

teach with space

→ ÉTUDIER LA NEIGE

Mini-étude de cas pour Climate Detectives



→ ÉTUDIER LA NEIGE

Mini-étude de cas pour Climate Detectives

EN BREF

Thèmes : sciences ; biologie ; chimie, sciences de la Terre

Tranche d'âge : 12 à 17 ans

Type : activité de projet

Mots clés : neige ; changement climatique ; cryosphère ; observation de la Terre ; sciences ; biologie

OBJECTIFS D'APPRENTISSAGE

- Être capable d'effectuer un travail scientifique : collecter des données, faire des observations minutieuses, rechercher des tendances et des corrélations
- Acquérir des connaissances sur la neige et ses caractéristiques
- Comprendre le lien entre la couverture neigeuse et le changement climatique
- Identifier les conséquences des changements de la couverture neigeuse
- Comprendre comment on peut utiliser les satellites d'observation de la Terre pour suivre l'évolution de la couverture neigeuse et des épisodes neigeux pendant plusieurs années

Aperçu

Les mini-études de cas pour Climate Detectives visent à aider les professeurs à définir le sujet sur lequel se penchera leur équipe de « détectives du climat » et à les guider au cours des diverses phases du projet. Les professeurs y trouveront des idées pour les types de données que les élèves pourraient collecter et analyser. Ces suggestions ne sont pas exhaustives et les professeurs peuvent décider eux-mêmes de se concentrer sur un sujet particulier dans un domaine de recherche donné. La mini-étude de cas est à utiliser conjointement avec le [guide du professeur](#) et non de manière autonome.

Cette étude de cas est consacrée au sujet suivant : **La neige et le Climat**. Les élèves étudieront les liens entre les épisodes neigeux, la couverture neigeuse et le changement climatique.

À propos de Climate Detectives

Climate Detectives est un projet éducatif géré par l'Agence spatiale européenne (ESA) en collaboration avec les bureaux nationaux de l'ESERO (European Space Education Resource Office) dans toute l'Europe. En France, ce projet est coordonné par le CNES (Centre National d'Etudes Spatiales) dans le cadre du bureau ESERO France (<https://esero.fr/projets/climate-detectives/>).

Dans le cadre de ce projet, les élèves joueront le rôle de « détectives du climat » tout en étudiant l'environnement de la Terre. À cet effet, ils identifieront un problème climatique local, l'étudieront à l'aide d'images satellite réelles ou de leurs propres mesures au sol et, enfin, proposeront des actions pour contribuer à atténuer ou à surveiller le problème.



DÉBUT

La question correspond-elle à la thématique étudiée ?

Oui, les thèmes de la neige et de la couverture neigeuse sont pertinents dans le contexte du climat et du changement climatique

La question est-elle axée sur un seul problème ?

Oui. Elle porte sur la couverture neigeuse et la durée de la saison de neige.

La question est-elle trop large ou trop restreinte ?

Non, car la principale question porte sur la comparaison de la durée de la couverture neigeuse sur quelques années, et il est possible d'élargir le sujet avec d'autres questions de recherche.

La question est-elle claire et concise ?

Oui. Elle est clairement définie et peut être vérifiée à l'école.

Oui. Les données sur la couverture neigeuse mondiale et nationale et la situation de la neige sont disponibles gratuitement et il existe plusieurs options pour le recueil de données primaires, en fonction du temps et des ressources disponibles.

La question est-elle réalisable (délai, accès aux ressources, capacité des élèves) ?

Non. Elle implique la recherche et l'interprétation de données et l'utilisation de données de surveillance issues de l'observation de la Terre.

La réponse à cette question est-elle difficile à obtenir ?

Sujet : La neige et le climat

Question de recherche

L'hiver dernier, combien de temps la couverture neigeuse a-t-elle duré dans votre région (ou une région de votre pays ou connue en Europe par exemple) ? La comparaison entre plusieurs années fait-elle apparaître des différences ?

