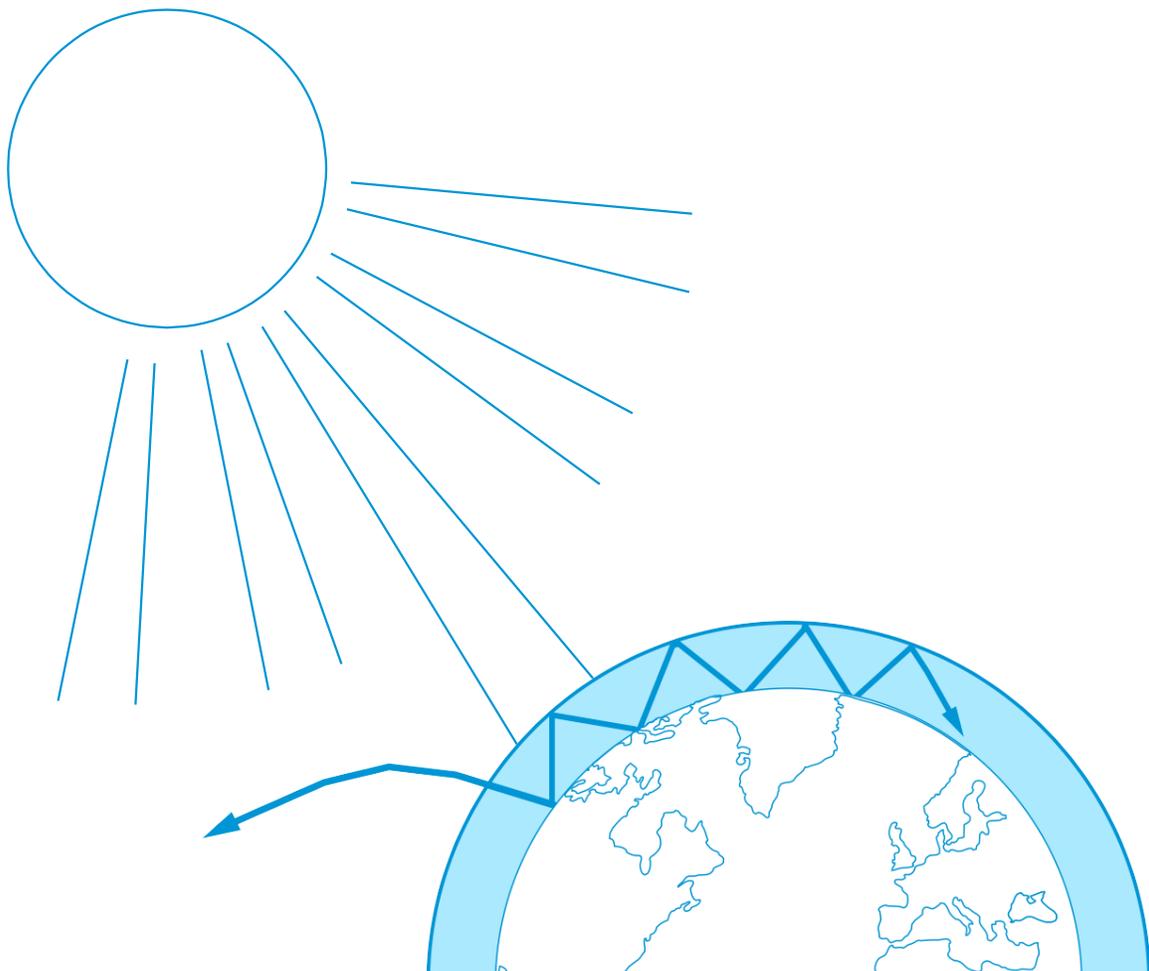
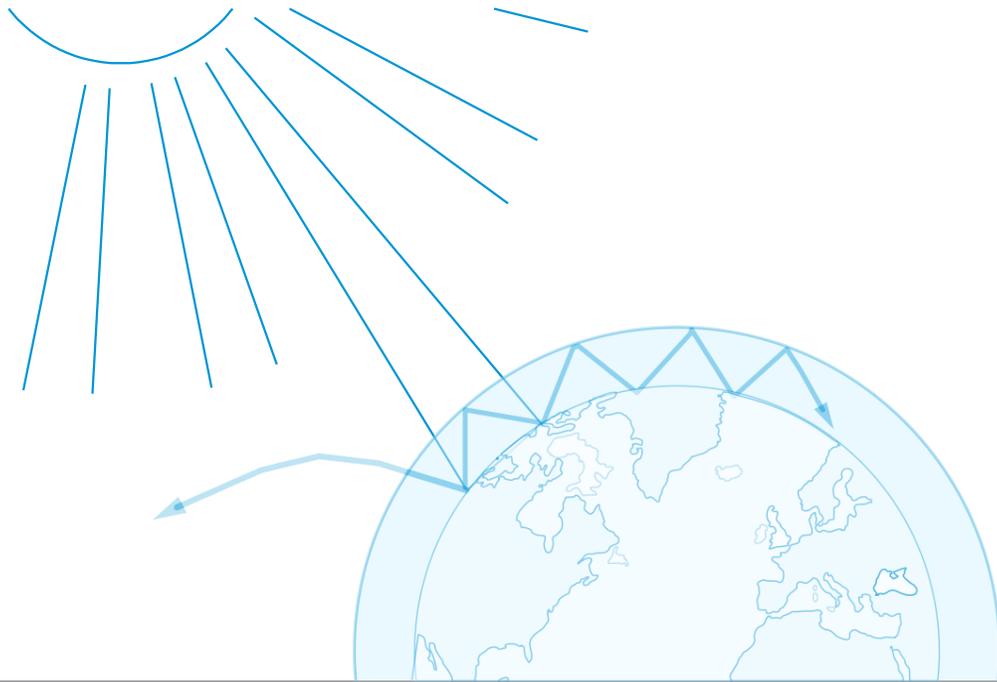


Enseigner avec l'espace

→ L'effet de serre et ses conséquences

Enquête sur le réchauffement climatique





Quelques faits	page 3
Résumé des activités	page 4
Introduction	page 5
Contexte général	page 6
Activité 1: L'effet de serre – Qu'est-ce que c'est ?	page 7
Activité 2: Le niveau des mers, indicateur du réchauffement climatique	page 9
Activité 3: Comment les changements d'albédo influencent-ils le climat ?	page 12
Fiches élève	page 14
Liens utiles	page 23
Annexes	page 24

Enseigner avec l'espace – L'effet de serre et ses conséquences | G03
www.esa.int/education

The ESA Education Office attend vos retours et commentaires
teachers@esa.int

Traduite par ESERO Belgium
eserobelgium.be

Une production de l'ESA Education en collaboration avec ESERO Denmark
Copyright 2019 © European Space Agency

→ L'effet de serre et ses conséquences

Enquête sur le réchauffement climatique

Quelques faits

Matières concernées : Géographie, Physique, Sciences

Tranche d'âge : 12-15 ans

Type : activités expérimentales

Difficulté : Facile

Temps nécessaires : 45 minutes par activité

Coût : faible (0 – 10 euros)

Lieu : intérieur et extérieur

Matériel nécessaire : ordinateur avec internet, thermomètre infrarouge

Mots-clés : Effet de serre, Dioxyde de carbone, Réchauffement climatique, Niveau de la mer, Albédo, Climat, Géographie, Physique, Science

Description

Cet ensemble d'activités comporte des expériences pratiques et l'interprétation d'images satellitaires. L'objectif de ces activités est de mieux comprendre les effets généraux du réchauffement climatique.

Dans l'activité 1, les élèves créeront un modèle pour démontrer l'effet de serre en montrant qu'un niveau élevé de dioxyde de carbone (CO₂) a pour effet une température supérieure.

L'expérience sera complétée par l'interprétation d'images satellitaires montrant les niveaux de CO₂ de la Terre à différentes périodes de temps.

