

An aerial photograph showing a coastal area that has been severely flooded. A road interchange, identified as the Whatcom Road Interchange on Highway 1, is visible in the center. The surrounding land, including fields and buildings, is submerged in water. The sky is overcast, and the overall scene depicts the aftermath of a major flooding event.

The role of climate change in the BC November 2021 flooding events

Francis Zwiers, Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria
Standing Senate Committee on Agriculture and Forestry, 2 June 2022

Climate Change and Extreme Precipitation

- Global warming
 - Global mean surface air temperature during 2001-2020 was about 1°C higher than during the early industrial period 1850-1900¹
 - Canada has warmed about twice as fast as the global average, with more than double the rate of global warming in the North²
 - Almost all of this warming is due to greenhouse gas concentration increases^{1,2}
 - Impact on extreme precipitation
 - Theory and climate models suggest that the intensity of extreme rainfall will increase about 6-7% for each 1°C of warming
 - Observed trends in extreme precipitation at long running meteorological stations across the globe confirm that this is happening³
 - Local trends are noisy, however, making this change difficult to see at individual observing stations³
 - Nevertheless, the evidence indicates that greenhouse gas increases have increased the risk of extreme precipitation events^{1,4}, including in North America⁵
 - Climate change projections indicate that these risks will continue to increase⁶
-

BC November 2021 flooding events

- The event was caused by an intense atmospheric river (flow of atmospheric water vapor from the sub-tropical Pacific Ocean, sometimes also called a “pineapple express”)
 - The atmospheric river was aligned with the Fraser valley and thus was able to carry large amounts of moisture into southwestern BC
 - The atmospheric river is estimated to have been roughly a 1-in-12 year event
 - Uplift of the moist air by the mountains resulted in large amounts of precipitation over a two day period
 - The amount exceeded 300 mm in some locations on Southwest Vancouver Island and in the mountains around the Fraser Valley
 - The average amount across the affected area is estimated to have been a 50- to 100-year event depending on the data source used
 - The heavy precipitation and warm atmospheric conditions during the event produced very high, damaging, stream flows in multiple river basins, including the Nooksack, Chilliwack, Coquihalla, Coldwater, Similkameen and Tulameen
 - Recorded flows in some basins are estimated to have exceeded 1-in-100 year levels
-

Causes of the BC November 2021 flooding events

- Atmospheric river induced precipitation was the dominant factor driving the extreme streamflow
 - Snow melt occasioned by the accompanying warm atmospheric conditions was also an important factor, contributing 1/6th to 1/3rd of the water that entered the river basins that were studied
 - River basin precondition may have affected the likelihood and intensity of flooding
 - The area experienced very wet conditions during the 6-week period prior to the event
 - It has been speculated that the stream flow response to precipitation and snow melt may have been affected by changes in land surface properties caused by wildfires and the June 2021 heat dome event, but this has not been confirmed
 - Analysis of an extensive amount of climate model and hydrologic model output suggests human-induced climate change had increased the probability of
 - the atmospheric river event and the resulting precipitation event by roughly 50%
 - a stream flow event exceeding the 1-in-100 year level in the river basins that were studied by more than 100%
-



This rapid analysis of the BC flooding events ...

... was performed by a team of scientists from ECCC's Climate Research Division, the Pacific Climate Impacts Consortium at the University of Victoria, and the Meteorological Service of Canada

- Study was initiated immediately after the event
- Preliminary results were posted in late January, 2022
- The final peer-reviewed paper was recently published in the journal *Weather and Climate Extremes* (see <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100441>)

Research team:

Nathan P. Gillett^a, Alex J. Cannon^a, Elizaveta Malinina^a, Markus Schnorbus^b, Faron Anslow^b, Qiaohong Sun^b, Megan Kirchmeier-Young^a, Francis Zwiers^b, Christian Seiler^a, Xuebin Zhang^a, Greg Flato^a, Hui Wan^a, Guilong Li^a, Armel Castellán^c

^a Climate Research Division, Environment and Climate Change Canada, Canada.

^b Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria, Victoria, BC, Canada.

^c Meteorological Service of Canada, Environment and Climate Change Canada, Victoria, BC, Canada.

Plus additional contributors affiliated with the Meteorological Service of Canada and the BC River Forecast Centre

An aerial photograph showing a coastal area with a highway interchange. The water is significantly higher than normal, flooding the surrounding land and partially submerging the road. The sky is overcast, and the overall scene depicts the aftermath of heavy flooding.

Le rôle du changement climatique dans les inondations de novembre 2021 en Colombie-Britannique

Francis Zwiers, Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria
Comité sénatorial permanent de l'agriculture et des forêts, 2 juin 2022

Changements climatiques et précipitations extrêmes

- Le réchauffement climatique
 - La température moyenne mondiale de l'air en surface au cours de la période 2001-2020 était d'environ 1 °C supérieure à celle du début de la période industrielle 1850-1900¹
 - Le Canada s'est réchauffé environ deux fois plus vite que la moyenne mondiale, avec plus du double du taux de réchauffement climatique dans le Nord²
 - La quasi-totalité de ce réchauffement est due à l'augmentation de la concentration des gaz à effet de serre^{1,2}
 - Les impacts sur les précipitations extrêmes
 - La théorie et les modèles climatiques suggèrent que l'intensité des précipitations extrêmes augmentera d'environ 6 à 7 % pour chaque 1°C de réchauffement
 - Les tendances observées en matière de précipitations extrêmes dans les stations météorologiques de longue date à travers le monde confirment que cela se produit³
 - Cependant, les tendances locales sont souvent cachées parmi les grandes fluctuations météorologiques quotidiennes, ce qui rend ce changement difficile à voir aux stations d'observation individuelles³
 - Néanmoins, les preuves indiquent que l'augmentation des gaz à effet de serre a augmenté le risque d'événements de précipitations extrêmes^{1,4}, y compris en Amérique du Nord⁵
 - Les projections des changements climatiques indiquent que ces risques continueront à augmenter⁶
-