Question de recherche supplémentaire

Pour les plus jeunes :

Sans son traîneau magique, jusqu'où et à quelle distance de votre maison le Père Noël aurait-il pu se rapprocher à Noël dernier ?

Les équipes des régions dépourvues de neige pourraient étudier l'évolution de la couverture neigeuse à l'échelle mondiale et tenter de répondre à la question :

Quels pourraient être les impacts d'un hiver sans neige (hausse des températures, effets sur les ressources en eau, les masses d'eau et la biodiversité, impacts socio-économiques) ?

A – Introduction au sujet

« Le manteau neigeux saisonnier est la principale composante individuelle de la cryosphère (*), couvrant 50 % de la surface terrestre de l'hémisphère nord au milieu de l'hiver, et il joue un rôle important dans le système climatique. (...) La neige est aussi une source d'eau douce majeure, voire majoritaire, dans de nombreuses régions alpines, de haute et moyenne latitude [et] contribue largement au cycle global de l'eau. » [ESA CCI Snow Project \[projet sur la neige au titre de l'Initiative sur le changement climatique \(ICC\) de l'ESA\]](#)

(*) La cryosphère désigne toutes les portions de la surface de la Terre où l'eau est présente à l'état solide, sous forme de neige ou de glace. La cryosphère englobe la neige, la glace de mer, la glace de lac et de rivière, les glaciers, le pergélisol, les icebergs, les calottes glaciaires, les inlandsis et les plateformes glaciaires.

Informations générales

Selon l'Agence européenne pour l'environnement, sur la période 1967-2015, l'étendue de la couverture neigeuse en Europe a diminué de 13 % en moyenne en mars et avril, et de 76 % en juin (1), les changements les plus significatifs étant observés en été. La couverture neigeuse est la surface terrestre recouverte de neige à un moment donné. Elle est très sensible aux changements de température et de précipitations. Elle refroidit le climat, car elle réfléchit efficacement le rayonnement solaire, c'est-à-dire qu'elle présente un albédo (réflectivité) élevé. Compte tenu de son impact sur le climat de la Terre, la couverture neigeuse est considérée comme une variable climatique essentielle (VCE) par le [Système mondial d'observation du climat](#) (GCOS). Les professeurs peuvent aborder le thème de l'albédo avec [ce jeu](#) de l'Initiative sur le changement climatique (ICC) de l'ESA.

Les ressources suivantes peuvent aussi être utilisées pour familiariser les élèves avec le concept d'albédo :

- La glace est en train de fondre (Enseignement cycles 2 et 3 : documents [professeur](#) et [élève](#))
- L'effet de serre et ses conséquences (Enseignement [cycles 2 et 3](#) ou [cycle 4](#))

Ressources supplémentaires à utiliser pour en savoir plus :

- [Météo ou climat?](#) (Enseignement cycles 2 et 3)
- [La banquise vue de l'espace](#) (Enseignement cycle 4)
- [Un passage s'ouvre ! Glace arctique et changement climatique](#) (Enseignement cycle 4)
- Prendre le pouls de la planète (Enseignement [cycle 3](#) ou [cycle 4](#))

Susciter l'intérêt des élèves

Pour lancer la discussion en classe et solliciter les connaissances préalables des élèves sur le sujet, les questions simples suivantes peuvent être abordées :

- **Qu'est-ce que la neige ?**
La neige est composée de cristaux de glace qui se forment lorsque la vapeur d'eau gèle. Quand ils deviennent suffisamment lourds, les cristaux tombent sous forme de flocons de neige. La neige n'est pas une précipitation composée de pluie gelée comme le grésil.
- **Est-il vrai qu'il n'y a pas deux flocons de neige identiques ?**
Les flocons de neige ont tous une forme différente parce qu'ils suivent une trajectoire distincte, tourbillonnante, jusqu'au sol. Il existe seulement une infime possibilité de similitude. Comme il y a un nombre incalculable de flocons de neige, il est difficile de tous les vérifier ! Le physicien Kenneth Libbrecht, du California Institute of Technology, a montré que les flocons de neige peuvent également créer des jumeaux. Voir [ce site](#) pour plus d'informations.
- **Combien de molécules y a-t-il dans un flocon de neige ?**
Même si un flocon de neige ne compte au départ que six molécules d'eau, le plus petit d'entre eux finit généralement par contenir 1 000 000 000 000 000 000 molécules d'eau.