Les élèves apprendront ensuite certaines des conséquences d'un effet de serre grandissant, comme la fonte des glaces et le changement des valeurs de l'albédo. Les élèves exploreront ces sujets dans les activités 2 et 3.

Objectifs d'apprentissage

- Ce qu'est l'effet de serre et comment l'activité humaine modifie le bilan énergétique de l'atmosphère terrestre.
- Les effets potentiels de l'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone sur le climat de la Terre.
- Conséquences possibles de l'augmentation de l'effet de serre.
- Les différentes conséquences des inondations et de l'élévation du niveau de l'eau de mer dues à la fonte des glaces de mer et à la fonte des calottes glaciaires et des glaciers.
- Ce qu'est l'albédo et comment la réflectivité de différentes surfaces affecte la température.
- Comment l'observation de la Terre peut être utilisée pour surveiller le climat de la Terre.

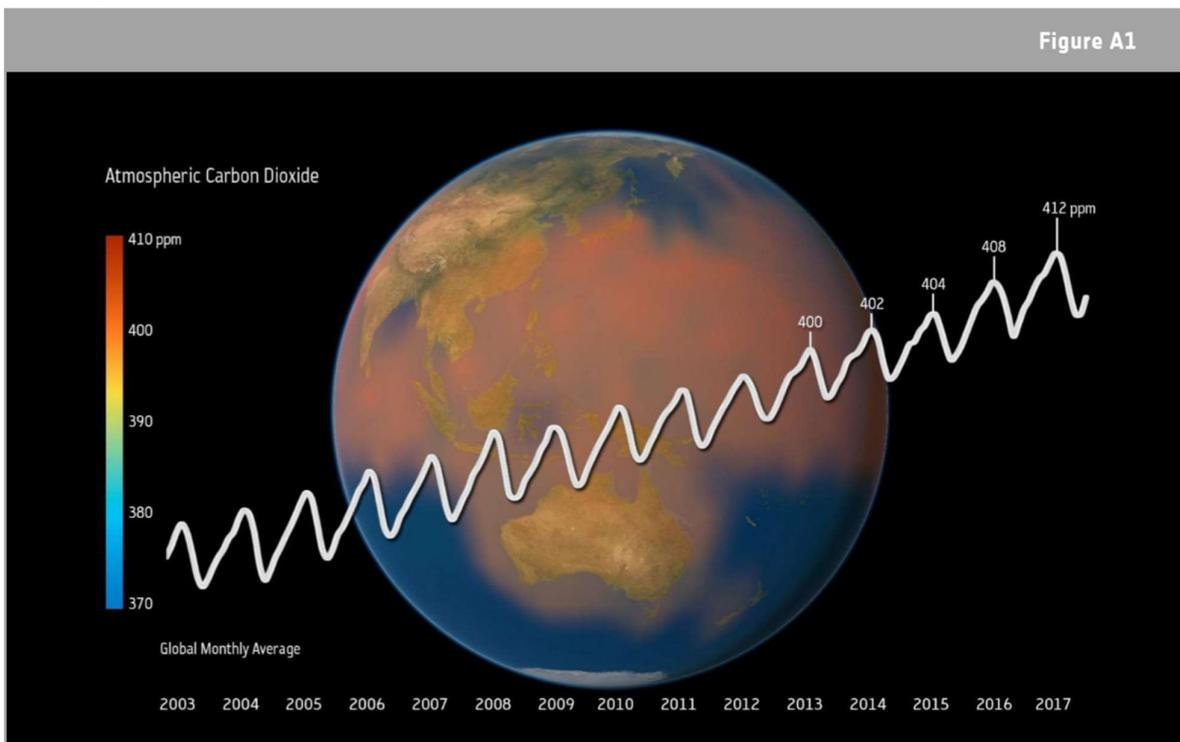
→ Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Objectif	Prérequis	Temps
1	L'effet de serre – Qu'est-ce que c'est ?	Les élèves produisent du CO ₂ à l'aide d'une simple réaction chimique, mesurent l'influence de l'effet du gaz sur la température de l'air et relient leurs conclusions à l'effet de serre dans notre atmosphère.	Comprendre le rôle du CO ₂ en tant que gaz à effet de serre et en quoi consiste l'effet de serre.	Aucun	45 minutes
2	Le niveau des mers, indicateurs du réchauffement climatique	Les élèves explorent à l'aide d'activités pratiques les effets de la fonte de la glace terrestre et de la glace de mer.	Comprendre l'effet de la fonte des glaces de mer sur les inondations par rapport à la fonte des glaciers et des calottes glaciaires.	Aucun	45 minutes
3	Comment les changements d'albédo influencent-ils le climat ?	Les élèves mesurent la réflectivité de différentes surfaces et étudient comment la réflexion de surfaces de différentes couleurs affecte leur température.	Meilleure compréhension de l'albédo et de son rôle dans le bilan énergétique de la Terre.	Aucun	45 minutes

→ Introduction

La compréhension du réchauffement climatique peut être assez complexe. Pour comprendre ces concepts, il est essentiel d'étudier certains des processus " invisibles " mais importants qui ont un effet sur le climat de la Terre. Par exemple, le réchauffement de la planète est lié à l'effet de serre, et la fonte des calottes glaciaires de la Terre est liée à l'albédo de la planète.

Les images satellitaires sont des outils clés pour surveiller les changements dans l'atmosphère, les océans et la surface de la Terre. Différents types d'images satellites comme les images radar, les images de lumière visible ou les images infrarouges nous donnent des informations importantes sur le dioxyde de carbone atmosphérique, la quantité de nuages ou de vapeur d'eau dans l'atmosphère, le niveau de la mer, la concentration de la glace de mer, et bien plus encore. L'Initiative de l'ESA sur le changement climatique regroupe une communauté de plus de 350 climatologues qui analysent les observations à long terme des satellites d'observation de la Terre afin de comprendre et d'éclairer la réponse internationale aux changements climatiques de la Terre.



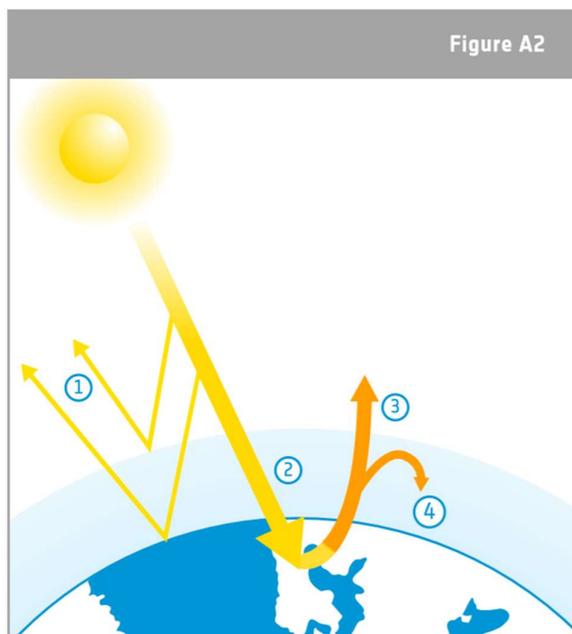
↑ Niveaux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère mesurés par les satellites d'observation de la Terre. Les maximas et les minimas annuels des courbes sont dus aux changements saisonniers de la végétation et donc à une photosynthèse plus ou moins importante.

L'augmentation du dioxyde de carbone (CO₂) est la principale cause du réchauffement de la planète d'origine humaine. Les niveaux plus élevés de CO₂ rendent l'effet de serre trop puissant et entraînent une augmentation des températures sur Terre.

Dans ces activités, les élèves feront des expériences pratiques et analyseront des données satellitaires pour étudier l'effet de serre et certaines des conséquences du réchauffement climatique.

