

Primaire  
8-11



dossier pédagogique

# L'OZONE EST-IL BON OU MAUVAIS ?

Découverte du trou de la couche d'ozone en Antartique

Guide de l'enseignant  
et fiches d'activités pour les élèves



## Contents

L'OZONE EST-IL BON OU MAUVAIS ? Vue d'ensemble.....	3
Résumé des activités.....	4
L'application Web « Climate From Space ».....	6
L'Ozone dans l'atmosphère : informations générales.....	7
Activité n°1 : POURQUOI LA COUCHE D'OZONE EST-ELLE IMPORTANTE ? .....	10
Activité n°2 : MA CREME SOLAIRE EST-ELLE EFFICACE ?.....	12
Activité n°3 : LE TROU DE LA COUCHE D'OZONE .....	17
Feuille d'activité n°1 : POURQUOI L'OZONE EST IMPORTANT ?.....	21
Feuille d'activité n°2 : MA CREME SOLAIRE EST ELLE EFFICACE ? .....	22
Fiche d'activité n°3 : LE TROU DE LA COUCHE D'OZONE .....	25
Fiche d'information n°1 : L'OZONE EST-IL BON OU MAUVAIS ?.....	27
Fiche d'information n°2 : LE TROU DE LA COUCHE D'OZONE .....	28
Liens.....	29
Annexe : LE SAVIEZ-VOUS ? .....	30

Dossier pédagogique, proposé par Climate Change Initiative - L'OZONE EST-IL BON OU MAUVAIS ? (niveau école primaire)

<https://climate.esa.int/fr/education/>

Activités développées par l'Université de Twente aux Pays-Bas et le Centre National Anglais d'Observation de la Terre.

Merci de laisser vos commentaires au Bureau du climat de l'ESA

<https://climate.esa.int/fr/helpdesk/>

Produit par le bureau climatique de l'ESA

Copyright © Agence spatiale européenne 2020

# L'OZONE EST-IL BON OU MAUVAIS ? Vue d'ensemble

## Découverte du trou de la couche d'ozone en Antarctique

### En bref

**Matières :** Géographie, Sciences, Sciences de la terre

**Tranche d'âge :** 8-11 ans

**Type :** lecture, activité pratique

**Complexité :** facile à moyenne

**Durée du cours :** 3 heures

**Coût :** faible (5-20 euros)

**Lieu :** intérieur/extérieur

**Nécessite l'utilisation de :** crème solaire, perles UV, Internet.

**Mots-clés :** ozone, trou d'ozone, lumière ultraviolette (UV), gaz à effet de serre, polluant, expérience, satellite

### Description rapide

Dans cette série d'activités, les élèves découvriront l'ozone et ses effets - bons et mauvais - sur la vie sur Terre.

La première activité donne un aperçu de ces effets, explique comment on mesure l'ozone, et présente l'histoire du trou de la couche d'ozone en Antarctique.

Une activité pratique permet ensuite d'étudier l'efficacité des crèmes solaires.

Enfin dans la dernière activité, les élèves utilisent des données satellites réelles pour constater l'évolution de la concentration d'ozone dans le monde au cours des deux dernières décennies.

### Objectifs d'apprentissage

**Travailler sur ces activités apportera aux élèves les capacités suivantes :**

Connaître les effets de l'ozone sur la vie sur Terre, dans différentes parties de l'atmosphère.

Décrire l'histoire du trou de la couche d'ozone en Antarctique, et le rôle des observations par satellite dans le suivi de son rétablissement.

Savoir faire la relation entre un modèle expérimental à la situation réelle qu'il représente.

Évaluer l'efficacité d'une méthode expérimentale.

Réaliser une activité pratique en suivant des instructions et en notant systématiquement les résultats.

Utiliser l'application web Climate From Space pour étudier l'évolution des concentrations d'ozone au niveau mondial.

A partir d'une recherche en autonomie, obtenir une liste de sources d'informations et en extraire les plus importantes pour en faire un résumé concis.

## Résumé des activités

	Titre	Description	Résultat	Pré-requis	Durée
1	Pourquoi l'ozone est-il important ?	Exercice de compréhension basé sur une story (Climate From Space) faisant la relation entre la mesure de l'ozone à la vie réelle	Connaître les effets de l'ozone sur la vie sur Terre dans différentes parties de l'atmosphère. Décrire l'histoire du trou de la couche d'ozone en Antarctique, et le rôle des observations par satellite dans le suivi de son rétablissement.	Aucun	30–60 minutes
2	Quelle est la qualité de ma crème solaire ?	Activité pratique utilisant des perles UV pour étudier l'effet protecteur de différents types de crème solaire.	Savoir faire la relation entre un modèle expérimental et la situation réelle qu'il représente. Évaluer l'efficacité d'une méthode expérimentale. Réaliser une activité pratique en suivant des instructions et en notant systématiquement les résultats.	Aucun	60-90 minutes
3	Le trou de la couche d'ozone.	Activité de recherche utilisant l'application web Climate From Space	Utiliser l'application web Climate From Space pour étudier l'évolution des concentrations d'ozone au niveau mondial. A partir d'une recherche en autonomie, obtenir une liste de sources d'informations et en extraire les plus importantes pour en faire un résumé concis.	Une introduction au sujet, par exemple l'Activité n°1	30-60 minutes + temps de recherche (en autonomie) et de partage avec la classe du ressenti des élèves.

Les durées indiquées concernent les exercices principaux, elles supposent un accès complet aux outils informatiques et/ou la distribution à la classe des résultats des calculs et des graphiques. Elles comprennent le temps nécessaire au partage des résultats, mais pas celui de leur présentation, ce dernier étant nécessairement lié à la taille de la classe et des groupes. Enfin, d'autres méthodes peuvent prendre plus de temps.

## Notes pratiques destinées aux enseignants

En début de section, le **matériel requis pour** chaque activité est indiqué, ainsi que des notes sur les éventuelles préparations nécessaires, en plus des photocopies des feuilles de travail et des fiches d'information.

Les **fiches de travail** sont à usage unique et peuvent être photocopiées en noir et blanc.

Les **fiches d'information** peuvent contenir : des images plus grandes afin que vous puissiez les insérer dans vos présentations en classe, des informations supplémentaires pour les élèves, ou des données avec lesquelles ils pourront travailler. Ces documents sont réutilisables, il est donc préférable de les imprimer ou de les copier en couleur.

Les **feuilles de calculs, tableaux de données ou documents supplémentaires** nécessaires à l'activité peuvent être téléchargés sur le lien suivant :

<https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>.

Des idées **pour aller plus loin** et des suggestions de **variation** sont incluses dans la description de chaque activité.

Pour les activités pratiques, les réponses aux feuilles de travail et les résultats des exemples sont inclus afin d'aider à l'**évaluation**. Les possibilités d'utiliser des critères locaux, pour évaluer les compétences essentielles, telles que la communication ou le traitement des données, sont indiquées dans la partie correspondante de la description de l'activité.

### Santé et sécurité

Dans toutes les activités, nous avons supposé que vous continuerez à suivre les consignes de sécurité habituelles, relatives à l'utilisation des équipements de base (les appareils électriques comme les ordinateurs), les mouvements dans la salle de classe, les déplacements et les renversements, les premiers secours, etc... Comme la nécessité de ces procédures est universelle mais que les détails de leur mise en œuvre varient considérablement, nous ne les avons pas détaillées à chaque fois. Au lieu de cela, nous avons mis en évidence les dangers propres à une activité pratique donnée, afin d'éclairer votre évaluation des risques.

Certaines de ces activités utilisent l'application web « Climate From Space » ou d'autres sites web interactifs. Il est possible de naviguer à partir de ces sites vers d'autres parties du site Web de l'ESA « Climate Change Initiative » ou de l'organisation hôte, puis vers des sites Web externes. Si vous ne pouvez pas - ou ne souhaitez pas - limiter les pages que les élèves peuvent consulter, rappelez-leur les règles de sécurité sur Internet de votre établissement.