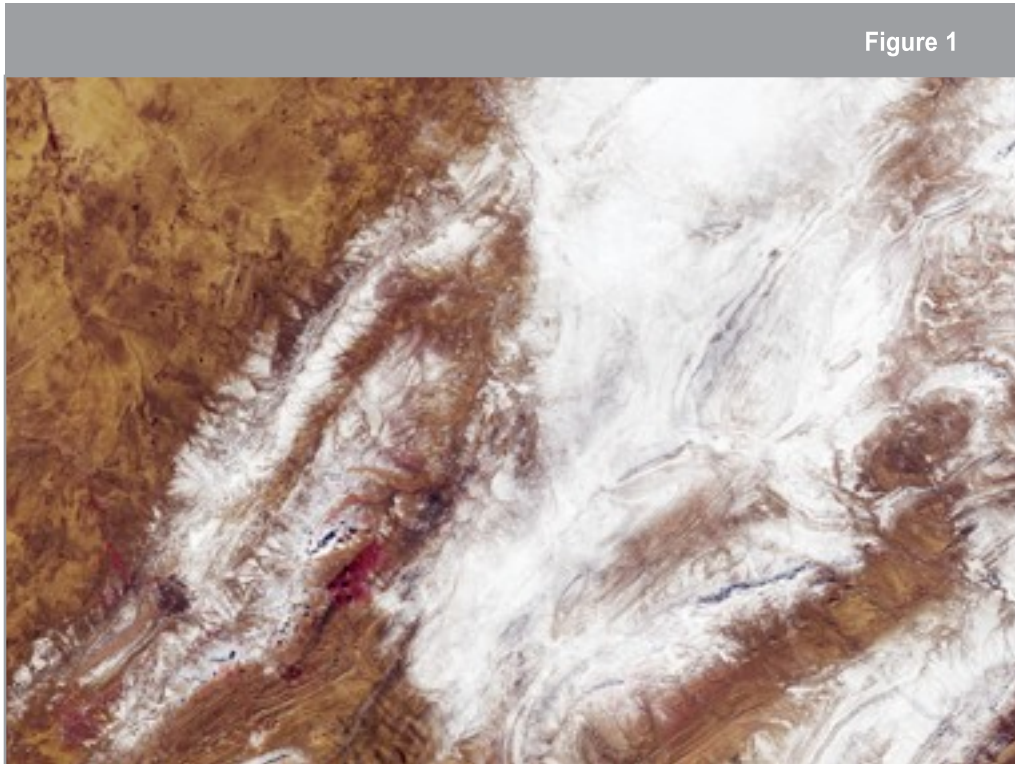
(1) https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/snow-cover-3/assessment/#_edn1

- **Quelle est la densité de la neige ?**

La densité de l'eau est de 1 kg/litre, mais celle de la neige est très variable. En cas de gel sévère et en l'absence de vent, les flocons de neige peuvent être très légers (0,05 kg/litre), mais lorsque les températures sont plus chaudes et le vent fort, la neige peut être très humide et donc lourde (0,8 kg/litre).

- **Où peut-on trouver de la neige ?**

Bien que la neige soit associée aux latitudes élevées, elle tombe partout dans le monde, même près de l'équateur, à haute altitude. Il peut même y en avoir dans le [désert du Sahara](#).



↑ [Le satellite Sentinel-2A](#) s'est trouvé au bon endroit au bon moment pour observer une rare chute de neige dans le désert du Sahara. Cette [image](#) contient des données Copernicus Sentinel data (2018), modifiées, traitées par l'ESA, CC BY-SA 3.0 IGO.

