

Chère Maître Moinat,

Suite à votre demande, nous vous prions de trouver ci-joint les réponses de climatologues suisses et étrangers à vos questions dans le cadre du procès des jeunes activistes climatiques ayant joué au tennis dans une succursale du Crédit Suisse en Novembre 2018 sans causer de dommages matériels, afin d'attirer l'attention de la collectivité sur l'urgence climatique. Ces réponses présentent le contexte scientifique sur le niveau de réchauffement climatique, ses causes, et les risques associés.

Veillez accepter l'expression de nos salutations les meilleures,

Co-auteurs de la lettre

Prof. Samuel Jaccard, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

Prof. Corinne Le Quéré, Professeur de recherche de la Société Royale à l'University of East Anglia, UK

Dr. Valérie Masson-Delmotte, Directrice de recherche CEA au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Université Paris Saclay, IPSL, Paris, France

Dr. Gian-Kasper Plattner, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Birmensdorf, Suisse

Prof. Martine Rebetez, Université de Neuchâtel, Suisse & Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Lausanne, Suisse

Dr. Joeri Rogelj, Imperial College London, Grantham Institute for Climate Change and the Environment, UK

Prof. Sonia I. Seneviratne, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

Prof. Thomas Stocker, Université de Berne, Berne, Suisse

Co-signataires de la lettre

Prof. David N. Bresch, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

Prof. Stefan Brönnimann, Université de Berne, Berne, Suisse

Prof. Andreas Fischlin, emeritus, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

Prof. Martin Grosjean, Université de Berne, Berne, Suisse

Prof. Nicolas Gruber, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

Prof. Fortunat Joos, Université de Berne, Berne, Suisse

Dr. Jean Jouzel, Directeur de recherche émérite CEA et CNRS, Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Université Paris Saclay, IPSL, Paris, France

Prof. Reto Knutti, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

Prof. Olivia Romppainen-Martius, Université de Berne, Berne, Suisse

Prof. Christoph Schär, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

Prof. Julia Steinberger, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse

Prof. Jean-Pascal van Ypersele, Université catholique de Louvain, Belgique

Prof. Heini Wernli, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse

1. Quels sont les impacts du réchauffement climatiques en Suisse et quelles sont les conséquences s'il n'y a pas de mesures sérieuses prises rapidement pour arriver à une neutralité carbone ?

- La Terre se réchauffe et l'humanité en est responsable par les rejets de gaz à effet de serre passés et actuels¹. Les effets du changement climatique peuvent être mesurés et ressentis dans le monde entier aujourd'hui, par exemple l'augmentation des températures de l'air au-dessus des terres et des océans, la fonte des glaciers, le dégel des sols gelés, l'élévation du niveau des mers, l'augmentation des extrêmes de chaleur dans la plupart des régions du monde, ainsi que l'augmentation des précipitations extrêmes dans plusieurs régions et celle des sécheresses dans certaines régions^{1,2}. La Suisse n'est pas non plus épargnée par ces changements; les effets du changement climatique sont déjà clairement visibles dans de nombreux domaines de la nature, de la société et de l'économie^{3,4,5,6,7}.
- Le récent rapport du National Centre for Climate Services (NCCS) résume les conséquences du réchauffement climatique en Suisse⁴. Le réchauffement observé en Suisse est environ deux fois plus élevé qu'en moyenne globale (+2°C par rapport à +1°C à l'échelle globale). Les risques associés à un réchauffement supplémentaires sont⁴ a) des étés secs, b) une intensification des fortes précipitations, en particulier en hiver, c) plus de journées tropicales, et d) des hivers peu enneigés. Les perturbations du cycle hydrologique (plus sec en été, plus humide en hiver) ont des conséquences croissantes en fonction du réchauffement climatique pour la gestion de l'eau dans le pays, l'agriculture et la gestion des forêts, la préservation de la biodiversité, par exemple en haute montagne, la production d'électricité et le tourisme^{3,4,5,6}. Les canicules présentent aussi un risque pour la santé publique^{4,6,7}. Par ailleurs, il ne faut pas sous-estimer les impacts indirects du changement climatique, qui peuvent être induits par des effets à l'étranger, tels qu'une déstabilisation des structures sociales pouvant augmenter la migration^{2,8}, des risques accrus de crises globales alimentaires⁸, et des impacts pour la stabilité globale climatique (points de bascule, voir #10)^{1,3}.

¹ <https://www.ipcc.ch/sr15/> ; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf

² IPCC SR15, Chapter 3: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Chapter3_Low_Res.pdf

³ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/publications-etudes/publications/risques-et-opportunités-lies-au-climat.html>

⁴ <https://www.nccs.admin.ch/nccs/fr/home/le-nccs/themes-prioritaires/scenarios-climatiques-ch2018.html>

⁵ https://sciencesnaturelles.ch/uuid/20df2273-360c-5bce-941d-72d4f0eeb52e?r=20200527115808_1565159762_2c5b1f1d-490c-56d7-ae4f-4ac3da1d4bcf

⁶ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/documentation/communiquer/annonce-nsb-unter-medienmitteilungen.msg-id-76786.html>

⁷ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/publications-etudes/publications/canicule-et-secheresse.html>

⁸ <https://www.ipcc.ch/srccl/> ; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/06/SRCCL_SPM_fr.pdf

