

# Des avalanches sous la mer

*Les avalanches sous-marines transportent plus de matière à la surface de la Terre que tout autre phénomène. Après des dizaines d'années d'observation, les géologues comprennent aujourd'hui leurs causes, leurs natures et leur pouvoir dévastateur.*

Bruno Savoye



**D**écembre 2000 à bord du navire océanographique *L'Atalante*, nous nous apprêtons à plonger à bord du robot submersible *Victor*. Après avoir cartographié un vaste réseau d'anciennes vallées (ou paléovallées) sous-marines au large du fleuve Congo, nous réalisons une série de plongées jusqu'à 5 000 mètres de profondeur le long de la vallée actuelle. La dernière plongée de *Victor* a lieu dans le canyon sous-marin qui prolonge l'estuaire du Congo. La structure géologique de cette gorge sous-marine nous intrigue, notamment parce que, par endroits, elle entaille le fond sur près de 1 400 mètres. À 2 580 mètres de profondeur, *Victor* achève sa descente, et nous nous attendons à découvrir le fond du canyon, mais... les écrans vidéo se brouillent. Plus d'images, aucun parasite, rien. Aussitôt c'est le branle-bas chez les ingénieurs, qui, croyant à une panne, relancent plusieurs fois le système. En vain. Inquiet, car *Victor* «vit» l'une de ses premières campagnes, je donne l'ordre de remonter. Trente mètres au-dessus du fond, les écrans tournent brusquement au rouge sang, puis à mesure que nous montons, nous voyons sur les écrans une image se reconstituer sur laquelle une sorte de neige semble tomber à gros flocons. Nous ne retrouvons une visibilité correcte qu'à 200 mètres au-

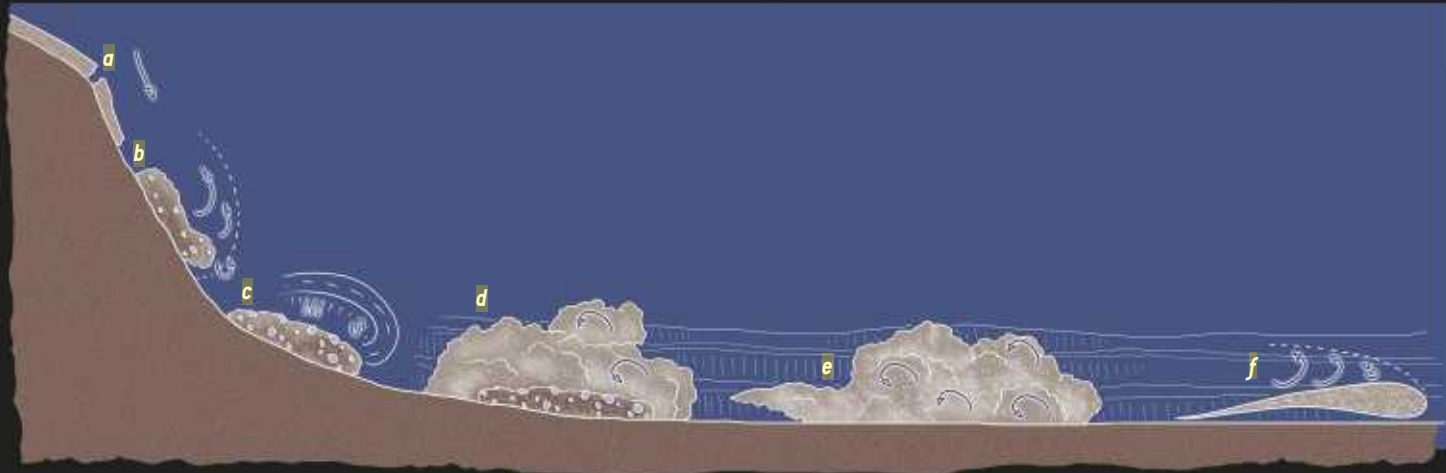
dessus du fond. *Victor* n'est pas en panne, mais est au cœur d'une avalanche sous-marine. Par la suite, le système de localisation acoustique fonctionnant bien, nous replongerons dans l'avalanche pour estimer sa vitesse: quatre kilomètres par heure. Nous venons d'assister au travail de l'une des plus grandes forces à l'œuvre au fond des océans!

