

# Changement climatique et politique climatique



Niveau scolaire

Secondaire I (cycle 3)

Auteur

Philippe Hertig

Année

2019



## Changement climatique et politique climatique

Niveau scolaire	Secondaire I (cycle 3)
Auteur	Philippe Hertig
Année	2019
Photo de titre	«Vers le chaos climatique?» Photo © S. Reinfried, GeoEduc

*Note: certaines des démarches que l'on trouvera dans ce dossier sont inspirées ou adaptées de celles proposées dans les dossiers en langue allemande destinés au cycle 3 (auteure principale Sibylle Reinfried) et au Secondaire II (auteurs Matthias Probst et Moritz Gubler).*

Editeurs  
 GLOBE  
 PHBern  
 PHLuzern  
 HEP Vaud  
 Supsi  
 Uni Bern  
 SCNAT  
 OFEV

# 1 Pour entrer en matière

## Activité 1.1.

*Réfléchir aux quelques questions ci-après devrait te permettre d'identifier ce que tu sais déjà du changement climatique.*

As-tu déjà entendu parler du changement climatique ? En as-tu entendu parler fréquemment ?

Est-ce un problème important selon toi, en l'état actuel de tes connaissances ? Pourquoi ?

Quels sont les phénomènes que tu connais et que l'on peut considérer comme des manifestations ou des conséquences du changement climatique ?

As-tu déjà été confronté-e personnellement à l'un de ces phénomènes ?

Quelles sont à ton avis les causes du changement climatique ?

Que peut-on faire contre le changement climatique ?

Quelles questions te poses-tu au sujet du changement climatique ?

**Activité 1.2.**

Confronte tes réponses aux questions de la première activité à celles de tes camarades.

Dégagez ensemble les questions qui vous paraissent les plus importantes et auxquelles vous aimeriez trouver une réponse en travaillant sur le thème du changement climatique. Prenez note de ces questions, que l'on peut appeler des *problématiques*.

**Activité 1.3.**

*Observe la photo de la page de titre.*

Analyse cette photographie, d'abord en décrivant ce que tu *vois*, puis en expliquant ce que tu *ressens* en regardant cette image.

Cette image te paraît-elle représentative du changement climatique ou de phénomènes qui sont selon toi liés au changement climatique? Explique ta réponse.

## 2 Le système climatique

A l'échelle globale, les années 2015, 2016, 2017 et 2018 ont été les quatre années les plus chaudes depuis le début des relevés mondiaux de température systématiques en 1880. Le secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale (OMM – WMO en anglais pour *World Meteorological Organization*), M. Petteri Taalas, a constaté en 2018 que «17 des 18 années les plus chaudes enregistrées dans le monde l'ont été depuis le tournant du millénaire, et l'ampleur du réchauffement au cours des trois dernières années a été exceptionnelle».

Avec les documents de ton manuel de géographie, tu as pu différencier la météo (le temps qu'il fait) du climat, et tu sais donc que les caractéristiques d'un climat sont déterminées sur une longue période, par convention de 30 ans au moins. Les brusques variations des conditions météorologiques d'un mois à l'autre, voire d'une année à l'autre, ne sont donc pas des indices suffisants pour parler d'un changement climatique. Toutefois, les tendances enregistrées maintenant depuis plusieurs décennies montrent à l'évidence une hausse régulière, et même de plus en plus marquée et rapide, de la température moyenne annuelle de la Terre. Cette hausse est une des manifestations du changement climatique. Celui-ci doit être compris comme un ensemble de modifications subies par le système climatique.

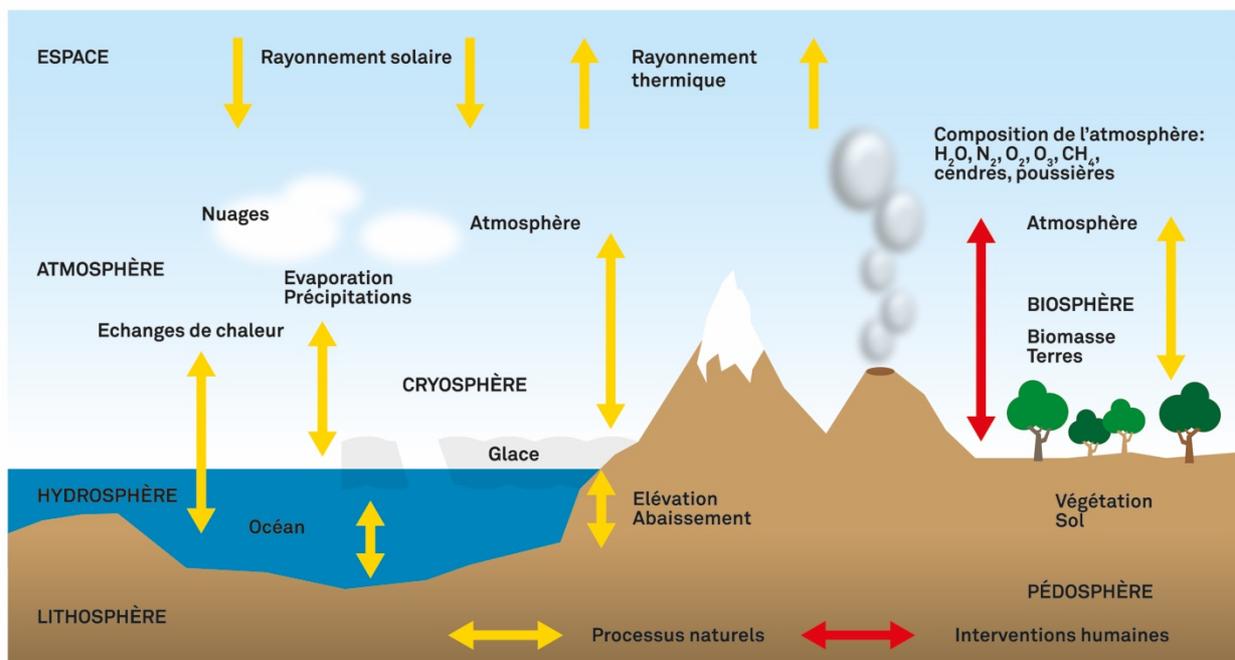


Fig. 2.1. Schéma des composantes du système climatique. (Source: CCESO 2019).

Le système climatique est composé de plusieurs sous-systèmes (ou sphères) qui interagissent les uns avec les autres. On distingue généralement

- l'atmosphère (sous-système relatif à l'air),
- l'hydrosphère (sous-système relatif à l'eau),
- la cryosphère (sous-système relatif à la glace; il s'agit de la partie gelée de l'hydrosphère),
- la pédosphère (sous-système relatif au sol),
- la lithosphère (sous-système relatif aux roches et au sous-sol),
- et la biosphère (sous-système relatif à la faune et à la végétation).

Tu peux identifier ces différentes composantes sur les figures 2.1 et 2.2, de même que sur le document 42 de ton manuel de géographie (qui ne mentionne toutefois pas la lithosphère, ni la pédosphère).

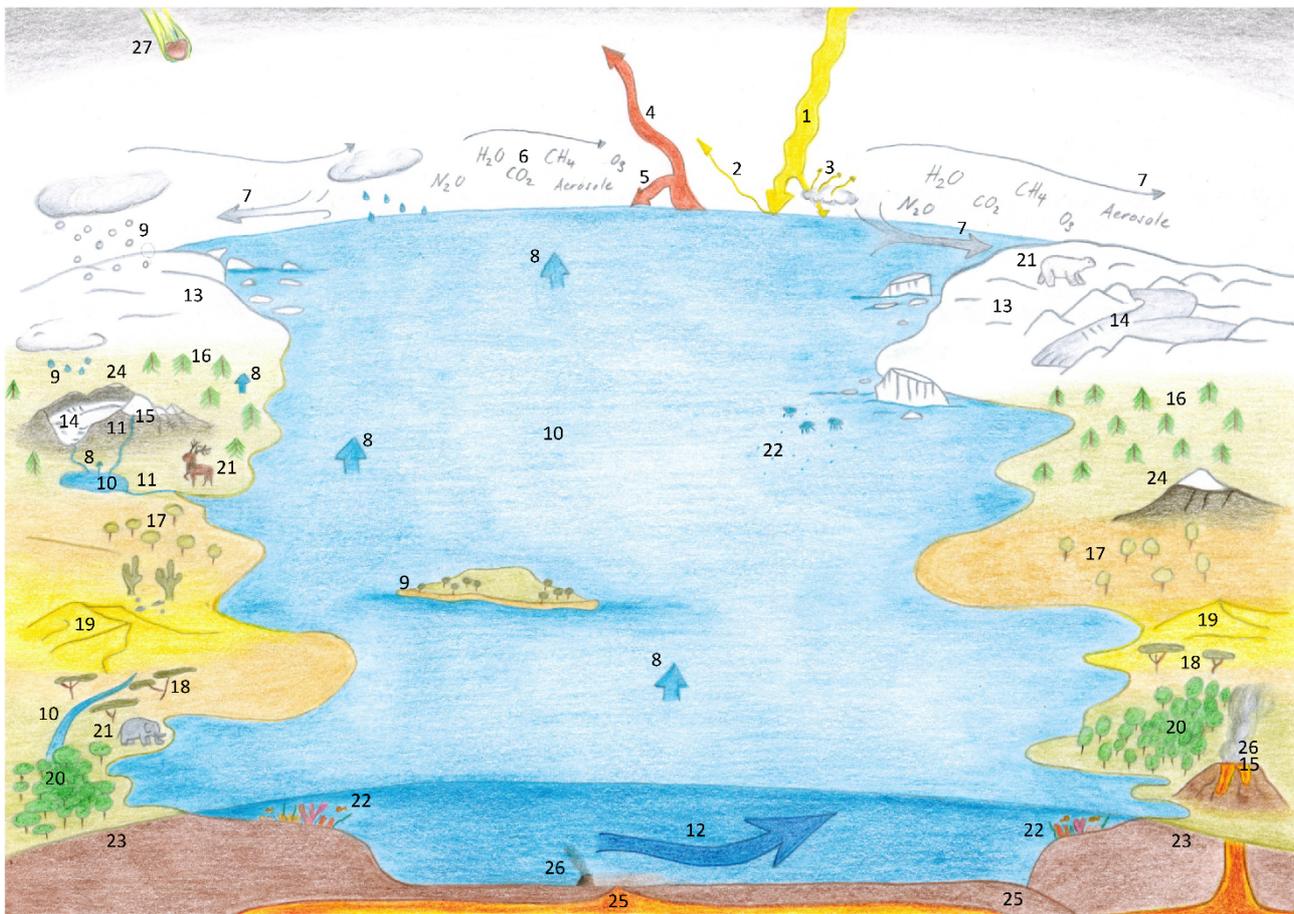


Fig. 2.2. Composantes et principaux processus du système climatique sans l'influence des activités humaines. (Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz, 2019)

#### Atmosphère

1. Rayonnement solaire incident (ondes courtes)
2. Rayonnement solaire réfléchi (ondes courtes)
3. Dispersion / diffusion (rayonnement à ondes courtes)
4. Rayonnement thermique émis par la Terre (ondes longues)
5. Rayonnement thermique «en retour» (ondes longues)
6. Gaz à effet de serre\*
7. Vent (et jetstreams)
8. Evaporation

#### Hydrosphère et Cryosphère

9. Précipitations (pluie, neige)
10. Lac / cours d'eau / mer / océan
11. Ruissellement (écoulement des cours d'eau)
12. Courant marin
13. Régions englacées (glaces continentales; banquise)
14. Glacier
15. Permafrost (pergélisol)

\*Principaux gaz à effet de serre: vapeur d'eau ( $H_2O$ ), gaz carbonique (dioxyde de carbone,  $CO_2$ ), méthane ( $CH_4$ ), protoxyde d'azote ou gaz hilarant ( $N_2O$ ), ozone ( $O_3$ ).

#### Biosphère

16. Forêt de conifères
17. Forêts de feuillus et forêts mixtes
18. Steppe
19. Désert
20. Forêt pluviale
21. Faune
22. Zone côtière / littoral (incluant la biosphère marine ou lacustre)

#### Pédosphère

23. Sol

#### Lithosphère

24. Montagnes
25. Tectonique des plaques (plaques convergentes / divergentes; formation des chaînes de montagnes)
26. Volcan

#### Exosphère, espace interplanétaire

27. Impact de météorite

Les sous-systèmes<sup>1</sup> qui composent le système climatique sont étroitement liés entre eux par des flux de matières et d'énergie (par exemple le cycle de l'eau ou le cycle du carbone) et ils réagissent aux changements à des vitesses différentes.