## L'application Web « Climate From Space »

Les satellites de l'ESA jouent un rôle important dans la surveillance du changement climatique. L'application web « Climate From Space » ([cfs.climate.esa.int](https://cfs.climate.esa.int)) est une ressource en ligne qui utilise des histoires ou « stories » illustrées pour résumer certaines des façons dont notre planète change et mettre en évidence le travail des scientifiques de l'ESA.

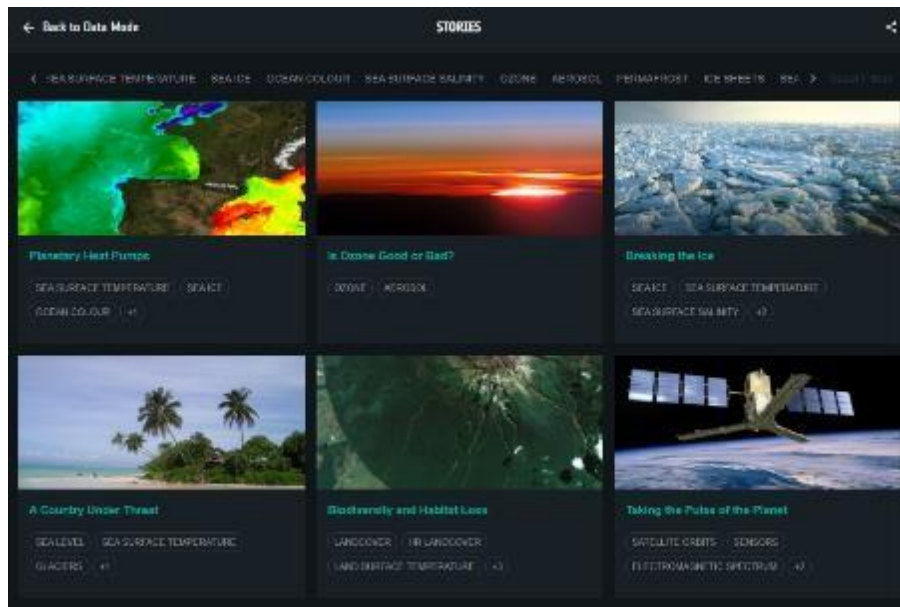


Figure 1: Histoires ou « Stories » de l'application web Climate From Space (Source : ESA CCI)

Figure SEQ Figure \\* ARABIC FEUILLE D'ACTIVITE n°1riSanté et sécuritétion web Climate From Space (Source : ESA CCI)

Le programme « Climate Change Initiative » de l'ESA produit des enregistrements mondiaux fiables et essentiels (VOIR) pour nous aider à en savoir plus sur les impacts du changement climatique par vous-même.

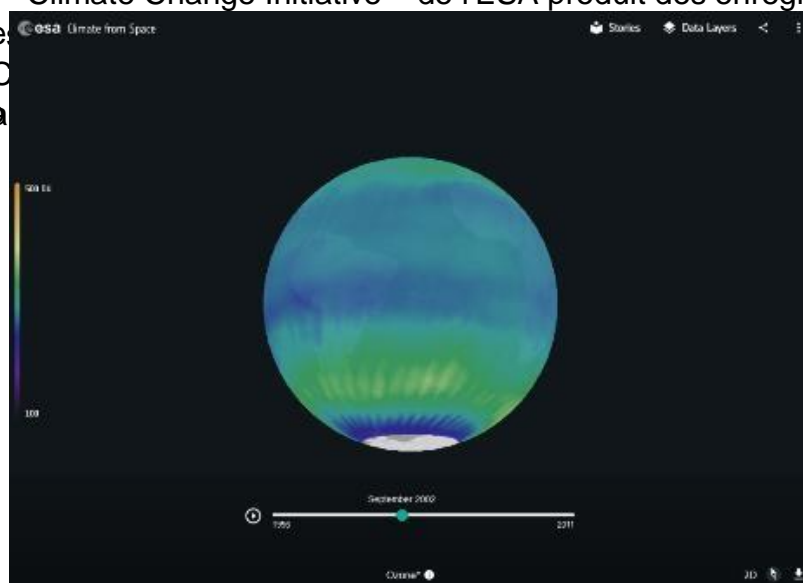


Figure 2: Exploration des niveaux d'ozone dans l'application web Climate From Space (Source : ESA CCI)

## L'Ozone dans l'atmosphère : informations générales

### Les gaz à effet de serre

La lumière du soleil traverse notre atmosphère et réchauffe la Terre. La Terre, à son tour, renvoie de la chaleur vers l'espace. Les gaz à effet de serre, présents dans l'atmosphère, laissent passer la lumière du soleil, mais retiennent la chaleur qu'elle produit, ce qui réduit l'effet de refroidissement (figure 3). L'ozone ( $O_3$ ), une forme d'oxygène, est l'un de ces gaz à effet de serre.

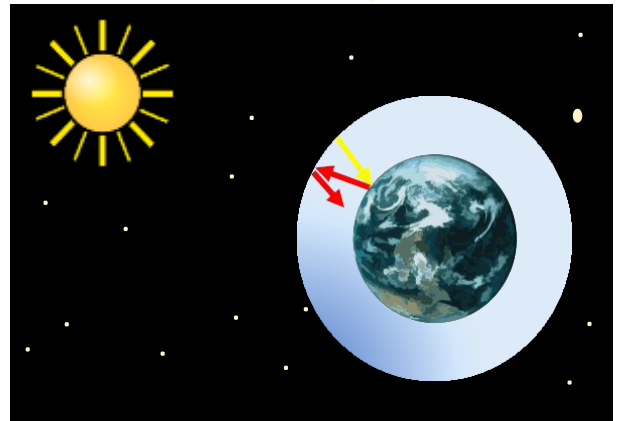


Figure 3 : L'effet de serre  
FICHE D'ACTIVITE n°3.2 SuFICHE D'INFORMATION n°1.1 TFICHE D'INFORMATION n°1.2: L'effet de serre

### L'Ozone et la lumière ultraviolette

Les rayons du soleil ultraviolets (UV) sont invisibles mais provoquent des coups de soleil et des lésions cutanées. Ils sont classés en UVA (faible énergie), UVB (énergie moyenne) et UVC (énergie UV la plus élevée). L'ozone situé en altitude dans l'atmosphère (20-50 km) absorbe tous les rayons UVC mais laisse passer certains UVA et UVB.

Les UVA créent de l'ozone en divisant les molécules d'oxygène ( $O_2$ ) en atomes individuels, qui réagissent rapidement avec d'autres molécules d'oxygène pour former de l'ozone ( $O_3$ ). Les UVB détruisent l'ozone en le divisant en une molécule d'oxygène et en atomes individuels, qui s'associent pour former d'autres molécules d'oxygène (figure 4).