- **Pourquoi la neige est-elle importante ?**

La neige joue un rôle majeur dans le climat de la Terre : comme elle est blanche, elle réfléchit la quasi-totalité de la chaleur du soleil vers l'espace, l'empêchant ainsi de réchauffer la planète. En l'absence de couverture neigeuse, le sol absorbe quatre à six fois plus de rayonnement solaire. À une échelle plus locale, la couverture neigeuse est importante pour de nombreuses plantes et animaux. Elle a également un impact sur l'approvisionnement en eau, la production d'énergie hydroélectrique et les économies locales.

L'activité pratique suivante peut être réalisée pour susciter l'intérêt des élèves :

→ **Activité 1 – Faire soi-même de la neige**

Lieu : intérieur/ salle de classe ordinaire

Matériel : mousse à raser, bicarbonate de soude, farine de maïs ou de pomme de terre, bols, cuillère, cuillère à soupe, colorant alimentaire (facultatif).

1. Versez 2 cuillères à soupe de farine de maïs ou de pomme de terre dans le premier bol. Ajoutez à peu près la même quantité de mousse à raser.
2. Versez 2 cuillères à soupe de bicarbonate de soude dans le bol numéro deux. Ajoutez à peu près la même quantité de mousse à raser.

3. Remuez les ingrédients dans chaque bol à l'aide d'une cuillère. Une fois qu'ils sont bien mélangés, manipulez les mélanges avec vos mains. Lequel ressemble le plus à de la neige ?

Informations supplémentaires : La neige peut avoir différents aspects. Par exemple, elle peut être mouillée ou sèche. Les deux variantes obtenues dans cette expérience ressemblent davantage à de la neige mouillée, bien qu'avec la farine de maïs, la neige sera un peu plus ferme et moins floconneuse. On parle de neige mouillée ou fondue lorsque la température de l'air près de la surface est supérieure à zéro. Les flocons de neige fondent alors partiellement avant d'atteindre la surface. La neige humide est plus collante que la neige sèche, et permet donc de faire plus facilement des boules de neige. La neige sèche est poudreuse, plus floconneuse, et elle ne colle pas. Elle est observée lorsque la température de l'air est inférieure à zéro. La neige sèche est légère et facile à manipuler, mais par grand vent, elle peut nuire à la visibilité.

Cette expérience peut servir à engager un débat sur la dépendance croissante des stations de ski à l'égard de la neige artificielle et sur l'impact économique des changements concernant la neige. Les élèves peuvent aussi discuter de l'impact écologique de la neige artificielle et de son incidence sur le changement climatique : *Quel est le bilan énergétique et en CO2 de la neige artificielle ?* [Cette image](#) des pistes de ski sans neige prise depuis l'espace peut être utilisée pour lancer la discussion.

Le saviez-vous ?

Au Nord de la région de Sápmi (au Nord de la Norvège, de la Suède, de la Finlande et de la Russie) vivent les Samis, un peuple autochtone. La langue des Samis du Nord compte plus de 200 mots pour décrire la qualité et l'état de la neige, mais ils n'en ont aucun pour désigner la neige artificielle.

Plan de recherche

Maintenant que votre équipe participe au projet et qu'elle a choisi une question de recherche, il est temps de prévoir les types de données à collecter. La dernière étape consiste à soumettre un plan de recherche. Les professeurs peuvent trouver des idées de données à collecter à la section B.

B – Collecte et analyse des données

Données à analyser

Pour étudier la neige, les élèves peuvent collecter et analyser des données provenant de plusieurs sources. Selon le temps disponible, les équipes peuvent choisir une ou plusieurs des sources de données décrites ci-dessous pour mener leurs recherches. Deux types de méthodes permettent de surveiller la couverture neigeuse : les mesures **in situ** et les observations de **télé-détection** par satellites. Les mesures in situ (sur le lieu d'origine/sur place) sont fournies par des institutions et des agences aux niveaux régional, national et mondial. Les équipes peuvent aussi effectuer leurs propres observations et collecter des données à partir de mesures qu'ils ont eux-mêmes effectuées. Il s'agit de **données primaires**.