Des processus physiques se déroulent à la surface de la Terre et dans l'atmosphère, tels que le rayonnement solaire direct et sa réflexion (fig. 2.2 ci-dessus, numéros 1 et 2), la conversion de l'énergie

<sup>1</sup> On admettra que l'exosphère, mentionnée dans la légende de la fig. 2.2, fait encore partie de l'atmosphère au sens large du terme, alors que l'espace interplanétaire n'est pas à considérer comme un sous-système du système climatique terrestre.

solaire incidente en rayonnement thermique (4), l'absorption et la diffusion du rayonnement solaire incident par des particules ou des gaz (3), l'action des gaz à effet de serre (6) qui renvoient une partie du rayonnement thermique (5) vers la Terre, les vents (7) ou encore l'évaporation (8). L'atmosphère, l'hydrosphère et la cryosphère sont reliées par les précipitations et l'évaporation, processus qui se déroulent au contact et au-dessus des surfaces d'eau et de glace (7, 9). Le ruissellement (écoulement des cours d'eau, 11) et les courants marins (12) sont des processus caractéristiques de l'hydrosphère. L'atmosphère et la biosphère terrestre ou aquatique (16-22) sont reliées par les échanges de carbone et d'oxygène, à travers les processus de la respiration et de la photosynthèse. Le carbone circule aussi dans la pédosphère et la lithosphère (23-26). De très nombreux autres processus existent au sein de chaque sous-système ou dans les interactions de plusieurs sous-systèmes: on peut citer par exemple la formation des nappes d'eau souterraines (nappes phréatiques, aquifères), les mouvements des plaques tectoniques (25), le volcanisme (26) ou la formation des chaînes de montagnes (24). Plus rarement, les impacts de météorites (27) peuvent également avoir une influence sur le système climatique.

### Activité 2.1.

Sous la forme qui te convient le mieux (par exemple schéma, texte, ou texte accompagnant un schéma), mets en évidence les relations – les interactions – entre les principaux sous-systèmes du système climatique.

*Ne te contente pas de reproduire des éléments des deux schémas des figures ci-dessus ou de celui de ton livre de géographie: il s'agit vraiment de mettre en évidence ces relations et leur nature.*

Compare ensuite ton travail à celui de tes camarades. Complète ton schéma et/ou ton texte si tu constates qu'il manque des éléments essentiels.

Elaborez, si nécessaire avec l'aide de l'enseignant-e, un schéma et/ou un texte qui fait le point sur les principales caractéristiques du système climatique évoquées jusqu'ici.

Parmi les grands flux d'échanges de matières et d'énergie, le cycle de l'eau et le cycle du carbone sont ceux où se concentrent les processus les plus importants pour le système climatique.

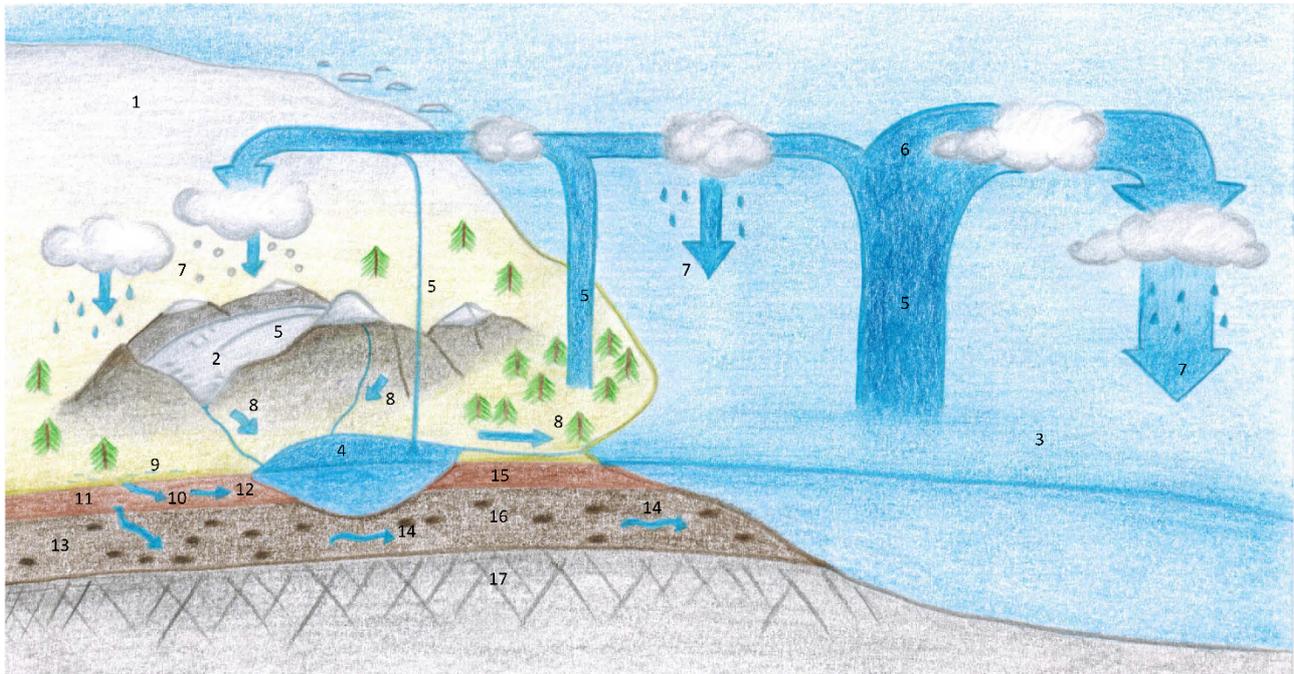
### Activité 2.2.

En l'état actuel de tes connaissances, que sais-tu du cycle de l'eau et du cycle du carbone? Fais le point à ce sujet en collaborant avec quelques camarades.

Recherchez des illustrations (si possible des photos) pour documenter certains des processus qui caractérisent ces deux grands cycles. Légendez ces documents et expliquez brièvement ce qu'ils permettent de montrer.

Rendez compte de votre travail à l'ensemble de la classe.

Le cycle de l'eau relie l'atmosphère avec l'hydrosphère, la cryosphère, la biosphère, la pédosphère et la lithosphère. Les processus centraux en jeu au sein de ce cycle sont l'évaporation et la condensation, et dans une moindre mesure le ruissellement (écoulement des cours d'eau). Les océans et les mers, les lacs et les cours d'eau, les calottes glaciaires et les zones englacées des pôles, les glaciers des chaînes de montagnes, le pergélisol (permafrost), les eaux souterraines et l'atmosphère sont des réservoirs qui stockent l'eau à l'état liquide, solide ou gazeux et pour des durées très variables – de quelques jours dans l'atmosphère à plusieurs milliers d'années dans un océan. L'eau circule entre ces différents réservoirs: ce «circuit» constitue le cycle de l'eau.



- |                                 |  |                                |
|---------------------------------|--|--------------------------------|
| 1. Région englacée              | 7. Précipitations (pluie et neige)       | 13. Réservoir d'eau souterrain |
| 2. Glacier / Neige              | 8. Ecoulement des cours d'eau            | 14. Ecoulement souterrain      |
| 3. Océan                        | 9. Zone marécageuse                      | 15. Sol                        |
| 4. Lac                          | 10. Infiltration                         | 16. Roche meuble               |
| 5. Evaporation / Sublimation    | 11. Stockage de l'humidité du sol        | 17. Roche en place             |
| 6. Transport de la vapeur d'eau | 12. Ecoulement dans le sol (percolation) |                                |

Fig. 2.3. Le cycle de l'eau et ses composantes. (Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz, 2019)

### Activité 2.3.

Explique en quoi l'évaporation et la condensation sont les deux processus clés dans le fonctionnement du cycle de l'eau.

Le cycle du carbone joue également un rôle essentiel pour le système climatique.

### Activité 2.4.

Consulte le document 32 et les explications qui l'accompagnent à la page 23 de ton livre de géographie. Observe ensuite la fig. 2.4 ci-après.

Explique avec tes propres mots pourquoi le cycle du carbone joue un rôle si important dans le système climatique.

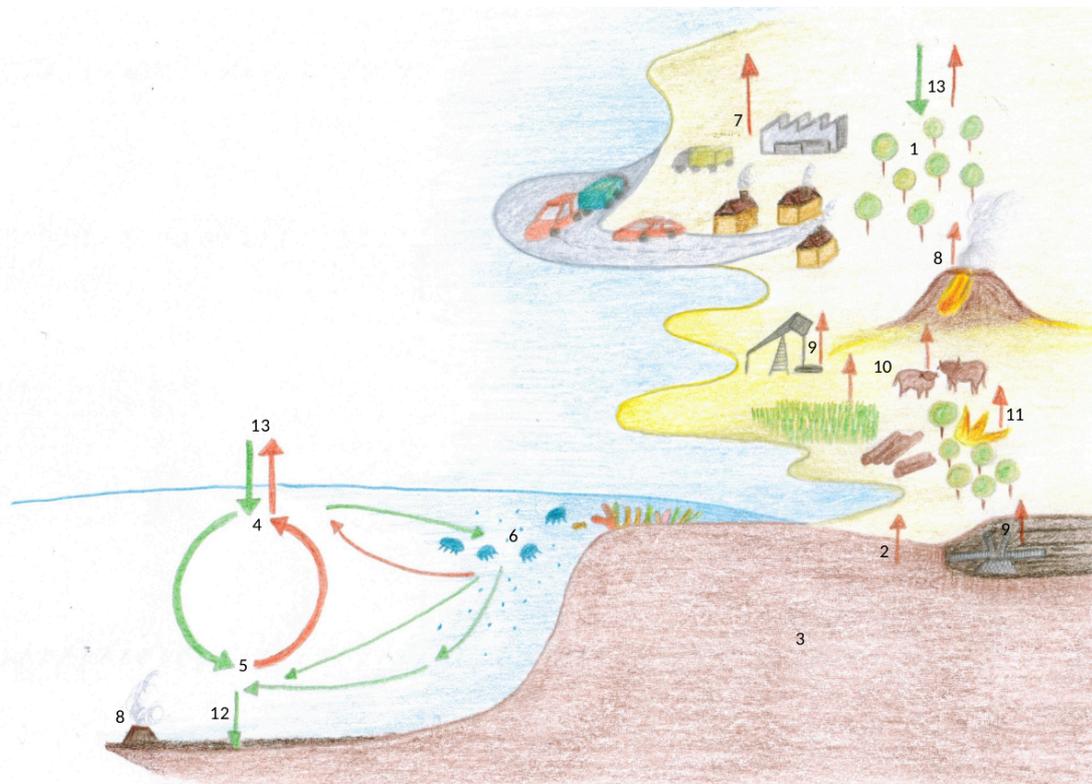


Fig. 2.4. Le cycle du carbone. (Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz, 2019)

### Cycle du carbone

- |                                     |  |  |
|-------------------------------------|--|--|
| 1. Végétation                       | 6. Plancton, algues  | 10. Utilisation des terres / évolution de l'utilisation des terres / Agriculture |
| 2. Sol                              | 7. Industrie / transport / combustion d'énergies fossiles                      | 11. Déforestation, feux de forêt, brûlis   |
| 3. Gisements fossiles               | 8. Volcans océaniques ou continentaux, îles                                    | 12. Sédiments / dépôts de sédiments  |
| 4. Eaux superficielles (océan, mer) | 9. Extraction / production / combustion d'énergies fossiles (pétrole, charbon) | 13. Photosynthèse / respiration  |
| 5. Eaux profondes (océan, mer)      |  |  |

## Le bilan radiatif et l'effet de serre

Le phénomène de l'effet de serre est presque toujours évoqué lorsqu'il est question du changement climatique. Le mécanisme général de l'effet de serre t'est expliqué à la page 21 de ton livre de géographie (documents 27 et 28). Les figures et le texte ci-après te présentent ce mécanisme de manière plus détaillée, en commençant par ce que l'on appelle le bilan radiatif de la Terre.

