention à côté d'objets chauds.

Ce dont tu as besoin

- 2 bouteilles en plastique avec un trou dans les bouchons.
- De l'eau colorée
- 2 pailles
- De la pâte à modeler

Ce que tu dois faire

1. Prépare tes bouteilles comme sur la photo :
   a. Verse de l'eau colorée dans la bouteille jusqu'en haut, puis mets le bouchon sur la bouteille.
   b. Insère une paille dans le trou du bouchon. Laisse environ les trois-quarts de la paille dépasser de la bouteille.
   c. Entoure la paille de pâte à modeler pour la maintenir en place et assure-toi qu'il est impossible que de l'air rentre dans la bouteille par le bouchon.
2. Place une de tes bouteilles dans un endroit frais.
3. Place l'autre bouteille dans un endroit chaud.
4. Laisse les deux bouteilles pendant un moment.



(source : ESA)

Ce qu'il s'est passé

Écris ou dessine ce qu'il s'est passé dans ces colonnes.

Bouteille dans un endroit frais	Bouteille dans un endroit chaud

Explication

Utilise les notions relatives aux particules pour expliquer ce qu'il s'est passé.

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Fiche d'activité n° 4 : MERS CHAUDES ET FROIDES

Température des océans

Ouvre l'application web Climate from Space (cfs.climate.esa.int).

Clique sur le symbole ***Couches de données*** (en haut à droite) et sélectionne ***Sea Surface Temperature***.

Assure-toi de comprendre les couleurs et comment les commandes à l'écran peuvent t'aider à étudier plus spécifiquement des lieux ou des périodes donnés.

1. Bouge le globe de manière à voir l'Arctique, puis l'Antarctique. Quel pôle est entouré par l'eau la plus froide ?

   _____

2. Étudie l'écart de température entre l'océan à proximité de l'équateur et l'océan à proximité des pôles.

   _____

Niveau des océans

Ouvre la liste des couches de données.

Sélectionne ***Sea Level.***

Cette carte affiche le niveau moyen des océans par rapport à la valeur habituelle pour une période de l'année. Les nuances de bleu indiquent que les océans sont plus bas que d'habitude et les nuances de rouge indiquent qu'ils sont plus hauts que d'habitude. Plus la couleur est sombre, plus l'écart est important.

3. Bouge le globe et le curseur de la ligne de temps pour afficher la mer Rouge en août 1994. Le niveau était-il bien plus haut que d'habitude, un peu plus haut que d'habitude, le même que d'habitude, un peu plus bas que d'habitude ou bien plus bas que d'habitude ?
   Écris ta réponse dans la troisième colonne du tableau ci-dessous.

4. Ensuite, fais la même chose pour les autres périodes et lieux mentionnés dans le tableau.

Lieu	Date	Niveau
Mer Rouge	Août 1994	
Mer Baltique	Janvier 2000	
Mer Méditerranée	Avril 2004	
Mer du Nord	Février 2009	
Golfe de Guinée	Mai 2015	

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Comparaison des niveaux et températures des océans

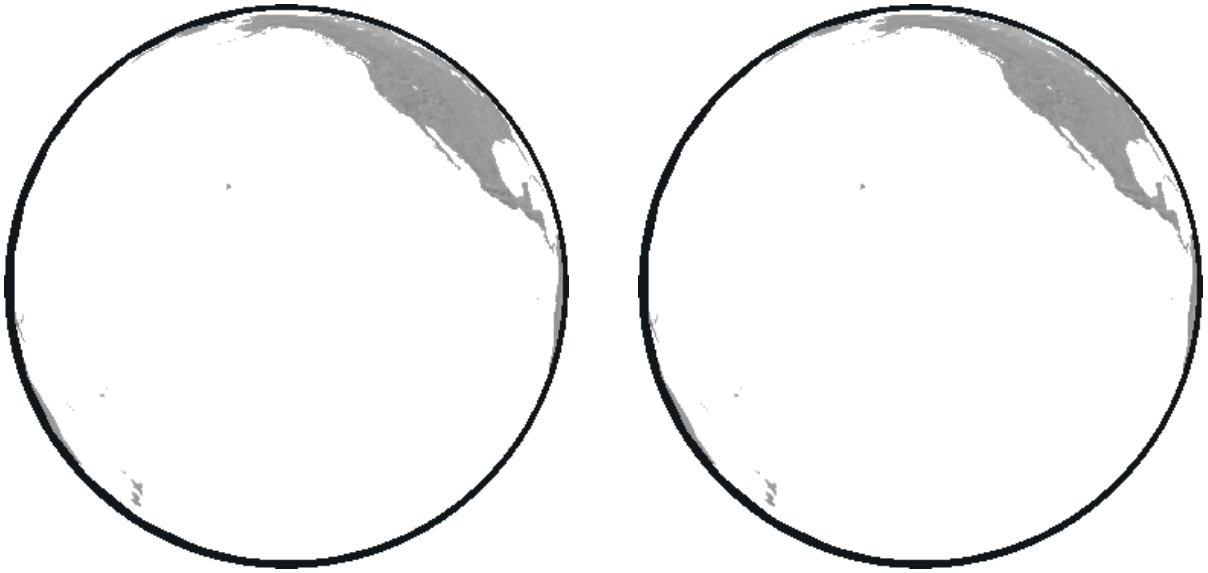
Ouvre de nouveau la liste des couches de données.