Ces deux processus s'équilibrent généralement, mais d'autres substances chimiques, comme celles émises lors de la combustion d'énergies fossiles, peuvent affecter la vitesse de création et de destruction de l'ozone. Cela entraîne une réduction de la quantité d'ozone dans les hautes couches de l'atmosphère et laisse une concentration plus élevée d'ozone près du sol (figure 5). L'ozone troposphérique peut entraîner des difficultés respiratoires, voire des lésions

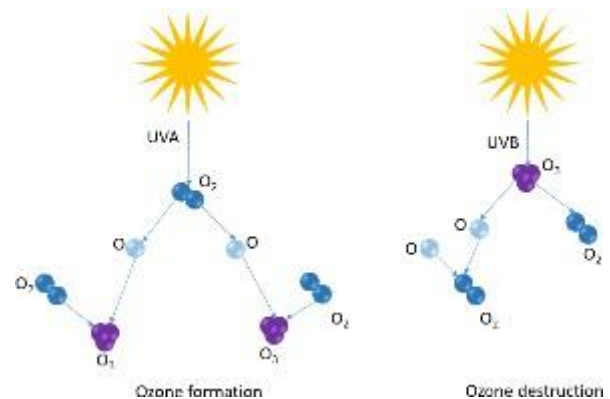


Figure 4 : Création et destruction naturelles de l'ozone  
(Source : Suhyb Salama, Université de Twente)

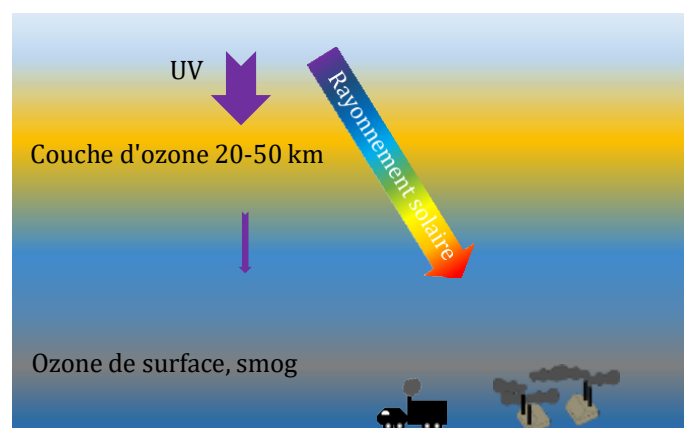


Figure 5 : "Bon" et "mauvais" ozone  
(Source : Suhyb Salama, Université de Twente)

pulmonaires, en particulier chez les personnes souffrant déjà de pathologies comme l'asthme.

Il est important de se rappeler que le "bon" ozone de la haute atmosphère, et le "mauvais" ozone plus proche du sol, sont tous les deux la même substance.

## Mesures de l'ozone

Nous pouvons placer des instruments pour mesurer l'ozone au niveau du sol (par exemple dans des stations météorologiques), dans les airs (sur des avions ou des ballons météorologiques – ballon-sonde) ou sur des satellites. Les satellites nous permettent de mesurer chaque jour l'ozone sur l'ensemble du globe grâce à des caméras sensibles aux UV : plus les UV sont faibles, plus il y a d'ozone dans l'atmosphère.

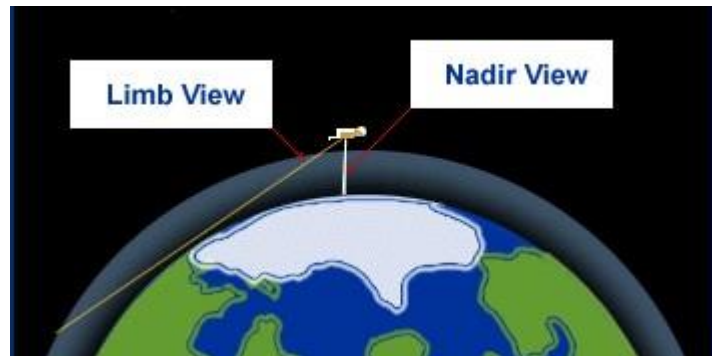


Figure 6 : Observation Nadir et au Limbe (Source : ESA)

Figure 6 : Observation Nadir et au Limbe (Source : ESA)

Si la caméra regarde directement vers le bas (observation Nadir dans la figure 6), elle mesure la quantité totale d'ozone dans l'atmosphère. Cette quantité est indiquée dans l'application Web Climate From Space sous le nom d' "ozone total". En regardant latéralement dans l'atmosphère (observation au Limbe de la figure 6), on obtient des informations sur la concentration d'ozone à différentes hauteurs - un profil d'ozone - qui peut être utilisé pour comparer le "bon" et le "mauvais" ozone.

L'ozone disponible dans l'atmosphère est mesuré en unités Dobson. 100 unités Dobson correspondent à une concentration équivalente à une couche d'ozone d'un millimètre d'épaisseur à la surface de la Terre (à température et pression normales). Cette unité porte le nom de Gordon Dobson, un chercheur de l'université d'Oxford, qui a construit le premier instrument permettant de mesurer la concentration d'ozone depuis le sol.

## Le trou dans la couche d'ozone

En 1979, les ingénieurs ont reçu les premières données d'un nouvel instrument embarqué sur un satellite américain. Le capteur a enregistré des niveaux d'ozone au-dessus de l'Antarctique si faibles qu'ils ont été écartés comme étant des erreurs de l'instrument. Peu de temps après, une équipe de scientifiques britanniques travaillant dans une station de recherche en Antarctique a publié des résultats obtenus depuis le sol indiquant des niveaux d'ozone similaires. Les faibles valeurs enregistrées par les satellites n'étaient finalement pas fausses.

Le "trou" dans la couche d'ozone a rapidement attiré l'attention des médias et des responsables politiques, tandis que les scientifiques tentaient d'en trouver la cause. Ils ont identifié un groupe de gaz appelés chlorofluorocarbones (CFC), qui étaient, à



l'époque, largement utilisés dans les aérosols, les extincteurs, les réfrigérateurs et les climatiseurs. Bien qu'inoffensives au niveau du sol, les molécules de CFC libèrent des atomes de chlore lorsqu'elles sont touchées par le rayonnement solaire, et un seul atome de chlore peut diviser de nombreuses molécules d'ozone. Les concentrations d'ozone diminuaient ainsi dans le monde entier et, grâce au mouvement de l'air autour de la planète, plus particulièrement au-dessus de l'Antarctique.

En 1987, des limites strictes sur les émissions de CFC ont été convenues lors d'une conférence intergouvernementale à Montréal. Dès lors, ces gaz sont largement remplacés par des substituts plus sûrs et la couche d'ozone se reconstitue. Mais il s'agit d'un processus lent : les CFC restent très longtemps dans l'atmosphère, de sorte que la concentration d'ozone ne devrait pas retrouver son niveau de 1980 avant 2030-2060. Le protocole de Montréal est un bon exemple de l'utilisation par les dirigeants du monde, des informations fournies par les données climatiques satellites, pour fonder un accord international qui protège l'environnement mondial.

## Activité n°1 : POURQUOI LA COUCHE D'OZONE EST-ELLE IMPORTANTE ?

La « story » (Climate From Space) utilisée dans cette activité, présente l'ozone comme un gaz invisible, qui protège la vie sur Terre lorsqu'il se trouve haut dans le ciel, mais qui nuit à la santé des gens lorsqu'il est proche du sol. Les lecteurs expérimentés pourront lire la story eux-mêmes, peut-être en préparation de la leçon. En classe, vous pouvez utiliser le matériel de la story pour compléter le texte.

### Équipement

- Fiche d'information n°1
- Fiche de travail de l'élève n°1
- L'application Web Climate From Space : story "Is Ozone Good or Bad ?" (facultatif)

### Exercice

1. Discutez avec les élèves de la façon différente dont ils se comportent selon les endroits - la classe et la cour de récréation, par exemple. Expliquez-leur qu'ils vont écouter ou lire une histoire sur un gaz qui se comporte comme eux. Ils doivent écouter et chercher des informations sur ce que le gaz fait et où il le fait.
2. Lisez la story de la fiche d'information n°1 à (ou avec) la classe, en faisant des pauses pour vérifier la compréhension aux endroits importants. Vous pouvez illustrer le texte à l'aide d'éléments tirés de la story "Is Ozone Good or Bad ?" de Climate From Space, comme suit :
  - La deuxième image de la galerie sur la diapositive n°2, montre le soleil tel que nous le voyons, et comment il apparaîtrait si nous pouvions voir la lumière ultraviolette.
  - L'animation de la diapositive n°3 montre des mesures d'ozone. Notez que le "trou" apparaît comme une zone irrégulière bleu foncé ou violette (faible concentration). Les cercles à bords vifs, avec la mer en gris, et le continent Antarctique en blanc, représentent des instants et des lieux pour lesquels nous n'avons pas de données (voir le point suivant).
  - La section de la vidéo sur la diapositive n°4 de 0:18 à 0:33, montre comment un satellite collecte des informations sur la Terre entière, durant plusieurs jours, et pourquoi il y a un manque de données aux pôles.
  - La section suivante de cette vidéo (jusqu'à environ 1:20), montre comment l'ozone se déplace sur la planète. Cela peut être utile si les élèves demandent pourquoi les émissions d'ozone posent un problème dans un endroit où peu de gens vivent et où personne n'a besoin d'un réfrigérateur.
  - La première image de la galerie de la diapositive n°5 est une coupe de l'atmosphère montrant l'ozone en bleu. Si vous passez rapidement à l'activité n°3, il est préférable de ne pas montrer cette couleur comme étant celle utilisée pour représenter l'ozone. En effet, cette image correspond à celle utilisée dans l'application web, pour représenter une concentration assez faible.