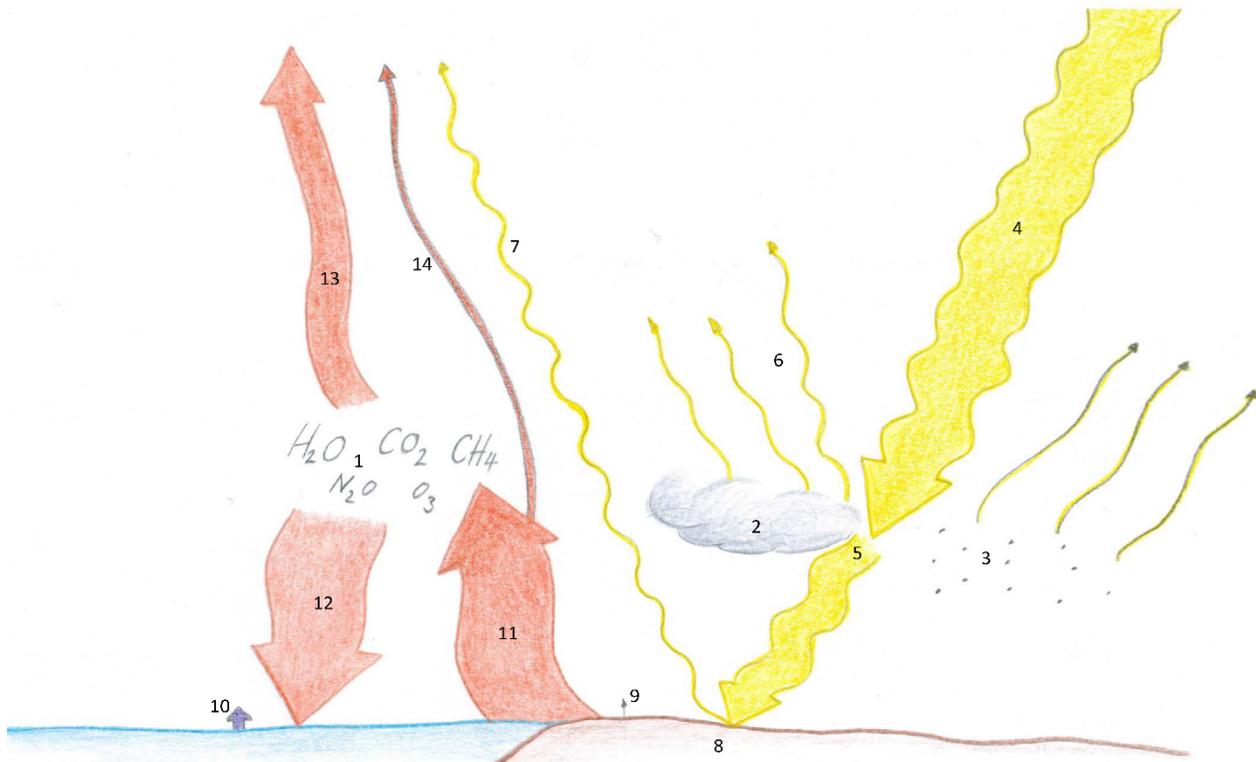


Fig. 2.5. Schéma simplifié du bilan radiatif de la Terre.  
(Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz, 2019)

- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1. Gaz à effet de serre   | 6. Dispersion (diffusion) par les nuages           | 11. Rayonnement thermique émis par la surface de la Terre (infrarouge, ondes longues)                                    |
| 2. Nuages   | 7. Rayonnement réfléchi par le sol (ondes courtes) | 12. Rayonnement thermique renvoyé par les gaz à effet de serre, les gouttelettes des nuages, les aérosols                |
| 3. Aérosols   | 8. Absorption par le sol                           | 13. Rayonnement thermique émis par l'atmosphère en direction de l'espace   |
| 4. Rayonnement solaire incident   | 9. Chaleur sensible                                | 14. «Fenêtre atmosphérique» (rayonnement thermique traversant l'atmosphère et émis directement en direction de l'espace) |
| 5. Absorption par les gaz à effet de serre, les gouttelettes des nuages, les aérosols | 10. Chaleur latente (vapeur d'eau)                 |  |

Le rayonnement solaire qui atteint l'atmosphère terrestre et la Terre est un rayonnement à ondes courtes très énergétique (4). Une partie de ce rayonnement est absorbée (5) dans l'atmosphère par les gaz à effet de serre (1), les nuages (2) et des aérosols (3). Une autre partie de ce rayonnement est dispersée ou diffusée (6) par les nuages et les aérosols (3). Cette fraction du rayonnement solaire n'atteint pas la surface de la Terre, mais retourne dans l'espace. La moitié environ du rayonnement solaire incident atteint la surface du globe, car les gaz à effet de serre sont largement perméables à ce rayonnement à ondes courtes et le laissent donc passer. Une petite fraction du rayonnement solaire atteignant le sol est réfléchi (7) par les surfaces claires (neige, zones englacées). La majeure partie du rayonnement solaire à ondes courtes qui arrive à la surface est absorbée par l'eau (océans, mers, lacs, etc.), les zones rocheuses, les sols, le couvert végétal, les surfaces asphaltées, etc. (8), convertie en rayonnement thermique infrarouge (à ondes longues) et renvoyée dans l'atmosphère (11).

C'est là que prend place l'**effet de serre naturel**: les gaz à effet de serre (1) présents dans l'atmosphère gênent ou empêchent l'émission de ce rayonnement thermique en direction de l'espace. Ils l'absorbent, le

diffusent ou le ré-émettent, de sorte qu'une bonne partie de ce rayonnement thermique revient vers la Terre et les basses couches de l'atmosphère (12). L'analogie avec une serre n'est que partiellement pertinente, car les gaz à effet de serre ne forment pas une couche mince et bien identifiable comme le toit en verre ou en plastique d'une serre: ils sont en réalité disséminés parmi les autres molécules gazeuses constituant l'atmosphère (voir les deuxième et troisième schémas de la fig. 2.6). Ce rayonnement thermique «en retour» a pour effet un apport d'énergie et donc de chaleur à la surface de la Terre et dans les couches d'air proches de la surface, qui s'ajoute à la chaleur apportée par le rayonnement solaire. Une partie de ce rayonnement thermique «en retour» est absorbée par les océans, les mers et les lacs, ce qui entraîne leur réchauffement. Cette accumulation de chaleur au sol et dans la basse atmosphère (ou, plus précisément, ce bilan thermique ou bilan radiatif positif dans l'infrarouge) a pour conséquence une température qui est plus élevée de 33 °C que ce que serait la température d'équilibre sans l'atmosphère (- 18°C). D'où la température moyenne annuelle et naturelle de 15 °C, qui a notamment permis le développement de la vie sur Terre.

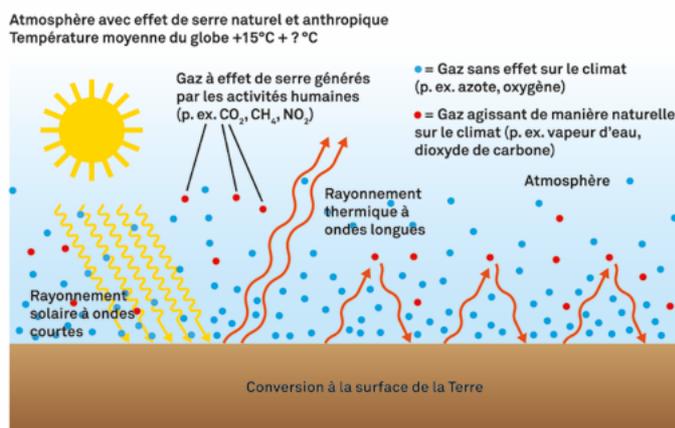
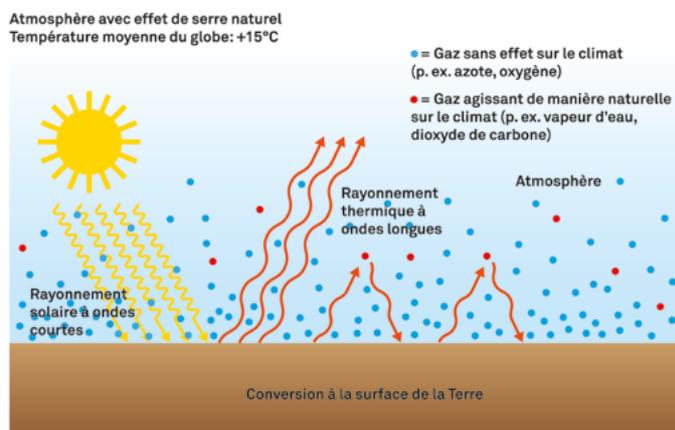
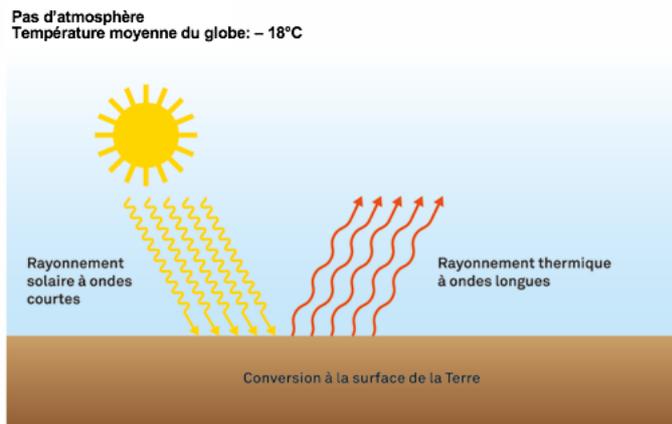


Fig. 2.6. L'effet de serre et son rôle par rapport à la température de la Terre.  
(Source: projet CCESO, 2019).

On dit souvent que les activités humaines ont «modifié l'effet de serre». En réalité, le mécanisme reste fondamentalement le même, mais les activités humaines contribuent à amplifier l'effet de serre. De fait, l'effet de serre d'origine anthropique (ou effet de serre additionnel) est une intensification de l'effet de serre naturel. La combustion des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz extraits de la lithosphère), la déforestation à large échelle, ou encore le méthane produit par l'élevage et certaines activités agricoles (la riziculture surtout) ont pour conséquence l'augmentation de la quantité et de la concentration des gaz à effet de serre dans l'atmosphère, et en particulier du gaz carbonique (dioxyde de carbone, CO<sub>2</sub>). Le rayonnement thermique ré-émis en direction de la Terre augmente donc, et avec lui la chaleur au sol et dans les basses couches de l'atmosphère. La température est de ce fait plus élevée qu'avec l'effet de serre naturel.

### Activité 2.5.

Tes camarades et toi avez travaillé sur le système climatique, au moyen des informations et à travers les activités proposées dans ces pages.

En l'état actuel de tes connaissances, quels liens peux-tu faire entre système climatique et changement climatique?

Explique ces liens sous la forme qui te convient le mieux, puis compare ta proposition à celles de tes camarades.

Ce que tu as découvert au sujet du système climatique te permet-il déjà de répondre à certaines des questions que tu te posais au début du travail sur le thème du changement climatique?

### 3 Les causes naturelles et anthropiques des changements climatiques

Au cours de sa longue histoire, la Terre a connu de nombreuses fluctuations climatiques. Des facteurs naturels permettent d'expliquer celles qui ont précédé l'apparition et le développement des sociétés humaines. Depuis près de deux siècles maintenant, et de manière de plus en plus importante, l'Homme est devenu le facteur prépondérant du changement climatique actuellement en cours.

#### Activité 3.1.

Au moyen des documents de ton livre de géographie et d'autres sources d'information (ton enseignant-e peut t'en signaler si nécessaire), indique en quelques mots de quelle manière les facteurs naturels mentionnés ci-dessous ont un impact sur le système climatique et ont influencé et peuvent encore influencer l'évolution du climat.

- Mouvements astronomiques
- Impacts de météorites
- Mouvements liés à la tectonique des plaques
- Eruptions volcaniques majeures
- Modifications des interactions entre l'océan et l'atmosphère

## Impacts des activités humaines sur le climat

Les activités humaines influencent le climat de manière importante. Depuis plus de 250 ans, le développement technologique et économique a un impact croissant sur le système climatique, et depuis 150 ans au moins, les sociétés humaines sont devenues un facteur prépondérant du changement climatique.

Les sociétés humaines ont profondément modifié le cycle du carbone durant cette période. Cela est dû en premier lieu à l'utilisation des combustibles fossiles (par exemple le pétrole, le gaz naturel ou les différentes formes de charbon). Des gaz à effet de serre, en particulier du  $\text{CO}_2$ , sont libérés lors de l'extraction et de la production de combustibles fossiles (1). Les combustibles fossiles sont principalement utilisés comme carburants pour les transports (2), comme carburants ou comme produits à base de pétrole dans l'industrie (3), ainsi que pour le chauffage ou le refroidissement des bâtiments (4). La combustion de ces carburants rejette du  $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère. La déforestation et les cultures sur brûlis (5) émettent également des gaz à effet de serre, de même que la riziculture (6) et l'élevage (7); ces deux dernières activités produisent notamment de grandes quantités de méthane.