Clique sur ***COMPAREZ*** à côté de ***Sea Surface Temperature***.

Tu dois voir à présent deux globes côte à côté sur ton écran.

5. Fais tourner les globes de manière à voir l'océan Pacifique avec une partie de l'Amérique en haut et la Nouvelle Zélande tout juste visible en bas (comme sur les schémas ci-dessous). Déplace le curseur de la ligne de temps sur octobre 1998.
   Colorie les globes de manière à représenter les principaux motifs que tu voies sur chacun d'eux. Ajoute une légende à tes schémas.

Niveau des océans | **Température de la surface des océans**



plus bas que d'habitude → plus haut que d'habitude

froid → chaud

6. Sur le globe des températures, recherche une bande d'eau plus froide près de l'équateur. À présent, observe cette même zone sur le globe du niveau des océans.
   a. Comment est le niveau aux endroits où la température est plus basse ?

   _____

   b. Pourquoi ? _____

   _____

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France

Fiche d'information n° 1 : PAYS MENACÉ

(source : Diederik Veerman, Museon The

Le Kiribati (qui se prononce « ki-ri-bas ») est un groupe de petites îles tropicales dans l'océan Pacifique. Joena vit sur l'une de ces îles avec sa mère, son père et son petit frère dans une belle maison près de la plage. Ces ancêtres vivent sur cette île depuis de très nombreuses générations. Son père est pêcheur et sa mère est infirmière. Afa est le meilleur ami de Joena.
Ensemble, ils jouent sur la plage, nagent dans le lagon et essaient de grimper aux palmiers. La vie est belle au Kiribati.

Après une journée passée dehors, Joena aime se reposer sur le canapé avec une tasse de chocolat. Parfois, elle regarde les informations avec sa mère. Généralement, cela aide Joena à s'endormir mais aujourd'hui, elle a entendu une nouvelle qui l'a choquée. Le présentateur parlait du réchauffement climatique et affirmait que la température de la Terre augmente. Et du fait de ce réchauffement, le niveau de l'ensemble des mers et océans dans le monde s'élève. Le présentateur expliquait que les scientifiques estimaient que les îles du Kiribati seraient complètement englouties d'ici l'an 2100.

Joena ne trouve pas le sommeil car elle a peur que sa famille doive déménager un jour. Elle aimerait comprendre pourquoi le niveau des océans s'élève. Même si c'est le milieu de la nuit, elle appelle Afa. Il n'a pas non plus la réponse, et ils décident donc d'en parler à leur professeur dès le lendemain matin.

Ce jour-là, Joena et Afa sont les premiers arrivés en classe. Ils demandent à leur professeur, mademoiselle Bauro, si elle a une minute. Lorsqu'ils lui racontent ce qu'ils ont entendu aux informations, elle est choquée elle aussi.

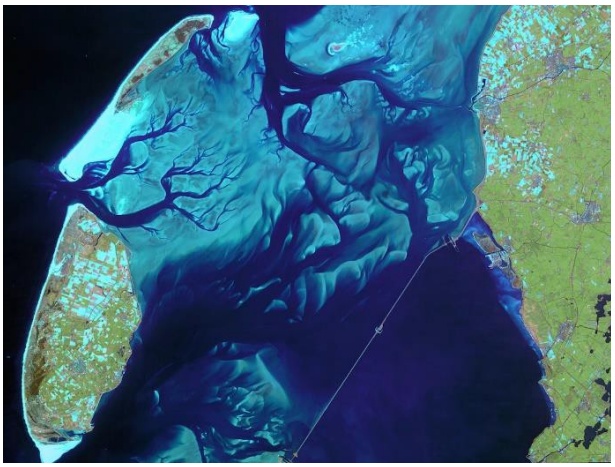
« Mais pourquoi est-ce que ça arrive ? », demande Joena. « Est-ce que c'est parce que la glace où vivent les ours polaires est en train de fondre ?»

Melle Bauro se lève. « Attendez-moi une minute », dit-elle avant de sortir.