→ L'Accord de Paris⁹ que la Suisse a signé en 2016 et ratifié en 2017 “vise à renforcer la riposte mondiale à la menace des changements climatiques [...] en contenant l'élévation de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1.5°C par rapport aux niveaux préindustriels, étant entendu que cela réduirait sensiblement les risques et les effets des changements climatiques” (Article 2.1.a⁹). Le récent rapport du GIEC “Réchauffement planétaire de 1.5°C”¹ ainsi que les rapports du GIEC “Changement climatique et les terres émergées”⁸ et “L'océan et la cryosphère dans le contexte du changement climatique”¹⁰ montrent que limiter le réchauffement à 1.5°C plutôt que 2°C éviterait de nombreux impacts, certains d'entre eux irréversibles. Un climat à 2°C plutôt que 1.5°C induirait une augmentation des températures extrêmes chaudes sur l'ensemble des régions du monde^{1,2}, plus de précipitations intenses dans de nombreuses régions^{1,2}, plus de sécheresses dans certaines régions^{1,2}, l'extinction de certaines espèces végétales et animales^{1,2}, des risques très élevés de dégradation du pergélisol (sols gelés) et d'instabilité de l'approvisionnement alimentaire⁸, et une probabilité de 10-35% d'absence de glaces de mer en septembre en Arctique (plutôt que 1% à 1.5°C de réchauffement)¹⁰. Mais même une stabilisation du réchauffement climatique à +1.5°C impliquerait plus de risques que maintenant (à environ +1.1°C¹¹), imposant des risques très élevés pour les coraux d'eau chaude¹⁰, et des risques élevés de rareté de ressources en eau dans les zones arides, de dégâts causés par les feux de forêt, de dégradation du pergélisol et d'instabilité de l'approvisionnement alimentaire⁸.

2. Quand devrait être atteinte la neutralité carbone à l'échelle mondiale et qu'est-ce que cela signifie pour la Suisse?

→ On entend par neutralité carbone la nécessité d'avoir un budget neutre d'émissions de CO₂¹ ou de gaz à effet de serre⁴¹ afin de stopper le réchauffement planétaire. Le principal gaz à effet de serre émis par les activités humaines est le gaz carbonique (CO₂), qui est caractérisé par une très longue persistance dans le système climatique (des centaines à des milliers d'années) après émission. Tant qu'un budget neutre de CO₂ n'est pas atteint, la température globale de la Terre continue d'augmenter. Ainsi, il est essentiel d'atteindre un budget neutre en CO₂ en priorité, afin de stabiliser la hausse des températures.

⁹ https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf

¹⁰ <https://www.ipcc.ch/srocc/> ; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2020/07/SROCC_SPM_fr.pdf

¹¹ https://public.wmo.int/en/resources/united_in_science; https://trello-attachments.s3.amazonaws.com/5f560af19197118edf74cf93/5f59f8b11a9063544de4bf39/cdb10977949b38128408f5322f9f676d/United_In_Science_2020_8_Sep_FINAL_LowResBetterQuality.pdf

- Le rapport du GIEC sur le réchauffement planétaire à 1.5°C (SR15¹) montre que nous devons atteindre un budget net neutre de CO₂ à l'échelle globale en 2050 pour avoir une chance d'environ 50% de stabiliser le réchauffement de la température globale à 1.5°C. Ce rapport¹ montre également qu'échouer à stabiliser le réchauffement global à 1.5°C induirait de nombreux impacts et risques supplémentaires, des pertes et dommages, un coût plus important pour l'adaptation et la gestion de risque, et le risque d'impacts irréversibles (voir #1). Pour avoir une chance plus élevée (environ 66%) de stabiliser le réchauffement à 1.5°C, atteindre la neutralité CO₂ en 2040 déjà serait nécessaire à l'échelle globale. Chaque décennie de retard dans l'action climatique induit entre 0.08 et 0.25°C de réchauffement global en plus¹².
- Des objectifs intermédiaires sont essentiels sur la voie vers un budget neutre de CO₂. Le rapport du GIEC sur le réchauffement planétaire de 1.5°C indique que plus les émissions seront basses en 2030, moins il sera difficile de limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C après 2030 sans dépassement ou avec un dépassement minime¹. Parmi les problèmes qui apparaîtront si rien n'est fait rapidement pour réduire les émissions de gaz à effet de serre figurent la hausse des coûts, le fait d'être tributaire des infrastructures qui émettent du carbone, les actifs irrécupérables ("stranded assets" en anglais) et une flexibilité moindre des options à moyen et à long terme, ce qui peut accentuer la répartition inégale des impacts entre les pays à différents stades de développement¹.
- L'accord de Paris met en avant les « responsabilités communes mais différenciées » des pays du monde dans l'atteinte des objectifs de stabilisation du réchauffement global⁹. Ainsi, les pays développés – dont la Suisse –, qui ont déjà émis proportionnellement à leur population une plus grande partie des émissions CO₂ jusqu'à présent, ont une responsabilité morale et historique de faire plus d'efforts que des pays émergents, étant donné leurs émissions historiques et les bénéfices de développement qui y ont été associés d'une part, et leur capacité à agir d'autre part.
- La Suisse est très en retard dans la mise en oeuvre de législations pour la réduction des émissions de CO₂ et autres gaz à effet de serre (les émissions de CO₂ constituant environ 80% des émissions de gaz à effet de serre en Suisse¹³). En décembre 2018, le Conseil National a échoué à s'accorder sur la révision de la loi sur le CO₂, qui n'a pas encore abouti à ce jour. En avril 2020, l'Office Fédéral de l'Environnement prévoyait que la Suisse manque son objectif de -20% d'émissions de

¹² En estimant la réponse climatique transitoire aux émissions cumulées de CO₂ (Transient Climate Response to cumulative carbon Emissions, TCRE) à 0.8-2.5°C/1000 PgC (<https://link.springer.com/article/10.1007/s40641-015-0030-6>; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter2_Low_Res.pdf ; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter12_FINAL.pdf), et étant donné les émissions actuelles d'environ 10 PgC par année (<https://essd.copernicus.org/articles/11/1783/2019/>), et sans compter les effets indirects induisant des délais supplémentaires (installation d'infrastructure dépendant des énergies fossiles). Concernant les effets des délais de réduction d'émissions pour d'autres variables, voir <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/1/014010/meta>.