3. Demandez aux élèves de compléter le tableau de la fiche de travail n°1, individuellement ou en groupe. Ceux qui terminent cette tâche rapidement pourraient faire une ou plusieurs des activités suivantes :
  - Effectuer des calculs supplémentaires.
  - Faire une liste d'autres éléments de la story dont ils se souviennent et/ou de choses sur lesquelles ils veulent poser des questions.
  - Chercher dans le texte des informations sur des questions de compréhension supplémentaires telles que : qu'est-ce qui a créé le trou de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique ? Comment pouvons nous faire pour le réparer ? Comment les satellites mesurent-ils l'ozone dans l'atmosphère ?
4. En classe, vérifiez les idées que les élèves ont inscrites dans le tableau, en discutant de toutes celles supplémentaires, manquantes ou mal placées. Vous pouvez terminer la session en demandant aux élèves de voter pour dire s'ils pensent que l'ozone est « plus bon que mauvais » ou « plus mauvais que bon », et en demandant à certains d'entre eux d'argumenter leur raisonnement.

## Réponses de la feuille de travail

### L'ozone est-il bon ou mauvais ?

	Ozone haut dans l'atmosphère	Ozone à la surface du sol
En quoi ils sont <b>différents</b>	Bon Créé naturellement Nous protège des rayons UV	Mauvais Créé par la pollution Cause des problèmes pulmonaires
Comment ils sont les <b>mêmes</b>	Même gaz Peuvent être mesurés par des satellites	

### Mesure de l'ozone

300 unités Dobson équivalent à une couche d'ozone de 3 mm à la surface de la Terre.

## Activité n°2 : MA CREME SOLAIRE EST-ELLE EFFICACE ?

Une expérience utilisant des perles sensibles aux UV pour examiner la protection offerte par les écrans solaires contre les rayons ultraviolets nocifs.

### Équipement

- des perles sensibles aux UV, de préférence violettes ou roses foncées car elles offrent une gamme de nuances plus claire - 5 ou 6 pour chaque groupe (les différents groupes peuvent avoir des couleurs différentes, mais toutes les perles utilisées par un groupe doivent être de la même couleur),
- Boîtes de Pétri ou autre récipients plats ouverts - un par groupe,
- Torches UV - une par groupe (facultatif)\*,
- Crayons de couleur (de la même couleur que les perles) – une boîte pour chaque élève,
- Une sélection d'écrans solaires avec différents indices ou facteurs de protection solaires (par exemple FPS 20, 30 et 50) et/ou une résistance à l'eau - chaque groupe aura besoin d'une petite quantité d'un type dans un petit récipient (par exemple un petit pot),
- Béchiers d'eau - un par groupe,
- Marqueur permanent fin (type Sharpie) - voir préparation ci-dessous,
- Ficelle et étiquettes autocollantes (facultatif) - voir préparation ci-dessous,
- Des serviettes pour les mains mouillées et pour nettoyer les dégâts éventuels,
- Un exemplaire de la fiche de travail n°2 (2 pages) pour chaque élève, avec éventuellement des exemplaires supplémentaires en cas de renversement.

Les torches UV (lumière noire) vous permettent de réaliser l'expérience à l'intérieur, ou par mauvais temps, et de contrôler la quantité de lumière à laquelle les perles sont exposées. Elles sont généralement de trop faible puissance pour endommager la vue et peuvent donc être utilisées en toute sécurité - mais vérifiez la notice du fabricant et donnez les instructions de sécurité ci-dessous. En plus d'augmenter le coût de l'expérience, elles éloignent encore un peu plus l'expérience de la vie réelle. Il est donc préférable d'utiliser la lumière naturelle dans la mesure du possible.

### Préparation

Chaque groupe devra trouver un moyen de reconnaître chaque perles individuellement. Vous pouvez tracer des segments numérotés sur les supports utilisés, ou enfiler chaque perle avec un morceau de ficelle portant une étiquette autocollante et un numéro, comme le montre la figure 7 dans la section des exemples de résultats ci-dessous. Cette dernière méthode peut faciliter la manipulation des perles par les élèves.

### Santé et sécurité

Si vous travaillez à l'extérieur, assurez-vous que les élèves sont protégés du soleil par des casquettes et de la crème solaire.

Dites aux élèves de ne rien mettre à la bouche - y compris leurs doigts !

Les élèves ne doivent pas regarder directement le soleil ou s'éclairer mutuellement avec des torches UV.

Vérifiez à l'avance si les parents sont au courant des allergies que leur enfant peut avoir à une marque particulière ou à un ingrédient de crème solaire et choisissez, puis attribuez les échantillons en conséquence.

Assurez-vous qu'il y ait du matériel disponible pour réagir à d'éventuels renversements.

## Exercice

1. Distribuez les perles UV et demandez aux élèves de les sortir pour voir ce qui se passe. (Un rebord de fenêtre ensoleillé est parfois suffisant.) Combien de temps faut-il aux perles pour prendre une couleur vive aujourd'hui ?
2. Expliquez que la lumière UV du soleil fait changer la couleur des perles, tout comme elle peut faire foncer ou brûler notre peau (mais beaucoup plus rapidement !). Nous utiliserons les couleurs pour créer une échelle permettant de mesurer la quantité de lumière UV qui atteint un certain endroit. Demandez aux élèves de le faire en suivant les instructions, afin de créer une échelle de couleurs au début de la fiche de travail n°2.1.
3. Décrivez l'expérience : nous allons utiliser ces perles pour comparer différents types de crème solaire. Quelle est leur durée de vie ? Quel type de crème offre la meilleure protection ?
4. Distribuez les pots de crème solaire et les béciers d'eau. Selon l'âge et les capacités des élèves, vous pouvez leur donner les instructions, ou les laisser utiliser les informations figurant au bas de la fiche de travail n°2.1. La ligne vierge est destinée aux élèves qui trouveraient une solution personnelle. (Dans l'exemple de résultats présenté à la figure n°7, la perle n°6 a été recouverte de crème solaire, plongée dans l'eau puis essuyée - ce qui équivaut à utiliser une serviette après la baignade).
5. Pendant que les élèves laissent leur ensemble de perles au soleil, discutez de la manière dont l'expérience modélise des situations de la vie réelle. Demandez-leur de faire l'exercice au bas de la fiche de travail n°2.1, en dessinant des flèches pour associer chaque montage à la description correspondante. Si vous avez le temps, vous pouvez également discuter de la notion de témoin.
6. Lorsque les perles sont restées suffisamment longtemps au soleil - le temps que la perle 1 devienne aussi foncée que possible est un bon repère - demandez aux élèves d'évaluer la couleur de chaque perle et de la noter dans le tableau des résultats de la fiche de travail n°2.2. Ils peuvent alors suivre les instructions de la fiche de travail pour écrire une conclusion. Vous pouvez lancer une discussion sur ce que signifie « une crème solaire fonctionne bien ».
7. Combinez les groupes, ou recueillez les résultats de l'ensemble de la classe, afin que les élèves puissent comparer leurs résultats avec ceux obtenus par d'autres groupes utilisant un écran solaire différent. Demandez pourquoi il est important de comparer des perles qui ont été traitées de la même manière

lorsque vous remplissez le deuxième tableau. Vous pouvez demander aux élèves de faire un graphique avec leurs résultats et/ou des résultats combinés montrant le FPS en fonction d'un nombre sur une échelle de couleur.