Données satellitaires mondiales

L'imagerie satellitaire offre un appui utile pour cartographier la couverture neigeuse car certaines des zones enneigées sont très isolées et inaccessibles. Les données satellite sont disponibles en ligne sur différentes plateformes :

- [Le climat depuis l'espace – application interactive \(esa.int\)](#) - Cette application offre une visualisation graphique des données satellite archivées ainsi qu'une vue d'ensemble des différentes variables climatiques utilisées par les scientifiques pour étudier le changement climatique. On peut ainsi voir l'évolution dans le temps de la couverture neigeuse (1979-2017).
- [Le mode Education du portail EO Browser](#) permet d'accéder à des données satellite spécifiques adaptées à un thème choisi. Les élèves peuvent sélectionner le thème Neige et glaciers et choisir l'une des options de visualisation proposées : *True color*, *Highlight Optimized Natural Color (Visualisation améliorée des couleurs naturelles)*, *NDSI (Indice de différence normalisée de neige)* ou *Snow Classifier*. Ils peuvent utiliser une fonction timelapse pour voir l'évolution de la taille des glaciers ou de la couverture neigeuse au fil des ans. Vous trouverez un guide de démarrage rapide pour EO Browser [ici](#).
- <https://climate.rutgers.edu/snowcover/> comprend diverses données provenant du Global Snow Lab de l'université Rutgers. Les élèves peuvent y trouver des données sous forme de tableaux, des cartes, des produits graphiques et des informations sur l'étendue de la couverture neigeuse mondiale dans l'hémisphère Nord, par jour, par semaine ou par mois. Ils peuvent consulter [ici](#) des données hebdomadaires de l'étendue de la couverture neigeuse (1966-2022).
- [L'Agence européenne pour l'environnement](#) présente des séries temporelles de l'étendue de la couverture neigeuse dérivées de données satellite pour la période 1967-2015 dans l'hémisphère nord et en Europe.

