

Les conséquences du changement climatique actuel

Des chaînes d'impacts (ou chaînes d'effets et de conséquences)

Provoqué par l'Homme, le changement climatique actuel a des conséquences multiples et de grande portée pour la nature et l'humanité. Les impacts climatiques peuvent être catégorisés dans une chaîne d'effets et de conséquences articulée en trois «volets»: en premier lieu, ce sont les composantes physiques du système climatique qui sont touchées, puis les systèmes biologiques naturels, et enfin les systèmes relevant des activités humaines.

Dans une région donnée, le changement climatique peut par exemple entraîner dans un premier temps une augmentation des températures, une diminution des précipitations et un assèchement des sols (impacts sur les systèmes physiques). Les périodes de sécheresse vont avoir pour conséquence une croissance limitée des plantes (impact sur les systèmes biologiques). Cela peut conduire à de mauvaises récoltes et à la malnutrition, voire à la famine (impacts sur les systèmes humains). Outre ces chaînes d'impacts négatifs, le changement climatique peut aussi avoir des effets positifs. Il peut par exemple entraîner un décalage des zones climatiques et de la répartition des espèces végétales qui leur sont associées; des plantes peuvent se développer à des altitudes plus élevées ou dans des régions plus proches des pôles. La vigne, le blé ou la pomme de terre peuvent ainsi être cultivés dans des régions où il n'était pas possible de l'envisager il y a de cela quelques décennies.

Les événements extrêmes (catastrophes liées à des dangers naturels) sont un aspect particulier des conséquences du changement climatique. Leur intensité et leur fréquence augmentent, et avec elles les effets négatifs sur les systèmes naturels et sur les sociétés humaines.

