

# Communiqué de presse

**Suite à un glissement de terrain causé par le changement climatique, un tsunami secoue la terre pendant neuf jours.**

**Des chercheurs belges contribuent à l'étude menée par une équipe pluridisciplinaire internationale.**

**\*\*\* Embargo : pas de publication avant**

**14:00 U.S. Eastern Time jeudi 12 septembre 2024 (18:00 GMT/20:00 CEST) \*\*\***

**À ce moment-là, le document sera disponible via le lien suivant :**

**<http://www.science.org/doi/10.1126/science.adm9247>**

**Titre original: "A rockslide-generated tsunami in a Greenland fjord rang Earth for 9 days"**

**En septembre 2023, pendant neuf jours, des chercheurs ont observé un signal sismique sans précédent . La cause de ce mystérieux « tremblement de terre » : un gigantesque glissement de terrain au Groenland en masse de 25 millions de m<sup>3</sup> de roches et de glace s'est détachée et a atterri dans le fjord Dickson, ce qui provoqua un méga-tsunami de 200 mètres de haut et a entraîné l'oscillation des eaux de l'étroit fjord pendant neuf jours, un phénomène connu sous le nom de « seiche ». C' est la conclusion d'une étude publiée dans la revue Science. Les ondes sismiques suscitées par cette grande masse d'eau en mouvement ont été observées dans le monde entier. Jamais auparavant un tel phénomène n'avait pu être constaté. Des chercheurs de l'Observatoire royal de Belgique (ORB), de l'Institut flamand de la mer (VLIZ) et de l'Université libre de Bruxelles (ULB), ont étudié ce mécanisme inhabituel à l'origine d'un signal sismique global.**

Septembre 2023. Dans le monde entier, les sismologues observent à leur grande surprise, sur leurs appareils de mesure ultra sensibles, un mystérieux signal. Il dure neuf jours et est visible du pôle Nord au pôle Sud. Ce signal ne ressemble en rien à celui d'un tremblement de terre. Il ressemble davantage à un bourdonnement monotone. Au même moment, une équipe de scientifiques de la région isolée du nord-est du Groenland détecte un important tsunami. La nouvelle se répand. Très vite, un groupe multidisciplinaire de 68 chercheurs de 40 instituts issus de 15 pays (y compris l'ORB, le VLIZ et l'ULB) se constitue. Ces nombreux scientifiques rassemblent et partagent des données sismiques et infrasonores, des mesures et des images de terrain, des enregistrements satellites et des simulations de vagues de tsunami. Les photographies prises par l'armée danoise quelques jours après l'événement s'avèrent également d'une valeur inestimable. Elles montrent l'effondrement de la paroi montagneuse et du front du glacier, ainsi que les dégâts causés par le tsunami. La combinaison des données recueillies sur le terrain et des signaux observés à l'échelle mondiale permet aux chercheurs d'expliquer l'événement extraordinaire survenu en septembre 2023 et de publier, aujourd'hui, les résultats de leur étude dans la célèbre revue *Science*.

Le signal local a été capté par un réseau de surveillance en temps réel mis en place dans le “Kong Oscar Fjord System” à l'été 2023, comprenant des caméras et des points de surveillance océanographiques. Les capteurs océanographiques ont révélé des niveaux d'eau anormaux et une turbidité très élevée dans le fjord. Dans le même temps, le signal sismique a été capté par un réseau mondial de sismomètres, à savoir des instruments scientifiques sensibles qui enregistrent les vibrations se propageant dans le sol, appelées ondes sismiques. La sismologie se concentre prioritairement sur la mesure des vibrations sismiques résultant des tremblements de terre dans le sol. Toutefois, les données sismiques peuvent également fournir des informations relatives aux mouvements de grandes masses à la surface de la terre, tels que les glissements de terrain et les tsunamis. L'étude a révélé que le glissement de terrain était le résultat de l'effondrement d'un pic montagneux qui s'élevait auparavant à 1200 m au-dessus du fjord. La quantité de matériaux qui s'est ainsi effondrée est énorme : plus de 25 millions de mètres cubes, soit l'équivalent de 27 fois le volume des plus grands porte-conteneurs du monde. Cet effondrement fut provoqué par l'amincissement des glaciers situés au pied de la montagne au cours des dernières décennies, et qui trouve son origine dans le changement climatique.

Le signal sismique était si intrigant que l'un des chercheurs a essayé d'imiter, dans son bain, le mouvement de va-et-vient de l'eau dans le fjord. Sans succès. Les modèles mathématiques, en revanche, ont pu montrer que l'orientation du glissement de terrain déterminait l'effet “seiche”. Le fait que le glissement se soit produit via un glacier perpendiculaire à un fjord remarquablement étroit et incurvé s'est avéré être la pièce manquante du puzzle pour expliquer comment le changement climatique a pu faire trembler la Terre pendant neuf jours. En effet, les calculs du modèle montrent que l'eau du fjord devrait se déplacer toutes les 90 secondes, exactement comme dans les données d'ondes sismiques observées. Cette correspondance parfaite montre comment la force d'une masse d'eau, s'engouffrant dans un fjord d'une certaine largeur et d'une certaine profondeur, peut générer une vibration visible de l'énergie sismique dans la croûte terrestre.