¹³ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/climat/donnees-indicateurs-cartes/donnees/inventaire-des-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre.html>

gaz à effet de serre fixé pour 2020 par rapport à 1990¹⁴. Le parlement envisage d'introduire comme objectif une diminution de 50% des émissions de gaz à effet de serre d'ici à 2030 dans la nouvelle loi CO₂¹⁵, mais en incluant la possibilité de compensation d'émissions à l'étranger de 25%¹⁵, ce qui signifie des ambitions limitées pour les diminutions réelles d'émissions effectuées en Suisse. Bien que le Conseil Fédéral ait proposé pour objectif d'atteindre la neutralité carbone en Suisse en 2050^{16,17}, cet objectif ne s'accompagne d'aucune obligation internationale directe pour la Suisse et n'est pas débattu dans la loi CO₂ en préparation au Parlement qui se limite à l'horizon 2030¹⁶. En outre, le Conseil Fédéral propose de continuer à autoriser l'utilisation d'énergie fossile à cette échéance¹⁷. La Suisse n'a donc en ce moment aucune législation visant à la neutralité CO₂ à des échéances compatibles avec une stabilisation du réchauffement climatique à 1.5°C, et ce malgré les presque 5 ans écoulés depuis l'approbation de l'Accord de Paris (12 décembre 2015).

3. Que signifie le budget carbone ? Quel est actuellement notre budget carbone disponible si on veut rester sous la barre des 1.5°C ?

- Le carbone émis par les activités humaines s'accumule dans l'atmosphère. Le budget carbone est le budget d'émissions de CO₂ à ne pas dépasser afin de stabiliser le réchauffement global à une température donnée. Dans le rapport du GIEC sur le réchauffement global à 1.5°C (IPCC SR15¹), il est indiqué que l'humanité a déjà utilisé 2200 +/- 320 Gigatonnes de CO₂ (GtCO₂) du budget correspondant à une stabilisation du réchauffement global à 1.5°C (avec 50% de probabilité). Le budget restant (en 2018) était estimé à 580 GtCO₂ pour 50% de chances de stabiliser le réchauffement à 1.5°C et 420 GtCO₂ pour 66% (2/3) de chances de stabilisation à 1.5°C¹.
- Pour parvenir à stabiliser le réchauffement global à 1.5°C, il faut aussi agir sur les facteurs autres que le CO₂, et stabiliser et/ou réduire leurs effets (autres gaz à effet de serre, particules de pollution). La plage d'incertitude sur le budget carbone résiduel dépend également de l'action pour réduire ces facteurs, ainsi que de l'incertitude sur les émissions de gaz à effet de serre issus du dégel du pergélisol (processus amplificateur potentiel). Le dégagement potentiel de carbone supplémentaire par suite du dégel futur du pergélisol et le dégagement de méthane provenant des terres humides pourraient réduire le budget carbone de 100 GtCO₂ au cours de ce siècle et d'une quantité supérieure par la suite¹.

¹⁴ <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/documentation/communiqu%C3%A9s/annonce-nsb-unter-medienmitteilungen.msg-id-78720.html>

¹⁵ <https://www.swissinfo.ch/fr/toute-l-actu-en-bref/loi-sur-le-co2--75--des-r%C3%A9ductions-d-%C3%A9missions-%C3%A0-r%C3%A9aliser-en-suisse/46017966>

¹⁶ <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqu%C3%A9s.msg-id-76206.html>

¹⁷ <https://www.admin.ch/gov/fr/accueil/documentation/communiqu%C3%A9s.msg-id-80266.html>

4. Combien de gigatonnes de gaz à effet de serre sont-elles émises par année ? Ces émissions sont-elles en baisse ?

→ Les émissions mondiales étaient de l'ordre de 42 GtCO₂ par année en 2018¹⁸; le budget CO₂ subsistant pour $\frac{2}{3}$ de chances de stabiliser le réchauffement global à 1.5°C (environ 420 GtCO₂, voir réponse #3) correspondait donc fin 2018 à environ 10 ans d'émissions au niveau de 2018. Ces émissions ne sont pas en baisse durable sur la dernière décennie. Les émissions ont légèrement augmenté de 0.1% en 2019¹⁸, et ont seulement diminué de manière limitée et transitoire (de l'ordre de 4-7%) en 2020 à la suite des mesures de confinement conduisant à limiter l'usage des transports et à un ralentissement de l'activité industrielle au cours des premiers mois de la pandémie de COVID19¹⁸. Les émissions mondiales ont déjà repris et sont proches de leur niveau de 2019. Si l'économie reprend comme auparavant les émissions retourneront à leur niveau précédent la pandémie (on peut considérer le rapide retour à la normale en terme d'émissions de CO₂ après la crise financière de 2008¹⁹). Durant ces deux années (2019, 2020), les concentrations de CO₂ dans l'atmosphère ont continué d'augmenter (l'impact de la baisse temporaire des émissions ne sera probablement pas discernable¹¹) et le budget CO₂ encore disponible pour une stabilisation à 1.5°C a continué de diminuer.

5. Au rythme actuel des émissions de gaz à effet de serre, à quelle échéance allons-nous dépasser le budget carbone pour 1.5 degré ?