→ Contexte général

La plus grande partie de l'énergie émise par le Soleil est de la lumière visible et le proche infrarouge qui consiste en un rayonnement de courte longueur d'onde. Ce rayonnement traverse facilement les particules présentes dans l'atmosphère. Lorsque ce rayonnement à ondes courtes frappe la Terre, une grande partie est convertie en chaleur. La température de la Terre n'augmente pas à l'infini parce que la surface et l'atmosphère restituent également de la chaleur dans l'espace. Ce flux net de rayonnement entrant et sortant du système terrestre s'appelle le bilan radiatif de la Terre (figure A2). La chaleur est un rayonnement à ondes longues qui contient individuellement moins d'énergie que le rayonnement à ondes courtes. Cela signifie qu'il interagit avec l'atmosphère d'une manière différente. La Terre rejette de la chaleur dans l'atmosphère pendant le jour et la nuit, ce qui aide à refroidir la surface. Cependant, toute cette chaleur ne s'échappe pas dans l'espace, une partie restant piégée par les gaz à effet de serre présents dans l'atmosphère. Il en résulte que l'atmosphère terrestre est plus chaude qu'elle ne le serait sans cet " effet de serre ".



Le bilan radiatif de la Terre.

1. Une partie du rayonnement est réfléchi par l'atmosphère, les nuages et la surface de la Terre.
2. Une partie du rayonnement est absorbée par l'atmosphère, les nuages mais la majeure partie est absorbée par la terre et les océans, ce qui réchauffe la Terre.
3. Le rayonnement infrarouge est émis par la surface de la Terre. Une partie de ces radiations s'échappe dans l'espace.
4. Une partie est piégée par les gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

Si les gaz à effet de serre n'étaient pas présents dans l'atmosphère terrestre, la vie telle que nous la connaissons serait presque impossible parce que la température moyenne à la surface serait de plusieurs degrés Celsius sous zéro. Le principal gaz à effet de serre dans l'atmosphère terrestre est la vapeur d'eau. Il emprisonne la plus grande quantité de la chaleur provenant du sol. Cependant, les gaz à effet de serre qui préoccupent le plus les climatologues sont le CO₂ et le méthane (CH₄), car ce sont les principaux gaz à effet de serre émis par les activités humaines et ils augmentent dans l'atmosphère depuis le début de la révolution industrielle.

→ Activité 1 : L'effet de serre - Qu'est-ce que c'est ?

Dans cette activité, les élèves vérifieront la façon dont le dioxyde de carbone atmosphérique peut affecter la température sur Terre pour comprendre l'effet de serre. Les élèves répondront à la question : Comment le dioxyde de carbone atmosphérique affecte-t-il la température de la Terre ? Ils analyseront également des images satellitaires pour comprendre comment il est possible de surveiller les gaz à effet de serre depuis l'espace.

Matériel (par groupe)

- 2 flacons de 1L
- Bouchons avec trou pour tenir le thermomètre
- 1 lampe avec ampoule chauffante (plus de 100W)
- 2 thermomètres (précision 0. 10°C)
- Acide acétique 32%
- Levure chimique
- Glaçons (facultatif)

Santé et sécurité

Les flacons et la lampe doivent être manipulés avec précaution et les élèves doivent éviter de toucher la lampe chauffante. Il est préférable que l'enseignant aide à ajouter l'acide acétique dans les flacons.

Exercice

Pour des instructions détaillées sur la mise en place de l'expérience, voir la fiche de travail de l'élève. L'expérience peut être prolongée en plaçant un glaçon au fond de chaque pot. Les élèves peuvent ensuite déterminer le temps qu'il faut pour que les glaçons fondent.

Veillez noter que cette expérience est très sensible et doit être testée à l'avance. L'expérience peut aussi se faire avec un distributeur de CO₂ (utilisé pour créer de l'eau gazeuse à boire) au lieu d'acide acétique à 32% et de levure chimique.

Cet exercice peut prendre la forme d'une activité pratique pour les élèves ou d'une démonstration.

Résultats

Dans la fiole contenant du CO₂, la température augmentera plus rapidement que dans la fiole sans CO₂. Après 10 minutes, il y aura généralement une différence de 1 à 30 degrés Celsius. Il convient de souligner qu'une augmentation moyenne de seulement 2 degrés à travers la planète pourrait avoir des effets catastrophiques. Par exemple, cela pourrait entraîner une élévation importante du niveau de la mer, ce qui entraînerait d'importantes inondations.

Discussion

La composition de l'air dans les flacons influence la quantité de chaleur diffusée et absorbée. Les élèves comparent les différences d'absorption de chaleur (changements de température) dans un échantillon de contrôle et dans un environnement plus chargé en CO₂. Les élèves devraient conclure que la température dans la fiole contenant du CO₂ augmentera plus rapidement que la température dans la "fiole témoin".

Discutez avec les élèves de la façon dont le CO₂ atmosphérique affecte la température de la Terre. Ils concluront que le CO₂ emprisonne la chaleur émise par la Terre. Pour cette raison, la température sur Terre est plus élevée que s'il n'y avait pas de CO₂ dans l'atmosphère. Les élèves comprennent alors que notre atmosphère et les gaz à effet de serre qui la composent sont ce qui rend notre planète habitable.

Cependant, l'augmentation des gaz à effet de serre produits par l'homme modifie la quantité " normale " de ces gaz dans notre atmosphère, provoquant un réchauffement planétaire.

En complément, les élèves peuvent analyser des données satellitaires pour étudier et discuter des changements saisonniers et à long terme du CO₂ dans l'atmosphère (voir la section des liens pour des suggestions vidéo) et conclure que le CO₂ dans notre atmosphère continue d'augmenter au cours des dernières années. Ils doivent également observer une fluctuation saisonnière. Cette fluctuation est due à la croissance de la végétation (surtout dans l'hémisphère nord où se trouve la plus grande partie de la végétation du monde). En été, la végétation absorbe le dioxyde de carbone par photosynthèse et une partie de ce dioxyde de carbone est libérée en hiver.

L'application "Climate from Space" de l'Initiative de l'ESA sur le changement climatique (CCI) donne un aperçu des gaz à effet de serre et le visualiseur de données montre les distributions mondiales du CO₂ atmosphérique dérivées par satellite. Des captures d'écran du visualiseur de données sont disponibles en annexe au cas où les étudiants n'auraient pas accès à Internet. Les enseignants peuvent imprimer ces images pour que les élèves puissent discuter des changements à long terme du CO₂ dans l'atmosphère.

→ Activité 2 : Le niveau des mers, indicateurs du réchauffement climatique

Le changement du niveau de la mer est l'un des principaux impacts du changement climatique anthropique - ou d'origine humaine. Dans cette activité, les élèves étudieront l'impact que le réchauffement planétaire pourrait avoir sur le niveau de la mer.

Santé & Sécurité

Aucune précaution particulière n'est nécessaire. Les élèves devraient prendre soin de se mouiller les mains avant de ramasser les glaçons, pour éviter que la glace ne colle à leurs doigts.

Exercice

Avant de commencer l'expérience pratique, les étudiants discutent en petits groupes de leurs attentes/prédictions. Si nécessaire, expliquez la différence entre la glace de mer et la glace terrestre.

Pour obtenir des instructions sur la façon de réaliser l'activité, veuillez consulter la fiche de travail de l'élève.

La salinité moyenne de l'eau de mer est de 3,3%. Pour préparer l'eau de mer, les élèves devraient ajouter une cuillère à thé (environ 5g) de sel à l'eau. Pour préparer une solution pour toute la classe, voir les instructions ci-dessous :

- Peser 33 g de sel.
- Ajouter le sel dans un bécher et ajouter de l'eau fraîche jusqu'à ce que la masse totale soit de 1 000 g.
- Remuer à l'aide d'un agitateur jusqu'à ce que tout le sel soit dissous.

