

Changement climatique et politique climatique



© S. Reinfried, GeoEduc

Niveau scolaire

Secondaire II

Auteur

Philippe Hertig

Année

2019



Changement climatique et politique climatique

COMMENTAIRES DESTINES AUX ENSEIGNANT.E.S

Niveau scolaire	Secondaire II
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 le dossier des élèves sont inspirées ou adaptées de celles proposées dans le dossier en langue allemande destiné au Secondaire II (auteurs Matthias Probst et Moritz Gubler).

Editeurs
GLOBE
PHBern
PHLuzern
HEP Vaud
Supsi
Uni Bern
SCNAT
OFEV

Indications générales

Conformément à la logique qui a présidé à l'élaboration des ressources didactiques du projet CCESO (*Climate Change Education and Science Outreach*), le matériel destiné aux degrés du postobligatoire aborde quatre grandes thématiques: le système climatique, les causes naturelles et anthropiques des fluctuations climatiques, les conséquences du changement climatique actuel et la politique climatique.

Les ressources destinées aux différents cycles de la scolarité obligatoire et au postobligatoire ont été pensées dans une perspective interdisciplinaire et cumulative (pour plus de détails, voir les informations disponibles dans la rubrique Introduction sur la page d'accueil du dossier thématique en ligne). Les démarches proposées dans le dossier du Secondaire II sont donc conçues pour permettre aux élèves d'approfondir et d'élargir leurs connaissances des différents aspects du thème général «Changement climatique et politique climatique».

Pour mémoire, les élèves des établissements scolaires publics des cantons romands ont en principe tous traité en 10^e année un chapitre de géographie intitulé *Le changement climatique: les risques liés aux phénomènes atmosphériques*. Le Moyen d'enseignement romand (MER) de géographie 10^e année, édité par la CIIP et publié dans sa version définitive en 2019, propose près de 150 documents diversifiés dans le *Livre de l'élève* et des suggestions d'activités dans les *Fiches* qui l'accompagnent. Le matériel didactique développé pour le cycle 3 dans le cadre du projet CCESO a été conçu de manière à offrir des pistes complémentaires à celles du MER, parfois en partant d'un autre point de vue, ou en approfondissant tel ou tel aspect – l'idée générale étant de ne pas proposer du matériel qui fasse «concurrence» au MER.

La séquence didactique destinée au postobligatoire s'inscrit en quelque sorte dans le prolongement des ressources CCESO proposées pour le cycle 3. La large majorité des activités suggérées mobilisent des habiletés cognitives de niveaux taxonomiques élevés; elles incluent fréquemment une phase de discussion entre étudiant.e.s et/ou de présentation / discussion avec l'ensemble de la classe. Une bonne partie des documents nécessaires à ces activités figurent dans le dossier destiné aux élèves; des liens vers des ressources en ligne sont en outre proposés à plusieurs reprises dans le cadre d'activités spécifiques. Ces ressources en ligne sont le plus souvent des ressources figurant sur des sites officiels, notamment le site de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), celui de MétéoSuisse ou celui de Météo France.

Le matériel didactique proposé pour les degrés du postobligatoire est pensé comme une séquence didactique (ou séquence d'enseignement-apprentissage) autonome, d'une durée totale comprise entre 12 et 18 leçons de 45 minutes, selon le degré d'approfondissement des activités menées en classe. La séquence a un caractère interdisciplinaire: les sections consacrées au système climatique, aux causes et aux conséquences du changement climatique peuvent s'inscrire dans un programme de géographie, de sciences de la nature, ou dans le cadre d'une approche interdisciplinaire telle qu'il en existe dans certains plans d'études. La section sur la politique climatique relève plutôt des sciences humaines et sociales, et peut donc se traiter en géographie, en économie et droit, voire en philosophie ou en histoire et institutions politiques. Cette section sur la politique climatique est sensiblement plus développée dans le dossier destiné au Secondaire II que dans ceux proposés pour les cycles 2 et 3 de la scolarité obligatoire.

Il n'y a bien entendu aucune obligation à suivre strictement la séquence didactique telle qu'elle a été conçue. Il est de la responsabilité de l'enseignant.e de procéder à des choix parmi les activités suggérées, en fonction des objectifs qu'elle ou il a définis, en référence aux injonctions du plan d'études en vigueur dans l'établissement.

Le dossier des élèves inclut des documents, consignes d'activités et textes d'information relatifs aux quatre grandes thématiques susmentionnées (système climatique / causes / conséquences / politique climatique), ainsi que les éléments proposés pour la phase de démarrage et de problématisation et pour la phase de synthèse.

Les commentaires synthétiques réunis dans le présent petit dossier destiné aux enseignant.e.s portent essentiellement sur les activités proposées. On n'y trouvera en règle générale pas de réponses «toutes faites», vu que la majeure partie des démarches suggérées sont relativement, voire très «ouvertes». Des explications spécifiques sont fournies directement sur la page du site internet quant aux modalités possibles d'utilisation des croquis originaux, dont la plupart sont insérés dans le dossier des élèves.

Comme indiqué plus haut, la structure d'ensemble du dossier des élèves suit le modèle didactique développé dans le cadre du projet CCESO. Le tableau suivant présente la structure du dossier et les aspects des quatre grands thèmes sur lesquels portent les activités proposées:

Pour entrer en matière

Le système climatique	Les causes naturelles et anthropiques des changements climatiques	Les conséquences du changement climatique	Politique climatique: vers quel climat allons-nous?
<p>Généralités (les composantes du système climatique)</p> <p>Cycle de l'eau</p> <p>Bilan radiatif et effet de serre</p> <p>Cycle du carbone</p>	<p>Les causes des fluctuations naturelles du climat</p> <p>L'Homme comme facteur de l'évolution du climat: les causes anthropiques du changement climatique actuel</p> <p>La Suisse et le changement climatique : quelles observations ?</p> <p>Des modèles climatiques au service de la science des climats</p>	<p>Conséquences à l'échelle globale et en Suisse</p> <p>Hausse de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes</p>	<p>Généralités – mesures d'atténuation et mesures d'adaptation</p> <p>Une approche intégrée des risques liés au changement climatique</p> <p>Bref regard sur la politique climatique de la Suisse</p> <p>Un enjeu spécifique: le climat en ville</p>

Synthèse générale

Liens avec les plans d'études

Formation professionnelle: voir, dans le domaine Société du Plan d'études cadre, les aspects ou dimensions Ecologie, Politique, Economie et Technologie.

Ecoles de Maturité: voir le Plan d'études cadre. Dans les divers plans d'études cantonaux, consulter les pages consacrées aux disciplines Géographie, Sciences expérimentales (physique, chimie, voire biologie), Economie et Droit, voire Application des mathématiques et Philosophie.

Ecoles de culture générale: selon les plans d'études cantonaux, voir les pages consacrées aux disciplines Géographie, Economie et Droit, Sciences expérimentales ou Sciences de la nature, voire Philosophie.

Ecoles de commerce: selon les plans d'études cantonaux, voir les pages consacrées aux disciplines Technique et environnement, Economie et Droit, Géographie, voire Histoire et institutions politiques.

Ouvrages de référence

Les ouvrages signalés par [*] sont disponibles en ligne et peuvent être téléchargés au format pdf.

Académies suisses des sciences (2016). *Coup de projecteur sur le climat suisse. Etat des lieux et perspectives*. Swiss Academies Reports 11 (5). Berne: Académies suisses des sciences. [*]

Beniston, M. (2009). *Changements climatiques et impacts. De l'échelle globale à l'échelle locale*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

Blanc, P. & Schädler, B. (2013). *L'eau en Suisse – Un aperçu*. Berne: Commission suisse d'hydrologie. [*]

Brönnimann, S. (2018). *Klimatologie*. Berne: Haupt Verlag.

Delmas, R., Chauzy, S., Verstraete, J.-M. & Ferré, H. (2007). *Atmosphère, océan et climat*. Paris: Belin.

Egli, H.-R., Hasler, M. & Probst, M. (2016). *Geografie wissen und verstehen*. Berne: hep-Verlag.

Foucart, S. (2010). *Le populisme climatique. Claude Allègre et Cie, enquête sur les ennemis de la science*. Paris: Denoël.