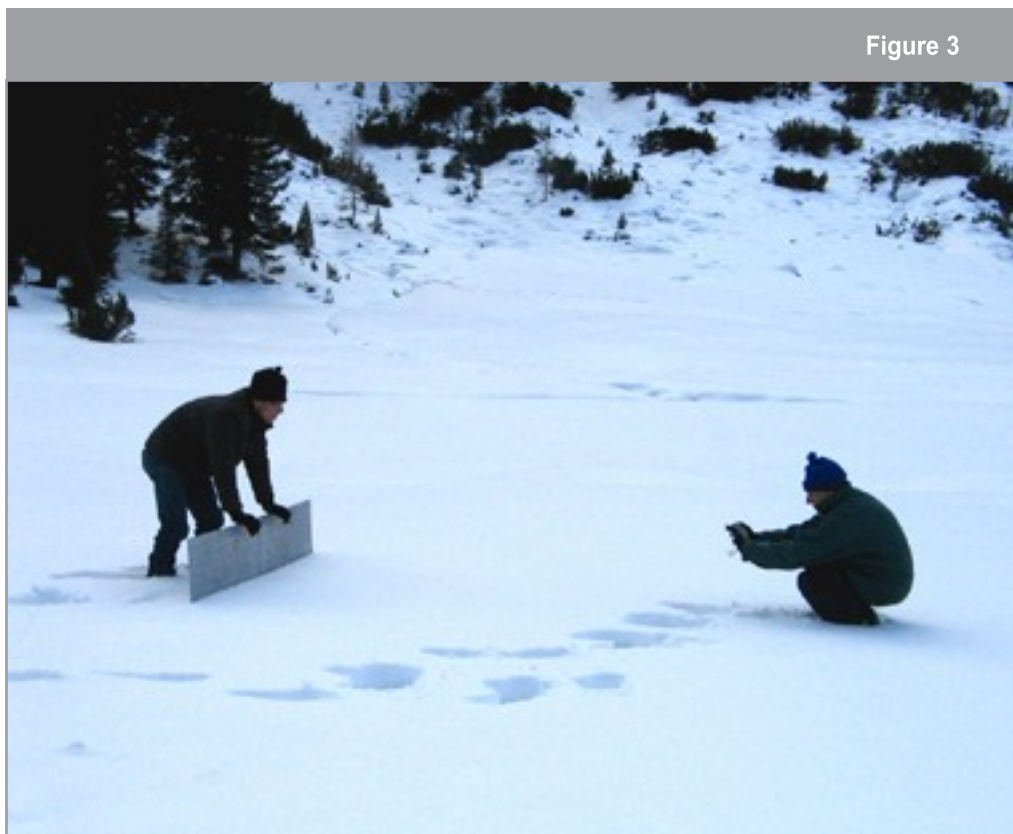


↑ Cette [image acquise par Sentinel-3 du programme Copernicus](#) montre la couverture neigeuse dans les Alpes. Les élèves peuvent accéder aux données de Sentinel-3 via EO browser. Cette image contient des données modifiées de Sentinel (Copernicus - 2022), traitées par l'ESA, [CC BY-SA 3.0 IGO](#)

Les équipes sont également encouragées à rechercher des données auprès d'agences et d'institutions nationales et internationales concernant leur pays/domaine de recherche, et à les analyser.

Données primaires/activités pratiques

La neige peut être étudiée de plusieurs façons et les élèves peuvent recueillir leurs propres mesures. Les scientifiques étudient diverses propriétés de la neige, notamment les structures des cristaux, la hauteur de la neige, la structure des couches, l'équivalent en eau de la neige/la densité, ou même sa pureté. Vous trouverez ci-dessous des suggestions de mesures que les élèves peuvent effectuer pour étudier certaines de ces propriétés.



↑ Mesures du profil de la neige dans le cadre d'une [campagne expérimentale sur le terrain](#). Les mesures au sol sont essentielles pour valider et mieux interpréter les données satellite.

→ Activité 2 – Étudier les cristaux de neige

Lieu : extérieur – beau temps et neige

Matériel : pièges à neige (loupes et plaques découpées dans du carton sombre), verres grossissants

Les élèves peuvent utiliser un carton sombre pour attraper les flocons de neige qui tombent, puis les observer à l'aide de verres grossissants. Leur forme ressort mieux sur une surface foncée. Une loupe peut également être placée au-dessus d'un piège à neige, pour visualiser les détails.

Le saviez-vous ?

Un cristal est un matériau solide présentant une structure organisée. Un flocon de neige, ou cristal de neige, emporté par le vent, capte d'autres molécules d'eau et continue de grossir. La structure de chaque flocon de neige peut renseigner les scientifiques sur les conditions météorologiques auxquelles il a été soumis lors de sa formation.

→ **Activité 3 – Hauteur de neige**

Lieu : extérieur – beau temps et neige

Matériel : un bâton de mesure de la neige

Les élèves mesurent la hauteur de la couverture neigeuse à plusieurs endroits et calculent la hauteur moyenne. En utilisant le bâton de mesure, assurez-vous que celui-ci est enfoncé verticalement dans la neige et que son extrémité repose sur le sol. Essayez de choisir des endroits où la neige n'a pas été perturbée par des activités humaines.

Les élèves peuvent effectuer des mesures tout au long de l'hiver et étudier comment la hauteur du manteau neigeux évolue dans le temps et dans l'espace.