→ Au rythme actuel des émissions de gaz à effet de serre, il nous reste environ 8 ans d'émissions avant d'épuiser le budget CO₂ pour une probabilité de 66% ($\frac{2}{3}$) de stabilisation à 1.5°C, et 12 ans d'émissions pour une probabilité de 50% ($\frac{1}{2}$) (voir aussi #3 et #4).

6. S'agissant des objectifs de contrôle de l'augmentation de la température, pouvons-nous différer dans le futur la réduction des émissions de gaz à effet de serre? Quelles en seraient les conséquences ?

→ Des actions fortes et durables doivent être entreprises immédiatement si nous voulons assurer que l'augmentation globale de la température ne dépasse pas les seuils critiques fixés dans l'Accord de Paris⁹, qui visent à limiter les risques et effets des changements climatiques en contenant l'élévation

¹⁸ Le Quéré, C., et al. 2020, Nature Climate Change, doi: <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0797-x>. Les diminutions attendues des émissions de CO₂ sont estimées d'être de l'ordre de 4-7% pour 2020 suite à la pandémie du COVID19.

¹⁹ Peters, G. P. et al. Rapid growth in CO₂ emissions after the 2008–2009 global financial crisis. Nat. Clim. Change 2, 2–4 (2012). <https://www.nature.com/articles/nclimate1332>

de la température moyenne de la planète nettement en dessous de 2°C et en poursuivant l'action menée pour limiter l'élévation de la température à 1.5°C. Au vu de la courte fenêtre de temps encore disponible (entre 8 et 12 ans au niveau d'émissions actuel, pour $\frac{2}{3}$ ou $\frac{1}{2}$ chance de stabilisation à +1.5°C, respectivement; voir #5) tout délai entraînera un risque accru et potentiellement irréversible de ne pas parvenir à atteindre ces objectifs, ou poussera à recourir à des actions qui par elles-mêmes peuvent provoquer des risques supplémentaires (par exemple une pression insoutenable sur les terres pour éliminer le CO₂ émis précédemment dans l'atmosphère en ayant massivement recours à la bioénergie avec captage et stockage de CO₂⁸). Tout retard pris dans la mise en oeuvre de mesures efficaces pour réduire les émissions aujourd'hui signifie que nous devrons prendre des mesures encore plus drastiques et dommageables plus tard pour essayer d'atteindre les objectifs climatiques fixés, qui deviendraient très probablement inatteignables²⁰.

7. Quelle est l'influence des énergies fossiles dans le dérèglement climatique ?

- Les activités humaines (utilisation des énergies fossiles et des terres) sont responsables de près de la totalité du réchauffement climatique planétaire observé jusqu'à présent (1.1°C)^{11,21,22}. Les variabilités naturelles ne peuvent pas expliquer le réchauffement observé au cours du siècle dernier^{21,22}.
- Les émissions humaines de CO₂ sont responsables d'environ 80% du réchauffement dû à l'augmentation des gaz à effets de serre²¹. Le réchauffement global est directement proportionnel à la quantité accumulée d'émissions de CO₂ depuis l'ère industrielle²¹. Les 20% restants sont dus aux émissions de CH₄, N₂O, CFC et HFC²¹.
- L'augmentation de la concentration atmosphérique de CO₂ est directement liée à la combustion d'énergie fossile et la production de ciment (86%²³; le ciment contribuant pour environ 3%²³), et dans une moindre mesure au changement de l'utilisation des sols (déforestation, destruction de tourbières; environ 14%²³).
- L'utilisation des énergies fossiles contribue en outre aux rejets de CH₄ (environ 35%)²⁴.

²⁰ <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018> ;
<https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/30798/EGR19ESFR.pdf?sequence=15>

²¹ IPCC AR5: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/> ;
https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WG1AR5_SummaryVolume_FINAL_FRENCH.pdf

²² IPCC SR15, Chapitre 1: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/05/SR15_Chapter1_Low_Res.pdf

²³ Friedlingstein et al. 2019, ESSD: <https://essd.copernicus.org/articles/11/1783/2019/essd-11-1783-2019.pdf>

²⁴ Saunois et al. 2020, ESSD: <https://essd.copernicus.org/articles/12/1561/2020/>

8. De quels dommages le changement climatique a-t-il été à l'origine à ce jour ?

- Les dommages sont malheureusement déjà nombreux et parfois irréversibles^{1,2,8,10}, toutefois les dommages futurs seront encore beaucoup plus importants. Le changement climatique est directement responsable, entre autres, de la fonte des surfaces englacées, de l'augmentation du niveau marin, de l'augmentation de la fréquence et de la sévérité de nombreux événements climatiques extrêmes, et s'ajoute aux pressions humaines locales pour exacerber la perte inexorable de biodiversité^{1,2,8,10}.
- De nombreux travaux scientifiques récents permettent de mettre en évidence comment le réchauffement climatique d'origine humaine a modifié les caractéristiques d'événements météorologiques et climatiques extrêmes (par exemple l'intensité, la durée, la probabilité d'occurrence de vagues de chaleur, ou l'intensité d'événements associés à des précipitations extrêmes, y compris les cyclones tropicaux)^{2,11,25,26,27,28}. Le changement climatique a aussi augmenté le risque de feux de forêts²⁹. Certains événements extrêmes récents auraient eu une probabilité d'occurrence quasi-nulle sans l'impact des émissions humaines sur le climat^{27, 28,30}.
- Selon l'IPBES (2019)³¹, le changement climatique est un "facteur direct qui exacerbe de plus en plus l'impact d'autres facteurs sur la nature et le bien-être humain", tels que les changements dans l'utilisation des terres et des mers, l'exploitation directe des organismes vivants, la pollution et l'invasion d'espèces exotiques. Ces dommages affectent tous les indicateurs socio-économiques et impactent avant tout les populations vulnérables.
- En outre, la combustion de combustibles fossiles et la concentration accrue de CO₂ dans l'atmosphère font que l'océan se réchauffe, avec des vagues de chaleur marines plus intenses, longues et fréquentes¹⁰. Les eaux se mélangent moins facilement en surface, ce qui conduit à une déoxygenation, et à une réduction de l'absorption du CO₂¹⁰. Il en résulte une diminution de la valeur du pH et une "acidification" des océans^{1,2,10}. Les conséquences déjà observées sur les écosystèmes marins peuvent être illustrées par la dégradation des récifs de coraux tropicaux face aux phénomènes de blanchiment plus fréquents, et par une diminution du potentiel de prises de pêches dans les régions tropicales^{2,10}.