GIEC (2014). *Changements climatiques 2014: rapport de synthèse. Contribution des groupes de travail I, II et III au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat*. Genève: GIEC. [*]

Jouzel, J. & Debroise, A. (2014). *Le défi climatique. Objectif: 2°C!* Paris: Dunod.

Köllner, P., Gross, C., Lerch, J. & Nauser, M. (2017). *Risques et opportunités liés au climat. Une synthèse à l'échelle de la Suisse*. Berne: Office fédéral de l'environnement. [*]

Laramée de Tannenbergh, V. (2017). *Le changement climatique. Menace pour la démocratie?* Paris: Buchet/Chastel.

Lüthi, D., Le Floch, M., Bereiter, B., Blunier, T., Barnola, J.-M., Siegenthaler, U., Raynaud, D., Jouzel, J., Fischer, H., Kawamura, K. & Stocker, T. (2008). High resolution carbon dioxide concentration record 650'000 – 800'000 years before present. *Nature*, 453, 379-382.

Mélières, M.-A. & Maréchal, C. (2010). *Climat et société. Climats passés, passage de l'homme, climat futur: repères essentiels*. Grenoble: CRDP de l'Académie de Grenoble.

NCCS, National Centre for Climate Services (2018). *CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse*. Zurich: NCCS. [*]

Rebetz, M. (2011). *La Suisse se réchauffe. Effet de serre et changement climatique*. Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes (4^e éd.).

Trompette, R. (2004). *La Terre. Une planète singulière*. Paris: Belin.

Vigneau, J.-P. (2005). *Climatologie*. Paris: Armand Colin.

Wanner, H. (2016). *Klima und Mensch - Eine 12'000-jährige Geschichte*. Berne: Haupt Verlag.

Bref commentaire à propos des ouvrages figurant dans la liste ci-dessus

A ce jour (fin 2019), il n'existe malheureusement pas en français d'ouvrage récent, (relativement) accessible au «grand public» tout en étant fiable sur le plan des contenus scientifiques, qui soit équivalent aux livres de S. Brönnimann et de H. Wanner, tous deux excellents.

Celui qui s'en approche le plus est le livre signé par R. Delmas *et al.*, mais il date déjà quelque peu et n'intègre évidemment pas les informations issues du 5^e rapport du GIEC. Le livre écrit par J. Jouzel et A. Debroise est intéressant et agréable à lire, mais il est moins complet que les deux ouvrages bernois précités, et parfois moins précis aussi (choix éditorial?).

L'ouvrage de M. Rebetez est devenu un «classique» à l'échelle de la Suisse romande; c'est une très bonne introduction à la thématique du changement climatique, d'accès aisé et très agréable à lire.

Le livre de V. Laramée de Tannenbergh est très intéressant de par son questionnement; c'est une bonne approche journalistique. L'ouvrage de M. Beniston est par moments très technique et difficile d'accès si on ne dispose pas d'un bon bagage en physique et en mathématiques, mais il n'en est pas moins utile, par exemple pour cerner la notion de forçage et pour saisir les principes de base de la modélisation en climatologie.

Le livre de S. Foucart, bien qu'il commence à dater un peu, est une bonne enquête journalistique sur les stratégies mises en œuvre par les climato-sceptiques pour diffuser leurs idées et nier les faits reconnus par l'écrasante majorité de la communauté scientifique.

L'ouvrage de H.-R. Egli *et al.* est un très bon manuel de géographie destiné à l'enseignement gymnasial, dont le chapitre sur le climat et la météorologie est très bien fait. Le livre de J.-P. Vigneau est destiné au premier cycle universitaire, alors que celui de R. Trompette est un ouvrage principalement consacré à la géologie, mais qui propose des informations intéressantes sur le système climatique. Le livre de M.-A. Mélières et C. Maréchal est très riche et détaillé, mais date lui aussi un peu.

Il est hautement recommandé de lire *Coup de projecteur sur le climat suisse*, la première référence de cette liste, ainsi que les brochures sur l'eau en Suisse (Blanc & Schädler), sur les risques liés au climat (Köllner *et al.*) et sur les scénarios climatiques. Quant au rapport du GIEC, c'est évidemment une référence incontournable, mais il n'est pas toujours aisé à lire en raison de son caractère très synthétique.¹

Ressources disponibles en ligne

La présente liste n'est évidemment pas exhaustive...

Dernière consultation de l'ensemble des liens: 5 décembre 2019

Académies suisses des sciences (2018). *Inverser les émissions ou influencer le rayonnement solaire. La «géo-ingénierie» est-elle raisonnable, réalisable et, si oui, à quel prix?* Swiss Academies Factsheets 13 (4). https://sciencesnaturelles.ch/organisations/proclim/for_the_media/106135-inverser-les-emissions-ou-influencer-le-rayonnement-solaire-la-geo-ingenierie-est-elle-raisonnable-realisable-et-si-oui-a-quel-prix-

Glacier Monitoring Switzerland GLAMOS (site officiel sur lequel on trouve toutes les informations relatives à la mesure des glaciers suisses) <https://www.glamos.ch/>

Jancovici, J.-M. (2003). Qu'est-ce que l'effet de serre? En ligne sur le site de l'auteur: <https://jancovici.com/changement-climatique/aspects-physiques/quest-ce-que-leffet-de-serre/>

Jancovici, J.-M. (2007). Quels sont les gaz à effet de serre? En ligne sur le site de l'auteur: <https://jancovici.com/changement-climatique/gaz-a-effet-de-serre-et-cycle-du-carbone/quels-sont-les-gaz-a-effet-de-serre-quels-sont-leurs-contribution-a-leffet-de-serre/>

Météo France (site officiel de Météo France; très riche; consulter en particulier l'onglet «Climat», rubrique «Tout savoir sur le changement climatique») <http://www.meteofrance.com/climat>

Météo France Education (site hébergeant des ressources pour l'enseignement dans les différents degrés, du primaire au post-obligatoire; très riche et généralement très fiable; propose des animations sur de nombreux phénomènes climatiques et météorologiques, ainsi que des démarches pour réaliser des expériences relevant le plus souvent du champ des sciences de la nature) <http://education.meteofrance.fr/>

¹ Remarque: ces commentaires indicatifs sont tirés des dossiers destinés aux enseignant.e.s de la scolarité obligatoire, qui ne sont pour la plupart pas des spécialistes de sciences de la nature ou de géographie, et encore moins de science climatique. Ces commentaires n'ont d'autre but que de donner une première orientation à celle ou celui qui, du fait qu'elle ou il n'a pas eu l'occasion d'étudier l'un ou l'autre des aspects des différentes thématiques liées au changement climatique abordées dans les dossiers CCESO, souhaiterait s'informer à ce propos. C'est à ce titre que ces commentaires sont repris ici, sans autre prétention: les collègues qui enseignent dans les degrés du postobligatoire sont parfaitement à même de se forger leur propre opinion sur ces ouvrages.

Météo France, glossaire (extrêmement utile, mais les textes sont parfois difficiles même pour des élèves du postobligatoire; certains termes sont expliqués au moyen d'une définition et d'un texte destinés aux «curieux» et en général assez accessibles, et d'un texte complémentaire destiné aux «initiés» et nettement plus complexe)

<http://www.meteofrance.fr/publications/glossaire/a>

MétéoSuisse (site officiel, très riche et d'une qualité remarquable dans l'ensemble; consulter en particulier l'onglet «Climat» qui offre de très nombreuses ressources; il est aussi conseillé de consulter le blog, qui traite souvent de manière très intéressante de phénomènes météorologiques ou climatiques liés à l'actualité)

<https://www.meteosuisse.admin.ch/home.html?tab=overview>

My Climate (s.d.): *Calculez et compensez vos émissions!*

https://co2.myclimate.org/fr/offset_further_emissions

Office fédéral de l'environnement OFEV (2015). *Tableau des gaz à effet de serre anthropiques.*

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/donnees-indicateurs-cartes/donnees.html>

Office fédéral de l'environnement OFEV (2018). *La politique climatique suisse. Mise en oeuvre de l'Accord de Paris.* Info Environnement 2018. Berne: Office fédéral de l'environnement.