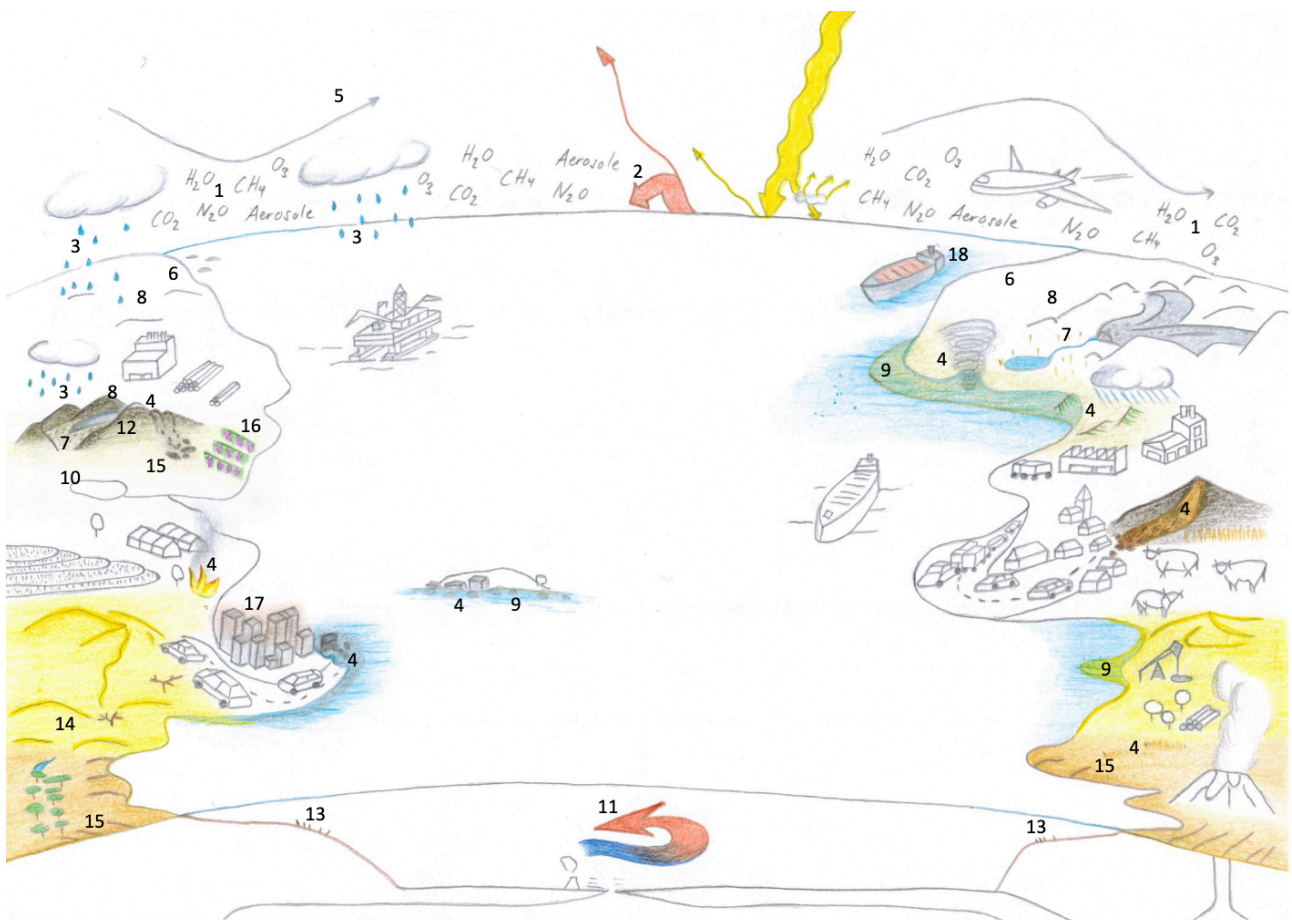


Fig. 1. Conséquences du changement climatique (croquis original projet CCESO II. Dessin: Michelle Walz).

A) Atmosphère

1. Augmentation des gaz à effet de serre (p. ex. CO₂, H₂O, CH₄)
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

Il n'est pas possible de donner dans ce feuillet d'information un aperçu complet des multiples conséquences du changement climatique et des interactions à l'œuvre. On se limitera donc à décrire et commenter brièvement quelques exemples significatifs de ces chaînes d'impacts touchant l'une ou l'autre des différentes sphères constitutives de la planète Terre.

Atmosphère

L'un des effets les plus fréquemment cités du changement climatique actuel est l'augmentation de la température moyenne annuelle mondiale. Elle a augmenté d'environ 1.2°C depuis les débuts de l'industrialisation dans la première moitié du 19^e siècle. Cette valeur moyenne est un très bon indicateur, qui résume bien le réchauffement climatique global. Il y a cependant un inconvénient majeur: cette valeur n'est pas directement perceptible par les humains, et elle peut même être mal comprise – qui ne souhaiterait pas un peu plus de chaleur? Pour bien saisir ce que recouvre cette valeur, il faut décrire les conséquences du changement climatique de manière concrète et à une échelle régionale. On peut également prendre en considération les événements extrêmes à venir, dont certains sont déjà observables ou peuvent être simulés: d'une manière générale, les vagues de grand froid sont moins nombreuses, alors que les vagues de chaleur sont de plus en plus fréquentes.¹ L'intensité et la fréquence des canicules ont par exemple augmenté dans de vastes régions d'Europe, d'Asie et d'Australie.² A l'avenir, les vagues de chaleur seront plus fréquentes, plus intenses et dureront plus longtemps.³

Outre l'augmentation des températures, le changement climatique entraîne également des modifications des précipitations: d'une manière générale, les précipitations ont augmenté dans

¹ GIEC (2014), p. 7.

² GIEC (2014), pp. 7-8.

³ GIEC (2014), p. 10.

l'hémisphère Nord⁴, ce qui est lié au fait qu'une plus grande quantité d'eau s'évapore lorsque les températures sont plus élevées; il y a ainsi plus de vapeur d'eau dans l'air. Dans les régions sèches des latitudes moyennes et des zones subtropicales, les précipitations vont diminuer.⁵ On prévoit une augmentation des événements de précipitations extrêmes aux latitudes moyennes et dans les régions tropicales humides.⁶

Hydrosphère et Cryosphère (eau et glace)

Les océans se réchauffent aussi et absorbent beaucoup plus d'énergie que l'atmosphère: 90 % de l'énergie supplémentaire stockée dans le système climatique est due au réchauffement des océans. Ce sont les couches d'eau proches de la surface qui se réchauffent le plus; les vagues de chaleur liées à de l'air chaud océanique augmentent en conséquence.