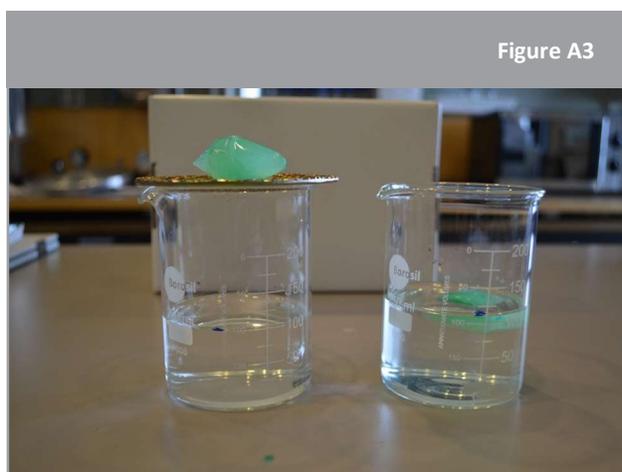


Figure A3

↑ La mise en place de l'expérience.

Résultats

Table 1 – Résultats expérimentaux				
	Quantité d'eau (ml)	Grille ajoutée	NaCl %	Observations
Bécher 1	150	Oui	0	Le niveau de l'eau est plus élevé qu'au début.
Bécher 2	150	Non	0	L'eau reste au même niveau que le "niveau de départ".
Bécher 3	150	Oui	3.3	Le niveau de l'eau est plus élevé qu'au début.
Bécher 4	150	Non	3.3	L'eau reste au même niveau que le "niveau de départ".

Le sel modifiant le point de fusion de la glace, les élèves observent que le glaçon dans l'eau douce fond plus vite que celui dans l'eau salée.

Selon le niveau de connaissance des élèves, on peut discuter des différences de capacité calorifique, ce qui leur permettra de mieux comprendre pourquoi les glaçons dans l'eau fondent plus vite que sur la terre ferme.

Les élèves observent que lorsque le glaçon d'eau douce fond dans l'eau salée, l'eau douce du glaçon (qui est colorée) reste sous forme de couche colorée sur la surface en raison des différences de densité de l'eau douce et de l'eau salée (figure A4).



Figure A4

↑ L'eau de fonte dans l'eau salée restera sur le dessus (bécher gauche). L'eau froide fondante dans l'eau douce coule (bécher droit).

Discussion

L'eau est l'une des rares substances qui est moins dense sous sa forme solide que sous sa forme liquide. C'est pourquoi la glace flotte. Cela signifie aussi que la même quantité d'eau sous forme solide prend plus de volume que sous forme liquide. Les enseignants peuvent utiliser le principe d'Archimède pour expliquer pourquoi il n'y a aucun changement du niveau d'eau lorsque la glace qui flotte dans l'eau fond. Pour cela, les élèves peuvent aussi peser les glaçons.

De cette activité, les élèves devraient conclure :

- La glace de mer apporte déjà son volume aux océans (la plus grande partie de la glace est déjà sous l'eau). Le poids de la glace de mer est équivalent au poids du volume de l'eau déplacée. Lorsque la glace de mer fond, l'eau déplacée est remplacée par de la glace fondue. Ainsi, lorsqu'il fond, il n'augmente pas le volume des océans.
- La glace terrestre ne contribue pas au volume des océans. Ainsi, lorsqu'il fond, il s'écoule dans l'océan, ce qui en augmente le volume global.
- La fonte des glaces de mer ne fait pas monter le niveau de la mer, alors que la fonte des glaces terrestres le fait.

C'est la fonte des glaces terrestres qui entraîne principalement l'élévation du niveau de la mer. Il est à noter qu'indirectement, la fonte des glaces de mer peut entraîner une élévation du niveau de la mer, en modifiant des propriétés telles que la salinité et la température.

La fonte de la glace terrestre et de la glace de mer modifie le bilan radiatif de la Terre (cet aspect sera exploré dans l'activité 3).

Comme extension, les élèves peuvent regarder la vidéo "Contributeurs à l'élévation du niveau de la mer" (voir la section des liens utiles) sur ce qui influence l'élévation du niveau de la mer et comparer leurs résultats à l'information contenue dans la vidéo.

→ Activité 3 : Comment les changements de l'albédo influencent-ils le climat ?

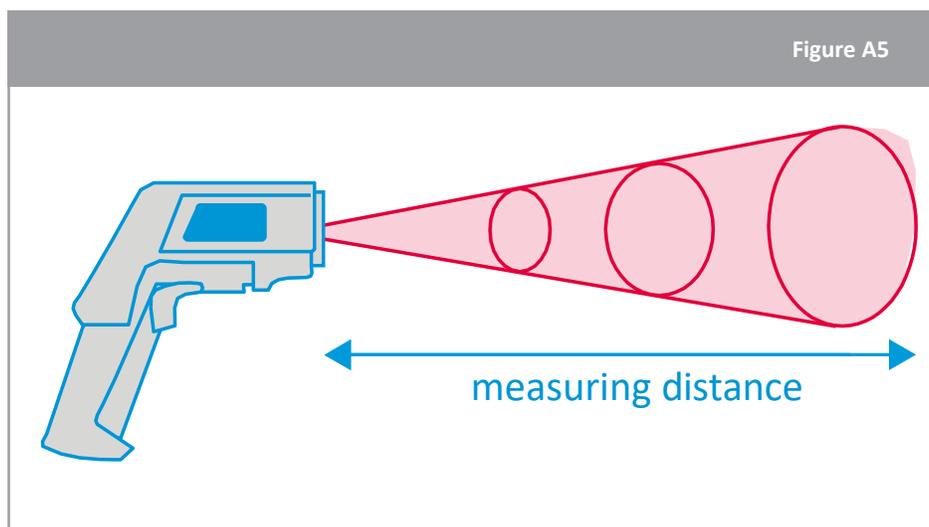
Par une expérimentation pratique, les élèves élaboreront et vérifieront une hypothèse sur la façon dont la réflectivité des surfaces de différentes couleurs affecte la température. Les élèves comprendront que la réflectivité de différentes surfaces, leur albédo, joue un rôle important dans le climat de la Terre. Ils enquêteront sur les questions suivantes :

1. Comment la couleur influence-t-elle la température des surfaces ?
2. Comment l'humidité et le vent influence-t-il l'albédo et par conséquent la température de la surface mesurée ?

Matériel

- Thermomètre Infrarouge
- Des morceaux de papier ou de carton de différents tons de gris et de différentes couleurs (voir annexe 2).
- Lampe avec ampoule chauffante (si il ne fait pas ensoleillée)

Note : Un thermomètre infrarouge est un thermomètre qui déduit la température d'une partie du rayonnement thermique émis par l'objet mesuré. La quantité de rayonnement IR émise par un objet ou une surface est proportionnelle à sa température. De grandes quantités de rayonnement IR signifient une température élevée et de petites quantités de rayonnement IR signifient une température basse.



↑ Représentation schématique de la façon dont un thermomètre IR mesure le rayonnement IR moyen.

Le thermomètre IR doit être pointé sur une surface à une distance de quelques centimètres. Le rayonnement thermique détecté est converti en une température précise de la surface. Veillez à utiliser la même distance à chaque mesure. Un thermomètre infrarouge ne mesure que la température de surface d'un objet.

Exercice

Pour obtenir des instructions sur la façon de réaliser l'activité, veuillez consulter la fiche de travail de l'élève. Avant d'effectuer l'exercice, les élèves doivent se familiariser avec l'utilisation du thermomètre infrarouge.

S'il n'y a pas de thermomètre IR disponible, l'expérience de l'annexe 3 peut être réalisée.

Résultats

Dans l'exercice 1, dans un intervalle assez court, les élèves observeront généralement une augmentation de la température de 0,3-0,50°C par ton gris.

Dans l'exercice 2, les élèves doivent observer que de nombreux facteurs influencent la lecture de la température de surface, notamment l'humidité, la nébulosité et l'heure de la journée, en plus de la couleur et de la texture de la surface.