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/publications-etudes/publications/politique-climatique-suisse.html>

Portail cartographique de la Confédération (permet de générer au format pdf des cartes de n'importe quel endroit de Suisse, à plusieurs échelles, avec la possibilité d'ajouter des couches d'informations thématiques; propose également l'outil «Voyage dans le temps – Cartes», qui permet de visualiser des cartes topographiques de 1864 à nos jours, voire plus anciennes pour certaines parties du territoire)

<https://map.geo.admin.ch/>

SwissGlaciers.org / GletscherVergleiche.ch (site réalisé par un passionné; propose de très nombreuses informations fiables sur les glaciers suisses, et surtout des couples de photos récentes permettant de comparer l'état d'une quarantaine de glaciers à quelques années d'intervalle; en allemand et en anglais... mais les documents sont remarquables!)

<http://www.gletschervergleiche.ch/Pages/ImageCompare.aspx?Id=6>

Changements climatiques, changement climatique, réchauffement climatique ou encore changement global... de «faux synonymes»!

Une certaine confusion existe lorsqu'il est question de désigner, en français, le changement climatique. L'usage hésite en effet, en particulier dans les médias, entre le pluriel *changements climatiques* et le singulier *changement climatique*. Il n'est en outre pas rare que les expressions *réchauffement climatique*, *réchauffement climatique global* ou encore *changement global* soient utilisées comme des quasi-synonymes des deux précédentes.

La version française des documents élaborés dans le cadre du projet CCESO respecte les principes suivants:

- **Changements climatiques:** l'expression au pluriel désignera essentiellement les variations passées et présentes du climat (et dans une moindre mesure celles qui sont à venir). Elle renvoie en premier lieu à la variabilité naturelle du climat sur une temporalité longue. Il peut toutefois arriver que tel ou tel extrait d'un texte cité dans les documents ne respecte pas ce principe, ce que le contexte permettra en général de détecter.
- **Changement climatique:** au singulier, l'expression désigne le changement climatique *actuel*, dont les causes sont pour l'essentiel liées aux activités humaines et dont les effets sont ressentis tant à l'échelle locale qu'au niveau global. Ce sera l'expression la plus souvent utilisée dans ces documents, et elle est la plus proche du sens du terme employé dans la version en langue allemande (*Klimawandel*).

- **Réchauffement climatique et réchauffement climatique global**: il s'agit là d'une des manifestations du changement climatique actuel, qui se traduit notamment par l'augmentation de la température moyenne du globe, de la surface des océans, et des températures moyennes annuelles relevées pour de très nombreuses stations météorologiques.
- **Changement global**: expression traduite de l'anglais (*global change*). A l'origine utilisée en français comme un synonyme de *réchauffement climatique*, l'expression a progressivement glissé vers un sens plus large qui désigne l'ensemble des changements que les activités humaines impriment sur les écosystèmes, dans le contexte de l'Anthropocène².

Indication technique

Petite précision relative à l'impression des documents pdf proposés dans les dossiers thématiques CCESO: en fonction du paramétrage de certaines imprimantes, il peut être nécessaire d'activer l'option « Ajuster – Imprimer toute l'image » (la dénomination peut varier selon l'imprimante) pour obtenir une impression de la page entière, sans coupure de l'en-tête.

Commentaires didactiques

1 Pour entrer en matière

Activité 1.1.

Demander aux élèves d'élaborer une carte mentale ou une carte conceptuelle répond à deux objectifs:

- leur permettre d'exercer et d'améliorer le recours à ces outils, qu'ils devraient en principe déjà avoir utilisés dans le cadre de leur scolarité; si tel n'est pas le cas, c'est l'occasion de travailler une première fois avec l'un ou l'autre de ces outils;
- les cartes élaborées par les étudiant.e.s permettent à l'enseignant.e d'avoir une première idée de ce que les élèves connaissent déjà de la thématique.

Il est vivement conseillé de demander aux élèves de conserver les documents produits dans le cadre de cette activité, pour pouvoir les réutiliser à différents moments de la séquence, et en particulier lors de la synthèse générale (cf. activité 6.1.).

Activité 1.2.

Le but est ici la construction collective d'une problématique.

Il est suggéré de procéder en deux phases, et d'en garder les traces:

- questionnement individuel;
- mise en commun, puis élaboration collective des problématiques qui seront traitées dans le cadre de la séquence.

Cette démarche d'élaboration d'une problématique peut aussi reposer sur un dispositif didactique appelé **élément déclencheur**. La photo de titre du dossier ou les documents des fig. 1.1 et 1.2 peuvent par

² Pour plus de détails, voir <http://geoconfluences.ens-lyon.fr/glossaire/changements-globaux>.

exemple être utilisés en tant qu'éléments déclencheurs. Le choix de l'élément déclencheur à proprement parler (image, brève séquence vidéo, extrait de texte lié à l'actualité, ...) est toutefois laissé à l'initiative de chaque enseignant.e.

Un élément déclencheur n'est pas simplement un document appelé à éveiller la curiosité des élèves – même si cette fonction classique de motivation est de celles qu'il est appelé à remplir. Le dispositif didactique de l'élément déclencheur a trois fonctions:

- 1) éveiller l'intérêt et la motivation des élèves pour le thème qui va être abordé;
- 2) leur permettre d'exprimer ce qu'elles et ils savent déjà au sujet de ce thème (ce qui permet à l'enseignant.e d'avoir une idée des préconceptions de ses élèves, de leurs «savoirs spontanés», qui peuvent être des leviers ou des obstacles pour la construction du savoir);
- 3) permettre aux élèves de faire état des questions qu'elles et ils se posent sur différents aspects de ce thème.

Ces trois fonctions convergent vers un but: élaborer une problématique³. Celle-ci devrait être construite collectivement, sur la base des questions que se posent les élèves. En général, il est possible d'élaborer une problématique générale, qui va guider l'ensemble de la séquence, et des «sous-problématiques» (ou problématiques associées) liées à tel ou tel aspect partiel de la problématique principale. Il convient donc de bien choisir l'élément déclencheur pour que les questions que les élèves sont susceptibles de se poser soient porteuses de sens tout au long de la séquence d'enseignement-apprentissage.

Dans le cas d'un thème comme le changement climatique, il est relativement facile de trouver des documents aptes à fonctionner comme éléments déclencheurs et susceptibles de générer des questions porteuses de sens. L'expérience montre que les élèves de toutes catégories d'âge formulent facilement des questions portant sur les causes des changements climatiques, sur leurs conséquences et sur les mesures qu'il convient de mettre en place pour lutter contre le changement climatique; il est fréquent aussi qu'ils posent des questions touchant le fonctionnement du système climatique, notamment sur l'effet de serre, les vents, les événements extrêmes, etc.

Il est important de garder des traces (écrites) des apports des élèves, qu'il s'agisse de leurs préconceptions ou des questions qu'elles et ils ont posées et à partir desquelles les problématiques ont été élaborées. Il est ainsi possible d'y revenir à plusieurs reprises au cours des leçons constituant la séquence d'enseignement-apprentissage, par exemple pour constater une évolution de ce que les élèves savaient déjà, et aussi bien sûr pour répondre aux questions des problématiques.

Les enseignant.e.s qui souhaitent mettre en place un dispositif d'élément déclencheur pour cette phase de démarrage de la séquence peuvent combiner les consignes des activités 1.1. et 1.2. à cet effet.

³ Pour rappel et par définition, une problématique est une question ouverte, qui pose un problème qui fait sens pour les élèves, et que l'on va chercher à résoudre au cours de la séquence consacrée au thème amorcé. Formellement, une problématique devrait toujours prendre la forme interrogative. Ainsi, «le changement climatique» n'est pas une problématique, c'est un thème. «Les hommes ont-ils une part de responsabilité dans le changement climatique actuel?» est une problématique.