- La dernière section de la fiche de travail n°2.2 comprend des questions qui peuvent servir de base à une discussion en classe. Vous pouvez évaluer l'apprentissage en demandant aux élèves de produire une brochure sur la sécurité solaire, qui utilise les résultats de leur enquête pour aider les gens à choisir la bonne crème solaire et explique comment bien s'en servir.

## Exemples de résultats

### Réalisation d'une échelle de couleurs

Vous trouverez un exemple d'échelle de couleurs complétée sur la fiche de travail de l'élève n°2.1.

### Mise en place de votre expérience

Perle	Ce qu'il faut lui faire	Cette perle est comme ...
1	Rien (c'est le <b>témoin</b> )	moi lorsque je suis assis à l'extérieur depuis un certain temps (la crème solaire a un peu disparu)
2	Couvrez-la de crème solaire	moi sans écran solaire
3	Couvrez-la de crème solaire, plongez-la dans l'eau pendant une seconde.	moi après une baignade
4	Couvrez-la de crème solaire, plongez-la dans l'eau pendant 5 secondes.	moi quand je cours au soleil (je transpire beaucoup !)
5	Couvrez-la de crème solaire, faites-la tourner dans l'eau pendant 5 secondes.	moi avec de la crème solaire
6	Description par les élèves de ce qu'ils ont fait	Description par les élèves de ce que leurs actions représentent

### Résultats

Les résultats ci-dessous ont été obtenus en utilisant des billes UV violettes exposées à la lumière d'une torche UV pendant environ 30 s. (Les billes peuvent mettre plusieurs minutes à développer des couleurs similaires sous un soleil faible). La crème solaire utilisée était de FPS 15 et nominalement imperméable. La perle 6 a

été recouverte de crème solaire, plongée dans l'eau, puis essuyée - ce qui équivaut à utiliser une serviette après la baignade.

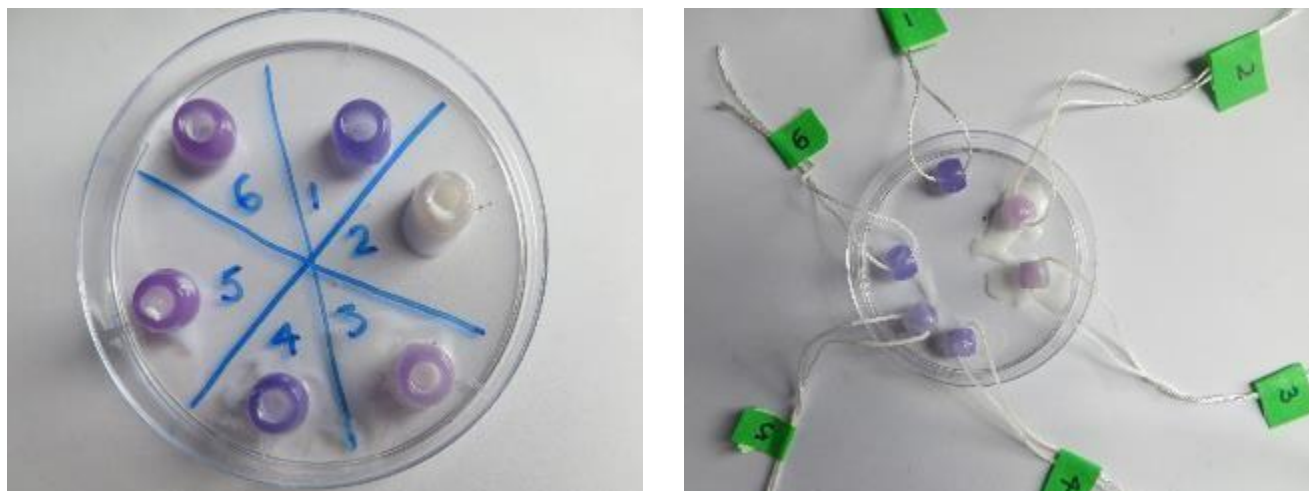


Figure 7 : Deux méthodes différentes pour marquer les billes sensibles aux UV (Source : ESA CCI)

Perle	Ce que nous lui avons fait	Numéro de la couleur
1	Rien (c'est le <b>témoin</b> )	10
2	Je l'ai recouverte de crème solaire	2
3	Recouverte de crème solaire et plongé dans l'eau pendant 1 seconde.	4
4	Je l'ai recouverte de crème solaire et plongé dans l'eau pendant 5 secondes.	5
5	Je l'ai recouverte de crème solaire, je l'ai remuée dans l'eau pendant 5 secondes.	6
6	Je l'ai recouverte de crème solaire, je l'ai remuée dans l'eau pendant 5 secondes et je l'ai essuyée.	8

### Conclusion

Les réponses à ces questions dépendront des critères des élèves quant à la notion de " bon fonctionnement ".

Une mesure raisonnable serait que les perles 4 et 5 aient un nombre relativement faible, car cela indique que la crème solaire offre probablement une protection après un certain temps et une "baignade".

En discutant de ces conclusions, il convient de souligner la nécessité de réappliquer régulièrement de la crème solaire et que cela est encore plus important si vous avez été actif ou si vous avez nagé.

Les élèves voudront peut-être réaliser une expérience supplémentaire pour tester la durée de la protection : réexposer les billes et noter la couleur à des intervalles d'une heure, par exemple, sans appliquer de crème solaire supplémentaire. Lorsque vous

discutez des résultats d'une telle expérience, n'oubliez pas que les billes ne sont pas aussi poreuses que la peau.

### **Comparaison des FPS**

Les résultats présentés comparent la perle 4 avec trois crèmes différentes. Ils montrent qu'un FPS plus élevé offre une meilleure protection, mais il ne semble pas y avoir de différence entre le FPS 30 et le FPS 50.

<b>FPS</b>	<b>Nombre de couleurs</b>
15	5
30	4
50	4

Bien sûr, si seulement trois types d'écrans solaires sont utilisés, il est probable que chacun d'entre eux ait été testé par plusieurs groupes. Le calcul de la moyenne des résultats obtenus par tous les groupes utilisant le FPS 15, tous les groupes utilisant le FPS 30 et tous les groupes utilisant le FPS 50 est susceptible d'éliminer ce type de problème.

Néanmoins, la discussion des raisons potentielles de cet écart (différentes quantités de crème solaire appliquées par différents groupes, différentes manières de mesurer 5 secondes, variation de l'échelle de couleurs entre les groupes, ou différentes perles) peut conduire à une évaluation fructueuse de la méthode utilisée, et à des suggestions pour améliorer l'expérience à l'avenir.



## Activité n°3 : LE TROU DE LA COUCHE D'OZONE

Dans cette activité, les élèves utilisent l'application Web Climate From Space, pour étudier les mesures satellites de l'ozone, à travers le monde, au fil du temps, et examiner les changements dans le trou de la couche d'ozone de l'Antarctique, au cours des deux dernières décennies.