Discussion

La couleur de surface d'un matériau a un impact sur la chaleur absorbée par le rayonnement. Les élèves observent que plus la couleur de la surface est foncée, plus la température est élevée (parce que les matériaux plus foncés absorbent plus de chaleur que les matériaux plus clairs). Au cours de la discussion, les élèves devraient établir un lien avec le cas de la Terre. Quelles surfaces sont susceptibles de réfléchir le plus de rayonnement ? Lesquels sont susceptibles d'absorber le plus de radiations ? Les élèves devraient en conclure que :

- Les surfaces lumineuses (glace, neige) ont un albédo élevé, ce qui signifie qu'elles réfléchissent la majeure partie du rayonnement solaire ;
- Les surfaces sombres (eau, océans, herbe) ont un faible albédo, ce qui signifie qu'elles absorbent la majeure partie du rayonnement solaire ;
- La fonte de la glace fera augmenter davantage la température de la Terre, car elle deviendra de l'eau, ce qui se traduira par une plus petite surface lumineuse (glace) et une plus grande zone sombre (eau) ;
- Plus la surface couverte de glace diminue, plus la chaleur est absorbée par l'océan en été ; l'océan met donc plus de temps à se refroidir en automne, ce qui retarde la formation de nouvelle glace.

→ L'effet de serre et ses conséquences

Enquête sur le réchauffement climatique

→ Activité 1 : L'effet de serre – Qu'est-ce que c'est ?

Dans cette première activité, vous étudierez comment le dioxyde de carbone (CO₂), un "gaz à effet de serre", peut affecter la température de l'air dans un environnement fermé. Vous vous poserez la question suivante :

Comment le dioxyde de carbone atmosphérique affecte-t-il la température de la Terre ?

Vous analyserez également des données satellitaires sur la concentration de dioxyde de carbone dans l'atmosphère afin d'étudier les changements saisonniers et d'identifier les tendances à long terme.

Matériel

- 2 flacons de 1L
- Bouchons avec trou pour le maintien du compteur kilométrique
- 1 lampe avec ampoule chauffante (plus de 100W)
- 2 thermomètres (précision 0.10C)
- Acide acétique 32%
- Bicarbonate de soude
- Glaçons (facultatif)

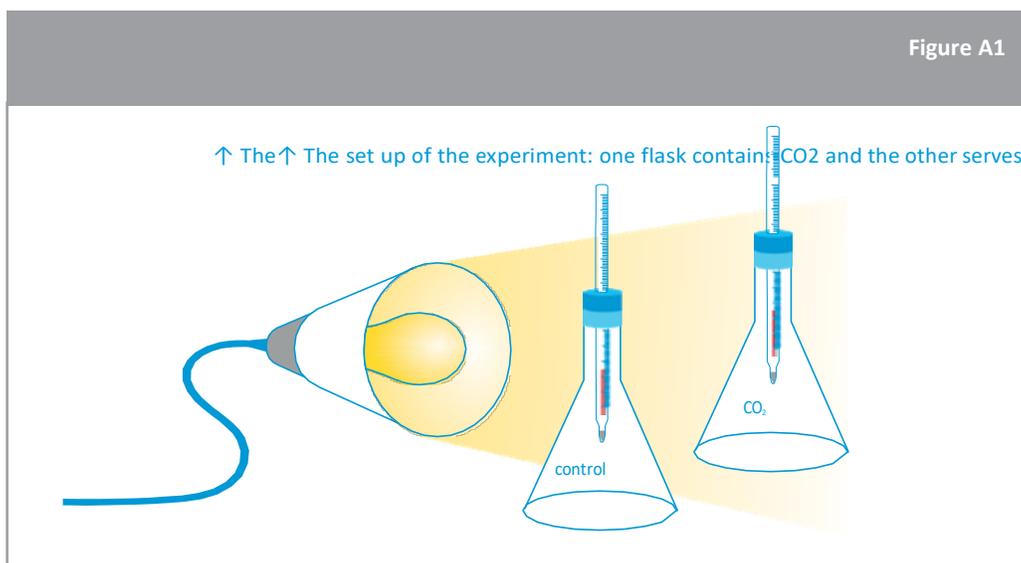
Santé & sécurité

Les flacons et la lampe doivent être manipulés avec précaution. Ne touchez pas la lampe chauffante.

Exercice

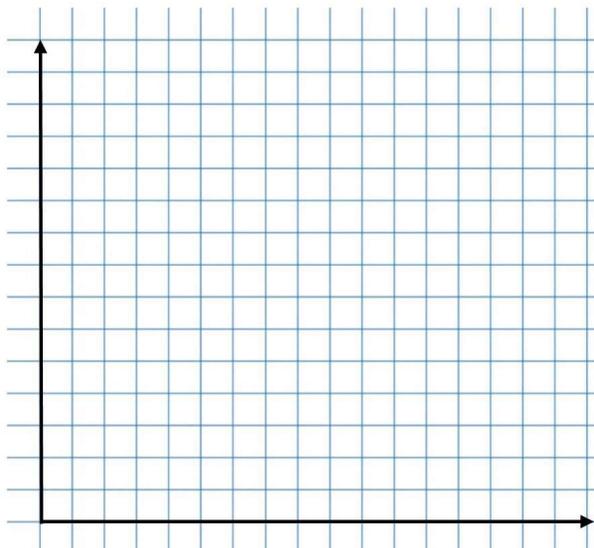
Dans cet exercice, vous étudierez la température à l'intérieur de deux flacons ; l'un contient du CO₂ (flacon 1) et l'autre sert de contrôle (flacon 2). AVANT de commencer votre expérience, faites une prédiction sur le flacon qui retiendra le plus de chaleur.

1. Placez les deux flacons l'un à côté de l'autre sous la lampe. Assurez-vous que les deux flacons reçoivent la même quantité de lumière. Les flacons et la lampe ne doivent PAS être déplacés au cours de l'expérience.
2. Placez les deux thermomètres dans les deux bouchons.
3. Mélanger 5 grammes de levure chimique et 20 ml d'acide acétique dans l'un des flacons (demander à votre professeur de vous aider à ajouter l'acide acétique dans le flacon).
4. Fermer les deux flacons avec les bouchons des thermomètres.
5. Noter la température initiale de chaque thermomètre.
6. Allumez la lampe.
7. Attendez 2 minutes avant de lire la température.
8. Attendez encore 2 minutes et lisez la température. Continuez jusqu'à ce que vous obteniez 8 séries de relevés de température.
9. Inscrivez vos données dans le tableau 1 et construisez un graphique linéaire dans la section Résultats ci-dessous. N'oubliez pas d'inscrire le titre et de nommer les axes.



Résultats

Table 1 – Résultats expérimentaux		
Temps	Temp. Flacon 1	Temp. Flacon 2
0 min		
2 min		
4 min		
6 min		
8 min		
10 min		
12 min		
14 min		
16 min		



Discussion

1. Comparez les résultats des deux flacons. Les résultats concordent-ils avec vos prédictions ?

2. Expliquez vos résultats.

3. En vous basant sur vos résultats, essayez de répondre à la question d'introduction :

Comment le dioxyde de carbone atmosphérique affecte-t-il la température de la Terre ?

4. Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre émis par les processus naturels et les activités humaines. Expliquez dans vos propres mots ce qu'est l'effet de serre.

Le saviez-vous?

L'étude de l'atmosphère d'autres planètes peut nous aider à comprendre le changement climatique sur Terre. L'atmosphère de Mars, par exemple, est principalement composée de dioxyde de carbone, mais l'atmosphère existante est si mince qu'elle ne peut pas retenir une grande partie de l'énergie du Soleil. En conséquence, il y a des contrastes de température extrêmes entre le jour et la nuit, ou entre la zone ensoleillée et les zones d'ombre. Cependant, la plupart des scientifiques s'entendent pour dire que Mars était beaucoup plus chaude dans le passé, ce qui signifie que l'atmosphère était probablement différente de ce qu'elle est maintenant. L'ExoMars Trace Gas Orbiter, qui fait partie de la mission ExoMars de l'ESA-Roscosmos, étudiera la composition des gaz traces de la planète, qui constituent moins de 1% du volume de l'atmosphère de la planète. En particulier, la sonde cherchera des traces de méthane et d'autres gaz qui pourraient être des signes d'activité biologique ou géologique active.



Pour aller plus loin...