La très grande majorité des scientifiques du monde entier sont d'accord avec les conclusions des spécialistes du GIEC (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat) qui estiment pouvoir affirmer avec un degré de certitude de plus de 95% que les activités humaines sont le principal facteur explicatif du réchauffement global observé depuis 1950.

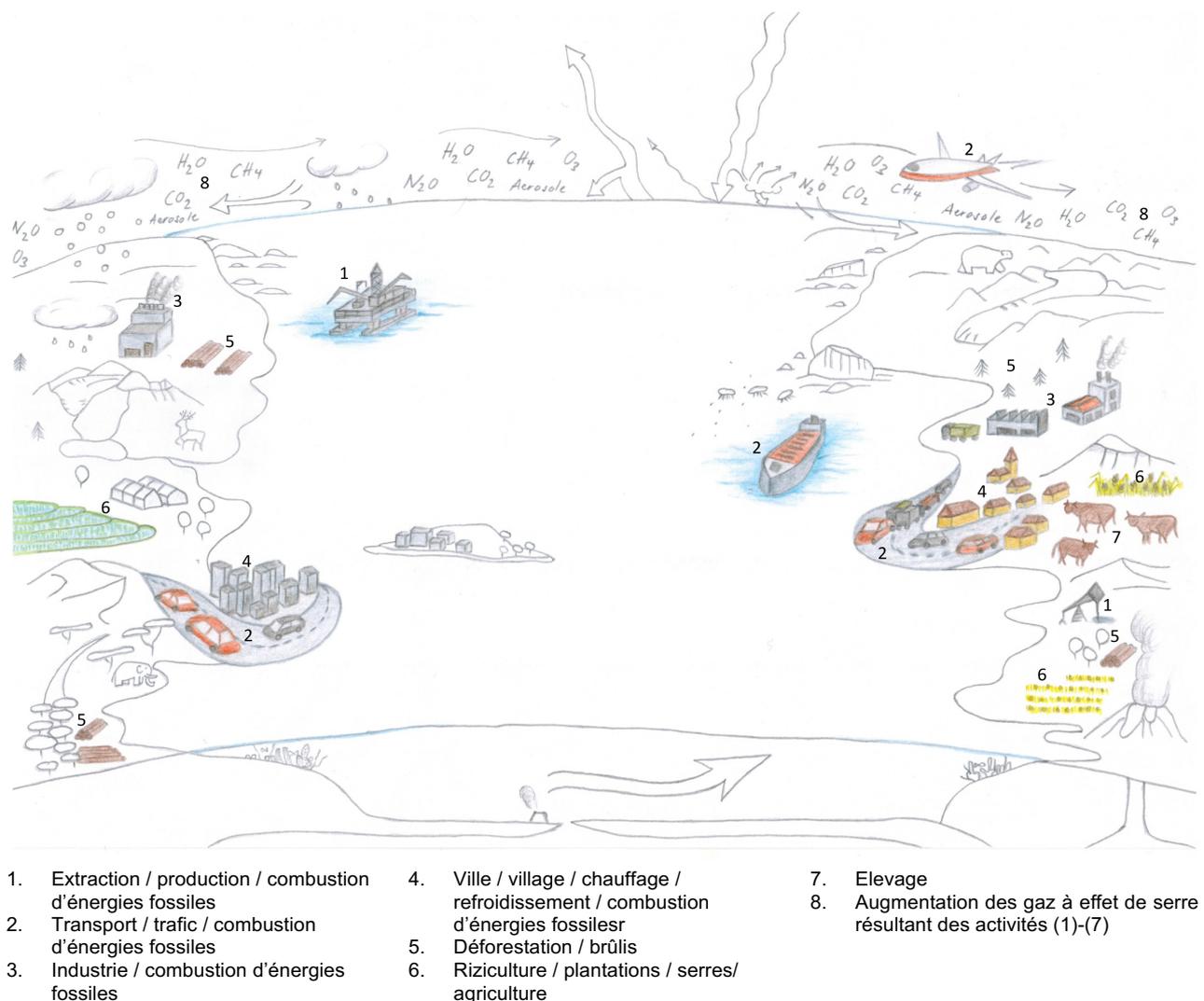


Fig. 3.1. Impacts des activités humaines sur le système climatique: causes anthropiques du changement climatique. (Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz, 2019)

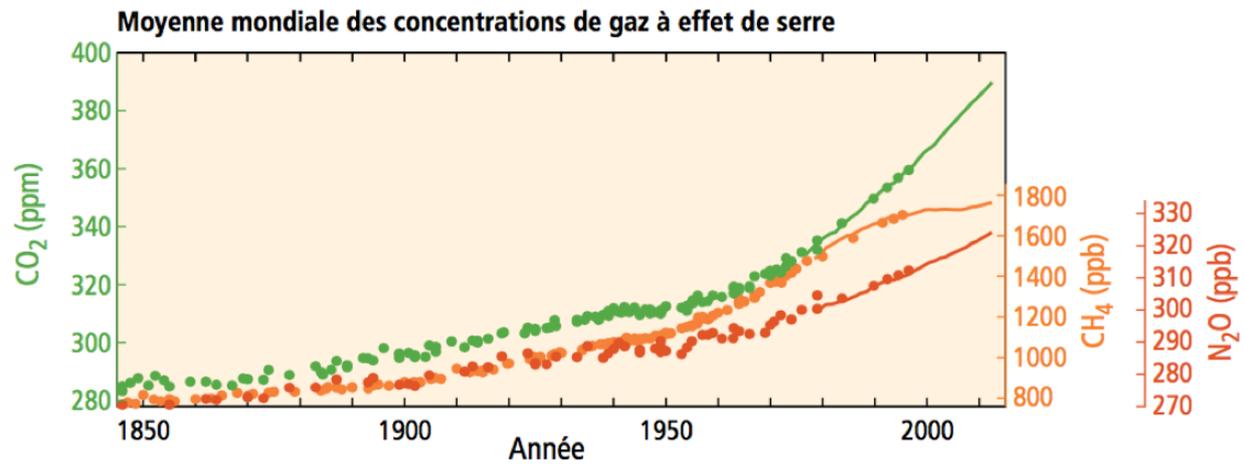


Fig. 3.2. Evolution de la moyenne mondiale de la concentration des trois gaz à effet de serre les plus importants (hors vapeur d'eau), le gaz carbonique (dioxyde de carbone, CO<sub>2</sub>, en vert), le méthane (CH<sub>4</sub>, en orange) et le protoxyde d'azote (N<sub>2</sub>O, en rouge) de l'ère préindustrielle (1850) à 2011. Les points représentent des données provenant de carottes glaciaires et les lignes de mesures directes dans l'atmosphère. (Source: GIEC, 2014, p. 3).

### Activité 3.2.

Prends connaissance du texte de la page précédente et des figures 3.1 et 3.2.

Représente, sous la forme d'un schéma, les effets des différents facteurs liés aux activités humaines sur le système climatique.

Discute ton schéma avec tes camarades.

Elaborez un schéma qui satisfasse l'ensemble de la classe.

## La Suisse et le changement climatique: quelles observations?

### Texte 1

«Aujourd'hui il fait nettement plus chaud qu'auparavant dans toutes les régions de Suisse. (...) Le 21<sup>e</sup> siècle a enregistré neuf des dix années les plus chaudes depuis le début des mesures.»

Source: NCCS (éd.) (2018). *CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse*. Zurich: National Centre for Climate Services (p. 18).

### Texte 2

«En Suisse, il existe de longues séries de mesures fiables depuis 1864. Elles apportent la preuve évidente du changement climatique. En Suisse, les températures ont, en effet, augmenté de près de 2 degrés Celsius au cours des 150 dernières années. Ce réchauffement est nettement plus marqué que la moyenne globale (0.9 degré Celsius). C'est depuis les années 1980 que notre climat se réchauffe le plus vite.»

Source: NCCS (éd.) (2018). *CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse*. Zurich: National Centre for Climate Services (p. 18).

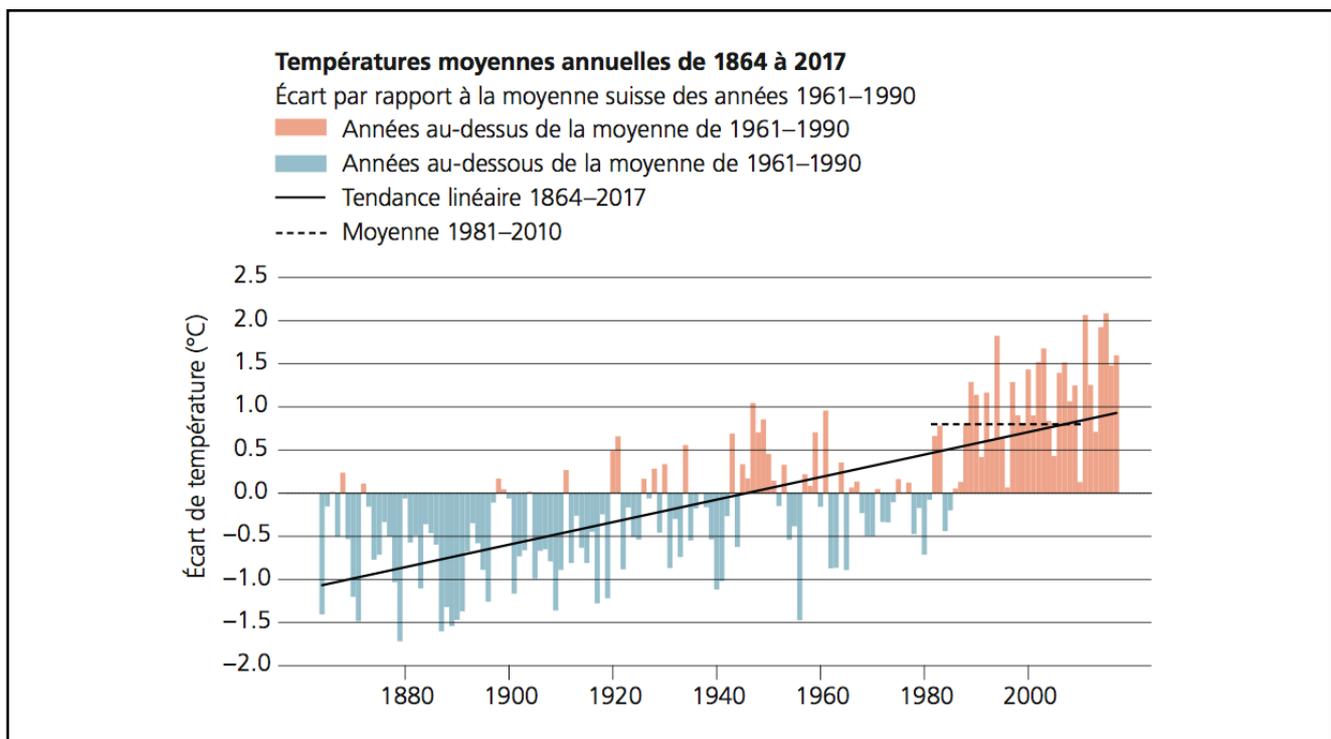


Fig. 3.3. Températures moyennes annuelles en Suisse de 1864 à 2017. Les valeurs indiquées sont les écarts à la moyenne suisse des années 1961-1990.

Source: NCCS (éd.) (2018). *CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse*. Zurich: National Centre for Climate Services (p. 18).

**Activité 3.2.**

Prends connaissance des textes 1 et 2 à la page précédente et observe attentivement la figure 3.3.

Quels constats peux-tu formuler à partir de ces documents?

Pourrait-on affirmer que ce que tu as constaté à partir de ces documents est la manifestation d'un changement important du système climatique à l'échelle de la Suisse?

Et à l'échelle globale?

Justifie tes réponses au moyen des documents dont tu disposes dans ton livre de géographie, dans ce dossier, ou avec d'autres ressources encore.

Débats de tes réponses et de celles de tes camarades au sein de la classe et formulez une ou des réponse(s) collective(s).