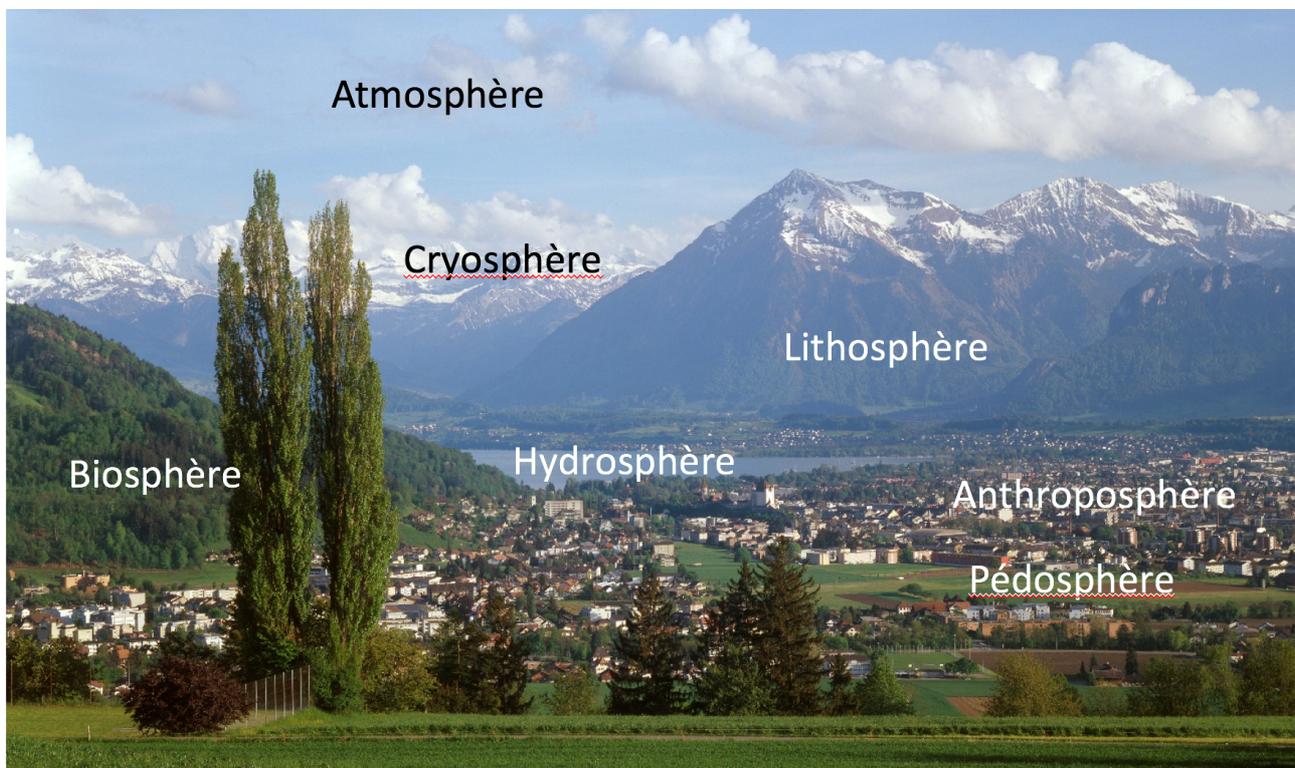
2 Le système climatique

En pages 5 et 6 du dossier sont énumérés les sous-systèmes (sphères) constitutifs du système climatique naturel. On peut relever à cet égard que de nombreux auteurs utilisent également cette catégorisation (y compris l'anthroposphère) pour décrire les sous-systèmes du *système Terre*.

Activité 2.1.

Il n'y a pas de «solution» univoque. Les sous-systèmes sont en interaction étroite, et il n'est pas évident de tracer les limites entre eux, du moins entre certains d'entre eux. Plutôt que de déboucher sur une solution imposée, l'activité est une occasion de réfléchir aux limites entre ces systèmes et à la manière de les identifier, et peut de ce fait donner lieu à une discussion intéressante. Par exemple, l'atmosphère n'est évidemment pas confinée à la partie de la photo où l'on voit le ciel et les nuages.

Exemple de solution, à discuter avec les élèves:



Parmi les points de discussion possibles (liste évidemment non exhaustive): l'étroite interrelation entre biosphère végétale et pédosphère; le fait que, d'une certaine manière, l'anthroposphère touche à toutes les autres sphères, voire les englobe, compte tenu de l'impact actuel des activités humaines sur l'ensemble du globe.

Activité 2.2.

Activité de synthèse (partielle), reposant sur la réalisation d'un schéma. Il est recommandable d'inviter les élèves à élaborer un schéma systémique (sagittal).

Outre le fait que la synthèse mobilise une activité cognitive de haut niveau, la difficulté principale de la tâche proposée ici réside dans le grand nombre d'éléments qui apparaissent sur le schéma de la fig. 2.1 et sont évoqués dans le texte explicatif des pp. 7-10. La difficulté peut être partiellement réduite si on laisse de côté les sous-systèmes «secondaires» que sont la pédosphère et la lithosphère (les guillemets entourant le qualificatif *secondaires* signalant que ces deux sous-systèmes ne sont en réalité pas si «secondaires»!).

Comme à chacune des activités où cela sera proposé, la mise en commun, puis le travail avec l'ensemble de la classe sont destinés à enrichir le travail individuel, soit en complétant d'éventuelles lacunes, soit en apportant des nuances au travail réalisé, voire des corrections si nécessaire.

L'enseignant.e devrait en dernière étape valider les productions des élèves lorsque celles-ci comportent les éléments indispensables, à moins que les élèves aient déjà développé un degré d'autonomie suffisant à cet effet (on pense ici en particulier à des classes d'Ecole de maturité).

Activité 2.3.

Une traduction de la citation anglaise ne paraît pas nécessaire.

Brève activité permettant de revenir, si nécessaire, sur la distinction entre temps (météo) et climat. Et petite illustration de cet adage: on peut s'attendre en séjournant à Rome ou à Palerme qu'il y fasse plutôt beau et chaud – climat méditerranéen oblige, et en principe plus chaud qu'à Lausanne, Genève, Fribourg ou Delémont (ou toute autre localité de Romandie!). Mais il peut arriver qu'il fasse plus frais à Rome qu'en Suisse romande, en fonction d'une situation météorologique momentanée.

Activité 2.4.

L'activité permet d'évoquer brièvement la question du recul des glaciers alpins – point qui peut aussi être traité dans la section sur les conséquences, notamment à travers l'activité 4.2.

En se fondant sur les informations figurant dans le tableau 1 (p. 9 du dossier des élèves), on peut clairement affirmer que le retrait glaciaire documenté par les trois images de la fig. 2.4 révèle une modification (très) rapide du système climatique (au moins à l'échelle du glacier concerné).

Section sur le bilan radiatif et l'effet de serre

De nombreuses recherches en didactique des sciences de la nature ou de la géographie ont montré que la compréhension des mécanismes de l'effet de serre était une des difficultés majeures rencontrées par les élèves de toutes catégories d'âge (y compris donc les lycéens / gymnasiens) dans le domaine des phénomènes liés au climat; des confusions avec le problème du trou d'ozone ne sont pas rares, et beaucoup d'élèves s'imaginent que les gaz à effet de serre forment une couche bien identifiable et similaire au toit d'une serre – ce qui n'est pas le cas (cf. les schémas de la fig. 2.6). Il faut relever à ce propos qu'il est fréquent de voir, dans les médias et – malheureusement – dans des manuels scolaires ou des ressources didactiques, des schémas qui renforcent cette conception des gaz à effet de serre formant une «couche-toit de serre».

Il faut encore relever qu'il n'est guère possible de comprendre l'effet de serre si les principaux éléments du bilan radiatif de la Terre ne sont pas clairs, raison pour laquelle le bilan radiatif est évoqué avant le phénomène de l'effet de serre dans le dossier destiné aux élèves.

A noter qu'une animation bien faite peut être consultée sur le site Education de Météo France: <http://education.meteofrance.fr/college/animations/l-effet-de-serre> (dernière consultation le 05.12.2019)

Il est sans doute recommandable de discuter avec l'enseignant.e de sciences de la nature (si ce n'est pas elle ou lui qui traite du changement climatique) des possibilités d'une collaboration pour travailler le bilan radiatif et le mécanisme de l'effet de serre avec les élèves.

Activité 2.5.

- a) Les aérosols projetés dans l'atmosphère vont augmenter la diffusion, la dispersion et l'absorption du rayonnement solaire incident. Il en résulte une baisse sensible de la température moyenne de la Terre, qui peut durer de quelques mois à quelques années selon la quantité d'aérosols éjectés. La température de la Terre remonte rapidement à son niveau normal une fois les aérosols dégradés dans la stratosphère. Les effets sont sensibles à l'échelle locale comme à l'échelle globale.