Le niveau de la mer et des océans s'élève en raison de la dilatation thermique résultant du réchauffement climatique, et à cause de l'augmentation de la fonte des glaciers en Europe, en Asie, en Amérique du Nord et du Sud, et des calottes glaciaires du Groenland et de l'Antarctique.⁷

Dilatation thermique

La densité de l'eau est la plus élevée à +4°C. A des températures plus hautes ou plus basses, la densité de l'eau diminue. De ce fait, une masse d'eau donnée va occuper un plus grand volume. Ce phénomène est appelé *dilatation thermique* (on trouve aussi parfois l'expression *expansion thermique*).

En outre, l'océan absorbe beaucoup de CO₂ de l'atmosphère (voir la section sur le cycle du carbone dans le feuillet d'information sur le système climatique). Le CO₂ est soluble dans l'eau et forme des molécules d'acide carbonique H₂CO₃ qui sont instables et se dissocient facilement, libérant des ions d'hydrogène et acidifiant le milieu.⁸ L'acidification des océans affaiblit les coquilles des organismes marins et met en danger les récifs coralliens (voir plus loin la section consacrée à la Biosphère).

Les quantités de neige et de glace diminuent dans le monde entier. Les glaciers sont des indicateurs fiables des changements climatiques, même s'ils réagissent toujours avec un peu de retard aux fluctuations des températures. Les glaciers et les calottes glaciaires fondent pratiquement partout dans le monde, et l'étendue de la couverture neigeuse diminue au printemps dans l'hémisphère Nord.⁹ Par ailleurs, les régions arctiques et alpines se réchauffent environ deux fois plus que la moyenne mondiale.¹⁰

Du fait de la diminution des surfaces enneigées et englacées, une plus faible proportion du rayonnement solaire incident (rayonnement à ondes courtes) est réfléchi; les surfaces plus sombres absorbent donc plus de rayonnement et le convertissent en rayonnement thermique à ondes longues (voir le feuillet d'information sur l'effet de serre). La fonte des glaciers a en outre un impact sur le débit des cours d'eau et sur les ressources en eau.¹¹

Les températures plus élevées et les modifications de la couverture neigeuse provoquent le réchauffement et la fonte du permafrost aux hautes latitudes et dans des régions d'altitude élevée comme les Alpes¹². Cela entraîne une déstabilisation du sous-sol et une augmentation des dangers naturels correspondants (par exemple les glissements de terrain, les éboulements ou les

⁴ GIEC (2014), p. 4.

⁵ GIEC (2014), p. 11.

⁶ GIEC (2014), pp. 8 et 11.

⁷ GIEC (2014), p. 44.

⁸ GIEC (2014), pp. 4 et 44. Voir aussi <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-acide-carbonique-619/>

⁹ GIEC (2014), p. 4.

¹⁰ GIEC (2014), pp. 10, 44 et 51.

¹¹ GIEC (2014), p. 55.

¹² GIEC (2014), pp. 4 et 51.

laves torrentielles). Les villages et les infrastructures des zones de montagne sont de ce fait exposés à des risques plus élevés.¹³



Fig. 2. Le glacier d'Aletsch en 1856 et de nos jours (© Hans-Peter Holzhauser).

Dangers naturels et catastrophes «naturelles»

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).

Les perturbations des écosystèmes telles que les sécheresses, les tempêtes, les feux de forêt, de brousse ou de broussailles, les inondations ou les infestations de ravageurs augmentent en fréquence et en intensité dans de nombreuses régions du monde.¹⁴ D'un point de vue scientifique, ces événements ne peuvent cependant pas être attribués directement au changement climatique: cela est dû entre autres raisons au manque de données à long terme ou au manque d'observations directes. Certains de ces événements peuvent en outre résulter directement ou indirectement d'activités humaines: par exemple, des feux de forêts peuvent être déclenchés par des pratiques de déforestation; des dégâts considérables peuvent toucher des constructions érigées dans des zones exposées à un danger naturel.¹⁵

¹³ Académies suisses des sciences (2016), pp. 82-83.

¹⁴ GIEC (2014), pp. 54 et 56.

¹⁵ GIEC (2014), p. 56.

