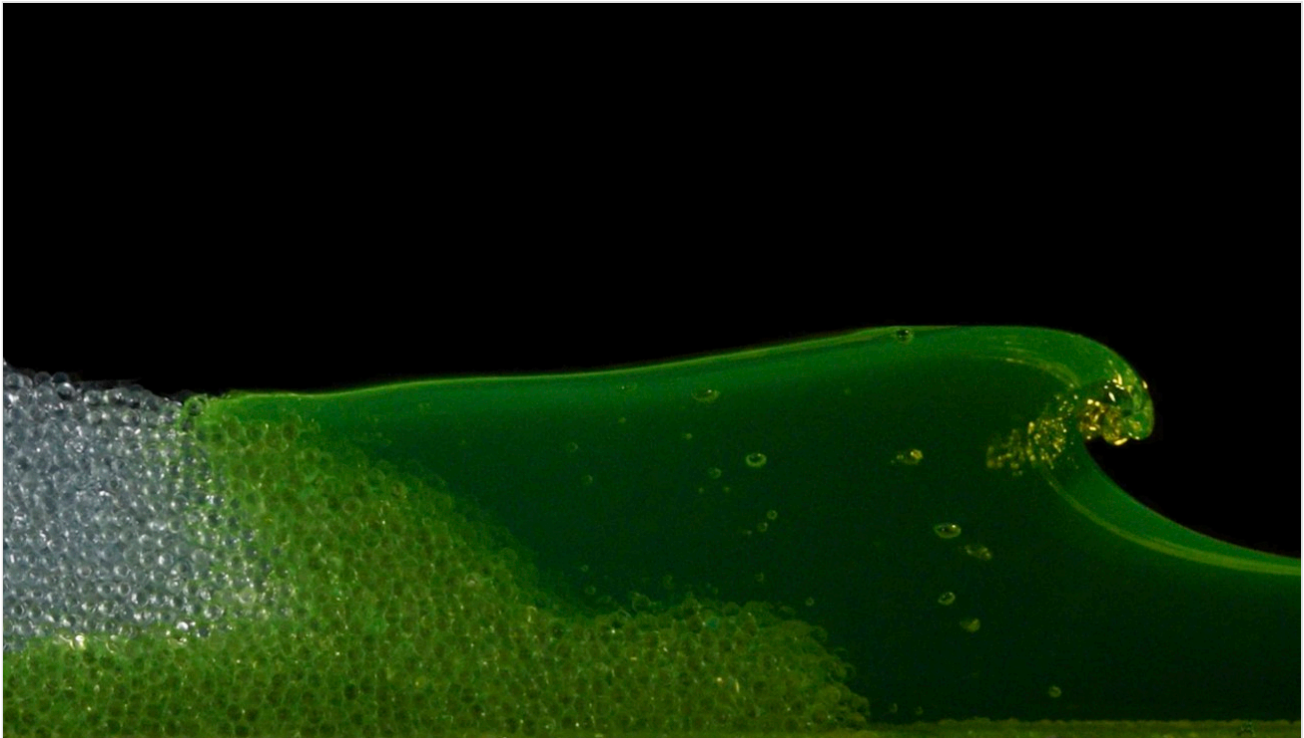


Les tsunamis d'effondrement caractérisés en laboratoire

L'éruption volcanique de Cumbre Vieja, sur l'île de La Palma, aux Canaries, pourrait provoquer un effondrement de terrain et déclencher un tsunami. Une équipe a reconstitué en laboratoire le phénomène à petite échelle et a établi une relation entre la hauteur de la vague et le volume de matériau entrant dans l'eau.

SEAN BAILLY | 27 octobre 2021 | POUR LA SCIENCE N° 529 | 4MN



En partant de l'effondrement d'une colonne de grains (*à gauche*), les chercheurs reproduisent un tsunami à petite échelle dans un bassin d'eau. Ils ont établi une relation entre la hauteur de la vague et le volume de grains immergé.

© M. Robbe-Saule et al.

En l'an 563, le lac Léman a été le théâtre d'un violent tsunami. Les registres historiques rapportent que cette vague a fait de nombreuses victimes et causé des dégâts importants. À l'origine de cette catastrophe, pas de séisme comme c'est souvent le cas, mais l'effondrement d'une montagne, dont une partie est tombée dans l'eau. D'après une modélisation menée en 2012, la vague aurait atteint 13 mètres de hauteur vers Lausanne. Mais comment prédire précisément les caractéristiques des tsunamis résultant d'effondrement afin d'estimer de façon fiable le risque pour les populations locales ? Manon Robbe-

Saule, du laboratoire Fast, à Orsay (université Paris-Saclay), et ses collègues ont reproduit à petite échelle en laboratoire ce phénomène. En collaboration avec des chercheurs du laboratoire Geops, à Orsay, et de l'université de Californie à Santa Barbara, l'équipe en a déduit une relation simple entre le volume de roche tombant dans l'eau et la hauteur du tsunami.