Il y a seulement 50 ans, le fond des océans était plus mystérieux que la Lune. On décrivait les abysses comme des endroits tranquilles, où rien ne semblait se passer. Tout a changé depuis que l'évolution des techniques d'exploration – particulièrement la cartographie acoustique – a rendu accessible la géologie de vastes régions sous-marines jusqu'alors inconnues. Les cartes dressées ont révélé de nombreux canyons creusés par le passage régulier des avalanches sous-marines, des écoulements qui démarrent près des continents et atteignent souvent les plaines abyssales. Ce système de transport de matière vers les grands fonds a un impact notable sur la sédimentation et la vie dans les grands fonds. À l'IFREMER, nous avons acquis de nombreuses connaissances sur ce phénomène dans le cadre de projets européens et de collaborations avec l'industrie. Nous allons en exposer l'essentiel ici.

Les avalanches sous-marines représentent la plus importante forme de transport de matière à la surface de la Terre. Un petit calcul simple et... faux l'illustre.

**1. Cette avalanche sous-marine turbulente** a été déclenchée par un glissement de terrain sur la pente continentale (à l'arrière-plan), qu'elle a dévalée jusqu'à la plaine abyssale (premier plan). Nommées courants de turbidité, les avalanches turbulentes

empruntent les chenaux creusés par les avalanches précédentes; elles transportent d'énormes quantités de sédiments vers les plaines abyssales, «cannibalisent» les sédiments présents sur leur passage et peuvent rompre les câbles téléphoniques.