- b) C'est la situation qui correspond aux scénarios les plus pessimistes des climatologues, par exemple le scénario RPC8.5 du GIEC (voir plus loin la section consacrée aux scénarios climatiques, ou ce qu'il en est dit dans la section sur la politique climatique). Le résultat est une hausse constante de la température moyenne de la Terre, avec des températures (très) élevées pendant plusieurs siècles (le temps de séjour de certains gaz à effet de serre dans l'atmosphère étant séculaire). Effets sensibles à l'échelle globale, mais aussi au niveau local ou régional avec l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes (cf. section sur les conséquences du changement climatique).
- c) Si l'augmentation des besoins alimentaires se traduit par une augmentation des pratiques d'élevage et de culture qui prédominent actuellement, le résultat sera une augmentation de l'effet de serre additionnel en raison des émissions supplémentaires de gaz à effet de serre. Comme dans les exemples a) et b), effets locaux aussi bien que globaux.
- d) En principe, les couleurs claires réfléchissent une part plus importante du rayonnement solaire incident. A l'échelle locale, cela peut avoir un effet rafraîchissant (on peut penser aux maisons blanches que l'on trouve dans de nombreuses régions au climat chaud). Pratiquement aucun effet à une autre échelle que locale.

Activité 2.6.

Synthèse (partielle) sur le mécanisme de l'effet de serre. Il importe de bien distinguer la nature du rayonnement solaire incident de celle du rayonnement thermique.

Activité 2.7.

Le texte de la p. 15 et la figure 2.7 devraient permettre aux élèves d'identifier les sources et les puits et réservoirs de carbone. La distinction entre *puits de carbone* et *réservoirs* n'est pas toujours claire dans le discours politique et médiatique – et elle semble moins courante en français qu'en allemand, par exemple. Un *puits* de carbone est une composante du système climatique qui, sur une période donnée, absorbe plus de carbone qu'il n'en émet. La biosphère terrestre et marine fonctionne par exemple comme un puits pour le carbone atmosphérique. Selon l'échelle de temps considérée, un *réservoir* peut fonctionner comme une source ou comme un puits de carbone.

Un réservoir lie (ou fixe) une quantité variable d'une substance à court ou à long terme. L'atmosphère, l'hydrosphère, la biosphère, la pédosphère et la lithosphère sont des réservoirs de carbone. C'est également le cas de la cryosphère si on songe au dégel du permafrost et aux émissions de méthane qui en résultent.

A noter que cette terminologie (source – puits – réservoir) est aussi utilisée pour d'autres matières que le carbone – par exemple pour l'azote, le phosphore, ou le soufre (cycles biogéochimiques).

Activité 2.8.

Le graphique de la fig. 2.8 est très fréquemment utilisé pour illustrer la très rapide augmentation de la concentration du CO₂ dans l'atmosphère depuis un bon demi-siècle.

Le document de la fig. 2.9 illustre la corrélation entre la concentration de CO₂ dans l'atmosphère et la température moyenne annuelle de la Terre. Il permet également de mettre en perspective ce que montre la fig. 2.8: d'une part les valeurs de la concentration du CO₂ n'ont jamais été aussi hautes qu'aujourd'hui au cours des derniers 800'000 ans de l'histoire de la Terre; d'autre part, l'évolution actuelle se caractérise par une ampleur et une rapidité inédites.

Les réflexions que les étudiant.e.s sont invité.e.s à mener dans le cadre de cette activité peuvent être vues comme une transition vers la section suivante du dossier – le forçage anthropique du bilan radiatif étant par ailleurs brièvement évoqué en p. 13, à la fin du texte sur l'effet de serre.

L'enseignant.e peut naturellement ajouter ici une activité de synthèse portant sur l'ensemble de ce que les élèves ont eu l'occasion de travailler dans la section sur le système climatique qui se clôt avec les documents des fig. 2.8 et 2.9.

3 Les causes naturelles et anthropiques des changements climatiques

Cette section du dossier aborde des éléments «classiques» lorsqu'il est question des facteurs de la variabilité naturelle du climat et des causes anthropiques du changement climatique actuel.

Il est recommandé – si nécessaire – de bien insister sur les temporalités très différentes qui caractérisent les fluctuations naturelles du climat et les facteurs anthropiques qui concourent au réchauffement global et aux effets qui y sont liés, notamment l'augmentation de la fréquence et de l'intensité des événements extrêmes.

Les «arguments» mobilisés par les climatosceptiques pour nier ou relativiser l'impact des activités humaines sur le climat consistent très souvent à évoquer la variabilité naturelle du climat, à sortir des informations de leur contexte, à ne pas prendre en compte la dimension temporelle des phénomènes, et à nier la fiabilité des modèles climatiques tels que ceux utilisés par le GIEC.

Activité 3.1.

NB: une activité similaire à celle-ci est proposée, dans une version légèrement simplifiée, dans le dossier destiné aux élèves du Secondaire I (Cycle 3). Les indications ci-après sont reprises de celles figurant dans le dossier destinée aux enseignant.e.s du cycle 3.

Mouvements astronomiques: les variations de l'orbite terrestre et l'activité solaire influencent la quantité d'énergie solaire que reçoit la Terre.

Impacts de météorites: l'impact d'une (grosse) météorite à la surface de la Terre peut provoquer des dégâts considérables et éjecter d'importantes quantités de matériaux (poussières de roche, notamment) dans l'atmosphère, ce qui peut modifier le bilan radiatif en raison de la présence de ces particules qui obscurcissent l'atmosphère. Un refroidissement généralisé du climat en résulte, et éventuellement des modifications dans la composition de l'atmosphère. Dans l'histoire de la Terre, on estime que deux grandes phases d'extinction massive d'espèces vivantes (animales et végétales) sont liées à des impacts de météorites de grande taille: l'extinction Permien – Trias, il y a 250 millions d'années, lors de laquelle près de 90% des espèces vivantes de l'époque auraient disparu, et celle de la fin du Crétacé, il y a 66 millions d'années, qui vit notamment la disparition des dinosaures.

Tectonique des plaques: outre l'activité volcanique sous-marine qui libère du carbone, les mouvements de plaques tectoniques contribuent à la formation des chaînes de montagnes. Le relief est un des facteurs qui influence le climat à l'échelle régionale, voire continentale (*cf.* le rôle de la chaîne de l'Himalaya dans le phénomène de la mousson).

Eruptions volcaniques majeures: les volcans éjectent des gaz à effet de serre. Les éruptions explosives majeures envoient dans l'atmosphère des cendres et des poussières qui modifient temporairement le bilan radiatif et peuvent de ce fait générer un refroidissement de la température moyenne du globe pendant quelques semaines, quelques mois, voire quelques années (voir aussi l'activité 2.5.a) plus haut).

Modifications des interactions entre l'océan et l'atmosphère: elles peuvent d'une part conduire à une modification des équilibres entre les processus d'évaporation et de condensation – précipitations, et d'autre part avoir un impact sur la circulation générale de l'atmosphère et sur la circulation océanique de surface.

Activité 3.2.

Démarche classique de mise en relation d'informations tirées de ressources diverses. La synthèse à élaborer par les élèves peut prendre la forme d'un schéma systémique, d'un texte ou de tout autre support adéquat.

La consigne de l'activité invite les élèves à réfléchir aux **acteurs** concernés. Il est à ce titre important de les inciter à identifier les différentes catégories d'acteurs qui, à divers titres, contribuent aux émissions de gaz à effet de serre d'origine anthropique. Il y a en effet un risque si on se limite à évoquer les «activités

humaines» de manière générique: on reste à un niveau de généralité qui ne suscite pas forcément la nécessaire prise de conscience des responsabilités des différentes catégories d'acteurs. Une catégorisation «classique» et assez évidente des acteurs peut se présenter comme suit:

- individus et familles
- collectivités publiques (autorités politiques et administrations, à différents niveaux: commune, canton, Etat, entités supranationales comme l'Union européenne ou l'ONU)
- entreprises (avec distinction possible entre PME, grandes entreprises, multinationales)
- groupes de pression (partis politiques, ONG, lobbies)
- collectifs d'acteurs «concernés», par exemple les riverains d'un site où il est prévu d'installer des éoliennes.