Le coauteur Thomas Lecocq (Observatoire royal de Belgique, ORB) partage cet avis : « *Nos premières estimations de la position de la source se sont concentrées sur l'est du Groenland. Au même moment, les autorités groenlandaises et danoises ont reçu des rapports faisant état d'un important tsunami à la station et base de recherche Nanok (alors sans personnel) sur l'île d'Ella. En tant qu'équipe de recherche interdisciplinaire et internationale, nous avons intégré toutes les informations pour présenter une reconstruction détaillée du premier grand glissement de terrain tsunamigène documenté à l'est du Groenland et de la manière dont il a généré des signaux sismiques globaux sur une très longue période. Il est étonnant que ce qui a commencé comme un contrôle de routine d'un gravimètre belge se soit transformé en une collaboration mondiale et multidisciplinaire, avec des échanges virtuels en ligne 24 heures sur 24, à travers de nombreux fuseaux horaires. Je suis heureux que nous ayons prouvé que la source des vibrations était l'effet de l'eau, et que cette aventure ait conduit à de nouvelles collaborations avec des collègues du monde entier, notamment Wieter Boone du VLIZ qui a installé des instruments sismiques de l'ORB dans le fjord de Dickson cet été afin d'améliorer notre compréhension de cette région unique*».

La combinaison des simulations numériques, des données du réseau local de capteurs océanographiques et des images satellite et terrestres confirme que le méga-tsunami provoqué par le glissement de terrain doit être l'un des plus hauts jamais mesurés. Septante kilomètres plus loin dans le fjord, les vagues de 4 mètres de haut ont endommagé la station d'Ella Ø et détruit des sites du patrimoine culturel et archéologique. Le fjord est également très fréquenté par les bateaux de croisière qui visitent les fjords du Groenland. Heureusement, aucun navire ne se trouvait dans les parages le jour du glissement de terrain et du tsunami. Les conséquences de

l'énorme vague de tsunami auraient été alors incommensurables . À l'heure où le changement climatique s'accélère, l'enjeu est plus que jamais de mieux comprendre et de surveiller ces zones, considérées jusqu'à présent comme stables. La mise au point d'outils d'alerte précoce pour ces glissements de terrain et ces tsunamis de grande ampleur s'inscrit dans cette optique.

Wieter Boone (Vlaams Instituut voor de zee, VLIZ), coauteur de l'étude, explique : « *Pour nos recherches, nous avons mis en place un réseau de stations océanographiques en temps réel dans le nord-est du Groenland. L'année dernière, nous avons navigué dans le fjord Dickson pour installer des instruments à proximité d'un glacier et presque juste devant la montagne, quelques semaines avant qu'elle ne s'effondre. Nos instruments ont survécu au tsunami et nous avons pu suivre les événements en temps réel. La destruction observée d'une ancienne cabane de trappeur, qui n'avait jamais été touchée par un tsunami au cours de son histoire séculaire, montre l'ampleur inattendue de cet événement. Au cours de l'enquête sur les causes de l'événement, une collaboration internationale exceptionnellement dynamique s'est mise en place, dans laquelle l'équipe de l'ORB a joué un rôle impressionnant. Cet été, nous sommes retournés dans la région. Nous avons mis à jour notre réseau de capteurs, cartographié l'impact du tsunami à l'aide de drones et installé des capteurs sismiques à haute fréquence et des capteurs de niveau d'eau dans le fjord de Dickson* ».

## Contacts presse

- Thomas Lecocq (Observatoire royal de Belgique, ORB): [thomas.lecocq@seismology.be](mailto:thomas.lecocq@seismology.be); 02/373.03.16.0471/320065
- Wieter Boone (Vlaams Instituut voor de Zee, VLIZ): [wieter.boone@vliz.be](mailto:wieter.boone@vliz.be); 0485/93.64.07.
- Corentin Caudron (Université libre de Bruxelles, ULB): [corentin.caudron@ulb.be](mailto:corentin.caudron@ulb.be).