→ **Activité 4 – Quel est le poids de la neige et quelle quantité d'eau contient-elle ?**

Lieu : intérieur et extérieur – beau temps et neige

Matériel : de la neige, 2 bocaux en verre de taille similaire ou des verres gradués, une balance, un stylo

5 cm de neige, ce n'est pas la même chose que 5 cm d'eau. Une expérience simple, ci-après, permet de mesurer la quantité d'eau contenue dans la neige.

Les élèves recueillent d'abord des échantillons de neige, si possible à différents endroits. Ils remplissent ensuite les deux bocaux en verre avec cette neige. À l'aide d'un stylo, ils marquent le niveau de la neige sur chaque bocal et mesurent le poids des deux bocaux. Les élèves devraient émettre des hypothèses sur la quantité d'eau produite par la neige lorsqu'elle fond.

Le saviez-vous ?

À quantité égale, la neige mouillée peut contenir 2 à 3 fois plus d'eau que la même quantité de neige sèche, ce qui signifie que la neige mouillée est beaucoup plus lourde que la neige sèche. Dans des cas extrêmes, elle peut causer des dommages structurels, par exemple l'effondrement de toits. En raison de son poids, la neige mouillée peut aussi détruire les terriers creusés sous la neige par de petits animaux.

→ **Activité 5 – La neige est-elle propre ?**

Lieu : intérieur et extérieur – beau temps et neige

Matériel : de la neige, du papier filtre, des loupes, de l'eau chaude

Les élèves commencent par prélever des échantillons de neige « propre » et « moins propre ». Ils placent ensuite chacun des échantillons dans un filtre à café et les font fondre avec de l'eau chaude. Le papier filtre utilisé peut être découpé en plusieurs morceaux à l'aide de ciseaux et examiné à la loupe. En général, il reste des particules de poussière sur le papier et la neige prélevée au sol contient souvent du sable, du pollen, des cheveux et des débris d'arbres.

Informations supplémentaires : un flocon de neige se forme à partir d'une particule autour de laquelle des cristaux de neige commencent à se compacter. Ces particules peuvent être, par exemple, des polluants atmosphériques, des bactéries, des sels marins ou des nitrates. De plus, les oiseaux qui évoluent sur la neige, la circulation des voitures, les animaux domestiques et les hommes polluent la neige une fois qu'elle a touché le sol.

La pollution de la neige peut avoir des effets négatifs sur l'environnement. On observe parfois de la neige noire, c'est-à-dire de la neige contaminée par des polluants tels que la suie, l'huile et d'autres matériaux. Cela peut se produire lorsque la neige tombe sur des régions où les niveaux de pollution atmosphérique sont élevés, ou lorsqu'elle est contaminée par des activités industrielles. La pollution liée à la combustion de carburants fossiles noircit la neige, ce qui réduit la quantité de rayonnement solaire qu'elle réfléchit et

accélère sa fonte. La neige polluée peut également avoir des effets néfastes sur les plantes et les animaux.

Le saviez-vous ?

Les tempêtes de sable du Sahara peuvent atteindre l'Europe. En cas de chute de neige, un cristal de neige se forme autour d'une particule de sable du Sahara. Ce phénomène donne lieu à des accumulations de neige de couleur orange, dont la saleté est visible à l'œil nu. Il survient plus souvent dans le Sud de l'Europe, par exemple dans les stations de ski des Alpes ou des Pyrénées, mais peut aussi se produire presque tous les ans ou plusieurs fois par an dans le Nord de l'Europe.

Les équipes pourront également collaborer avec des institutions et des projets de recherche au niveau européen, tels que le [projet CHARTER](#) qui a élaboré un « protocole sur la neige » très complet, [disponible ici](#).

Analyse des données

Après avoir collecté des données, il convient d'analyser les résultats. Les élèves peuvent s'appuyer sur les questions suivantes pour évaluer si leurs résultats répondent à leur question de recherche :

- Que montrent les données ? Des tendances évidentes se dégagent-elles ?
- Est-ce qu'il y a des résultats qui ne semblent pas cohérents ? Peut-on les expliquer ?
- Peut-on tirer des conclusions des résultats ?
- D'autres recherches sont-elles nécessaires ?