Les tsunamis par effondrement sont une menace pour les habitants des régions côtières. En 2018, pendant une période d'activité, une partie du flanc du volcan Anak Krakatau, en Indonésie, représentant un volume total de 0,3 kilomètre cube, s'est effondrée dans la mer et a provoqué une vague qui a fait plus de 400 morts et plusieurs milliers de blessés. Ces tsunamis peuvent aussi bien survenir en mer que dans les lacs ou en rivière. Ils se produisent quand un grand volume de roche, de terre, de glace, voire de cendres d'une éruption volcanique se déverse brusquement dans l'eau. Les éruptions volcaniques tendent à fragiliser la cohésion des roches et à augmenter les risques d'effondrement. Ainsi, des sites comme l'île de la Réunion ou celle de La Palma, de l'archipel des Canaries, qui abritent des volcans très actifs, ont été identifiés comme présentant un risque de tsunami. Des études menées dans des sites sous-marins montrent que certains vestiges d'éboulements massifs (atteignant parfois plusieurs centaines de kilomètres cubes !) pourraient avoir été associés à des mégatsunamis.

Il ne suffit pas d'identifier les sites à risque, encore faut-il évaluer précisément l'ampleur du danger afin d'établir des mesures pour protéger les populations. Dès le XIX^e siècle, l'ingénieur naval britannique John Russell avait travaillé sur les propriétés des vagues provoquées en lâchant une masse dans un canal. Dans les années 1970, différentes équipes ont étudié les mouvements à la surface de l'eau produits lors d'un déplacement horizontal du fluide sous l'action d'un piston. Ces observations ont par exemple permis d'établir des relations entre l'amplitude des vagues et la vitesse du piston.

Cependant, ces différents travaux ne prenaient pas en compte l'aspect granulaire du matériau qui s'effondre : celui-ci se déforme en effet en entrant dans l'eau. Depuis une vingtaine d'années, des expériences plus réalistes ont été entreprises avec des matériaux granulaires lancés par un piston ou lâchés dans l'eau.

Manon Robbe-Saule et ses collègues ont utilisé un tel dispositif pour étudier la taille de la vague principale produite lors d'un effondrement d'une colonne de grains. Ils ont ainsi mis en évidence une loi d'échelle reliant l'amplitude du tsunami au volume de matériau immergé, en fonction de la hauteur d'eau dans le bassin.

Les chercheurs ont ensuite essayé d'examiner si cette loi, obtenue dans une expérience à petite échelle, était pertinente dans des conditions géologiques réelles. Ils ont comparé leurs données avec une dizaine de cas historiques de tsunamis liés à un effondrement et dont certaines caractéristiques avaient été mesurées. Manon Robbe-Saule et ses collègues ont constaté que leur modèle donnait de bons résultats, avec des écarts entre l'amplitude du tsunami prédite et son amplitude réelle inférieurs à 25 % dans la plupart des cas.

Bien que ce modèle simple ne prenne pas en compte les détails de la topographie locale, il permet tout de même d'estimer le risque de façon satisfaisante.

« L'actualité récente, avec l'entrée en éruption le 19 septembre du volcan Cumbre Vieja, sur l'île de La Palma, aux Canaries, illustre à quel point la menace est réelle, explique Cyprien Morize, du laboratoire Fast. Cette activité volcanique pourrait déstabiliser tout le flanc ouest de l'île. S'il venait à s'effondrer, cela pourrait produire une vague de plusieurs centaines de mètres de hauteur, d'après notre modèle. »

Les chercheurs continuent d'explorer d'autres configurations pour affiner la compréhension de ces tsunamis par effondrement de terrain. Récemment, dans une autre étude, Wladimir Sarlin et ses collègues du laboratoire Fast ont montré qu'en fonction de la vitesse d'effondrement et de la hauteur d'eau, la forme des vagues pouvait varier : des ondes de transition non linéaire, des ondes solitaires symétriques et des ondes similaires à des mascarets ont été observées.

« Comprendre ces différents régimes de vagues est crucial car l'impact sur les côtes et le niveau d'inondation des terres en dépend fortement », commente Wladimir Sarlin.

Auteur



Sean Bailly

Sean Bailly est rédacteur et responsable des actualités à Pour la Science.

Suivre @SeanBailly

En savoir plus

M. Robbe-Saule *et al.*, [From laboratory experiments to geophysical tsunamis generated by subaerial landslides](#), *Scientific Reports*, vol. 11, article numéro 18437, 2021.

W. Sarlin *et al.*, [Nonlinear regimes of tsunami waves generated by a granular collapse](#), *Journal of Fluid Mechanics*, vol. 919, article R6, 2021.