## Illustrations

Visualisations [files available from a directory that can be accessed using [this link](#)]:

Static imagery:

- Before (August 2023) and after (September 2023) photos of the mountain peak and glacier, taken from the fjord:
  - Before: [glacier\\_landslide\\_comparison\\_before-2023-08-12\\_SorenRysgaard.jpeg](#) (credit: Søren Rysgaard)
  - After: [glacier\\_landslide\\_comparison\\_after-2023-09-19\\_DanishMilitary.DNG](#) (credit: Danish Army)
  - Annotated version labelling the key features: [glacier\\_landslide\\_comparison\\_annotated.png](#) (credit: Søren Rysgaard, Danish Army).
- After (August 2024) photos of the rockslide gully with the destroyed glacier, boat for scale: [12\\_Dickson\\_2024\\_glacier3\\_Soren\\_Rysgaard.jpg](#) (credit: Søren Ryesgaard)
- Two photos (same as in below GIF) shows Sentinel-2 satellite images of the mountain peak before and after the landslide Image credit (image credit Copernicus, Sentinel-2, EO browser):
  - Before: [2023-07-14-00\\_00\\_2023-07-14-23\\_59\\_Sentinel-2\\_L1C\\_Highlight\\_Optimized\\_Natural\\_Color\\_cet.png](#)
  - After: [2024-07-14-00\\_00\\_2024-07-14-23\\_59\\_Sentinel-2\\_L1C\\_Highlight\\_Optimized\\_Natural\\_Color\\_cet.png](#)
- Record section showing the recorded seismic waves plotted against distance from the landslide (1 degree = 110 km; 180 degrees = antipodal to Greenland), available in two forms:

- Wiggles plotted as black lines: ***Record\_90dists\_wiggle.[png|pdf]***
- The wiggles filled with red (positive amplitude) and blue (negative amplitude colours): ***Record\_90dists\_waterfall.[png|pdf]***
- Pre- (30 minutes before) and post-landslide (7 minutes after) Planet Labs satellite image: ***PlanetLabsSatelliteBefore-After.png***

Movies / animations:

- GIF animation - available to download here - shows Sentinel-2 satellite images of the mountain peak before and after the landslide: ***S2L1C-392043945839491-timelapse.gif*** (image credit Copernicus, Sentinel-2, EO browser)
- Ground motion visualisation animations showing the very long-period seismic wave propagating around the globe (shown as vertical up-and-down motion):
  - The left panel shows a ground motion visualisation, showing the seismic wave from the Greenland seiche spreading out around the planet. Each circle shows the data from an individual seismic monitoring station. The right panel shows a numerical simulation of the 16 September 2023 tsunami and seiche in Dickson fjord ***GMVRotGlobe.mp4*** (music credit: Isabelle Ryder <https://isabellerydermusic.weebly.com/>; animation credit: Stephen Hicks; Kristian Svennevig; Alexis Marbeouf).
  - Same as above, but also showing a numerical simulation of the tsunami and seiche process in the fjord ***GMVrotglobe\_seichesim.mp4*** (music credit: Isabelle Ryder <https://isabellerydermusic.weebly.com/>; animation credit: Stephen Hicks).
- Two videos recorded of the landslide area three days after the landslide in the fjord. Image credit Danish Army, Joint Arctic Command:
  - ***droneimagery-1-DanishMilitary.MP4***
  - ***droneimagery-2-DanishMilitary.MP4***
- Animated, sonified seismic signal (seismic waves sped up and converted to audible frequencies) as recorded by a seismic station in Greenland, DK.SCO: ***video\_sonification.mp4***
- Animation of the modelled/simulated tsunami waves and seiche in Dickson Fjord: ***MovieS2.mp4***
- Annotated GIF-animation of the pre and post-event images. Source image credits: Søren Rysgaard, Danish Army. GIF-animation: Carsten E. Thuesen: ***DicksonFjd4.gif***

### Full list of coauthors' institutions

1. Geological Survey of Denmark and Greenland, Denmark
2. University College London, UK
3. Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany
4. Seismology - Gravimetry, Royal Observatory of Belgium, Brussels, Belgium
5. University of Stuttgart, Germany
6. Institut de Physique du Globe de Paris, France
7. Université de Strasbourg, Strasbourg
8. U.S. Geological Survey, USA
9. Univ. Grenoble Alpes, France
10. Universität Hamburg, Germany
11. Aarhus University, Denmark
12. Flanders Marine Institute, Belgium
13. Norges Geotekniske Institutt, Norway
14. Royal Netherlands Meteorological Institute, Netherlands
15. ALomax Scientific, France
16. University of California Berkeley, USA
17. University of Aberdeen, UK
18. University of Oxford, UK
19. University of California San Diego, USA
20. Università di Catania, Italy
21. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Italy
22. Université libre de Bruxelles, Belgium
23. Wel Research Institute, Belgium
24. University of Padova, Italy
25. Uppsala University, Sweden
26. University of Malaga, Spain
27. Volcanological and Seismological Observatory of Costa Rica
28. Data-Terra / Theia, France
29. Delft University of Technology, Netherlands
30. University of Sevilla, Spain
31. University of California, USA
32. University of California San Diego, USA
33. Ludwig-Maximilians-Universität München, Germany
34. Boston College, USA
35. University of Cambridge, Cambridge, UK
36. Technical University of Denmark, Denmark
37. GNS Science, New Zealand
38. University of Washington, USA
39. Institut Teknologi Bandung, Indonesia
41. Greenland National Museum & Archives