Activité 3.3.

La carte interactive permet de mettre en perspective les émissions de CO₂ par habitant à différentes échelles (continent, ou Etat) et avec des données telles que le PIB par habitant, le taux de croissance de la population et l'évolution des émissions de CO₂ entre 1990 et 2011.

Les informations que l'on trouve sur les pages du site de l'OFEV permettent d'affiner les données à l'échelle de la Suisse.

Activité 3.4.

Les informations disponibles sur le site de l'OFEV sont un aperçu synthétique de l'évolution des principaux paramètres climatiques à l'échelle de la Suisse.

La photo de la fig. 3.1 (p. 17 du dossier des élèves) illustre de manière frappante l'effet d'un été très chaud sur une zone située pourtant à près de 3000 m d'altitude (les fig. 4.4 et 4.5 peuvent compléter cette image): disparition pratiquement complète de la neige en-dessous de 3000 m, avec comme corollaire la diminution de l'albédo, par exemple. Les informations de la p. 24 du dossier complètent le panorama.

Remarque au sujet des activités 3.3. et 3.4.

Les activités proposées ici sont focalisées sur la Suisse. Mais certains élèves, y compris au niveau gymnasial, ont fréquemment tendance à extrapoler de telles données et à les généraliser à l'échelle du globe. Il est à cet égard recommandé d'inviter les élèves à réfléchir aux conditions possibles d'une montée en généralité: on peut sans doute affirmer que l'augmentation de la température moyenne en Suisse, très marquée depuis les années 1980 et d'une ampleur sans précédent, est un signe tangible du fait que le système climatique connaît un changement important à l'échelle du pays – et plus exactement à l'échelle de l'ensemble de l'Arc alpin.

Pour affirmer que ce qui est perceptible en Suisse est un signal valable à l'échelle globale, il faut prendre quelques précautions, par exemple en comparant le cas de la Suisse avec celui d'autres régions montagneuses. Et de fait, on constate que la majeure partie des régions de montagne connaissent une évolution similaire à celle de la Suisse et de l'Arc alpin. Voir par exemple l'introduction du chapitre 2.3 («Neige, glaciers et pergélisol») à la page 80 de l'ouvrage de référence *Coup de projecteur sur le climat suisse. Etat des lieux et perspectives*.

Activité 3.5.

La fig. 3.7 met en évidence la corrélation entre les observations et les simulations des modèles qui intègrent ou non les facteurs relevant de l'influence anthropique sur le climat. Le constat est évident...

Activité 3.6.

L'article que les élèves sont invités à analyser permet une bonne mise en perspective critique de la fiabilité des modèles climatiques.

Pour aller un peu plus loin, on peut travailler sur les pages 20 à 22 de la brochure *CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse* (qui peut être téléchargée au format pdf) réalisée par le NCCS, qui donnent des explications claires sur les principes d'élaboration des modèles climatiques.

Des informations similaires (en plus synthétique) sont disponibles aux pp. 36-37 de l'ouvrage *Coup de projecteur sur le climat suisse – Etat des lieux et perspectives* (également disponible en pdf), avec en outre des indications utiles sur les scénarios climatiques aux pp. 38-39.

4 Les conséquences du changement climatique

Deux des documents proposés dans cette section du dossier sont directement tirés du 5^e Rapport du GIEC (fig. 4.1 et 4.3), d'autres de la brochure *CH2018 – Scénarios climatiques* pour la Suisse (fig. 4.6), et un autre encore (fig. 4.8) du site de l'Agence européenne pour l'environnement. Il s'agit de documents sensiblement plus complexes que ceux qui figurent par exemple dans la section correspondante du dossier élaboré pour le Cycle 3 ou dans le MER de géographie de 10^e année. Les enseignant.e.s, qui connaissent les capacités et les habitudes de travail de leurs élèves, veilleront à moduler l'accompagnement dont les élèves ont besoin pour travailler sur de tels documents, en décomposant les consignes des activités si cela leur paraît nécessaire.

Les activités et les documents de cette section permettent de travailler à l'échelle globale, à l'échelle de la Suisse et à l'échelle de l'Europe. D'autres espaces à différentes échelles peuvent en outre être évoqués à partir des suggestions de l'activité 4.3., qui invite les élèves à se documenter sur des phénomènes extrêmes liés à l'actualité. La plupart des exemples figurant dans le dossier (le très violent orage du 11 juin 2018 dans la région lausannoise, les canicules des étés 2018 et 2019, la «saison des feux» 2019-2020 en Australie) relèvent du contexte dans lequel les éléments de la présente séquence didactique ont été rédigés, puis testés en classe et retravaillés en vue de la finalisation du dossier; il est évident que d'autres phénomènes extrêmes, touchant d'autres régions, peuvent être travaillés par les élèves.

Ressources complémentaires

Les enseignant.e.s qui souhaiteraient approfondir certains aspects des conséquences du changement climatique peuvent consulter les ressources didactiques développées en lien avec l'*Atlas hydrologique de la Suisse*. Deux «modules didactiques» complets destinés aux degrés du Secondaire II sont actuellement disponibles. Une partie des supports peuvent être téléchargés au format pdf, et de nombreuses ressources complémentaires sont accessibles en ligne.

Le premier module est consacré aux «Événements hydrologiques extrêmes». Le second est centré sur les enjeux de la gestion des ressources en eau et est intitulé «Valais – gestion de l'eau en mutation»; ce dossier développe notamment le cas des ressources en eau de la région de Crans-Montana.

Ce matériel est accessible à partir de l'adresse suivante (dernière consultation le 18.11.2019):
<https://atlashydrologique.ch/produits/materiel-didactique/modules-pedagogiques/valais-gestion-de-leau-en-mutation>

Pour qui souhaiterait travailler un peu plus en détail la question du retrait glaciaire, il est recommandé d'avoir recours à l'outil «Voyage dans le temps» accessible sur le portail cartographique de la Confédération (map.geo.admin.ch). Trois autres sites (les deux premiers sont en anglais et/ou en allemand) sont également très utiles (dernière consultation des trois sites le 5.12.2019):

- [SwissGlaciers.org / GletscherVergleiche.ch](http://www.gletschervergleiche.ch/):
<http://www.gletschervergleiche.ch/pages/ImageCompare.aspx?Id=6>
- Glaciers online sur le serveur swisseduc.ch: <https://www.swisseduc.ch/glaciers/>
- Site officiel sur la mesure des glaciers en Suisse: <https://www.glamos.ch/>

Activité 4.1.

Elaboration d'une carte conceptuelle. Il est suggéré de faire travailler les élèves en binômes ou en petits groupes, afin de favoriser la collaboration et la confrontation des avis, et l'émergence d'éventuelles nouvelles questions, plus «pointues» que celles qui ont pu être formulées en début de séquence (activité 1.2.).

Il est par ailleurs recommandé de rappeler aux élèves qu'il est nécessaire, ici aussi, de prendre en compte les acteurs concernés par les impacts du changement climatique.

Activité 4.2.

Cette activité complète la précédente, en focalisant les réflexions à l'échelle de la Suisse.

Le retour sur le questionnement initial des élèves (activité 1.2.) et sur celui qui a peut-être émergé en travaillant à un niveau de généralité plus large (activité 4.1.) est fortement recommandé.

L'activité a valeur de synthèse partielle et devrait donner lieu à une institutionnalisation sous le contrôle de l'enseignant.e.

Dans le cadre de cette activité, comme dans celui de la suivante, il est recommandé de veiller à ce que les élèves identifient des boucles de rétroaction – par exemple le cas de la fonte du permafrost ou celui de la diminution des surfaces enneigées et englacées et de ses conséquences sur l'albédo et le bilan radiatif.

Activité 4.3.

Réflexion critique sur le traitement médiatique des événements (météorologiques) extrêmes et des liens que les médias tissent parfois (voire souvent) entre ces phénomènes et le changement climatique.

La discussion sur la fiabilité de ces liens de causalité est nécessaire. Plutôt que de liens de causalité, il serait plus correct de parler de corrélations.