C – Il est temps d'AGIR !

Quelles mesures les équipes pourraient-elles prendre à titre individuel ou collectivement pour agir par rapport au sujet étudié ? Les actions ne doivent pas forcément se limiter au temps scolaire : par exemple, les élèves pourraient faire part de ces idées à leurs familles et les faire participer pour mettre ces idées en pratique dans leur vie quotidienne ; faire une présentation ; ou organiser une campagne dans leur école ou auprès de leur entourage pour sensibiliser l'opinion.

→ TÂCHES DANS LE CADRE DE CLIMATE DETECTIVES

Fiche de l'élève

A – Introduction au sujet

- *Que savez-vous sur la neige et la couverture neigeuse ?*
- *Qu'aimeriez-vous savoir sur ce sujet ?*
- *Comment le sujet à étudier vous affecte-t-il ou vous concerne-t-il, ainsi que votre entourage ou votre environnement local ?*
- *Quel est le rôle de la neige dans le climat de la Terre ?*
- *Décrivez comment vous comptez étudier le problème climatique et quelles données vous prévoyez d'analyser (pour le plan de recherche)*

B - Collecte et analyse des données

- *Étudiez l'évolution de la couverture neigeuse dans les images d'observation de la Terre et dans les sources de données suggérées par votre professeur.*
- *Que montrent les données ? Sont-elles en adéquation avec les images d'observation de la Terre ?*
- *Interrogez des personnes vivant à proximité de la zone de vos recherches pour discuter de l'évolution de la couverture neigeuse au fil des ans.*
- *Quel est l'impact du changement climatique sur la couverture neigeuse ? Quel est l'impact de l'évolution de la couverture neigeuse sur le changement climatique ?*

C - Il est temps d'AGIR !

Votre travail dans le cadre du projet Climate Detectives est terminé. Quelles mesures pourriez-vous proposer à titre individuel ou collectivement pour agir en ce qui concerne la problématique étudiée ?

→ Liens

Ressources de l'ESA

Climate Detectives Teacher Guide (Guide du professeur de Climate Detectives)

https://esero.fr/wp-content/uploads/2024/02/ClimateDetectives_GuideProf_2024_FR.pdf

Climate Detectives classroom resources (Ressources pour la classe de Climate Detectives)

[https://esero.fr/ressources/?projet\[\]=2000](https://esero.fr/ressources/?projet[]=2000)

Climat pour les écoles – Packs de ressources pédagogiques de l'Initiative sur le changement climatique

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

Informations générales

ESA CCI Snow project

<https://climate.esa.int/en/projects/snow/>

Snow and ice — snow, glaciers and ice sheets

<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-changing-climate-hazards-1/snow-and-ice/snow-and-ice-snow>

National Snow and Ice Data Center

<https://nsidc.org/learn>

Collecte et analyse des données

Le climat depuis l'espace – application interactive

<https://esero.fr/outils/climate-from-space/>

EO Browser

<https://esero.fr/outils/eo-browser/>

Autres outils

[https://esero.fr/outils/?projet\[\]=2000](https://esero.fr/outils/?projet[]=2000)

Rutgers University Global Snow Lab

<https://climate.rutgers.edu/snowcover/>

European Environment Agency/ Agence européenne pour l'environnement

[Data visualisations — European Environment Agency \(europa.eu\)](https://www.eea.europa.eu/data-visualisation)

CHARTER Research Project

[CHARTER research project homepage: Drivers and Feedbacks of Changes in Arctic Terrestrial Biodiversity \(charter-arctic.org\)](https://www.charter-arctic.org/)

Le Bureau ESA Education apprécie les retours et commentaires teachers@esa.int

Vos retours possibles également à esero.france@cnes.fr

Produit par ESA Education en collaboration avec ESERO Finland

Copyright 2023 © European Space Agency

Traduit et adapté par ESERO France et le CNES, 2024