Mesurer le CO₂ depuis l'espace

1. Vous allez maintenant analyser les données satellitaires sur la concentration mondiale de dioxyde de carbone. Avant de commencer, discutez en petits groupes de vos attentes :
 - a) Changements saisonniers - Prévoyez-vous des changements dans la concentration de CO₂ atmosphérique au cours des différents mois de la même année ? Expliquez pourquoi.

- c) Vous attendez-vous à des changements significatifs dans la concentration de CO₂ atmosphérique quand vous comparerez le même mois dans différentes années ? Expliquez pourquoi.

- d) Changements locaux et globaux - Pensez-vous que la distribution du CO₂ dans l'atmosphère sera similaire lorsque vous comparerez différents endroits sur Terre ? Expliquez pourquoi.

2. Comparez vos attentes avec des données satellites réelles. Votre analyse à partir de données satellitaires réelles est-elle similaire à vos attentes à la question 1 ? Essayez d'expliquer les différences.

3. Identifier les conséquences possibles sur le climat des changements de la concentration de CO₂ dans l'atmosphère.

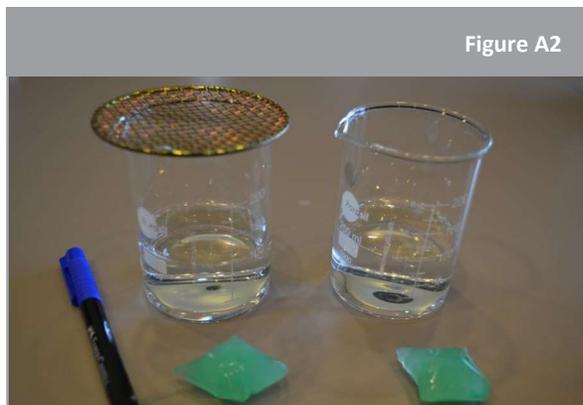
→ Activité 2 : Le niveau des mers, indicateur du réchauffement climatique

L'élévation du niveau de la mer est l'un des principaux indicateurs des changements climatiques mondiaux. Dans cette activité, vous étudierez la question suivante :

Quel sera l'effet sur le niveau de la mer si la glace de mer et la glace terrestre (par exemple, les glaciers) fondent ?

Matériel

- 4 béchers en verre 250 ml
- Filet métallique d'un diamètre légèrement supérieur à celui des gobelets
- Glaçons colorés
- Sel de table (NaCl)
- Cuillère à thé ou spatule pour remuer
- Stylo
- Minuteur



↑ Mise en place de l'expérience

Exercice

1. Ajouter 150 ml d'eau froide du robinet dans le bécher 1 et le bécher 2. Poser un filet métallique sur l'un des béchers (bécher 1). Marquer le niveau d'eau sur les béchers.
2. Prenez deux glaçons de couleur identique.
3. Placez un glaçon sur le filet métallique au-dessus du bécher et faites tomber avec précaution l'autre glaçon dans l'eau de l'autre bécher (bécher 2). Identifiez le type de glace qui, selon vous, est représenté dans le bécher 1 et dans le bécher 2.

Bécher 1 : _____ Bécher 2 : _____

4. Encore une fois, marquez les niveaux d'eau sur chaque gobelet. C'est le niveau de départ.
5. Lancez un minuteur.
6. Observez attentivement ce qui se passe lorsque les glaçons fondent. Comment l'eau qui fond se comporte-t-elle dans l'eau ?

7. Dans la table 2 ci-dessous, inscrivez le temps qu'il faut à chaque glaçon pour fondre complètement.

8. Pendant que vous attendez, répondez à la question suivante :

Que pensez-vous qu'il va arriver au niveau de l'eau dans les différents béchers ?

9. Répétez l'expérience mais cette fois avec de l'"eau de mer" dans le bécher 3 et le bécher 4. L'eau de mer a une teneur moyenne en sel de 3,3 % de NaCl. Encore une fois, il est très important de marquer les niveaux d'eau et d'observer attentivement ce qui se passe dans l'eau pendant la fonte des glaçons.

Résultats

Table 2 – Résultats expérimentaux						
	Quantité d'eau (ml)	Grille ajoutée	NaCl %	Temps (départ)	Temps (fonte)	Observations
Bécher 1	150	Oui	0			
Bécher 2	150	Non	0			
Bécher 3	150	Oui	3.3			
Bécher 4	150	Non	3.3			

Discussion

1. Est-ce que les glaçons du bécher 1 et 2 fondent en même temps ? Expliquez vos résultats.

2. Qu'est-il arrivé aux niveaux d'eau dans les b chers 1 et 2 ? Les résultats sont-ils semblables à vos prévisions ?

3. Comparez vos observations sur le bécher 1 et le bécher 2 avec vos observations sur les b chers 3 et 4. Expliquez les différences.

4. En fonction de vos résultats, essayez de répondre à la question d'introduction :

Quel est l'effet sur le niveau de la mer lorsque la glace de mer et la glace terrestre (par exemple, les glaciers) fondent ?

Le saviez-vous?

Les premières mesures du niveau de la mer ont été faites par la surveillance des marées au 18e siècle. Depuis plus de 100 ans, les registres du niveau de la mer sont tenus par des marégraphes. Aujourd'hui, les mesures par satellite altimétrique radar assurent une couverture quasi globale des océans de la Terre. Les marégraphes continuent de fournir d'importantes observations in situ, mais depuis le début des années 1990, l'altimétrie par satellite est devenue le principal outil pour mesurer en continu le niveau de la mer à l'échelle mondiale. L'altimétrie par satellite mesure avec précision le temps que met une impulsion radar pour se rendre de l'antenne du satellite à la surface et revenir au récepteur du satellite. Associée à une précision de l'altimétrie par satellite de localisation, les mesures altimétriques sont capables de produire des hauteurs de mer. Le satellite Sentinel-3A de l'ESA avec son altimètre radar peut mesurer le niveau de la mer dans des endroits du globe qui étaient auparavant mal échantillonnés.



→ Activité 3 : Comment les changements d'albédo influencent-ils le climat ?

La réflectivité des différentes surfaces est connue sous le nom d'**albédo**. Il joue un rôle important dans le climat de la Terre. Dans cette expérience, vous allez étudier les questions suivantes :

- Comment la couleur influence-t-elle la température des surfaces ? (Exercice 1)
- Comment le vent et l'humidité affectent-ils l'albédo et donc la température d'une surface ? (Exercice 2)

Matériel

- Thermomètre IR
- Des morceaux de papier ou de carton avec différents tons de gris et différentes couleurs

Exercice 1

1. Placez le papier avec les différents tons de gris au soleil (ou sous une lampe qui rayonne de la chaleur).
2. Attendez 4 à 5 minutes.
3. Mesurez les températures avec le thermomètre IR pour chaque ton de gris et enregistrez vos résultats dans la table 3. Prenez soin de tenir le thermomètre à la même distance de la surface pour chaque ton de gris.
4. Attendez encore cinq minutes et répétez les mesures. Veillez à ne pas projeter d'ombre sur le papier lorsque vous prenez les mesures.

Table 3 – Température des différents tons de gris								
% de gris	0%	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%
Mesure 1 (°C)								
Mesure 2 (°C)								

Exercice 2

Vous allez maintenant mesurer la température de différentes surfaces, telles que l'herbe, le bois, le pavé, les feuilles, etc. Pour étudier l'influence du vent et de l'humidité, l'expérience doit être faite à l'extérieur.

1. Mesurez la température des différentes surfaces avec le thermomètre IR.
2. Enregistrez vos résultats dans la table 4. N'oubliez pas d'inscrire l'heure de la journée, la température de l'air et si c'est un endroit venteux ou non.

Table 4 – Température des différentes surface

Surface	Température	Couleur	Ombre	Humidité	Autres observations
Herbe					
Bois					
Pavé					
Feuille					
Eau					
Autre					

Note : Dans la colonne "Ombre", écrire oui ou non. Dans la colonne "Humide", écrivez oui ou non en raison de l'humidité de la surface au toucher. Si disponible, vous pouvez utiliser un capteur d'humidité.