Les connaissances scientifiques actuelles ne permettent en effet pas d'attribuer directement au changement climatique le fait que de tels événements ponctuels surviennent. Elles permettent néanmoins de formuler une hypothèse solide selon laquelle des liens existent entre ces phénomènes et le changement climatique. En effet⁴, la capacité de l'air à contenir de l'humidité augmente avec la température. Le réchauffement climatique global, la fonte des glaciers, l'élévation de la limite des chutes de neige sont, parmi d'autres, des facteurs conduisant à une augmentation générale de l'humidité de l'air. Un air plus chaud et plus humide signifie aussi une plus forte teneur en énergie, ce qui peut conduire à une intensification des épisodes de fortes précipitations et à des crues et des inondations. A l'inverse, la modification des systèmes de circulation des masses d'air peut aussi avoir régionalement pour conséquence des périodes sans précipitations de plus en plus longues et de plus en plus fréquentes (comme ce fut par exemple le cas en Suisse au cours de l'été 2018).

Un raisonnement similaire peut être tenu à propos des feux de forêt, dont l'ampleur et la fréquence sont en augmentation. L'impact catastrophique des gigantesques incendies de la «saison des feux» 2019-2020 en Australie est à ce titre sans précédent, tout comme le fut l'impact des incendies catastrophiques de l'été et de la fin de l'automne 2018 en Californie. Le lien de causalité direct avec le changement climatique ne peut être affirmé sans précaution, mais les facteurs qui ont conduit à la catastrophe australienne (sécheresse prolongée, vents violents, températures extrêmes, intensité sans précédent des décharges de foudre, pour ce qui est des principaux facteurs naturels, auxquels il faut ajouter des facteurs tels que le manque d'anticipation et de préparation, les moyens de lutte insuffisants, une réaction trop tardive, ...) sont en partie liés au réchauffement climatique. La surface totale des régions dévastées par les incendies en Australie n'est pas encore estimée avec précision au moment où le présent document est finalisé en vue de sa mise en ligne (janvier 2020), mais il semble certain qu'elle représente plus de deux fois la surface de la Suisse.

A une échelle plus réduite et dans un contexte beaucoup moins médiatisé, du fait qu'aucune grande ville n'a été gravement menacée par les flammes et qu'il n'y a heureusement pas eu de victimes humaines directes, la «saison des feux de forêt» 2018-2019 a également été catastrophique dans la province canadienne de la Colombie Britannique (fig. 4.7), caractérisée pourtant par un contexte naturel complètement différent de celui de l'Australie. Là aussi toutefois, la sécheresse, les températures plus hautes que la moyenne et le nombre anormalement élevé de coups de foudre sont les facteurs déclencheurs immédiats de ces incendies.

⁴ On reprend ici à toutes fins utiles un passage du feuillet d'information sur les conséquences du changement climatique destiné aux enseignant.e.s des cycles 2 et 3 de la scolarité obligatoire (p. 4).

Activités 4.4. et 4.5.

Focalisation sur le phénomène des vagues de chaleur, respectivement des canicules.

L'enquête proposée par l'activité 4.4. est une activité qui a été très appréciée lors des tests de la séquence.

S'il n'est pas possible de procéder à une telle enquête pour des raisons de temps, la consigne de l'activité 4.4. peut être aménagée et celle de l'activité 4.5. complétée en conséquence, par exemple en limitant la prise d'informations au cadre familial des élèves, et en renonçant à des présentations orales.

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

Cette section est sensiblement plus développée dans le dossier destiné aux élèves du Secondaire II que dans ceux qui s'adressent à des élèves plus jeunes. Les étudiant.e.s du Secondaire II sont proches de leur majorité civique ou l'ont déjà atteinte, il semble donc pertinent de les inciter à réfléchir aux enjeux clés de la politique climatique – ou du moins à certains d'entre eux.

Les textes des deux premières parties de cette section posent les enjeux de manière relativement générale, notamment à travers les définitions que le GIEC donne des mesures d'atténuation et des mesures d'adaptation et des principes qui régissent les stratégies dites d'efficacité, de suffisance et de cohérence⁵. Le modèle de la fig. 5.2 permet de mettre en évidence la complexité de ces enjeux.

La troisième partie de cette section met la focale sur la politique climatique de la Suisse, et la dernière est consacrée au phénomène de l'effet d'îlot de chaleur qui est de plus en plus souvent perceptible dans les agglomérations urbaines.

La plupart des activités proposées aux élèves les amènent à se saisir de situations qui touchent les espaces dans lesquels ils évoluent au quotidien (lieu de résidence, lieu où se situe l'établissement scolaire). Les activités les invitent également à réfléchir de manière systématique aux acteurs concernés, à leur rôle, à leurs stratégies, à leurs choix et aux effets de ceux-ci. Il est essentiel d'insister sur la question des acteurs⁶, afin d'éviter que les élèves n'en restent à ce qu'elles et ils peuvent entendre dans certains discours médiatiques et de la part de certaines fractions politiques, à savoir que la lutte contre le réchauffement climatique serait d'abord une question de responsabilité et d'action individuelles. Si l'action individuelle est en effet nécessaire, elle n'est certainement pas suffisante. Il est en effet impératif de réduire drastiquement et sans tarder les émissions anthropiques de gaz à effet de serre; au-delà des choix personnels d'un individu (privilégier la mobilité douce, p. ex.), les mesures d'atténuation nécessaires dépendent de choix politiques et économiques qui ont et auront un impact sociétal indéniable et qui à ce titre ne peuvent résulter que de décisions collectives. Mais le temps presse: les travaux du GIEC ont montré que 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^e siècle, quelles que soient les mesures d'adaptation réalisées par ailleurs.

L'entier de cette section pourrait ainsi être mis en perspective à travers deux citations qui figurent dans le dossier destiné aux élèves du Cycle 3 (et qui pour cette raison n'ont pas été reprises telles quelles dans le dossier qui s'adresse aux étudiant.e.s du Secondaire II) et dont les dates (1988 et 1998) laissent songeur, en ce qu'elles illustrent le manque patent d'action politique efficace alors que la réalité du changement climatique et les risques qu'il induit sont connus depuis plusieurs décennies:

(Citation 1)

«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 CO₂ 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).

⁵ Voir plus loin, en p. 21, la remarque relative au «modèle de Sterling».

⁶ Les lignes qui suivent sont reprises du dossier destiné aux enseignant.e.s du Cycle 3.

(Citation 2)

«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).

Activité 5.1.

Prévue sous la forme d'un travail de groupes, afin de permettre la confrontation des points de vue et le développement d'une réflexion collective. La raison d'être de la focale sur les espaces quotidiens des étudiant.e.s a été évoquée plus haut.

Les étudiant.e.s peuvent se référer aux informations sur lesquelles elles et ils ont travaillé précédemment, ainsi que sur les nombreuses ressources disponibles en ligne, en privilégiant des sites fiables tels que ceux de MétéoSuisse ou de Météo France, ou encore celui de Futura Sciences, qui propose souvent des articles de synthèse bien vulgarisés.

La réponse à la dernière question posée dans le cadre de cette activité figure un peu plus haut dans le présent dossier destiné aux enseignant.e.s:

«les travaux du GIEC ont montré que 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^e siècle, quelles que soient les mesures d'adaptation réalisées par ailleurs.»

Activité 5.2.

Changement d'échelle et de contexte. Les mesures à mettre en œuvre pour «s'adapter» à la hausse du niveau des océans et des mers concernent des effectifs de population et des territoires dont l'échelle n'a pas grand-chose à voir avec celle de la Suisse.

Brève remarque relative à la fig. 5.1

Les mesures illustrées par ce croquis peuvent éventuellement donner lieu à une discussion portant, dans certains cas, sur les limites entre mesure d'atténuation et mesure d'adaptation (NB: il s'agit par ailleurs d'une tâche proposée aux élèves du Cycle 3). A toutes fins utiles:

Mesures d'atténuation: les n^{os} 5, 6, 7, 9, 12, 14, 15, 18 + le piégeage du CO₂

Mesures d'adaptation: les n^{os} 10, 16, 19

Mesures d'atténuation et d'adaptation (selon l'échelle à laquelle elles sont pratiquées): 1, 3, 4, 8, 11, 13, 17, ainsi que, d'une certaine manière la promulgation de lois et l'engagement politique en faveur du climat.