²⁵ IPCC SROCC, Chapter 6: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/10_SROCC_Ch06_FINAL.pdf

²⁶ Van Oldenborgh, G.J., et al. 2017, ERL. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa9ef2>

²⁷ Vogel, M.M et al. 2019, Earth's Future. <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1029/2019EF001189>

²⁸ <https://www.worldweatherattribution.org/wp-content/uploads/WWA-Prolonged-heat-Siberia-2020.pdf>

²⁹ <https://sciencebrief.org/briefs/wildfires>

³⁰ Vautard, R., et al. 2020, ERL, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aba3d4>

³¹ <https://ipbes.net/global-assessment> (Summary for policymakers: <https://zenodo.org/record/3553579#.X2MlqS2B0RA>)

- Le rapport du GIEC sur le changement climatique et les terres émergées a conclu que le changement climatique, y compris l'augmentation de la fréquence et de l'intensité d'événements extrêmes, a eu un impact négatif sur la sécurité alimentaire et sur les écosystèmes terrestres et a contribué à la désertification et à la dégradation des terres dans de nombreuses régions⁸.
- Les effets du changement climatique introduisent des pressions supplémentaires sur nombre de ressources globales, telles que les ressources en eau, les terres disponibles pour l'agriculture, les services des écosystèmes, et la santé.

9. Qu'est-ce que les boucles de rétroactions ?

- La rétroaction (feedback en anglais) représente l'action en réponse d'un effet (forçage) sur sa propre origine. Les émissions de gaz à effet de serre résultant des activités humaines, depuis la révolution industrielle, sont responsables d'un déséquilibre du bilan d'énergie de la Terre, qui conduit à une accumulation de chaleur dans le système climatique et à un ensemble de conséquences. De nombreuses réactions du système climatique amplifient ce déséquilibre du bilan d'énergie de la Terre, et agissent à des échelles de temps très rapides (vapeur d'eau, nuages) ou plus lentes (cycle du carbone). La séquence de causes et d'effets génère ainsi une boucle de rétroaction amplificatrice (ou cercle vicieux).
- Un effet de rétroaction positif (c.-a-d. amplificateur) important concerne la perte de la glace de mer dans l'Arctique en raison du réchauffement climatique. La diminution de l'étendue de la glace de mer, et le recul du manteau neigeux sur les continents voisins modifient les caractéristiques des surfaces qui perdent leur "effet miroir" (renvoyant pendant l'été une partie du rayonnement solaire vers l'espace), les conduisant à absorber encore plus d'énergie, et contribuant à une amplification de l'intensité du réchauffement dans la région arctique (où il atteint 2 à 3 fois la moyenne planétaire)³².
- L'impact du changement climatique sur la végétation pourrait diminuer sa capacité à absorber le carbone à des niveaux élevés de réchauffement, ce qui induirait une augmentation additionnelle des concentrations de CO₂³³. En particulier, une augmentation des feux de forêts dans certaines régions pourrait contribuer à cette réponse³⁴. Cependant les incertitudes sont encore élevées pour quantifier l'importance de ces rétroactions pour les projections climatiques⁸.

³² IPCC SROCC, Chapitre 3: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/3/2019/11/07_SROCC_Ch03_FINAL.pdf

³³ <https://www.nature.com/articles/s41586-018-0848-x>

³⁴ <https://www.nature.com/articles/s41558-020-0707-2>

- Un important effet potentiel de rétroaction amplificateur est l'émission possible de carbone à la suite de la fonte du pergélisol et le dégagement de méthane provenant des terres humides, estimé à environ 100 GtCO₂ au cours de ce siècle (et d'une quantité supérieure par la suite) et non comptabilisé dans l'estimation du budget carbone (voir #3)¹.

10. Qu'est-ce que les « points de bascule » ?

- Un point de bascule correspond à un degré de changement dans les propriétés d'un système au-delà duquel le système en question se réorganise, souvent de façon abrupte, et ne retrouve pas son état initial même si les facteurs du changement sont éliminés. En ce qui concerne le système climatique, le point de bascule fait référence à un seuil critique au-delà duquel le climat mondial ou un climat régional passe d'un état stable à un autre état stable. Le terme "point de bascule" est aussi utilisé pour se référer à des impacts: le terme peut impliquer qu'un point de bascule lié à un impact est (sur le point d'être) atteint dans un système naturel ou humain.³⁵
- Un point de bascule (ou point de non retour) représente une transition qui voit la généralisation d'un phénomène autrefois rare. Le dépassement d'un point de bascule climatique peut engendrer d'importants changements, souvent délétères, dans l'état du système.
- Certains des points de bascule incluent² la cryosphère (calotte polaire Ouest-Antarctique, calotte du Groenland), la circulation thermo-haline (ralentissement de la circulation méridienne de retournement de l'Océan Atlantique), l'oscillation El Niño, et le rôle de l'Océan austral pour le cycle du carbone.