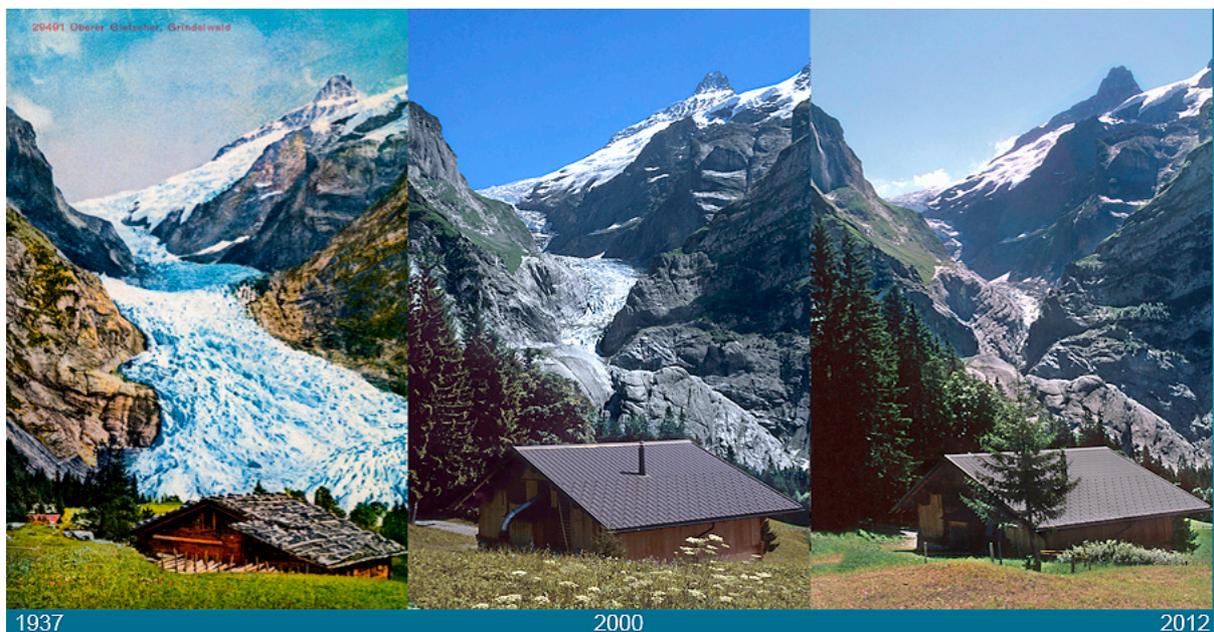
Pour la suite de ce travail, nous te proposons de travailler sur différents exemples de conséquences du changement climatique.

## 4 Les conséquences du changement climatique

### 4.1 Les glaciers, des indicateurs du changement climatique?



Fig. 4.1. Le glacier d'Aletsch (Grosser Aletschgletscher) en 1856 et de nos jours. (Source: © Hans-Peter Holzhauser)



© Sammlung Gesellschaft für ökologische Forschung / Daniela Grosse / Wolfgang Zängl

Fig. 4.2. Le glacier supérieur de Grindelwald (Oberer Grindelwaldgletscher) en 1937, 2000 et 2012. (Source: Gletscherarchiv, [http://www.gletscherarchiv.de/fotovergleiche/gletscher\\_liste\\_schweiz/](http://www.gletscherarchiv.de/fotovergleiche/gletscher_liste_schweiz/); dernière consultation le 28.08.2019)

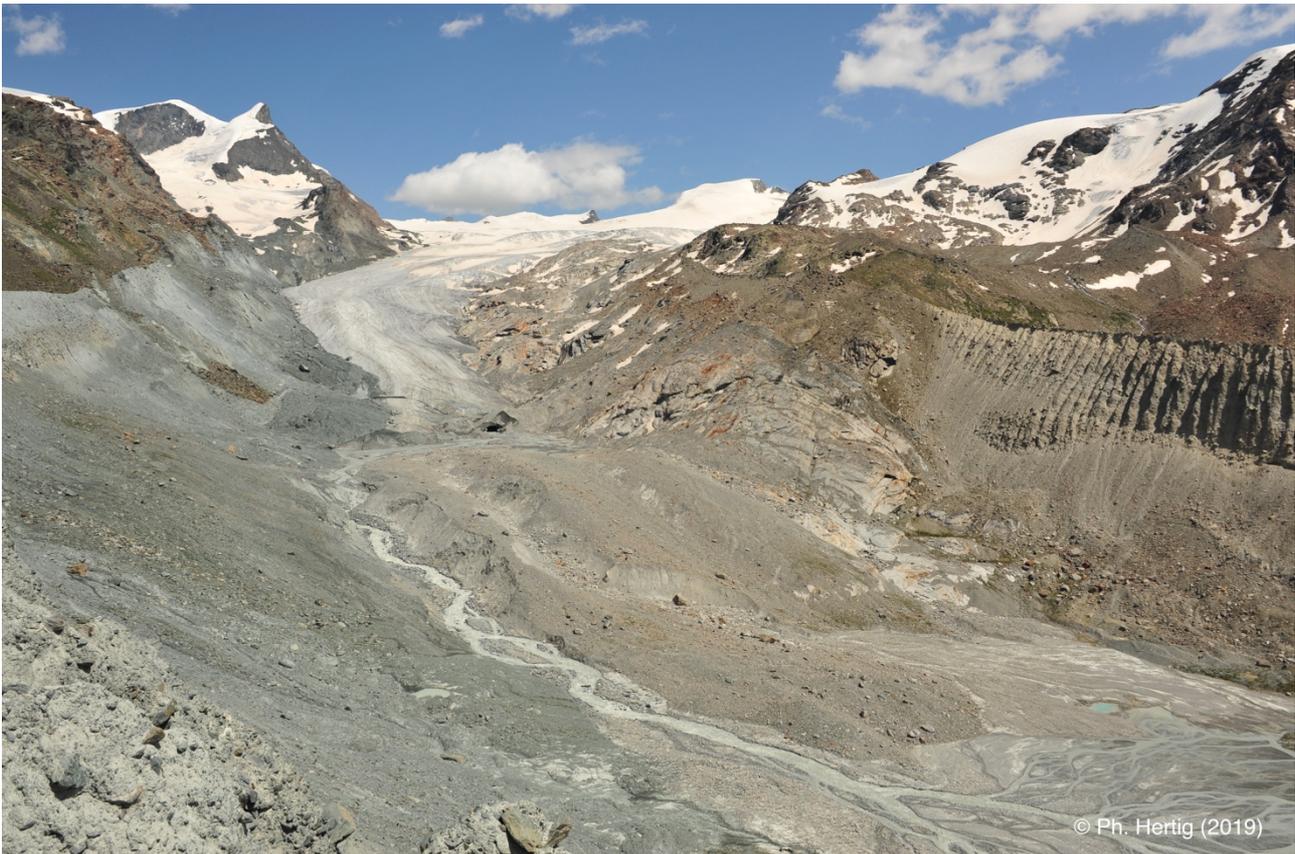


Fig. 4.3. Le glacier de Findeln (Findelngletscher), au-dessus de Zermatt, en juillet 2019. (Photo © Ph. Hertig)

#### Activité 4.1.

Observe les photos des fig. 4.1 à 4.3.

Prends note des changements que tu peux constater entre les deux photos du glacier d'Aletsch. Fais ensuite de même pour les trois images du glacier supérieur de Grindelwald.

Quelles similitudes peux-tu identifier dans l'évolution de ces deux glaciers?

Observe maintenant la photo du glacier de Findeln. Relève sur cette image des éléments qui pourraient t'indiquer que ce glacier évolue de la même manière que les deux précédents.

Vérifie tes observations au moyen de l'outil «Voyage dans le temps» sur le portail cartographique suisse <https://map.geo.admin.ch>.

Pour trouver le glacier de Findeln, zoome sur la région de Zermatt. Observe l'état du glacier sur la carte la plus ancienne (1864), puis en choisissant d'autres années, avec un intervalle de 10 ans environ à chaque fois, jusqu'à la carte la plus récente (2018).

Que peux-tu constater quant à l'évolution de ce glacier, et de tous ceux de la région de Zermatt?

**Activité 4.2.**

Un site internet élaboré par un passionné permet de visualiser l'état d'une quarantaine de glaciers des Alpes suisses à quelques années d'intervalle (entre 8 et 15 ans pour la plupart). Ce site est en anglais et en allemand, mais l'utilisation du système de visionnage des comparaisons ne pose aucun problème même si tu n'es pas à l'aise avec l'anglais et l'allemand.

Saisis l'adresse suivante dans ton navigateur, qui te permettra de visualiser l'état du glacier de Findeln avec un écart de 9 ans à peine:

<http://www.gletschervergleiche.ch/Pages/ImageCompareDet.aspx?Id=3086>

Que peux-tu constater?

**Texte 1**

Les glaciers sont l'un des réservoirs qui entrent en jeu dans le cycle de l'eau. La neige tombée dans la zone supérieure du glacier (zone d'alimentation) se transforme en glace en quelques années sous l'effet de la pression (tassement des couches de neige successives), de la température et du mouvement du glacier. Les glaciers stockent l'eau pour plusieurs décennies, voire plusieurs siècles pour les plus grands<sup>2</sup>. L'eau de fonte qui s'écoule en été approvisionne les cours d'eau de montagne.

**Texte 2**

Le recul généralisé et rapide des glaciers dans les Alpes<sup>3</sup> est considéré par les scientifiques comme un signe très clair du changement climatique. Dans les Alpes suisses, selon une information de l'Académie suisse des sciences naturelles publiée en octobre 2019, les glaciers ont perdu 10% de leur volume en cinq ans. Une perte de volume aussi importante et rapide n'a jamais été observée depuis plus de 100 ans.

Le retrait des glaciers a un impact sur le paysage – peut-on imaginer les Alpes sans glaciers? Mais le retrait des glaciers a surtout un impact sur l'écoulement des cours d'eau. A terme, cela pourrait poser des problèmes pour l'irrigation de zones de cultures dans plusieurs vallées des Alpes, et plus encore pour l'approvisionnement en eau potable et le remplissage des barrages qui alimentent de nombreuses centrales hydroélectriques.

**Activité 4.3.**

Prends connaissance des textes 1 et 2 ci-dessus. Revois aussi les constats que tu as formulés en faisant les activités 4.1 et 4.2.

Quelle(s) réponse(s) peux-tu apporter à la question qui ouvre cette section (p. 18: «les glaciers sont-ils des indicateurs du changement climatique?»)?

<sup>2</sup> Les glaciers dont il est question ici sont les glaciers de montagne. L'eau séjourne beaucoup plus longtemps, sous la forme de glace, dans les calottes glaciaires de l'Antarctique ou du Groenland : plus de 800'000 ans en Antarctique par exemple.

<sup>3</sup> Le recul actuel (depuis les années 1990) concerne en fait les glaciers de tous les massifs montagneux du monde.

Compare tes réponses à celles de tes camarades.

Discutez-les en classe et formulez une synthèse sur laquelle l'ensemble de la classe se met d'accord.

#### Activité 4.4.

Montre, au moyen d'un schéma et/ou d'un texte, en quoi le recul des glaciers est à la fois une conséquence de modifications du système climatique, la cause d'autres modifications du système climatique, et peut avoir un impact sur certaines activités des sociétés humaines (précise desquelles il s'agit).

## 4.2 Des événements extrêmes plus fréquents et plus intenses

Le 11 juin 2018, vers 23h00, un très violent orage s'est abattu sur la région de Lausanne. L'intensité des précipitations a été exceptionnelle: pendant cet orage, il est tombé 41 mm de pluie en 10 minutes, selon les mesures d'une station automatique située près de l'hôpital universitaire (CHUV), et 52 mm en 30 minutes. La valeur de 41 mm en 10 minutes est un nouveau «record suisse». A première vue, 41 mm de pluie ne semble pas être une quantité très inquiétante... mais il faut la mettre en perspective. Il tombe en moyenne 1150 mm de précipitations par année dans la région lausannoise (données MétéoSuisse pour la station de Lausanne-Pully), dont en moyenne 112 mm pour le mois de juin. Donc, en 10 minutes, ce 11 juin 2018, il est tombé plus du tiers de la quantité de pluie qui tombe normalement durant tout le mois de juin. Il n'est ainsi pas très surprenant que plusieurs secteurs de la ville aient été inondés.

Quelques semaines plus tard, le 6 août 2018, un autre orage provoquait des inondations et des dégâts importants à Sion, et déversait à nouveau de fortes précipitations sur plusieurs régions du canton de Vaud.

Le mois d'août 2018 a par ailleurs été marqué par une période de canicule, tout comme la fin du mois de juin 2019. Pour mémoire, MétéoSuisse émet un avis de *canicule* lorsque la température dépasse les 30°C la journée et les 20°C la nuit pendant trois jours au moins. Une canicule est donc une période de chaleur très marquée, qui est susceptible de mettre en danger la santé humaine.

#### Activité 4.5.

Documente-toi sur les événements dont il est question ci-dessus (orages du 11 juin 2018 à Lausanne et du 6 août 2018 à Sion, canicules d'août 2018 et de la fin juin 2019). Le site de MétéoSuisse propose des informations d'excellente qualité sur les phénomènes de l'orage lausannois et des canicules. Tu peux également trouver de nombreuses images des conséquences de ces orages sur internet.