Biosphère (faune et flore)

De nombreuses espèces animales ou végétales – terrestres, marines ou d'eau douce – réagissent au changement climatique en modifiant leur aire de répartition géographique, leurs activités saisonnières, leurs mouvements migratoires, l'effectif de leurs populations et leurs interactions avec d'autres espèces.¹⁶ De nombreuses espèces sont exposées à un risque accru d'extinction. Les écosystèmes marins tels que les récifs coralliens ou les écosystèmes polaires sont exposés à une baisse de la concentration en oxygène, à l'acidification et au réchauffement des océans.¹⁷

En Suisse, la limite supérieure de la forêt s'élève en raison du réchauffement climatique. Cela a pour conséquence une réduction des surfaces des écosystèmes de haute altitude (p. ex. pelouse ou toundra alpine) et donc de l'espace vital des espèces correspondantes. On constate par ailleurs plusieurs formes de «décalage»: outre le décalage en altitude de nombreuses espèces végétales et animales, on note une floraison précoce ou un allongement de la période végétative de certaines plantes, ce qui a aussi des conséquences pour d'autres espèces vivantes, par exemple les insectes et les oiseaux.¹⁸

Systemes relevant des activités humaines

Le changement climatique a un impact négatif sur la sécurité alimentaire au niveau mondial. Les modifications des écosystèmes marins et d'eau douce précitées représentent par exemple un défi pour la pêche. D'une manière générale, le changement climatique a des effets négatifs sur la production de blé, de riz et de maïs dans les régions tropicales et tempérées.¹⁹ Dans certaines régions, la combinaison de températures élevées et de l'humidité affecte les activités humaines, notamment les travaux agricoles et les autres formes de travail en plein air.²⁰ Dans les régions subtropicales arides, les ressources renouvelables en eaux de surface et souterraines sont réduites par suite du changement climatique, ce qui peut entraîner la multiplication des conflits pour l'eau.²¹

Quelques rares régions pourraient profiter de la hausse des températures.²² Les études conduites jusqu'à ce jour mentionnent des conséquences positives principalement pour les régions situées à des latitudes plus élevées, où il serait par exemple possible de cultiver de nouvelles variétés de raisin. Il n'est toutefois pas encore possible d'estimer avec certitude si ce sont les conséquences positives ou les effets négatifs du changement climatique qui prendront le dessus dans ces régions.²³

Le changement climatique entraîne une augmentation des problèmes de santé²⁴, en particulier dans les pays en développement, dans des régions où les infrastructures et les services sont insuffisants et dans des régions reculées: l'aire de diffusion de maladies transmissibles s'étend.²⁵ Les épisodes de chaleur extrême (canicules) peuvent générer une augmentation des maladies et des décès en Amérique du Nord et en Europe.²⁶

Conflits, formes de gouvernement instables, difficultés économiques, catastrophes consécutives à des phénomènes sans lien avec les conditions météorologiques, accroissement de la pression migratoire: autant de conséquences directes ou indirectes du changement climatique. Les gens seront de plus en plus nombreux à fuir les régions particulièrement exposées aux conséquences négatives du changement climatique, notamment lorsqu'elles touchent l'approvisionnement en eau

¹⁶ GIEC (2014), p. 6.

¹⁷ GIEC (2014), p. 13.

¹⁸ Académies suisses des sciences (2016), pp. 96 et suivantes. Voir aussi Rebetez (2011), pp. 93 et suivantes.

¹⁹ GIEC (2014), pp. 13, 16 et 73.

²⁰ GIEC (2014), pp. 15 et 73 et suivantes.

²¹ GIEC (2014), p. 13.

²² GIEC (2014), p. 13.

²³ GIEC (2014), p. 54.

²⁴ GIEC (2014), S.15

²⁵ Académies suisses des sciences (2016), pp. 132 et suivantes.