11. En avons-nous atteint certains ? Si non à quelle échéance pourrions-nous les atteindre ?

- Le rapport du GIEC sur le Réchauffement planétaire à 1.5°C estime que les risques d'atteindre un point de bascule pour le climat actuel (environ +1°C) sont modérés, et augmentent avec le réchauffement climatique, devenant élevés à environ +2.5°C de réchauffement global^{1,2}. Pour les calottes polaires, la plage de températures 1.5°C-2°C présente un risque modéré, associé à un déclenchement potentiel d'une instabilité dynamique de la calotte de l'Antarctique ou une perte irréversible de la calotte du Groenland, pouvant être associés à une montée du niveau des mers

³⁵ Traduction du glossaire de l'IPCC SROCC (<https://www.ipcc.ch/srocc/chapter/glossary/>): "A level of change in system properties beyond which a system reorganises, often in a non-linear manner, and does not return to the initial state even if the *drivers* of the change are abated. For the *climate system*, the term refers to a critical threshold at which global or regional *climate* changes from one stable state to another stable state. Tipping points are also used when referring to *impact*: the term can imply that an impact tipping point is (about to be) reached in a natural or *human system*."

jusqu'à 1-2 m à l'échelle de 2 siècles^{1,2,10,36}. Les éléments scientifiques montrant une augmentation de la fréquence des événements extrêmes d'El Niño avec le niveau de réchauffement climatique conduisent à indiquer un risque élevé même pour +1.5°C de réchauffement global^{1,2,36}. Les points de bascule potentiels de l'océan et de la cryosphère font partie des éléments scientifiques en faveur d'efforts visant à limiter le réchauffement climatique bien en dessous de 2°C^{1,10,36}. Des points de bascule régionaux existent aussi pour de nombreux systèmes, y compris pour certains systèmes forestiers, tels que les forêts boréales et les forêts tropicales².

12. Est-il exact que si ces points de bascule sont atteints, il sera impossible de revenir en arrière avant plusieurs siècles ?

→ Les propriétés des points de bascule sont d'introduire des changements irréversibles à l'échelle d'au moins plusieurs décennies ou siècles. Certains impacts sont inexorables pour des milliers voire dizaines de milliers d'années au moins comme la montée du niveau de la mer.

13. Lors du procès de 1^{ère} instance, Mme la Professeure Sonia Seneviratne a indiqué « je ne peux dire pourquoi, malgré la situation alarmante, il ne « se passe rien ». Mais je ne dirais pas qu'il ne se passe rien du tout. Il y a un certain nombre d'évolutions positives. On est très loin des objectifs formulés dans l'Accord de Paris mais il y a certains développements qui ne sont pas totalement négatifs. En Europe, on a une tendance à une stabilisation des émissions. Sauf erreur, dans certains pays on commence à voir un découplage entre le PIB et les émissions de CO₂, qui dans le passé étaient totalement corrélés. »

Partagez-vous ce constat ? Adhérez-vous aux propos de Prof. Seneviratne sur les perspectives d'un découplage à venir ? Est-ce que cette tendance à une stabilisation des émissions sera suffisante pour limiter le réchauffement à 1.5°C ?

→ Ce constat est correct et basé sur des études récentes^{23,37}. Néanmoins, il est essentiel de resituer cette phrase dans son contexte et ne pas la prendre pour une indication d'une diminution de l'urgence à amplifier les efforts de réduction des émissions, puisque les progrès obtenus sont minimes par rapport aux efforts nécessaires pour arriver à un budget neutre de CO₂. Toute émission supplémentaire induit un réchauffement supplémentaire, potentiellement encore amplifié par des

³⁶ Voir aussi <https://threadreaderapp.com/thread/1204374046739177472.html>

³⁷ Le Quéré et al. 2019, Nature Climate Change: <https://www.nature.com/articles/s41558-019-0419-7.pdf>

boucles de rétroactions. Il s'agit donc d'aller bien au-delà d'une stagnation des émissions (qui continuent à accumuler davantage de CO₂ dans l'atmosphère) et de parvenir à engager une diminution nette des émissions, qui augmente année après année. Cela demande des changements fondamentaux et structurels dans les secteurs de l'énergie, de la gestion des terres, de l'industrie, de l'urbanisme. Cette tendance à la stabilisation des émissions est donc absolument insuffisante pour limiter le réchauffement global à 1.5°C.

- La seule solution pour une stabilisation des températures à 1.5°C est d'arriver rapidement à un budget net neutre de CO₂ dans tous les pays. À l'exception du Bhoutan et du Surinam³⁸, aucun autre pays n'est proche de cet objectif, et les engagements volontaires de diminution d'émissions formulés jusqu'à présent par les pays dans le cadre de l'accord de Paris ne parviendraient pas à stabiliser le réchauffement global à 1.5°C^{39,40}. Des efforts environ 5 fois plus élevés que les ambitions formulées à ce jour seraient nécessaires⁴⁰.
- Par ailleurs, la baisse des émissions dans certains pays européens sur leur territoire national s'est accompagnée d'une hausse des émissions occasionnées dans d'autres pays du fait de l'augmentation de la consommation de produits importés et de la délocalisation de la production industrielle dans d'autres pays et d'autres régions du monde⁴¹, d'où l'importance d'agir sur l'empreinte de la consommation d'un pays dans son ensemble. C'est tout particulièrement le cas en Suisse⁴².
- Dans ce contexte, le rapport spécial du GIEC de 2018 (SR15¹) a aussi souligné l'importance stratégique des investissements financiers, et l'urgence à sortir le plus rapidement possible les investissements des secteurs fossiles pour les déployer vers les énergies bas carbone et l'efficacité énergétique (un besoin de financement en hausse d'un facteur 5 à 6 d'ici à 2050 pour une stabilisation du réchauffement à 1.5°C). Ce point a également été souligné dans les récents rapports de l'UNEP (emission gap report²⁰, production gap report⁴³).