### Équipement

- Accès à Internet
- Application Web Climate From Space
- Fiche de travail de l'élève n°3
- Fiche d'information n°3 en couleur (on peut en utiliser une pour deux élèves)
- Logiciel de présentation comme PowerPoint

### Exercice

1. Révisez le rôle de l'ozone dans l'atmosphère. Pour ce faire, vous pouvez interroger les élèves sur les connaissances acquises lors des activités précédentes.  
Vous pouvez visionner la vidéo de l'ESA, *Monitoring Ozone* (2:38 - voir Liens), mais sachez qu'elle ne comporte pas de commentaire et qu'elle présente des sous-titres qui peuvent la rendre inappropriée pour les plus jeunes élèves ou ceux ayant des difficultés.

2. Demandez aux élèves d'ouvrir l'application Web Climate From Space et de sélectionner le menu « Couche de données » puis « ozone ». Discutez de la signification des couleurs dans la visualisation : le bleu signifie moins d'ozone, l'orange signifie plus d'ozone (voir figure n°8). Notez que cette échelle de couleurs est légèrement différente de celle utilisée dans les images de la fiche d'information n°3.  
Vous pouvez également introduire l'unité Dobson si les élèves ne l'ont pas rencontrée dans l'activité n°1.
3. Donnez aux élèves le temps d'explorer les données sur l'ozone. L'application Web Climate From Space est assez explicite, mais vous pouvez afficher la couche de données dont ils ont besoin et/ou faire une démonstration des commandes.
4. Demandez aux élèves de répondre aux questions de la fiche de travail n°3, en utilisant les informations de l'application Web et/ou de la fiche d'information n°3. Ils peuvent également avoir besoin de se référer à une carte ou à un atlas en ligne, pour pouvoir identifier/nommer les endroits où les concentrations d'ozone sont élevées et ceux où elles sont faibles.
5. Attribuez à chaque élève ou paire d'élèves l'une des questions figurant à la fin de la fiche de travail n°3.1 pour qu'ils fassent des recherches en ligne. Vous pouvez également laisser les élèves choisir l'une de ces questions ou une question similaire de leur choix.  
Ils peuvent effectuer leurs recherches en classe, ou comme devoir à la maison.
6. Demandez aux élèves de présenter leurs résultats au reste de la classe, à l'aide d'une seule diapositive, et/ou d'une quantité limitée de texte - disons cent mots.

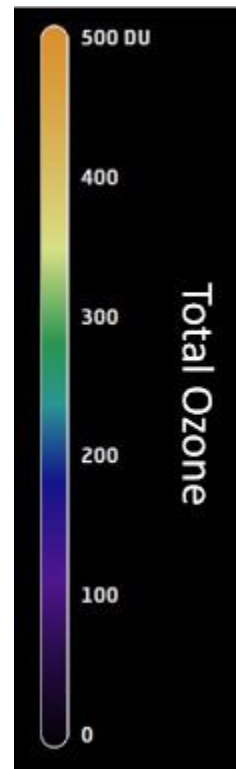


Figure 8 : Échelle de couleurs de l'ozone total (Source : ESA CCI)

FEUILLE D'ACTIVITE n°1 Figure 8 : Échelle de couleurs de l'ozone total (Source : ESA CCI)

## Réponses de la feuille de travail

### Niveaux d'ozone dans le monde

Il existe de nombreuses réponses possibles mais quelques exemples sont donnés ci-dessous.

**Concentrations élevées d'ozone** : Avril 1998, Europe, > 400 DU ; mars 2001, Japon, > 400 DU ; mars 2007, Alaska, > 400 DU

**Faibles concentrations d'ozone** : Octobre 1997, Antarctique, < 100 DU ; décembre 2001, océan Pacifique, 100 DU ; novembre 2011, Antarctique, 100 DU.

### L'ozone en Antarctique

Le trou d'ozone de l'Antarctique a été le plus important à la fin des années 1990 et au début des années 2000.

Les observations montrent une reprise continue à partir de 2010 environ.

### Pour en savoir plus

Les élèves peuvent prendre les questions proposées dans différentes directions ou développer leurs propres questions de recherche. Les notes ci-dessous comprennent quelques points clés et un point de départ pour les élèves lorsqu'ils sont bloqués par l'une des questions proposées.

- **Y a-t-il un trou dans la couche d'ozone au-dessus du pôle Nord ?**  
Un trou dans la couche d'ozone au-dessus du pôle Nord n'est pas très fréquent. Cependant, les données satellites ont montré une réduction inhabituelle des niveaux d'ozone au-dessus de l'Arctique en mars 2020, après un hiver où l'air froid a été piégé dans un "vortex polaire". Voir, par exemple : [http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Unusual\\_ozone\\_hole\\_opens\\_over\\_the\\_Arctic](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Unusual_ozone_hole_opens_over_the_Arctic).
- **Que sont les CFC ?**  
Les CFC sont des chlorofluorocarbones : un groupe de produits chimiques, non toxiques et ininflammables, contenant des atomes de carbone, de chlore et de fluor. Ils sont utilisés dans la fabrication de sprays aérosols, d'agents gonflants pour les mousses et les matériaux d'emballage, comme solvants et comme réfrigérants. Voir, par exemple : <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/hats/publicitn/elkins/cfcs.html>
- **Qu'est-ce que le protocole de Montréal ?**  
Le protocole de Montréal est un traité international dans lequel il a été convenu d'éliminer progressivement l'utilisation de substances (principalement des CFC) responsables de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Voir, par exemple : [https://www.fr.m.wikipedia.org/wiki/Protocole\\_de\\_Montr%C3%A9al](https://www.fr.m.wikipedia.org/wiki/Protocole_de_Montr%C3%A9al)
- **Quels satellites de l'ESA sont équipés d'instruments permettant de mesurer l'ozone ?**

<i>Satellite</i>	<i>Instrument</i>	<i>Date de lancement</i>
ERS-2	GOME	1995
Envisat	MIPAS	2002
Envisat	GOMOS	2002
Envisat	SCIAMACHY	2002
Sentinel-5	TROPOMI	2017

## Feuille d'activité n°1 : POURQUOI L'OZONE EST IMPORTANT ?

L'ozone est-il bon ou mauvais ?

Utilisez les idées de l'histoire pour remplir le tableau.

	Ozone haut dans l'atmosphère	Ozone à la surface du sol
En quoi sont-ils <b>différents</b>		
En quoi sont-ils <b>identiques</b>		

### Mesure de l'ozone

L'ozone est mesuré en **unités Dobson**. Une unité Dobson correspond à une couche d'ozone d'une épaisseur de  $\frac{1}{100}$  mm d'épaisseur à la surface de la Terre. La concentration moyenne d'ozone dans l'atmosphère est de 300 unités Dobson. Si tout cet ozone se trouvait à la surface de la Terre, quelle épaisseur de couche ferait-il ?

---



---



---

## Feuille d'activité n°2 : MA CREME SOLAIRE EST ELLE EFFICACE ?

### Ce dont vous avez besoin

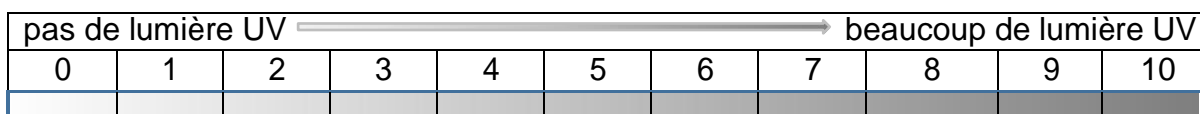
- 6 perles sensibles aux UV
- Écran solaire
- Un béccher d'eau
- Une échelle de couleurs

### Réaliser une échelle de couleurs

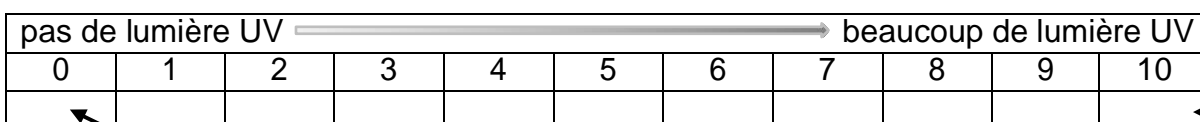
Vous avez besoin d'une échelle comme celle-ci pour pouvoir comparer la couleur de vos perles.