Certaines de ces mesures relèvent de la géo-ingénierie. Parmi les mesures illustrées sur la fig. 5.1, la fertilisation des océans (12), la production artificielle de nuages (13) et les parasols / miroirs dans l'espace visant à réduire le rayonnement solaire incident (17) relèvent de la géo-ingénierie. C'est aussi le cas de certaines formes de piégeage du CO₂ non représentées sur le dessin, par exemple le captage du CO₂ pour le stocker ensuite dans des formations rocheuses.

Les risques et les limites de ces technologies sont bien mis en évidence dans le petit document d'information édité par les Académies suisses des sciences:

Académies suisses des sciences (2018). *Inverser les émissions ou influencer le rayonnement solaire. La «géo-ingénierie» est-elle raisonnable, réalisable et, si oui, à quel prix?* Swiss Academies Factsheets 13 (4). https://sciencesnaturelles.ch/organisations/proclim/for_the_media/106135-inverser-les-emissions-ou-influencer-le-rayonnement-solaire-la-geo-ingenierie-est-elle-raisonnable-realisable-et-si-oui-a-quel-prix-

A propos des stratégies d'efficacité, de suffisance et de cohérence (dossier élèves, p. 41)

Cette typologie des stratégies de lutte contre le changement climatique peut être rapprochée des différentes formes de changement définies par Sterling⁷: il distingue trois grandes catégories, le changement conformatif, le changement réformatif et le changement transformatif. Ces trois types de changements peuvent être illustrés ainsi:

- le changement conformatif (*doing things better*) consiste à améliorer les modes de faire, sans en changer les fondements – par exemple, développer des voitures dont les moteurs sont plus efficaces énergétiquement;
- le changement réformatif (*doing better things*) consiste à modifier certains paramètres des fondements, sans toutefois remettre tout le système en cause – par exemple, développer des voitures électriques et en généraliser l'usage;
- le changement transformatif (*seeing things differently*) consiste à changer de paradigme – pour poursuivre avec les exemples précédents, il s'agirait là de repenser entièrement la mobilité.

Sterling et les auteurs qui s'appuient sur sa typologie estiment que seul un changement transformatif est à même de répondre aux défis majeurs qui se posent aujourd'hui aux sociétés humaines, y compris le changement climatique.

Activités 5.3. et 5.4.

Réflexion sur les différents niveaux d'acteurs et les échelles socio-spatiales. La partie gauche de la fig. 5.3 pourrait induire une réflexion qui se situe plutôt au niveau des individus et de la «société civile», mais il ne faudrait pas que les étudiant.e.s excluent par principe de leurs discussions les entreprises ou les collectivités publiques agissant à une échelle locale ou régionale (*cf.* le texte qui précède et qui évoque des démarches *bottom up* et des démarches *top down*). La partie droite de la figure appelle les entités gouvernementales nationales ou les organismes supranationaux, ainsi que des acteurs tels que les multinationales ou les grandes ONG.

L'activité 5.4. vise simplement à rappeler la distinction entre mesures d'atténuation et mesures d'adaptation, et devrait en principe permettre aux étudiant.e.s d'identifier quels sont les acteurs qui ont la possibilité réelle de mettre en place des mesures d'atténuation efficaces.

Activité 5.5.

Analyse factuelle de documents textuels qui présentent de manière synthétique les grandes lignes de la politique climatique de la Suisse.

La proposition de hiérarchisation des arguments et enjeux mentionnés dans ces textes est une activité assez difficile, qui peut nécessiter un étayage de l'enseignant.e pour certain.e.s élèves. L'importance des enjeux économiques transparaît bien dans le texte 1, même si la vulnérabilité de la société est également évoquée.

On peut considérer que la politique climatique de la Suisse s'appuie dans une certaine mesure sur les principes de la gestion intégrée des risques climatiques (voir aussi le schéma de la fig. 6.1), mais les mesures mises en œuvre à l'heure actuelle restent insuffisantes en termes d'atténuation – et cela est d'autant plus vrai si on prend en compte les émissions de gaz à effet de serre que la Suisse produit à l'étranger (*cf.* le texte 3, ainsi que l'activité 5.6.).

⁷ Sterling, S. (2011). Transformating Learning and Sustainability: sketching the conceptual ground. *Learning and Teaching in Higher Education*, n° 5, p. 17-33.

Activité 5.6.

Réflexion critique à partir de plusieurs documents qui mettent en évidence les limites actuelles de la politique climatique de la Suisse.

Des liens et/ou des approfondissements sont possibles en travaillant plus spécifiquement la question de la politique énergétique de la Suisse. Des ressources sont par exemple disponibles à cet effet sur le site du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC) à partir de la page d'accueil suivante (dernière consultation le 10.12.2019):

<https://www.uvek.admin.ch/uvek/fr/home/energie/principes-de-la-politique-energetique.html>

De nombreux liens sont aussi proposés sur les pages du site de l'OFEV consacrées au climat.

Activité 5.7.

Documente un phénomène en général méconnu du grand public, mais qui concerne des proportions de plus en plus importantes de la population, qui ressentent avec une intensité encore plus marquée les épisodes de canicule.

Démarche de synthèse partielle classique, qui ne devrait en principe pas poser de problème à des étudiant.e.s du Secondaire II.

Activité 5.8.

La prise en compte du phénomène d'effet d'îlot de chaleur n'est pas (encore) systématique dans les réglementations communales relatives aux constructions. On n'y trouve parfois que des éléments incitatifs, mais non contraignants.

Des principes de planification urbaine plus ou moins contraignants existent toutefois, et ils relèvent pour l'essentiel soit du niveau fédéral, soit du niveau cantonal.

Une publication récente de l'OFEV fait le point sur les enjeux liés à l'effet d'îlot de chaleur et sur les principes de planification urbaine qui permettent de le minimiser:

OFEV (2018), *Quand la ville surchauffe. Bases pour un développement urbain adapté aux changements climatiques*. Berne: OFEV. Disponible en ligne (dernière consultation le 05.12.2019):

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/publications-etudes/publications/quand-la-ville-surchauffe.html>

L'activité proposée repose sur une (petite) enquête à mener à l'échelle des lieux de domicile des élèves et/ou de la localité dans laquelle se trouve l'établissement scolaire. Le document susmentionné de l'OFEV apportera des informations complémentaires détaillées.

6 Synthèse

Activité 6.1.

Démarche de synthèse, articulée avec un retour sur la carte mentale ou la carte conceptuelle que les élèves ont élaborée en début de séquence (activité 1.1.).

Le travail est à effectuer de manière individuelle dans un premier temps. L'enseignant.e évaluera les modalités de mutualisation qu'il convient de mettre en place, de même que celles de l'institutionnalisation.

Activité 6.2.

Elle peut être vue comme une activité complémentaire à la précédente, avec un accent mis sur le concept de risque.

On peut aussi la considérer comme une transition vers une séquence qui serait plus spécifiquement consacrée à la thématique des risques.

Le modèle de la fig. 6.1 peut par ailleurs être mis en perspective avec celui de la fig.5.2 (p. 40 du dossier des élèves).

Petit commentaire sur les fig. 6.2 à 6.4

Les images des fig. 6.2 et 6.3 permettent d'une part et si nécessaire de compléter le «stock» de documents relatifs au changement climatique en Suisse, d'autre part de servir de supports à certaines des réflexions menées dans le cadre de la synthèse générale.

Quant à l'image de la fig. 6.4, on comprendra qu'elle permet de rappeler que la Terre est un monde à la fois fragile et imposant et qu'il est pour l'instant illusoire de penser que l'humanité dispose d'une solution «de secours» pour s'établir sur une «Terre bis» quelque part dans la galaxie.

«Même si nous tentions d'atteindre une planète située à seulement 30 années-lumière de la Terre, à la vitesse d'Apollo 11, il nous faudrait 10 millions d'années. Et accélérer jusqu'à la vitesse de la lumière demanderait beaucoup trop d'énergie. L'Homme ne s'échappera pas de la Terre si elle devient invivable, il n'y a pas de plan B. Nous sommes liés à cette planète.»

Michel Mayor, professeur honoraire de l'Université de Genève,
co-réceptiendaire du Prix Nobel de Physique 2019,
lors d'une entrevue avec la presse à Stockholm le 8 décembre 2019,
deux jours avant la remise du prix
(propos repris dans de très nombreux médias et sur les réseaux sociaux)