³⁸ <https://eciu.net/netzerotracker>

³⁹ Selon les estimations du rapport spécial du GIEC sur le Réchauffement planétaire à 1.5°C¹, les mesures d'atténuation annoncées par les pays au titre de l'Accord de Paris entraîneraient des émissions mondiales de gaz à effet de serre de 52 – 58 Gt_{éqCO2} par an en 2030. Les trajectoires qui tiennent compte de ces mesures annoncées ne parviendraient pas à limiter le réchauffement planétaire à 1,5 °C (paragraphe D1; https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_fr.pdf).

⁴⁰ Le rapport de l'ONU sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction d'émissions²⁰ conclut qu'il est nécessaire de renforcer considérablement les objectifs de diminution d'émissions ("Contributions Déterminées Nationalement (CDN)") formulés par les pays en 2020. Les pays doivent tripler le niveau d'ambition de leurs CDN pour stabiliser le réchauffement global bien en deçà de 2°C, et ils doivent plus que quintupler ce niveau pour stabiliser le réchauffement à 1.5°C.

⁴¹ https://www.hautconseilclimat.fr/wp-content/uploads/2019/09/hcc_rapport_annuel_2019_v2.pdf

⁴² https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/fr/dokumente/klima/fachinfo-daten/kenngrößen_thg_emissionen_schweiz.pdf.download.pdf/Kenngrößen_2020_F.pdf

⁴³ <https://www.unenvironment.org/fr/resources/rapport/production-gap-report-2019-non-traduit>

- Ce dernier point est particulièrement important dans le contexte d'investissements bancaires, puisque plusieurs banques d'investissement telles que Crédit Suisse, ont continué de faire des investissements majeurs dans des entreprises liées aux énergies fossiles, même après l'approbation de l'Accord de Paris⁴⁴.
- Finalement, même si certains pays d'Europe montrent ces dernières années une tendance à une diminution des émissions de CO₂, ce n'est pas le cas de la Suisse. La Suisse a été explicitement exclue de la liste des 18 pays sélectionnés dans l'étude de Le Quéré et al. 2019³⁷ qui a examiné les succès en matière de décarbonation, car elle n'a pas rempli les critères de cette étude, qui étaient d'avoir une décroissance significative des émissions (par rapport à la variabilité) durant au moins une décennie, à la fois pour les émissions nationales et pour l'empreinte carbone, ce qui est indicatif de réels efforts nationaux de réduction des émissions. Les émissions (de CO₂, énergie seulement) ont diminué de 1,5% par an dans la dernière décennie, mais l'empreinte carbone de la Suisse est très élevée et a augmenté rapidement de 1,3% par an en raison de la consommation (voir Figure 1 ci-dessous du globalcarbonatlas.org). Ainsi la Suisse a un bilan de réduction des émissions de CO₂ plus négatif que plusieurs pays avoisinants et/ou de niveau de développement similaire (Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Croatie, Danemark, Espagne, Etats-Unis, Finlande, France, Hongrie, Irlande, Italie, Pays-Bas, Portugal, Roumanie, Suède)³⁷.

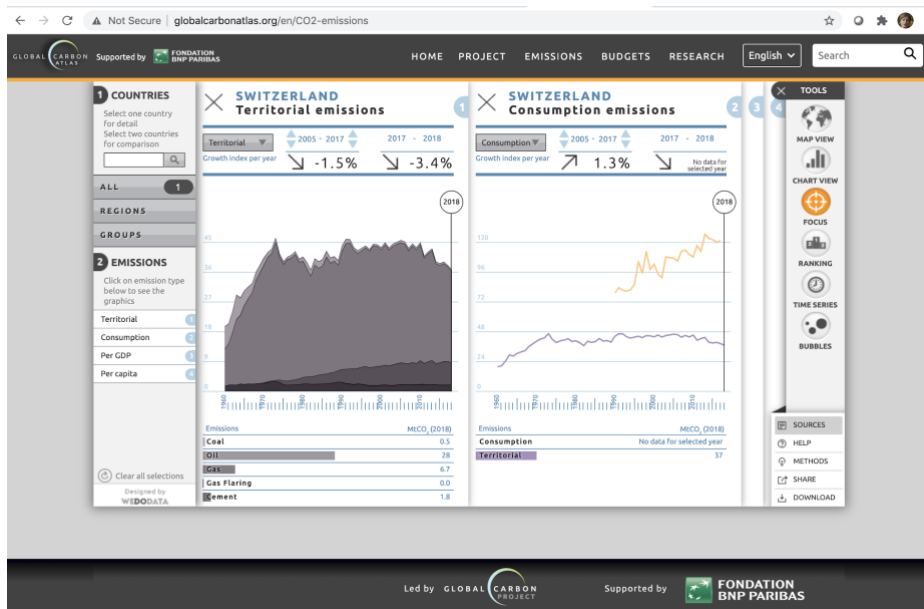


Figure 1: Émissions suisses de CO₂: gauche) émissions territoriales; droite) émissions liées à la consommation. Source: globalcarbonatlas.org

44 https://www.swissinfo.ch/fr/economie/transition-écologique_les-banques-accusées-de-trop-investir-dans-les-énergies-fossiles/44853276

14. A titre personnel et étant donné vos connaissances scientifiques, êtes-vous inquiets de la situation ?

→ Oui, nous sommes très inquiets, en particulier au vu des impacts déjà observés d'un réchauffement qui avait été anticipé depuis plusieurs décennies (cf 1er rapport du GIEC 1990⁴⁵), au vu des risques croissants d'impacts sévères et parfois irréversibles, au vu de notre compréhension quantitative des futurs climatiques possibles, et de l'absence de réduction majeure des émissions globales de CO₂ depuis, et en dépit de, l'Accord de Paris conclu en 2015. Notre inquiétude est renforcée par le décalage entre les engagements pris dans cet accord et la capacité et volonté^{39,40} à les mettre réellement en oeuvre.