Discussion

1. En vous basant sur les résultats de l'exercice 1, quel lien pouvez-vous faire entre la couleur d'un matériau, la température et son albédo ?

2. Quelles surfaces ont l'albédo le plus élevé (table 4) ? Expliquez en utilisant toute l'information que vous avez recueillie sur les surfaces.

3. Si une augmentation de 1°C des températures mondiales fait que l'océan Arctique reste sans glace pendant deux semaines supplémentaires chaque année, comment cela affectera-t-il l'albédo de l'océan ? Pourquoi ?

4. Si l'albédo de l'océan change, comment cela affectera-t-il les températures de l'océan et la formation des glaces en hiver ? Expliquez.

5. Discutez des effets de la fonte des glaces de mer, des glaciers et des calottes glaciaires sur l'albédo et donc sur le réchauffement de la planète.

Le saviez-vous

EarthCARE est une mission de l'ESA qui permettra de mieux comprendre le rôle que jouent les nuages et les aérosols à la fois dans la réflexion des rayonnements solaires vers l'espace et dans le piégeage des rayonnements infrarouges émis par la surface de la Terre. EarthCARE - l'explorateur de nuages, d'aérosols et de rayonnements - est développé en collaboration avec l'ESA et l'Agence japonaise d'exploration aérospatiale (JAXA). EarthCARE recueillera des observations globales de profils de nuages et d'aérosols ainsi que de rayonnements solaires et thermiques afin d'inclure ces paramètres dans des modèles météorologiques et climatiques numériques. En outre, les données sur les aérosols de EarthCARE seront précieuses pour la surveillance de la qualité de l'air.



→ Liens utiles

ESA resources

ESA classroom resources esa.int/Education/Classroom_resources

ESA space projects

ESA Climate Change Initiative (CCI) <http://cci.esa.int>

ESA CCI greenhouse gases www.esa-ghg-cci.org

Sentinel-3 esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-3

EarthCARE

esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers/EarthCARE/ESA_s_cloud_aerosol_and_radiation_mission

Autres informations

ESA app "Climate from Space"

esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate/Climate_at_your_fingertips

Video "Contributors to sea-level rise"

esa.int/spaceinvideos/VIDEOS/2017/06/Contributors_to_sea-level_rise

Video about the carbon cycle and its role in climate change

esa.int/spaceinvideos/VIDEOS/2018/02/Carbon_Cycle

Video about how atmospheric constituents are changing and how these changes are affecting our climate

esa.int/spaceinvideos/VIDEOS/2018/01/Change_in_atmosphere

Information about the sea level and how it is measured

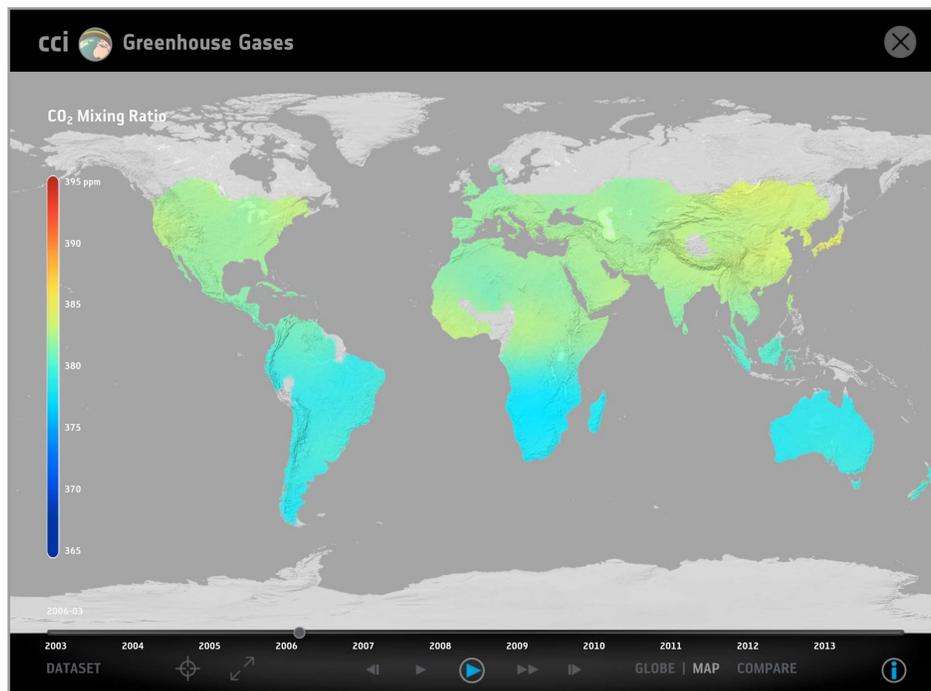
www.esa-sealevel-cci.org/SEA%20LEVEL%20INFORMATION

→ Annexe 1

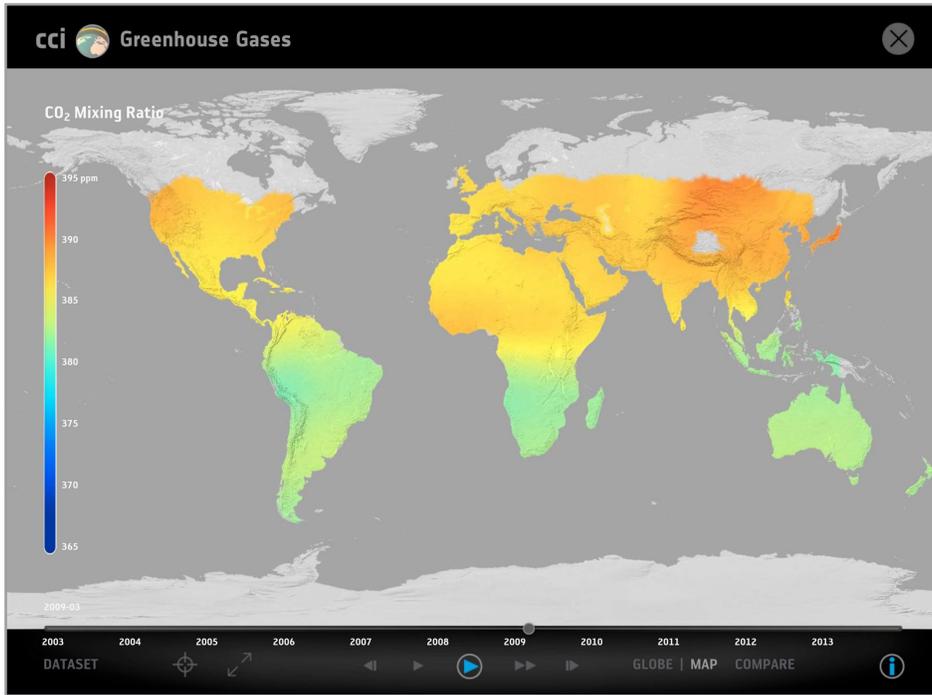
Les cartes ci-dessous montrent les distributions de CO₂ dérivées des satellites en parties par million (ratio de mélange de CO₂) pour différentes années. Toutes les données ont été produites par l'équipe de l'ESA chargée des gaz à effet de serre au CCI.