De tels phénomènes sont-ils représentatifs du changement climatique?

Justifie ta réponse au moyen d'informations scientifiquement fondées.

Changeons d'échelle tout en restant dans la même période, à savoir les années 2018-2019. La province de la Colombie Britannique est située à l'ouest du Canada et s'étend sur près de 950'000 km<sup>2</sup> (soit 23 fois la Suisse). Entre le 1<sup>er</sup> avril 2018 et le 31 mars 2019, plus de 2100 feux de forêt se sont déclarés dans la province – c'est un record absolu depuis que des statistiques sont tenues au sujet des feux de forêt. Par *feu de forêt* (en anglais *wildfire*), il faut comprendre tout incendie non planifié survenant sur des terres couvertes de forêt ou de végétation «naturelle», détruisant des surfaces de forêt, de broussailles, d'herbe, de tourbières, et pouvant causer des dégâts dans des zones bâties ou cultivées situées à proximité. Les feux de cette année d'observation (avril 2018 – mars 2019) ont détruit une surface de plus de 13'500 km<sup>2</sup>. La grande majorité de ces feux de forêt (70%) ont été déclenchés par la foudre. La période durant laquelle le plus grand nombre de feux de forêt étaient actifs s'est étendue entre la mi-juin et la fin du mois de septembre, avec des pics d'intensité entre la fin juillet et la fin août. Les causes immédiates de ces très nombreux feux de forêt sont des températures plus élevées que la moyenne, une forte intensité des événements orageux et donc des impacts de foudre, une sécheresse marquée... et des imprudences humaines.



Fig. 4.4. Au bord du Green Lake, tout près de Whistler, en Colombie Britannique (Canada), un jour d'août 2018. C'était un jour de «grand beau temps», mais avec une visibilité et une qualité de l'air fortement affectées par les fumées des feux de forêt (plus de 500 foyers étaient actifs sur l'ensemble de la province à ce moment-là). Le foyer d'incendie le plus proche de l'endroit où la photo a été prise était à près de 40 km à vol d'oiseau. (Photo © Ph. Hertig)

#### Activité 4.6.

Après avoir pris connaissance des informations ci-dessus (texte et légende de la photo 4.4), mets en perspective les surfaces touchées par ces incendies de forêt en Colombie Britannique avec la surface des cantons romands (et pour comparaison, le plus grand canton suisse, celui des Grisons, a une superficie de 7105 km<sup>2</sup>).

Compare ensuite ces informations avec celles qui concernent les gigantesques incendies qui ont touché l'Australie depuis le mois de septembre 2019 et qui faisaient encore rage à la mi-janvier 2020, pour lesquels de très nombreuses informations sont disponibles en ligne.

Mets en évidence les points communs et les différences, que ce soit au niveau des faits, des causes identifiées et des conséquences de ces incendies.

D'après les informations que tu as recueillies, peut-on établir des liens entre ces incendies et le changement climatique? Justifie ta réponse au moyen d'informations scientifiquement fondées.

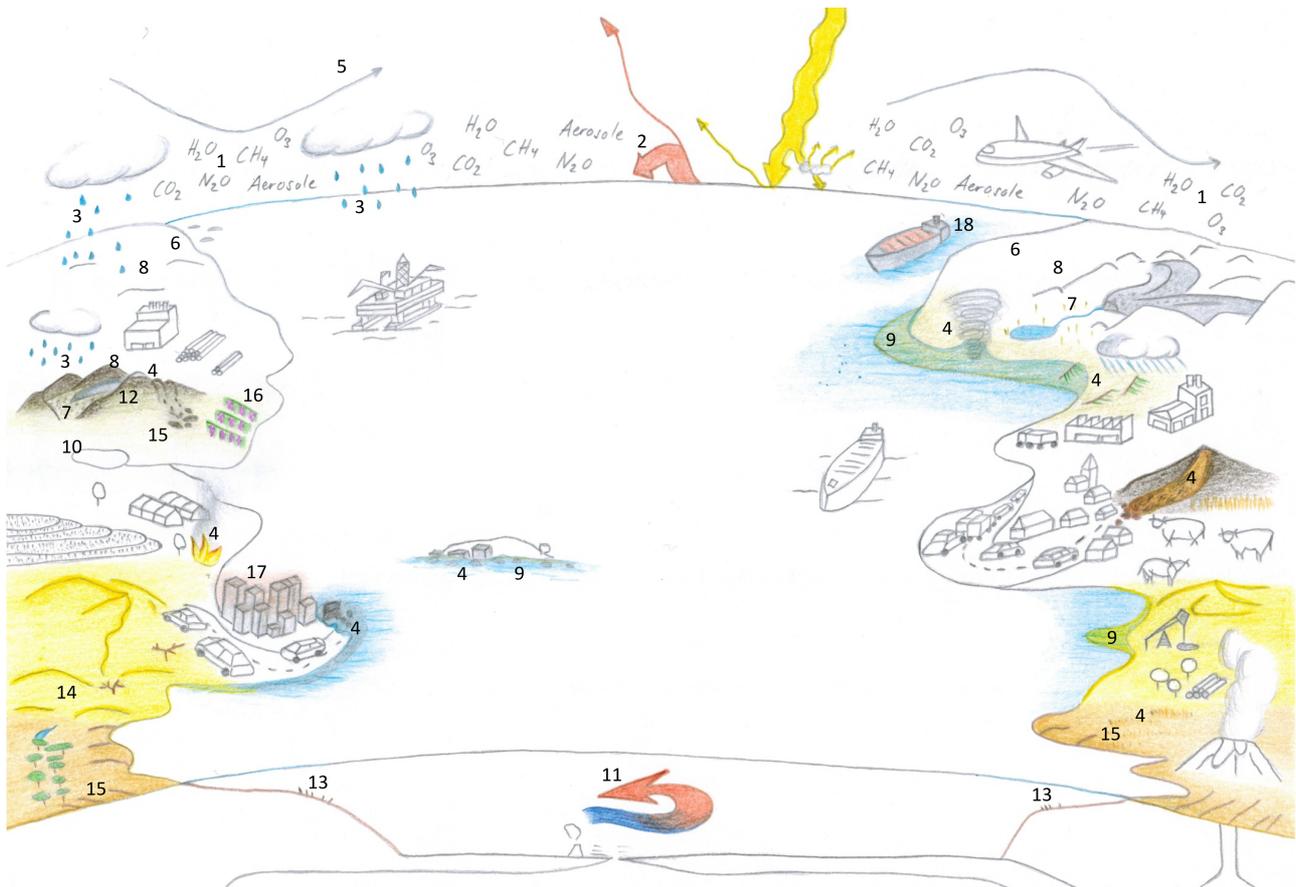
Compare ta réponse à celles de tes camarades. Menez une discussion en classe et formulez une réponse collective fondée sur des données scientifiques.

### 4.3. Regard d'ensemble sur les conséquences du changement climatique

#### Activité 4.7.

Cherche, dans ton livre de géographie ou au moyen d'autres ressources, les informations qui te permettent d'indiquer en quelques mots les liens entre les phénomènes mentionnés ci-après et le changement climatique. La fig. 4.5 et sa légende peuvent te donner quelques indices.

- Désertification
- Sécheresse
- Canicule
- Précipitations intenses
- Crues, inondations
- Evénements extrêmes plus fréquents et plus intenses
- Elévation du niveau des mers et des océans
- Impacts sur la biosphère (végétation, faune)
- Impacts sur les infrastructures (bâtiments, routes, ...)
- Fonte des glaciers et des calottes polaires
- Fonte de la banquise
- Fonte du pergélisol (permafrost)
- Diminution des surfaces enneigées
- Elévation de la limite de la neige
- Feux de forêt
- Modification de l'écoulement des cours d'eau
- Impacts sur les activités des sociétés humaines
- Impacts pour la santé des populations humaines

**A) Atmosphère**

1. Augmentation des gaz à effet de serre (p. ex. CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub>)
  2. Augmentation du rayonnement thermique (rayonnement en retour à ondes longues)
  3. Modification du régime des précipitations
  4. Augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes (tempêtes, canicules)
  5. Modification des systèmes de vents et des jetstreams
- \* Augmentation de la concentration de l'ozone dans les basses couches de l'atmosphère et près du sol

**B) Hydrosphère et C) Cryosphère**

6. Fonte des glaces continentales et de la banquise
7. Fonte des glaciers
4. Augmentation des événements extrêmes (crues et inondations, sécheresses, coulées de boue, glissements de terrain, éboulements)
8. Dégel du pergélisol (permafrost)
9. Elévation du niveau des mers et océans
10. Modification du débit des cours d'eau
11. Modification des courants marins

**D) Biosphère**

12. Modification de la répartition en altitude (étages de végétation) (la limite de la végétation s'élève, diminution des zones enneigées ou englacées)
  13. Mort des coraux/acidification des océans
- \* Baisse de la biodiversité  
\* Modification de la répartition des zones de végétation

**E) Pédosphère**

14. Désertification
15. Erosion du sol
4. Augmentation des événements extrêmes (glissements de terrain)

**F) Lithosphère**

4. Augmentation des événements extrêmes (éboulements)

**G) Anthroposphère**

16. Décalage des limites des zones cultivables (p. ex. pour la vigne); culture d'espèces nouvelles ou différentes
  17. Augmentation de la chaleur dans les villes (îlots de chaleur)
  18. Nouvelles routes maritimes (passage du Nord-Ouest et passage du Nord-Est)
- \* Conséquences sanitaires (p. ex. stress lié à la chaleur lors d'une canicule; maladies; malnutrition)  
\* Migrations; conflits  
\* Conséquences économiques (p. ex. impacts sur les activités touristiques, mauvaises récoltes dans l'agriculture, possibilités d'extraction minière dans l'Arctique)

\* impossible à représenter sur le dessin

Fig. 4.5. Conséquences du changement climatique. (Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: M. Walz, 2019)

Les conséquences du changement climatique sont multiples, et elles affectent tant les composantes naturelles du système climatique que les activités humaines. Leurs effets sont perceptibles à différentes échelles – au niveau local très souvent, mais aussi au niveau régional, parfois à une échelle continentale, et d'une certaine manière toujours au niveau global. La temporalité selon laquelle se déploient ces effets est très variable et il n'est pas facile d'évaluer ce qui va se passer à l'avenir (voir à cet égard les informations et les documents relatifs aux *scénarios climatiques* dans ton livre de géographie).

On peut relever que les effets du changement climatique touchent dans un premier temps les composantes physiques du système climatique, puis les systèmes biologiques naturels (la biosphère), et enfin les activités humaines.

Dans bien des cas, on peut observer ce qu'on appelle des rétroactions positives. Le cas de la fonte du pergélisol en est un exemple frappant. En dégelant, le pergélisol libère du dioxyde de carbone et du méthane dans l'atmosphère, deux des gaz à effet de serre les plus puissants. Plus la température de l'air augmente, plus le pergélisol dégèle et donc plus il libère de dioxyde de carbone et de méthane. La quantité de gaz à effet de serre augmente ainsi dans l'atmosphère, ce qui a pour effet d'augmenter encore la température. Et ainsi de suite. Bien que les effets de cette «boucle de rétroaction positive» soient en fait très problématiques, on dit qu'il s'agit d'une rétroaction positive du fait que le phénomène est amplifié à chaque nouvelle «étape» de la boucle. Une boucle de rétroaction est un cycle de processus qui agissent en chaîne<sup>4</sup>; ici, toutes les rétroactions entre les différents «chaînon» de la boucle amplifient la perturbation.

#### Activité 4.8.

Elabore un schéma qui met en évidence la boucle de rétroaction positive illustrée par le phénomène de la fonte du pergélisol.

Compare ton travail à celui de tes camarades. Si nécessaire, complète ton schéma pour qu'il prenne en compte tous les éléments que vous aurez mis en évidence en classe.

#### Activité 4.9.

Connais-tu d'autres exemples de rétroactions positives (même hors des domaines liés au changement climatique)?

Discutes-en avec tes camarades. Prends note des exemples les plus significatifs.

#### Activité 4.10.

Rends compte, sous la forme qui te convient le mieux, de ce que tu as découvert et appris au sujet des conséquences du changement climatique.

Complète ton travail après en avoir discuté avec tes camarades et l'ensemble de la classe.

<sup>4</sup> D'après <https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/climatologie-retroaction-13071/> (dernière consultation le 12.10.2019).

## 5 Mesures d'atténuation et d'adaptation au changement climatique – Politique climatique

Les mesures que les sociétés humaines doivent mettre en place pour faire face aux conséquences du changement climatique sont multiples – et il est certain que ni ton livre de géographie, ni ce qui t'est présenté dans ce dossier n'en font un inventaire complet.