⁴⁵ <https://www.ipcc.ch/report/climate-change-the-ipcc-1990-and-1992-assessments/>
(https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ipcc_90_92_assessments_far_full_report_fr.pdf)

Liste de signataires

Co-auteurs

Prof. Samuel Jaccard, Université de Lausanne, Suisse; Auteur principal, 6ème rapport du GIEC (2018-2021)

Prof. Corinne Le Quéré, Professeur de recherche de la Société Royale à l'University of East Anglia, UK, Co-directrice du "Global Carbon Project" (2009-2013), Auteure principale, 5ème rapport du GIEC (2010-2013); Membre du CCCUK (Committee on Climate Change, Royaume Uni); Présidente du Haut Conseil pour le Climat (France).

Dr. Valérie Masson-Delmotte, Directrice de recherche CEA au Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement, Université Paris Saclay, IPSL, Paris, France; co-Présidente du Groupe 1 du GIEC pour le 6ème cycle d'évaluation (2015 à 2022); Membre du Haut Conseil pour le Climat (France); Auteure du rapport "United in Science" (ONU, 2020).

Dr. Gian-Kasper Plattner, Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Birmensdorf, Suisse; Chef de l'unité d'appui technique du Groupe 1 du GIEC pour le 5ème cycle d'évaluation (2008 à 2015); Auteur principal, 6ème rapport du GIEC (2018-2021)

Prof. Martine Rebetez, Université de Neuchâtel, Suisse & Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage WSL, Lausanne, Suisse; Membre du comité directeur de ProClim (Suisse)

Dr. Joeri Rogelj, Imperial College London, Grantham Institute for Climate Change and the Environment, UK; Auteur principal coordinateur, Rapport spécial du GIEC sur le Réchauffement planétaire à 1.5°C (2017-2018); Auteur principal, 6ème rapport du GIEC (2018-2021)

Prof. Sonia I. Seneviratne, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse; Auteure principale coordinatrice, Rapport spécial du GIEC sur les Événements extrêmes climatiques (2009-2012); Auteure principale, Rapport spécial du GIEC sur le Réchauffement planétaire à 1.5°C (2017-2018); Auteure principale coordinatrice, 6ème rapport du GIEC (2018-2021)

Prof. Thomas Stocker, Université de Berne, Berne, Suisse, co-Président du Groupe 1 du GIEC pour le 5ème cycle d'évaluation (2008 à 2015); Membre de l'Organe Consultatif sur les Changements Climatiques (OCCC, Suisse)

Co-signataires

Prof. David N. Bresch, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse;
Membre du comité directeur de ProClim (Suisse); Membre de l'Organe Consultatif sur les
Changements Climatiques (OCCC, Suisse)

Prof. Stefan Brönnimann, Université de Berne, Berne, Suisse; Auteur principal, 5ème rapport du GIEC
(2010-2013)

Prof. Andreas Fischlin, emeritus, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich,
Suisse; Vice-président du Group 2 du GIEC pour le 6ème cycle d'évaluation (2015-2022); Membre
de l'Organe Consultatif sur les Changements Climatiques (OCCC, Suisse)

Prof. Martin Grosjean, Université de Berne, Berne, Suisse; Directeur, Oeschger Centre for Climate
Change Research

Prof. Nicolas Gruber, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse; Président
du comité directeur du Centre for Climate System Modelling (C2SM), ETH Zurich; Auteur
principal, Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans le contexte du réchauffement
climatique (2017-2019).

Prof. Fortunat Joos, Université de Berne, Berne, Suisse; Vice-président du Groupe 1 du GIEC pour le
3ème cycle d'évaluation (1997-2001)

Dr. Jean Jouzel, Directeur de recherche émérite CEA et CNRS, Laboratoire des Sciences du Climat et
de l'Environnement, Université Paris Saclay, IPSL, Paris, France; Vice-président du Groupe 1 du
GIEC pour les 4ème et 5ème cycles d'évaluation (2002-2015)

Prof. Reto Knutti, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse; Auteur
principal, 4ème rapport du GIEC (2004-2007); Auteur principal coordinateur, 5ème rapport du
GIEC (2010-2013)

Prof. Olivia Romppainen-Martius, Université de Berne, Berne, Suisse; Membre du comité directeur de
ProClim (Suisse)

Prof. Christoph Schär, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse; Auteur
principal, 5ème rapport du GIEC (2010-2013)

Prof. Julia Steinberger, Université de Lausanne, Lausanne, Suisse; Auteure principale, 6^{ème} rapport du
GIEC (Groupe 3; 2019-2022).

Prof. Jean-Pascal van Ypersele, Université catholique de Louvain, Belgique; Vice-président du GIEC
pour le 5ème cycle d'évaluation (2008-2015).

Prof. Heini Wernli, École Polytechnique Fédérale de Zurich (ETH Zurich), Zurich, Suisse; Directeur
de l'Institut de recherche en sciences de l'Atmosphère et du Climat