### Santé et sécurité

- Mettez un chapeau et de la crème solaire, si vous sortez par une journée ensoleillée.
- Ne goûtez rien. Gardez vos mains loin de votre bouche.
- Lavez vous les mains lorsque vous avez fini d'appliquer la crème solaire.
- Ne regarder pas directement le soleil.



Coloriez cette case avec la couleur la plus foncée de votre perle.



Laissez cette case blanche pour montrer la couleur de la perle lorsqu'elle est restée dans le noir ou à l'intérieur pendant un certain temps. Nuancez les cases intermédiaires du clair au foncé pour créer votre échelle.

### Mise en place de votre expérience

Tracez des flèches de chaque perle vers la case qui décrit le mieux ce qu'elle représente.

La flèche pour la perle 3 a été faite pour vous montrer.

Perle	Ce qu'il faut en faire	Cette perle est comme ...
1	Rien (c'est le <b>contrôle</b> )	moi lorsque je suis assis à l'extérieur depuis un certain temps (la crème solaire a un peu disparu)
2	Couvrez-la de crème solaire	moi sans écran solaire
3	Couvrez-la de crème solaire, plongez-la dans l'eau pendant une seconde.	moi après une baignade
4	Couvrez-la de crème solaire, plongez-la dans l'eau pendant 5 secondes.	moi quand je cours au soleil (je transpire beaucoup !)
5	Couvrez-la de crème solaire, faites-la tourner dans l'eau pendant 5 secondes.	moi avec de la crème solaire
6		

## Résultats

Quelle crème solaire avez-vous utilisée ? FPS \_\_\_\_\_ Type \_\_\_\_\_

Perle	Ce que nous en avons fait	Numéro de la couleur
1	Rien (c'est le <b>contrôle</b> )	
2	Je l'ai recouverte de crème solaire.	
3	Je l'ai recouverte de crème solaire, puis plongée dans l'eau pendant 1 seconde.	
4	Je l'ai recouverte de crème solaire, puis plongée dans l'eau pendant 5 secondes.	
5	Je l'ai recouverte de crème solaire, puis faite tourner dans l'eau pendant 5 secondes.	
6		

## Conclusion

Pensez-vous que la crème solaire que vous avez testée a bien fonctionné ?

---

Pourquoi pensez-vous cela ?

---



---

## Comparaison des FPS

Comparez maintenant vos résultats avec ceux des autres groupes. Vous devez vous assurer que vous utilisez les résultats des perles qui ont été traitées de la même manière.

Nous comparons les résultats pour la perle numéro\_\_\_\_\_.

Inscrivez les FPS et les numéros de couleur dans ce tableau.

Que vous apprend ce tableau sur le FPS d'un flacon de crème solaire ?

---

Certains de ces résultats vous surprennent-ils ? Pourquoi (ou pourquoi pas) ?

---



---



---

FPS	Noméro de la couleur



## Fiche d'activité n°3 : LE TROU DE LA COUCHE D'OZONE

Ouvrez l'application Web Climate From Space (<http://cfs.climate.esa.int>).

Cliquez sur le Menu « couches de données » (en haut à droite) puis choisissez Ozone dans la liste.

Repassez l'animation plusieurs fois pour vérifier que vous comprenez comment les commandes à l'écran vous aident à regarder plus précisément des endroits ou des moments particuliers.

### Niveaux d'ozone dans le monde

La quantité d'ozone dans l'atmosphère change au fil du temps et est différente selon les endroits.

Parcourez l'animation et déplacez-vous autour du globe jusqu'à ce que vous trouviez un lieu et une époque où le niveau d'ozone était très élevé.

Date \_\_\_\_\_

Lieu \_\_\_\_\_

Estimation de l'ozone total \_\_\_\_\_ Unités Dobson

Cherchez maintenant un lieu et un moment où le niveau d'ozone était très bas.

Date \_\_\_\_\_ Lieu \_\_\_\_\_

Estimation de l'ozone total \_\_\_\_\_ Unités Dobson

### L'ozone en Antarctique

Dans les années 1980, les scientifiques ont découvert que l'atmosphère au-dessus de l'Antarctique contenait très peu d'ozone. Les images de la fiche d'information n°3, montrent les niveaux d'ozone à cet endroit, entre 1996 et 2012. Utilisez ces données et/ou l'application Web Climate From Space pour découvrir quand le trou d'ozone de l'Antarctique :

était le plus grand \_\_\_\_\_

a commencé à se rétablir \_\_\_\_\_

### Pour en savoir plus

Utilisez Internet pour faire des recherches sur l'ozone dans l'atmosphère.

Vous pourriez chercher les réponses à une ou plusieurs de ces questions :

- Y a-t-il un trou dans la couche d'ozone au-dessus du pôle Nord ?
- Que sont les CFC ?
- Qu'est-ce que le protocole de Montréal ?

- Quels satellites de l'ESA sont équipés d'instruments permettant de mesurer l'ozone ?

Soyez prêts à présenter vos résultats aux autres élèves de la classe.

## Fiche d'information n°1 : L'OZONE EST-IL BON OU MAUVAIS ?

Ben vit avec ses parents dans une ferme en Australie. Tous les matins, à quatre heures, ses parents se lèvent pour aller traire les vaches pendant qu'il fait encore frais dehors. Le bus qui emmène Ben à l'école ne passe pas le prendre avant huit heures, ce qui lui permet de faire la grasse matinée. Il n'a pas besoin de ses parents ou d'une alarme pour se réveiller. Le soleil qui brille dans sa chambre suffit. Après le petit-déjeuner, Ben court dehors pour attendre le bus.

Sa mère est dans la cour. "Tu as mis de la crème solaire ?", crie-t-elle.

Agacé, Ben répond : "Oui, maman !".

Mais il ment.

Quand Ben rentre à la maison cet après-midi-là, il pleure. "J'ai mal au visage!", dit-il. Il a un coup de soleil.

Sa mère est compréhensive, mais elle est aussi en colère. "As-tu mis de la crème solaire ce matin ?" demande-t-elle fermement.

"Non, je ne l'ai pas fait", admet Ben.

À l'heure du dîner, son visage est encore rouge et douloureux, alors il décide de chercher comment le soleil a brûlé sa peau.

Il s'avère qu'il existe un type de lumière solaire que nous ne pouvons pas voir avec nos yeux mais qui est très forte - suffisamment forte pour nous brûler. On l'appelle la lumière ultraviolette, ou UV en abrégé.