Les émissions de gaz à effet de serre (et en particulier de CO<sub>2</sub>) générées par les activités humaines sont la cause principale du changement climatique actuel. Les émissions anthropiques de CO<sub>2</sub> sont dues avant tout à l'utilisation de combustibles fossiles. Les mesures visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre sont appelées par les experts du GIEC mesures d'**atténuation**. Avec ce genre de mesures, on cherche à éviter ou au moins à limiter une aggravation du réchauffement climatique et de ses effets. L'expression *mesures d'atténuation* est désormais largement utilisée dans tous les milieux qui se préoccupent de la lutte contre le changement climatique.

Les travaux des scientifiques sur le changement climatique nous ont aussi appris que certaines de ses conséquences sont d'ores et déjà irréversibles – du moins à l'échelle de temps d'une vie humaine: on sait que le CO<sub>2</sub> actuellement présent dans l'atmosphère et le CO<sub>2</sub> qui sera émis à l'avenir vont influencer le climat pour longtemps, puisque ce gaz séjourne dans l'atmosphère pendant 100 à 150 ans, voire 200 ans. Il faut donc envisager que des effets du changement climatique tels que l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes, la hausse du niveau des mers et des océans ou la fonte des glaces vont être une réalité pendant des décennies. Les mesures prises pour minimiser l'impact de ces phénomènes sur les systèmes naturels et sur les sociétés humaines sont appelées mesures d'**adaptation**.

Les mesures d'atténuation et les mesures d'adaptation concernent toutes les catégories d'acteurs. Renoncer à voyager en avion pour ses vacances ou diminuer sa consommation de viande est une décision individuelle, ou familiale. Elaborer des lois à l'échelle nationale ou des accords internationaux implique des réflexions collectives et des décisions qui sont prises à un niveau politique – mais il ne faut pas oublier que les politiciennes et les politiciens sont élu-e-s par les citoyennes et les citoyens, du moins dans les Etats qui fonctionnent de manière démocratique. Chacune et chacun doit donc se sentir concerné-e par les débats sur le changement climatique, par la *politique climatique*. La discussion et le choix des mesures d'atténuation et d'adaptation constituent une partie importante de la politique climatique.

### Activité 5.1.

Collabore avec deux ou trois camarades pour cette activité.

Elaborez, sur la base de vos connaissances actuelles, une liste de mesures de lutte contre le changement climatique et ses effets, en distinguant les mesures d'atténuation et les mesures d'adaptation. Expliquez chacune de ces mesures en quelques phrases concises et aussi précises que possible.

Indiquez qui sont les acteurs concernés par ces mesures. Définissez à chaque fois en quoi ces acteurs sont concernés (discussion, choix, décision, action, bénéficiaires des mesures, etc.).

Comparez et discutez vos propositions avec celles des autres groupes.

Parmi les mesures que vous avez listées, y en a-t-il que tu mets en œuvre à titre individuel, ou qui sont mises en œuvre dans ton entourage personnel? Lesquelles et pour quelles raisons?

## Activité 5.2.

Observe la fig. 5.1 ci-après. Pour chacune des mesures illustrées, indique s'il s'agit d'une mesure d'atténuation ou d'une mesure d'adaptation. Justifie ton point de vue et compare-le à celui de tes camarades.



### Exemples de mesures d'atténuation et d'adaptation

- |   |   |
|---|---|
| 1. Végétalisation des toits et des façades                          | 11. Maisons écoénergétiques   |
| 2. Reboisement  | 12. Fertilisation des océans en fer   |
| 3. Irrigation des zones désertiques afin de les «reverdir»          | 13. Production de nuages au-dessus des mers et des océans                       |
| 4. Cultures génétiquement modifiées                                 | 14. Navires de haute mer propulsés par des cerfs-volants                        |
| 5. Développement des transports publics                             | 15. Avions solaires / avions plus petits qu'aujourd'hui                         |
| 6. Voitures électriques   | 16. Couverture des glaciers   |
| 7. Utilisation du vélo  | 17. Parasols / miroirs dans l'espace  |
| 8. Loisirs et vacances dans des régions proches du domicile         | 18. Arrêt ou réduction de l'extraction de combustibles fossiles                 |
| 9. Energies renouvelables (énergies éolienne, hydraulique, solaire) | 19. Îles artificielles dans les océans (déplacements de population, migrations) |
| 10. Protection contre les inondations / digues / barrages mobiles   |   |

Exemples de mesures qu'il n'est pas possible de représenter directement sur le dessin:

- Piégeage du CO<sub>2</sub>
- Législation: lois et règlements
- Engagement politique en faveur du climat

- Formation, éducation, communication
- Adaptation des êtres vivants (p. ex. migration)

Fig. 5.1. Exemples de mesures d'atténuation du changement climatique et d'adaptation à ses effets. (Source: croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz, 2019)

**Activité 5.3.**

Quelques-unes des mesures représentées sur la fig. 5.1 font partie de ce que les spécialistes appellent la **géo-ingénierie**. Ce terme désigne un ensemble de méthodes et de techniques qui visent à modifier volontairement le système climatique pour lutter contre les effets du changement climatique<sup>5</sup>.

Quelles sont d'après toi les mesures illustrées sur la fig. 5.1 qui sont des mesures de géo-ingénierie?

Renseigne-toi à leur propos et mets brièvement en évidence leurs avantages, leurs limites et les dangers éventuels qu'elles représentent.

**Activité 5.4.**

Observe la photo de la fig. 5.2 ci-dessous.

En collaborant avec deux ou trois camarades, proposez les mesures d'adaptation qu'il est nécessaire, selon vous, de mettre en œuvre dans la région représentée sur cette photo.

Justifiez vos propositions et comparez-les à celles des autres groupes.



Fig. 5.2. Sion et les environs, vallée du Rhône, en octobre 2017. (Photo © Ph. Hertig & S. Ruttimann [SR-Prod])

<sup>5</sup> D'après une définition des Académies suisses des sciences (2018).

## Politique climatique de la Suisse

La politique climatique de la Suisse, telle qu'elle s'est développée au cours des vingt dernières années, est le fruit de négociations et de compromis entre des acteurs issus du monde politique, des milieux économiques et de différents groupes d'intérêt; elle consiste aujourd'hui en des mesures d'atténuation et d'adaptation. Ces mesures se concentrent en premier lieu sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre dans les différents secteurs économiques, en particulier dans l'industrie, le bâtiment (chauffage et refroidissement) et les infrastructures, les transports et le traitement des déchets.

La Suisse a également défini des mesures d'adaptation aux risques liés à divers dangers naturels, par exemple les fortes précipitations, les vents violents, les éboulements, les laves torrentielles, les glissements de terrain, les périodes de sécheresse, etc. Ces mesures visent notamment à prévenir les conséquences de ces phénomènes dont la fréquence et l'intensité vont très probablement augmenter du fait du changement climatique.

La Suisse s'engage également à soutenir les personnes les plus touchées par les conséquences du changement climatique dans le monde. La Suisse a signé plusieurs accords internationaux, dont l'Accord de Paris négocié dans cette ville en 2015. L'objectif de cet accord est de maintenir le réchauffement climatique global au-dessous de 2°C, et si possible de le limiter à 1.5°C (pour mémoire, le réchauffement global actuel est de 0.9°C). A cette fin, la Suisse s'est par exemple engagée à réduire de moitié ses émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 par rapport à leur niveau de 1990.

Pour plus de détails sur l'Accord de Paris et sur les mesures qu'il est possible et nécessaire de prendre à l'échelle internationale, à l'échelle nationale et au niveau individuel, consultez les pages 56 à 61 de ton livre de géographie.

On rappellera pour conclure cette section l'enjeu clé de la politique climatique à l'échelle globale, tel que le GIEC l'a mis en évidence dans son 5<sup>e</sup> rapport paru en 2014: si les mesures d'atténuation nécessaires ne sont pas mises en œuvre à très court terme, le changement climatique aura des conséquences globales massives et irréversibles d'ici à la fin du 21<sup>e</sup> siècle, quelles que soient les mesures d'adaptation réalisées par ailleurs. Il est donc impératif de réduire drastiquement et sans tarder les émissions anthropiques de gaz à effet de serre.

Ce qui est franchement inquiétant, c'est que les scientifiques ont lancé des avertissements depuis plusieurs décennies, mais que ces cris d'alarme sont restés sans suite ou presque...

**«Le monde se réchauffe. Il n'est pratiquement plus possible d'en douter. Comme nous n'avons pas d'exemple comparable de phénomènes de cette ampleur dans notre passé géologique récent, nous devons nous fier à des simulations obtenues à partir de modèles de circulation très complexes qui se basent sur des situations actuelles. Toutes prédisent un réchauffement global de 1.5 à 4.5°C – la limite supérieure semblant toujours plus vraisemblable – en cas de doublement du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère ou de l'augmentation correspondante d'autres gaz à effet de serre d'origine humaine.»**

**«Nous sommes tous sur le même bateau. Et le bateau est notre Terre. Les décennies à venir nous montreront si nous saurons maîtriser ensemble le défi d'un changement climatique à l'échelle du globe. (...) Il ne nous est plus permis d'attendre la preuve de tous les faits.»**

Source de ces deux extraits: Commission suisse de recherche sur le climat et l'atmosphère (CCA) (1988). *Le climat – notre avenir?* Berne: Kümmerly + Frey (pp. 144 et 163).

**«Les gouvernements devraient prendre des mesures de précaution pour anticiper, éviter ou minimiser les causes des changements climatiques et leurs effets... L'incertitude scientifique concernant l'effet de l'homme sur le réchauffement global ne doit pas servir d'argument pour retarder la prise de décisions.»**

Source: extrait d'une interview de Martin Beniston, spécialiste du climat, à l'époque professeur à l'Université de Fribourg; membre du GIEC dès 1992, il fut vice-président de l'un des groupes de travail de cet organisme et à ce titre co-réceptaire du Prix Nobel de la Paix en 2007. In G. Collet & Ph. Hertig (1998), *Des Mondes, un Monde...* Lausanne: Loisirs et Pédagogie (p. 245).

## 6 Synthèse

### Activité 6.1.

Fais le point sur ce que tu as découvert et appris à propos du changement climatique.

Pour chacun des «grands thèmes» (le système climatique, les causes des changements climatiques, les conséquences du changement climatique actuel, la politique climatique), choisis les notions qui te paraissent les plus importantes et note-les sous la forme de mots clés.

Reporte ensuite ces mots clés sur une feuille suffisamment grande (au minimum A4, si possible A3), en les disposant de manière à ce que tu puisses mettre en évidence les relations qui existent entre ces notions.

Prépare-toi à présenter ton travail à tes camarades, en expliquant pourquoi tu as retenu ces notions-là et pourquoi tu as mis en évidence les relations que tu as représentées sur ton document.

L'autre démarche qui t'est proposée pour ce moment de synthèse repose sur l'observation d'une série d'images. La consigne figure quelques pages plus loin et précède le dernier document de la série.