Cinq minutes plus tard, elle revient avec un seau d'eau et un sac de glaçons. Ils versent les glaçons dans le seau et le placent sur un rebord de fenêtre au soleil. Lorsqu'ils observent le seau une heure plus tard, ils constatent que les glaçons flottants ont tous disparu mais aussi que le niveau de l'eau n'a pas bougé. À présent, ils sont encore plus perplexes. Si la glace qui flotte dans la mer ne fait pas monter le niveau de l'eau, quelle est la cause ?

Le lendemain, mademoiselle Bauro, Joena et Afa font une nouvelle expérience avec le seau d'eau et un sac de glaçons. Melle Bauro a créé une île de sable au milieu du seau et cette fois, ils placent les glaçons sur l'île. « Nous reviendrons dans quelques heures pour voir ce qu'il s'est passé », explique-t-elle. Lorsqu'ils reviennent, ils constatent que les glaçons ont disparu et que l'île est recouverte d'eau.

Traduction et adaptation par CNES, ESERO France et SCO France



Protéger les pays de l'élévation du niveau des océans. Cette photo, prise par un satellite en orbite autour de la Terre, montre le long Afsluitdijk qui protège la côte néerlandaise de la mer du Nord. (source : CNES/Spot Image)

M^elle^ Bauro explique qu'il y a de l'eau partout autour de la Terre : de l'eau souterraine en profondeur, des rivières de glace appelées des glaciers dans les montagnes, de la glace flottant dans les mers froides autour des pôles et des nappes glaciaires recouvrant la majorité des terres de l'Antarctique et du Groënland.

Lorsque les glaciers et les nappes glaciaires fondent, l'eau alimente les océans. Lorsque les gens pompent l'eau souterraine pour la consommer ou l'utiliser dans des usines pour fabriquer des objets, cette eau finit dans les océans. La fonte des glaces sur terre et l'utilisation de l'eau souterraine sont donc deux phénomènes qui contribuent à l'élévation du niveau des océans.

Mais il existe une autre cause. Les océans eux-mêmes deviennent plus chauds, et l'eau chaude prend plus de place que l'eau froide. Étant donné la quantité colossale d'eau contenue dans les océans, près d'un tiers de l'élévation de leur niveau est dû à la dilatation thermique plutôt qu'à la fonte des glaces.

Le Kiribati n'est pas le seul endroit où cette élévation cause des problèmes. En Grande-Bretagne, des habitants sont en train de quitter une ville de la côte galloise parce qu'il est impossible de la protéger de l'élévation du niveau de la mer. Beaucoup de grandes villes dans le monde se trouvent près d'une côte. Les gens qui vivent dans ces lieux doivent aussi se défendre contre l'élévation du niveau de la mer ou déménager à une altitude supérieure.

Nous pouvons utiliser des satellites pour mesurer certaines des évolutions qui conduisent à l'élévation du niveau des océans, et notamment la taille des glaciers, l'épaisseur des nappes glaciaires et la température des océans. Nous pouvons même mesurer le niveau des océans. Les scientifiques surveillent ces critères depuis longtemps. Leur observation combinée nous donne une meilleure idée du niveau actuel des océans et nous permet de déterminer comment il va évoluer à l'avenir, ce qui nous permet de savoir quels lieux seront les plus touchés. Si nous savons ce qu'il peut se passer, les gens dans le monde entier peuvent planifier comment protéger leur ville et leur pays.

Même lorsque la terre reste au-dessus du niveau de l'océan, l'élévation de ce dernier peut créer des problèmes. Lorsque l'ouragan Sandy a touché New York en octobre 2012, cette dernière a subi une onde de tempête. Les tunnels, le métro et les centrales électriques ont été inondées, et près de deux millions de personnes se sont retrouvées sans électricité. (source : Iwan Baan/Getty Images)

Liens

Ressources de l'ESA

Ressource en ligne Climate from Space https://cfs.climate.esa.int

Climat pour les écoles https://climate.esa.int/fr/educate/climate-for-schools/

Teach with space http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3

Climate Detectives : *La glace est en train de fondre*
https://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/The_ice_is_melting_How_can_we_investigate_the_effects_of_melting_ice_Teach_with_space_PR13

Projets spatiaux de l'ESA

Bureau du climat de l'ESA https://climate.esa.int/en/

Space for our climate
http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate

Missions d'observation de la Terre de l'ESA
www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth

Earth Explorers
http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers

Copernicus Sentinels
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4

Copernicus Sentinel-6
https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel- 6_overview

Informations supplémentaires

Tarawa, Kiribati
https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2020/09/Earth_from_Space_Tarawa_Kiribati

Vidéos de la Terre depuis l'espace
http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Sets/Earth_from_Space_programme

ESA Kids https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change

CNES https://enseignants-mediateurs.cnes.fr

ESERO France esero.fr

SCO France https://www.spaceclimateobservatory.org/fr/sco-france