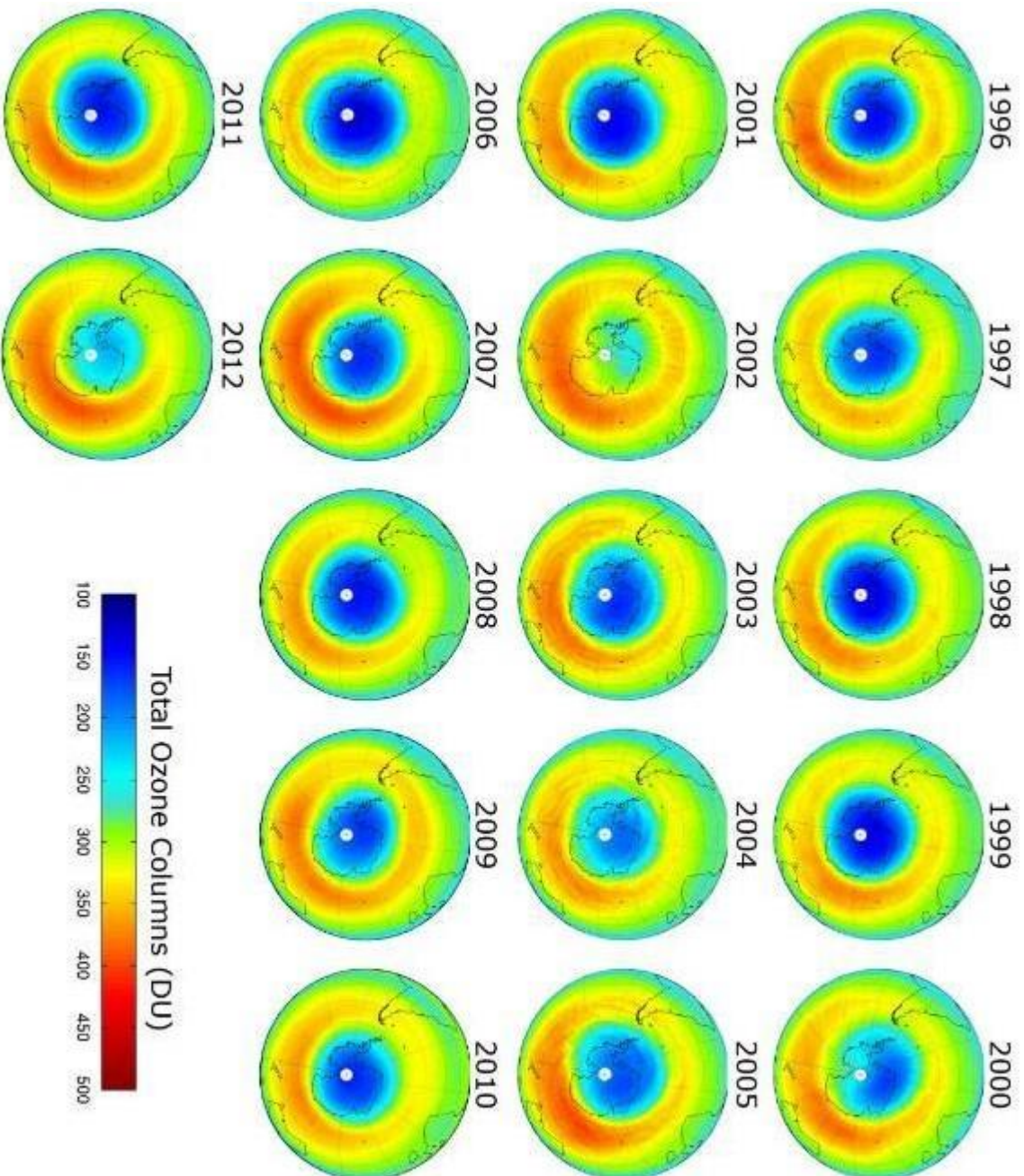
L'atmosphère autour de notre planète contient un gaz appelé ozone. Une couche d'ozone située en altitude absorbe les rayons ultraviolets et les transforme en chaleur, nous protégeant ainsi des effets les plus nocifs des rayons ultraviolets. Cependant, Ben découvre également que la pollution atmosphérique crée de l'ozone plus bas dans l'atmosphère. Lorsque l'ozone est proche du sol, il ne nous protège pas. En fait, il peut même endommager nos poumons.

Il y a cent ans, les gens ont commencé à utiliser des gaz appelés CFC dans les réfrigérateurs et les bombes aérosols. Mais les satellites ont alors montré qu'il y avait un trou dans la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique, et les scientifiques ont réalisé que les CFC détruisaient l'ozone. Les dirigeants de tous les pays du monde, ont été choqués par cette nouvelle et ont décidé de ne plus utiliser ces gaz. Mais les CFC ont une longue durée de vie, et même si le trou s'est réduit depuis l'an 2000, il faudra encore de nombreuses années pour le refermer.

Ben est curieux au sujet des satellites. Comment voient-ils l'ozone ? Il découvre que certains satellites sont équipés de caméras ultraviolettes capables de mesurer la quantité d'ozone dans le ciel et l'altitude à laquelle il se trouve. Ces caméras peuvent faire la différence entre le " bon " et le " mauvais " ozone.

Maintenant que Ben connaît le trou dans la couche d'ozone, il n'oubliera plus jamais de mettre de la crème solaire.

## Fiche d'information n°2 : LE TROU DE LA COUCHE D'OZONE



(Source : BIRA/IASB)

FICHE D'INFORMATION n°2 (Source : BIRA/IASB)

FICHE D'INFORMATION n°2

## Liens

### Ressources de l'ASE

L'application Web Climate from Space

<https://cfs.climate.esa.int>

Climat pour les écoles

<https://climate.esa.int/educate/climate-for-schools/>

Enseigner avec l'espace

[http://www.esa.int/Education/Teachers\\_Corner/Teach\\_with\\_space3](http://www.esa.int/Education/Teachers_Corner/Teach_with_space3)

Vidéo sur la surveillance de l'ozone

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Videos/2017/11/Monitoring\\_ozone](http://www.esa.int/ESA_Multimedia/Videos/2017/11/Monitoring_ozone)

### Projets spatiaux de l'ESA

Bureau du climat de l'ESA

<https://climate.esa.int/>

Depuis l'espace pour notre climat

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Space\\_for\\_our\\_climate](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Space_for_our_climate)

Les missions d'observation de la Terre de l'ESA

[www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/ESA\\_for\\_Earth](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/ESA_for_Earth)

Explorateurs de la Terre

[http://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/The\\_Living\\_Planet\\_Programme/Earth\\_Explorers](http://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/The_Living_Planet_Programme/Earth_Explorers)

Sentinelles de Copernic

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Overview4](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Overview4)

Copernicus Sentinel-5P - TROPOMI

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Copernicus\\_Sentinel-5P\\_ozone\\_boosts\\_daily\\_forecasts](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Copernicus_Sentinel-5P_ozone_boosts_daily_forecasts)

### Informations supplémentaires

Le trou de la couche d'ozone va se refermer

[https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Ozone\\_hole\\_set\\_to\\_close](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-5P/Ozone_hole_set_to_close)

Vidéos de la Terre vue depuis l'espace

[http://www.esa.int/ESA\\_Multimedia/Sets/Earth\\_from\\_Space\\_programme](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](https://www.esa.int/kids/en/learn/Earth/Climate_change/Climate_change)

## Annexe : LE SAVIEZ-VOUS ?

Voici une sélection de faits intéressants, liés au même sujet, que vous pouvez utiliser de diverses manières. Vous pouvez introduire une leçon avec l'un d'entre eux, trouver des cartes à superposer sur celles des travaux de présentation des élèves, choisir un point pour lancer une discussion, utiliser des affirmations dans un quiz vrai/faux ...

- L'atmosphère contient un certain nombre de gaz à effet de serre entièrement d'origine humaine.
- L'ozone troposphérique est le principal composant du smog, qui résulte des réactions chimiques entre les gaz polluants d'origine humaine avec les gaz naturellement présents dans l'air.
- En 1920, Gordon Dobson, un chercheur de l'université d'Oxford, a été le premier à construire un instrument permettant de mesurer depuis le sol, la concentration d'ozone.
- Nous avons besoin d'un peu de lumière ultraviolette pour rester en bonne santé : notre corps l'utilise pour produire de la vitamine D.
- Les UVB sont plus nocifs que les UVA.
- Les écrans solaires ont différents facteurs de protection solaire (FPS), mais il faut veiller à en acheter un qui vous protège des UVA et des UVB.
- La couche d'ozone absorbe tous les UVC du Soleil qui atteignent notre planète, mais les torches de soudage en génèrent sur Terre.
- De nombreux satellites d'observation de la Terre, sont placés sur des orbites telles, qu'ils ne peuvent pas prendre de mesures directement au-dessus du pôle Nord ou Sud, mais ils peuvent "voir" partout ailleurs sur la Terre.