Inondations de novembre 2021 en Colombie-Britannique

- L'événement a été causé par un fleuve atmosphérique intense (flux de vapeur d'eau atmosphérique en provenance de l'océan Pacifique subtropical, parfois aussi appelé "ananas express")
 - La rivière atmosphérique était alignée avec la vallée du Fraser et pouvait donc transporter de grandes quantités d'humidité dans le sud-ouest de la Colombie-Britannique.
 - On estime que la rivière atmosphérique a été à peu près un événement d'une année sur 12
 - Le soulèvement de l'air humide par les montagnes a entraîné de grandes quantités de précipitations pendant une période de deux jours
 - La quantité dépassait 300 mm à certains endroits du sud-ouest de l'île de Vancouver et dans les montagnes autour de la vallée du Fraser
 - La quantité moyenne dans la zone touchée est estimée à un événement de 50 à 100 ans selon la source de données utilisée
 - Les fortes précipitations et les conditions atmosphériques chaudes au cours de l'événement ont produit des débits très élevés et dommageables dans plusieurs bassins versants, y compris le Nooksack, Chilliwack, Coquihalla, Coldwater, Similkameen et Tulameen
 - On estime que les débits enregistrés dans certains bassins ont dépassé les niveaux de 1 sur 100 ans
-

Causes des inondations de novembre 2021 en C.-B.

- Les précipitations induites par le flueve atmosphérique étaient le facteur dominant à l'origine des débits extrêmes
 - La fonte des neiges occasionnée par les conditions atmosphériques chaudes qui l'accompagnent a également été un facteur important, contribuant d'un sixième à un tiers de l'eau qui pénétrait dans les bassins versants étudiés
 - La condition préalable des bassins versants peut avoir affecté la probabilité et l'intensité des inondationsg
 - La région a connu des conditions très humides au cours des 6 semaines précédant l'événement
 - On a émis l'hypothèse que la réponse du débit du cours d'eau aux précipitations et à la fonte des neiges pourrait avoir été affectée par les changements des propriétés de la surface terrestre causés par les incendies de forêt et l'événement du dôme de chaleur de juin 2021, mais cela n'a pas été confirmé
 - L'analyse d'une grande quantité de résultats de modèles climatiques et de modèles hydrologiques suggère que le changement climatique induit par l'homme a augmenté la probabilité de
 - l'événement fluvial atmosphérique et les précipitations extrêmes résultantes d'environ 50 %
 - un événement de débit dépassant le niveau de 1 en 100 ans dans les bassins hydrographiques qui ont été étudiés de plus de 100 %
-



Cette analyse rapide des inondations en C.-B. ...

... a été réalisée par une équipe de scientifiques de la Division de la recherche climatique d'ECCE, du Pacific Climate Impacts Consortium de l'Université de Victoria et du Service météorologique du Canada

- L'étude a été lancée immédiatement après l'événement
- Les résultats préliminaires ont été publiés fin janvier 2022
- Les résultats finaux ont récemment été publiés sous la forme d'un article évalué par des pairs dans la revue *Weather and Climate Extremes* (see <https://doi.org/10.1016/j.wace.2022.100441>)

Équipe de recherche:

Nathan P. Gillett^a, Alex J. Cannon^a, Elizaveta Malinina^a, Markus Schnorbus^b, Faron Anslow^b, Qiaohong Sun^b, Megan Kirchmeier-Young^a, Francis Zwiers^b, Christian Seiler^a, Xuebin Zhang^a, Greg Flato^a, Hui Wan^a, Guilong Li^a, Armel Castellán^c

^a la Division de la recherche climatique, Environment and Climate Change Canada, Canada.

^b Pacific Climate Impacts Consortium, University of Victoria, Victoria, BC, Canada.

^c Service météorologique du Canada, Environment and Climate Change Canada, Victoria, BC, Canada.

Il y avait d'autres contributeurs affiliés au Service météorologique du Canada et au BC River Forecast Centre

References / Références

1. IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P., et al (eds.)]. Cambridge University Press, pp. 3–32, doi:10.1017/9781009157896.001.
 2. CCCR, 2019: *Canada's Changing Climate Report*, Bush, E. and D.S. Lemmen, (eds.), Government of Canada, Ottawa, ON. 444 p, <https://changingclimate.ca/CCCR2019/>
 3. Sun, Q., X. Zhang, F.W. Zwiers, S. Westra and L.V. Alexander, 2021: A global, continental and regional analysis of changes in extreme precipitation. *Journal of Climate*, 34, 243-258, doi:10.1175/JCLI-D-19-0892.1
 4. Sun, Q., X. Zhang, F.W. Zwiers, J. Yan, 2022: Quantifying the human influence on the intensity of extreme 1- and 5-day precipitation amounts at global, continental, and regional scales. *Journal of Climate*, 35, 195-210, doi:10.1175/JCLI-D-21-0028.1
 5. Kirchmeier-Young, M.C. and X. Zhang, 2020: Human influence has intensified extreme precipitation in North America. *Proceedings of the National Academies of Science*, 117, 13308-13313, <https://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1921628117>
 6. Li, C., F.W. Zwiers, X. Zhang, G. Li, Y. Sun and M. Wehner, 2021: Changes in annual extremes of daily temperature and precipitation in CMIP6 models. *Journal of Climate*, doi: 10.1175/JCLI-D-19-1013.1
-