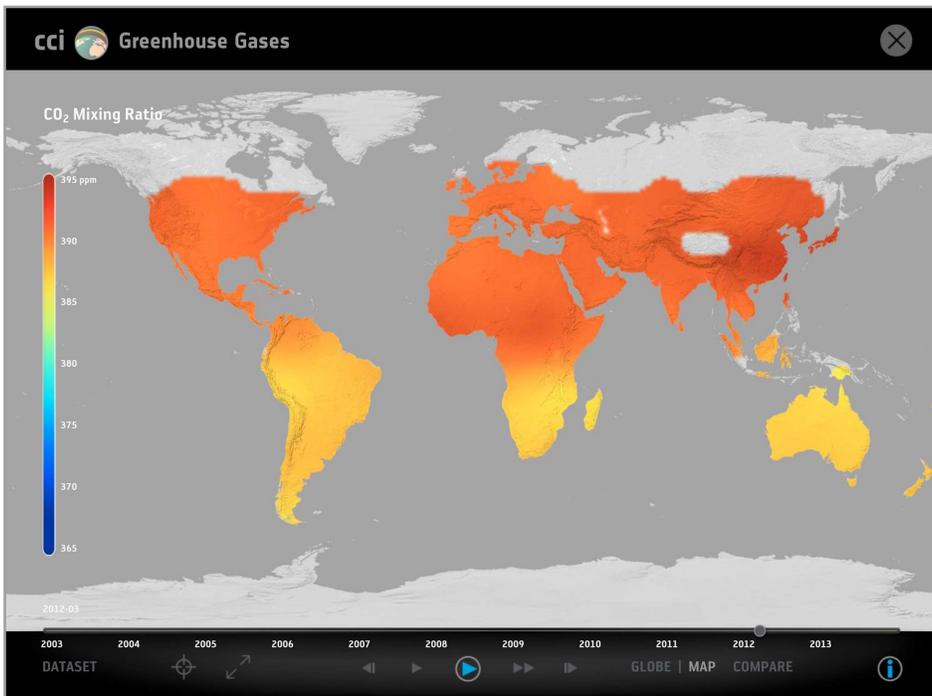
↑ Mars 2003



↑ Mars 2006

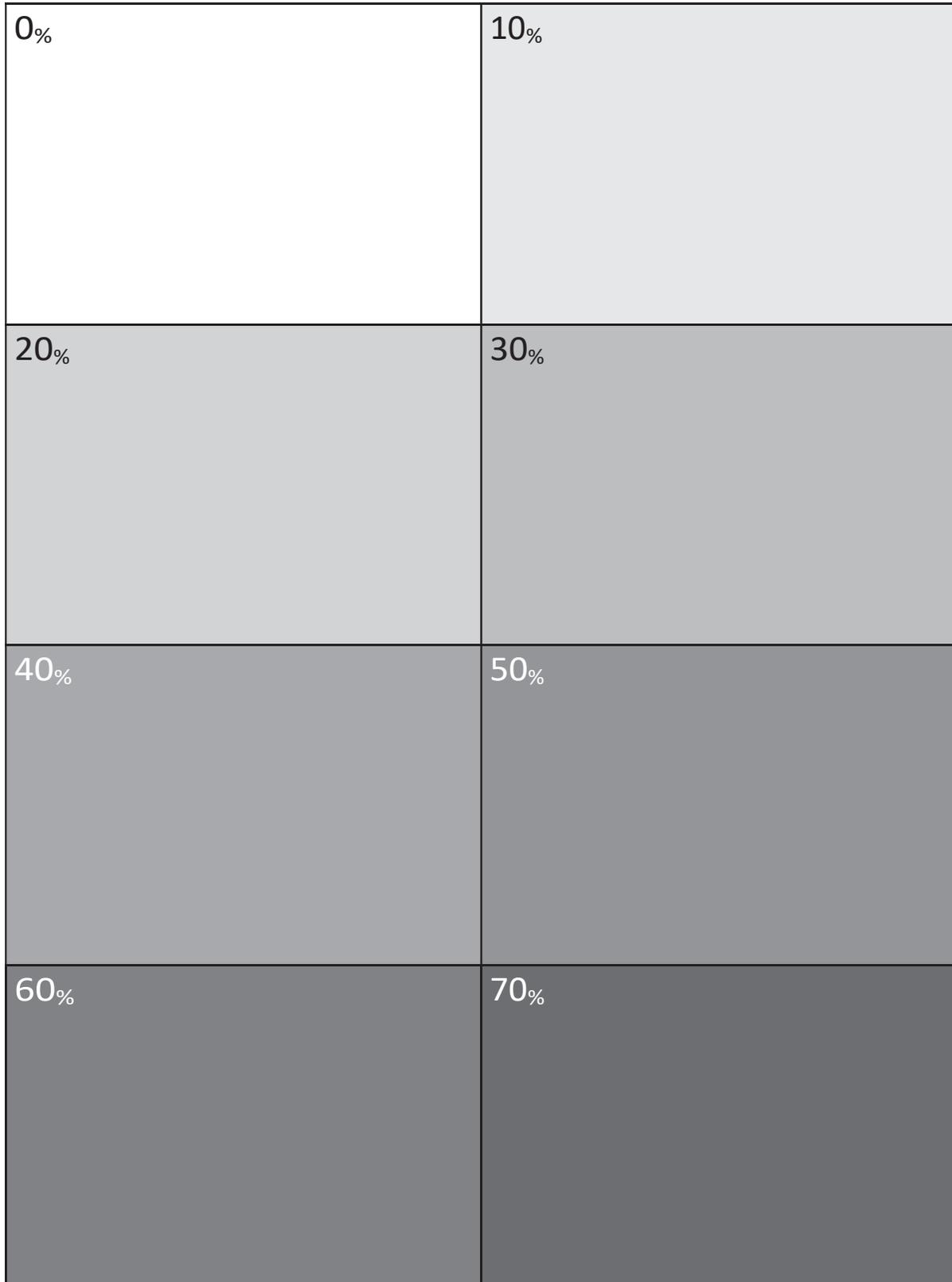


↑ Mars 2009



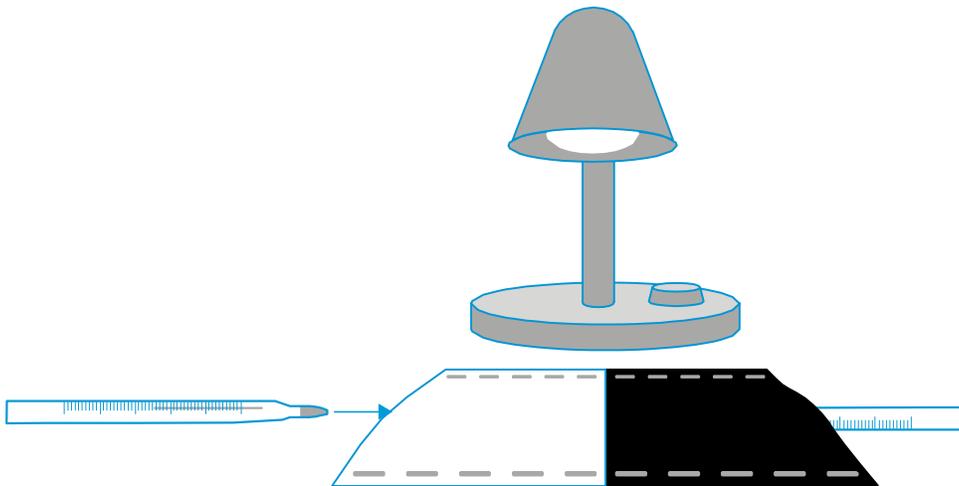
↑ Mars 2012

→ Annexe 2



→ Annexe 3

Comment la couleur influence-t-elle la température des surfaces ?



1. Découpez deux carrés de 15 x 15 cm, l'un dans du papier noir, l'autre dans du papier blanc.
2. Pliez chaque carré en deux, deux fois.
3. Agrafer deux bords de chaque carré pour former des poches.
4. Placez l'extrémité du thermomètre dans chaque poche.
5. Placez les thermomètres directement sous la lampe (ou à l'extérieur au soleil) de façon à ce qu'ils reçoivent la même quantité de lumière. La lampe doit être dirigée vers le bas (voir la figure ci-dessus).
6. Attendez deux minutes pour que les thermomètres atteignent la température de l'air ambiant. Ce sera la température initiale. Pour ce faire, assurez-vous que les thermomètres ne sont pas exposés à la lumière du soleil.
7. Allumez la lampe. Enregistrez la température de chaque thermomètre toutes les deux minutes pendant les 20 minutes suivantes.

La différence de température entre les feuilles blanches et noires sera généralement de 2-3 °C lors de la mesure sous une lampe, mais peut-être 5-6 °C lors de la mesure à l'extérieur au soleil.