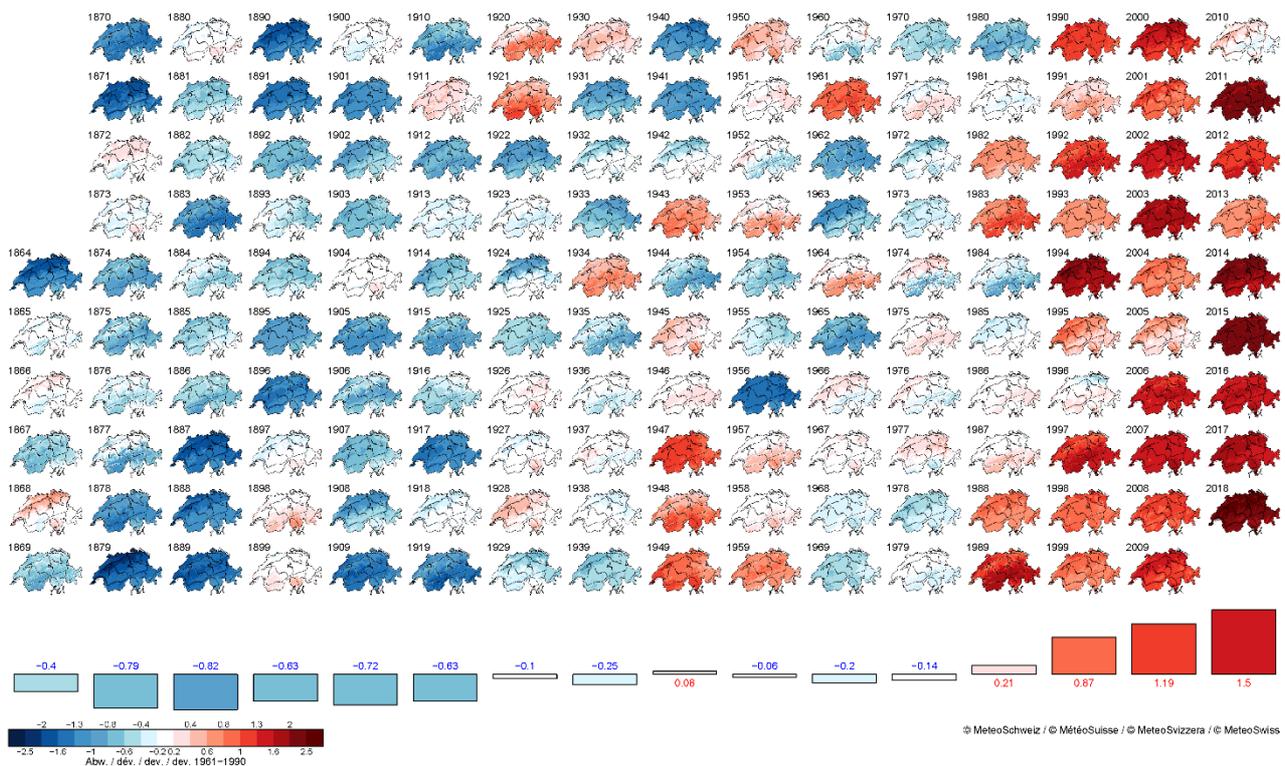


Fig. 6.1. Ecarts à la moyenne des températures en Suisse pour toutes les années de 1864 à 2018 (période de référence pour le calcul de la moyenne: 1960–1990). Les années avec des températures en-dessous de la moyenne sont en bleu, celles avec des températures supérieures à la moyenne en rouge. Les valeurs moyennes par décennie sont indiquées dans les graphiques en barre de la partie inférieure de la figure. (Source: MétéoSuisse, 2019)



Fig. 6.2. Approche du violent orage qui a frappé la région lémanique le 15 juin 2019, vue depuis les environs de Savigny (VD). (Photo © S. Ruttimann [SR-Prod])

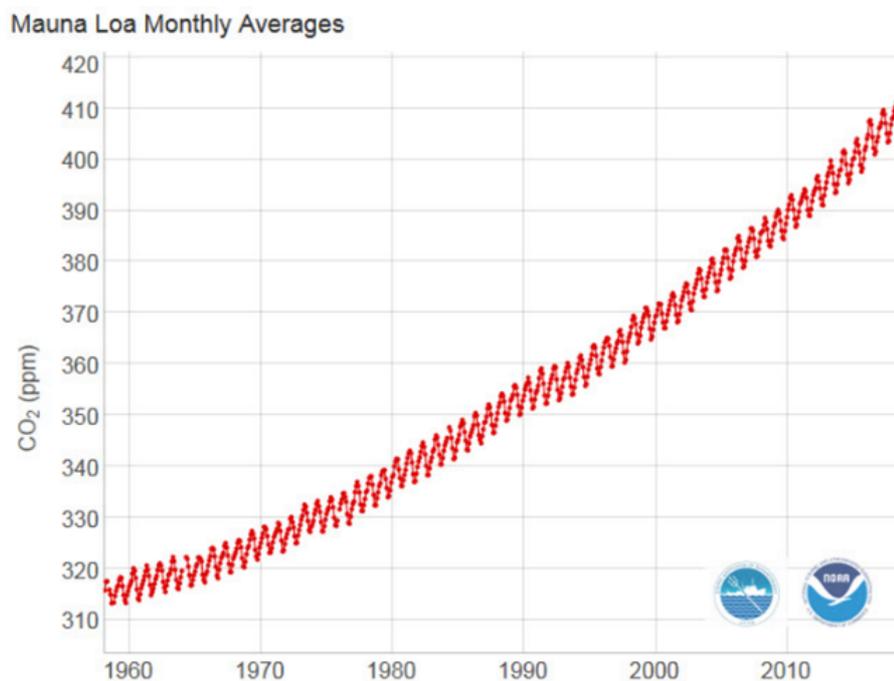


Fig. 6.3. Evolution de la concentration en CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère de la fin des années 1950 à nos jours. Données recueillies à la station de mesure située au sommet du Mauna Loa (4169 m), un volcan de la plus grande des îles de Hawaii (USA). Concentration exprimée en parts par million (ppm). (Source: NOAA, 2018)

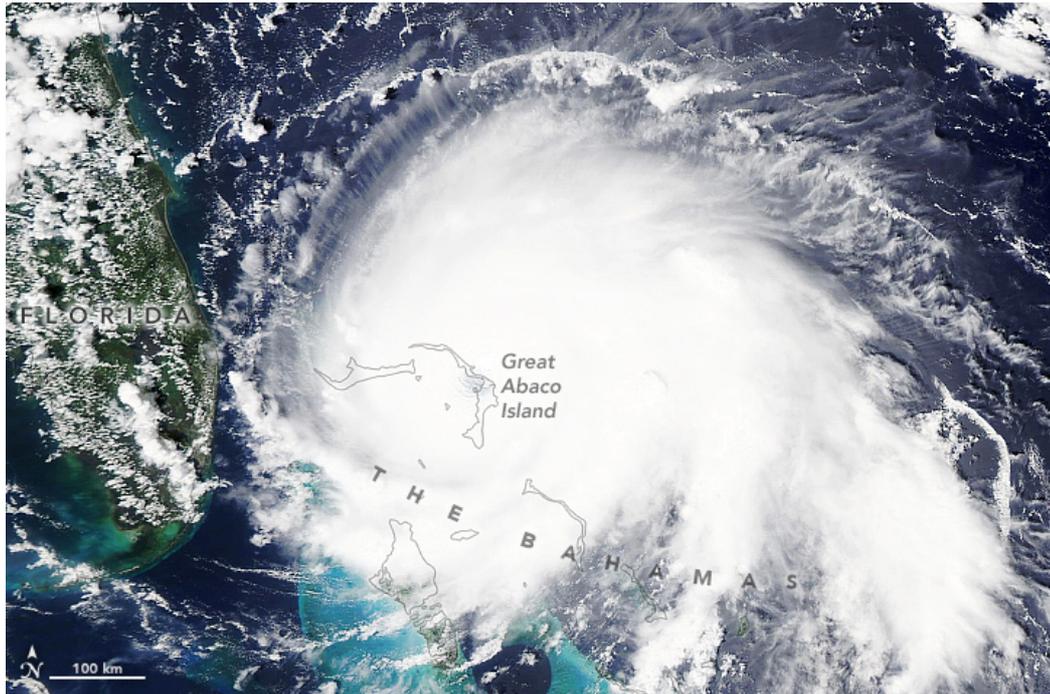


Fig. 6.4. L'ouragan *Dorian* au-dessus des Bahamas, le 1<sup>er</sup> septembre 2019. (Source: © NASA, site Earth Observatory)



Fig. 6.5. Terres agricoles inondées après la fonte des neiges et de fortes précipitations, près de Berthierville (Québec, Canada), en mai 2019. (Photo © Ph. Hertig)



Fig. 6.6. Fumées produites par les feux de forêt en Australie, le 4 janvier 2020. Photo prise depuis la Station spatiale internationale. (Source: © NASA, site Earth Observatory)

### Activité 6.2.

Observe les photos et autres documents des fig. 6.1 à 6.6, de même que la photo de la page de couverture du dossier et celle de la dernière page (fig. 6.7).

Ces images te paraissent-elles représentatives de ce que tu as découvert et appris à propos du changement climatique?

Quelles images ajouterais-tu pour compléter cette série? Tu peux faire des propositions concrètes, en les recherchant par exemple sur internet ou au moyen des ressources dont tu disposes chez toi et à l'école.

Explique tes réponses.

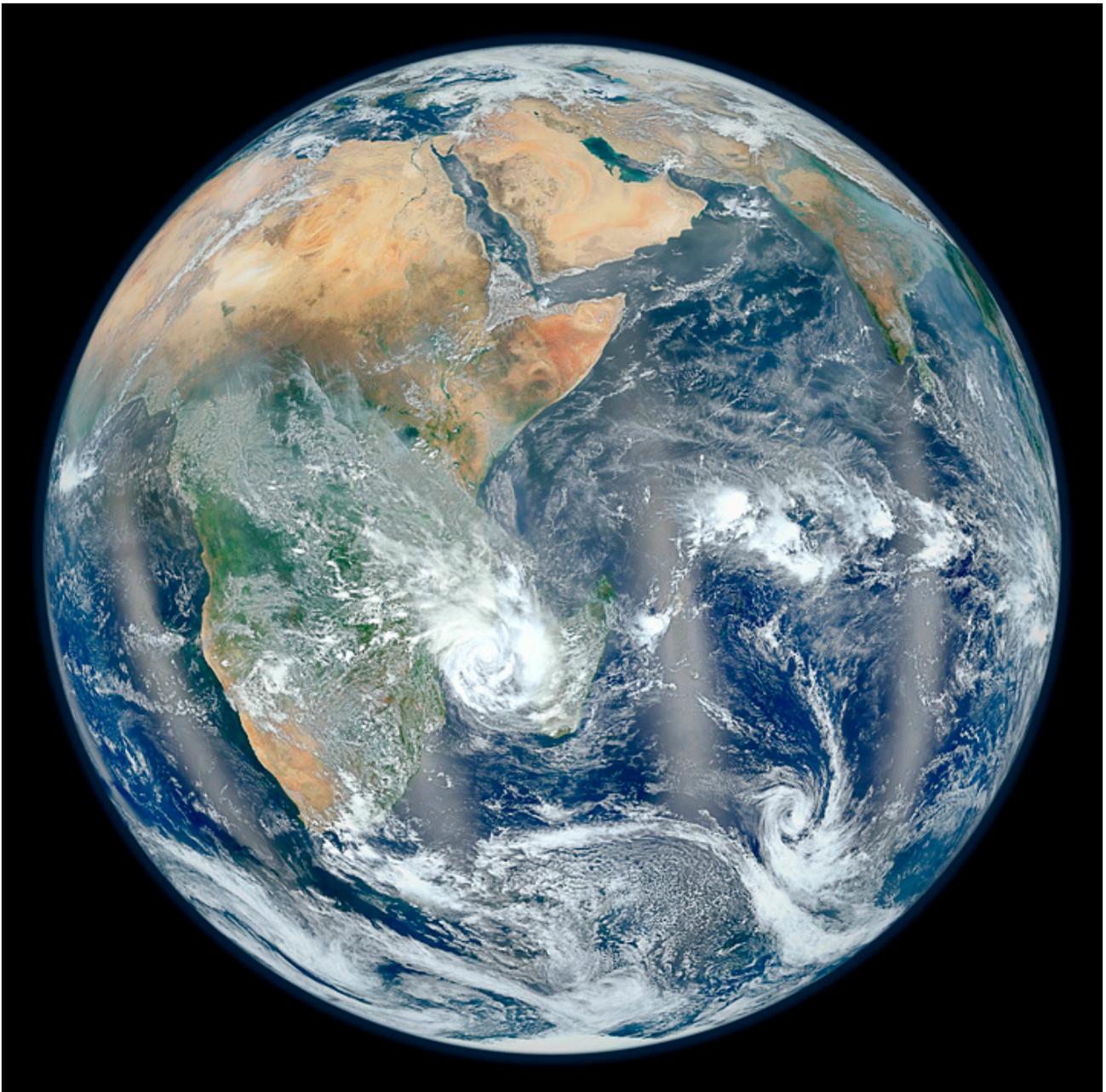
### Activité 6.3.

Si l'activité 1.2 (p. 4 du dossier) a été faite dans ta classe, reprends les questions que tes camarades et toi avez retenues.

Toutes ces questions ont-elles trouvé une réponse?

Si ce n'est pas le cas, garde la trace de celles auxquelles il n'a pas été possible de répondre. Peut-être auras-tu d'autres occasions d'aborder le sujet du changement climatique et de revenir sur ces questions pour tenter de trouver les réponses qui manquent encore.

Fig. 6.7. La Terre, hémisphère oriental. Images captées en janvier 2012 par le satellite Suomi NPP de la NASA, assemblées et diffusées quelques semaines plus tard. (Source: © NASA, site Earth Observatory)



<https://earthobservatory.nasa.gov/images/77085/earth-behind-the-scenes>

(dernière consultation le 26.11.2019)