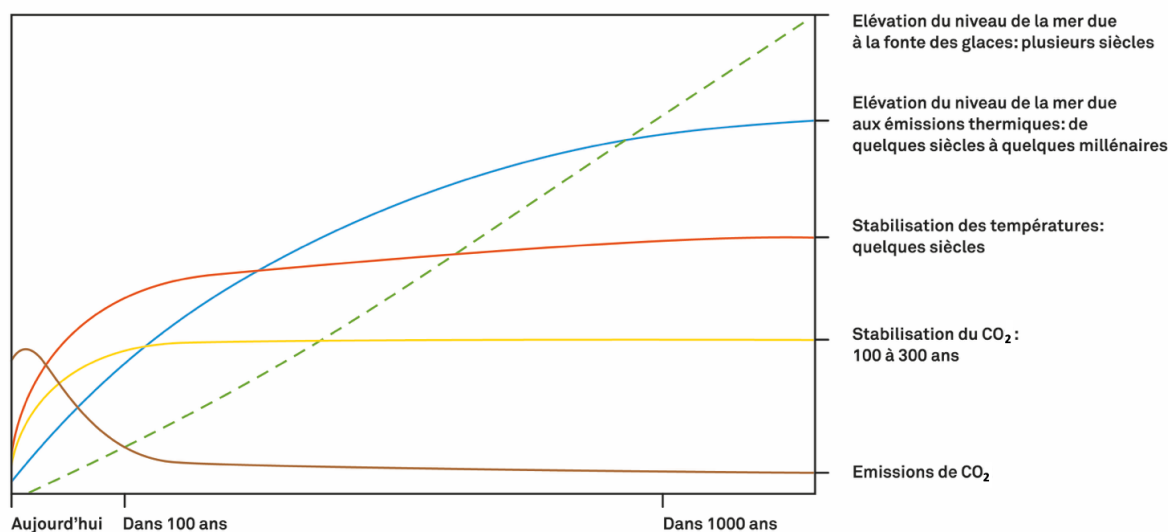
²⁶ GIEC (2014), p. 54; Académies suisses des sciences (2016), p. 134.

potable, la sécurité alimentaire ou plus généralement la situation économique. Les habitants des pays en développement à faible revenu, qui n'ont souvent pas les moyens de s'adapter ni de migrer, sont particulièrement touchés. De manière indirecte, le changement climatique augmente les risques de conflits violents, en exacerbant les difficultés déjà connues que sont la pauvreté ou les problèmes économiques.²⁷

Le tourisme va également être touché par les conséquences du changement climatique, ce qui est déjà perceptible en Suisse pour le tourisme d'hiver et le sera encore plus à l'avenir: dans les régions de sports d'hiver situées à moins de 2000 m d'altitude, la garantie d'enneigement va diminuer sensiblement.²⁸

Perspectives à long terme

Même si les émissions de CO₂ d'origine anthropique pouvaient être complètement arrêtées à très court terme, les températures resteront longtemps encore à des niveaux élevés. De plus, la stabilisation des températures moyennes annuelles ne signifierait pas encore la stabilisation du système climatique dans son ensemble. Le changement climatique provoqué par l'Homme et ses conséquences sur le système climatique, sur les écosystèmes naturels et sur les sociétés humaines, sont irréversibles à l'échelle de plusieurs siècles, voire millénaires, sauf si l'on parvient à éliminer une bonne partie du CO₂ de l'atmosphère au moyen de solutions techniques spéciales (géo-ingénierie; voir le feuillet d'information sur la politique climatique).²⁹ Si le réchauffement se poursuit, alors le risque de changements irréversibles dans le système climatique augmentera considérablement.³⁰



Les «scénarios climatiques pour la Suisse – CH2018» (NCCS, 2018) illustrent les évolutions possibles de la situation climatique du pays pour les 40 prochaines années. Des scénarios sont esquissés sur la base d'une augmentation des températures moyennes annuelles (avec des températures moyennes estivales plus hautes de 2.5°C à 4.5°C, et des températures hivernales plus élevées également), ou sur la base de l'augmentation des événements de fortes précipitations en été, de canicules, d'hivers «sans neige», ou encore d'une hausse de l'isotherme du 0 degré de l'ordre de 400 à 650 m en hiver.

²⁷ GIEC (2014), p. 16.

²⁸ Académies suisses des sciences (2016), pp. 117-118; Rebetez (2011), pp. 65 et suivantes.

²⁹ GIEC (2014), p. 16.

³⁰ GIEC (2014), pp. 79 et suivantes.

Références

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

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

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.

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, Confédération suisse, National Centre for Climate Services (2018). *CH2018 – Scénarios climatiques pour la Suisse*.
<https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/changement-climatique-et-impacts/scenarios-climatiques-suisse.html>

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