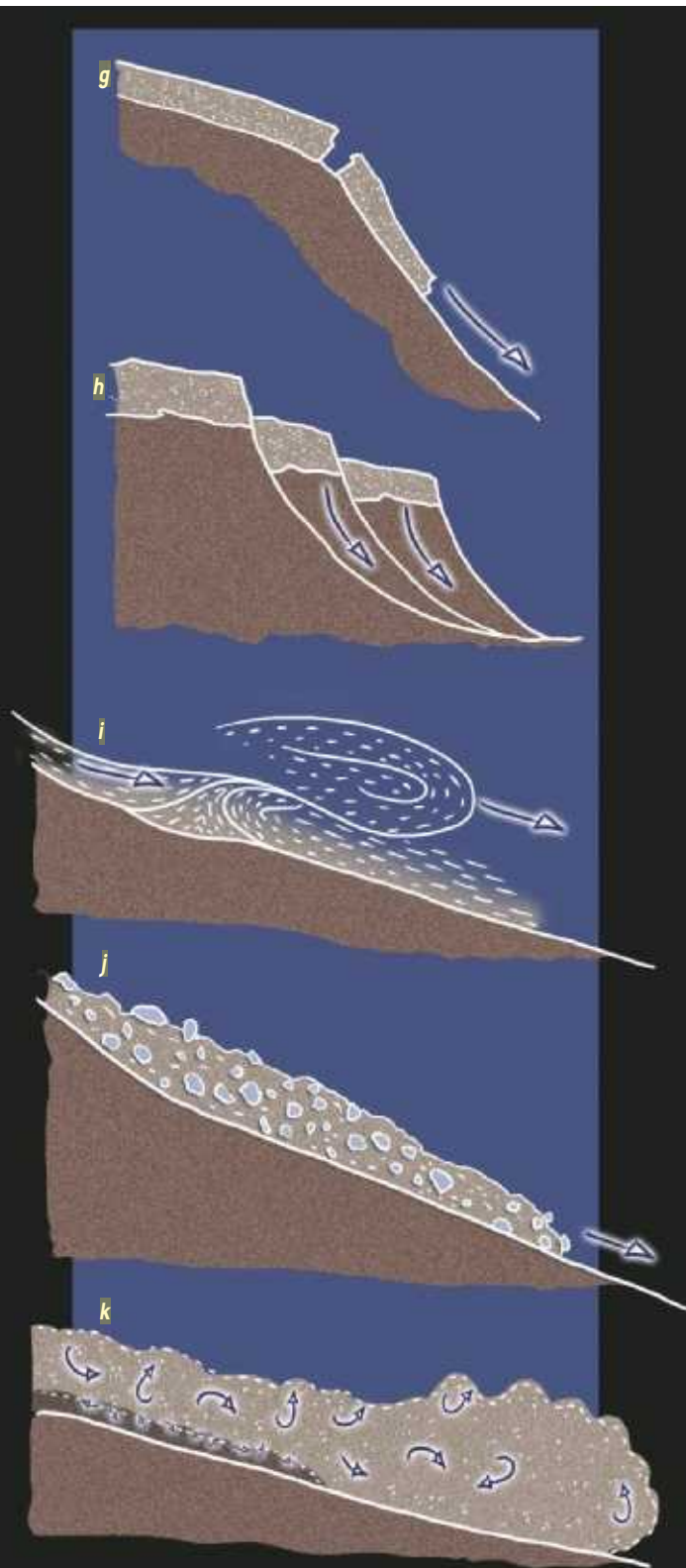


**2. Une avalanche** sous-marine met en jeu les mêmes types de processus gravitaires que les mouvements de matière à terre. Dans les glissements de terrain (g et h) et les slumps (affaissement en i), les distances parcourues et la déstructuration des sédiments d'origine sont limitées. Au contraire, dans les coulées de débris (écoulement laminaire en j) et les courants de turbidité (écoulements turbulents en k), la déstructuration des sédiments d'origine est totale et les distances parcourues sont très grandes. On observe fréquemment qu'une avalanche commencée par un glissement de terrain (a), se transforme en un slump (b), puis en un écoulement laminaire (c) où la turbulence apparaît (d) puis se développe tout à fait (e) longtemps avant que l'avalanche, perdant son énergie et déposant sa matière, ne finisse par se déposer dans la plaine abyssale (f).

Supposons que dans une région donnée, une avalanche se déclenche tous les 100 ans, et corresponde, en moyenne, à un dépôt de sédiments de trois centimètres d'épaisseur. Notons que si ces chiffres sont plausibles, les taux de sédimentations varient d'un endroit à l'autre et selon les époques : au large de l'Amazonie, par exemple, jusqu'à 26 mètres de sédiments se sont déposés tous les 1 000 ans pendant la dernière glaciation (il y a environ 20 000 ans) contre moins d'un mètre pour 1 000 ans aujourd'hui. Au large du fleuve Congo, trois centimètres de sédiments par siècle représentent 300 mètres d'épaisseur en un million d'années et jusqu'à 30 kilomètres en 100 millions d'années... Si à ce rythme, les océans ne sont toujours pas comblés, c'est que notre calcul est simpliste : d'une part, les sédiments se tassent avec le temps ; d'autre part, le socle océanique finit par s'enfoncer. Néanmoins, cette estimation illustre l'ampleur de ce type de sédimentation à l'échelle géologique.

## Géographie sous-marine

Du reste, l'œuvre accomplie prouve assez cette ampleur. Au cours des âges, la sédimentation océanique a comblé d'immenses bassins, qui, plissés par la tectonique, ont fourni les roches sédimentaires des montagnes ou des bassins sédimentaires. Au large du Nigeria, se trouve une pile sédimentaire de 12 kilomètres d'épaisseur... La sédimentation océanique est également à l'origine de vastes réseaux de vallées sous-marines, que les avalanches empruntent et creusent à chaque passage. De tels réseaux de vallées sous-marines sont présents face à l'embouchure de la plupart des grands fleuves. Celui du Gange, le plus vaste du monde, couvre 2,2 millions de kilomètres carrés, soit quatre fois la France. La largeur des vallées – de plusieurs centaines de mètres à deux kilomètres de largeur – reflète celle des courants qui les sillonnent. Leurs longueurs





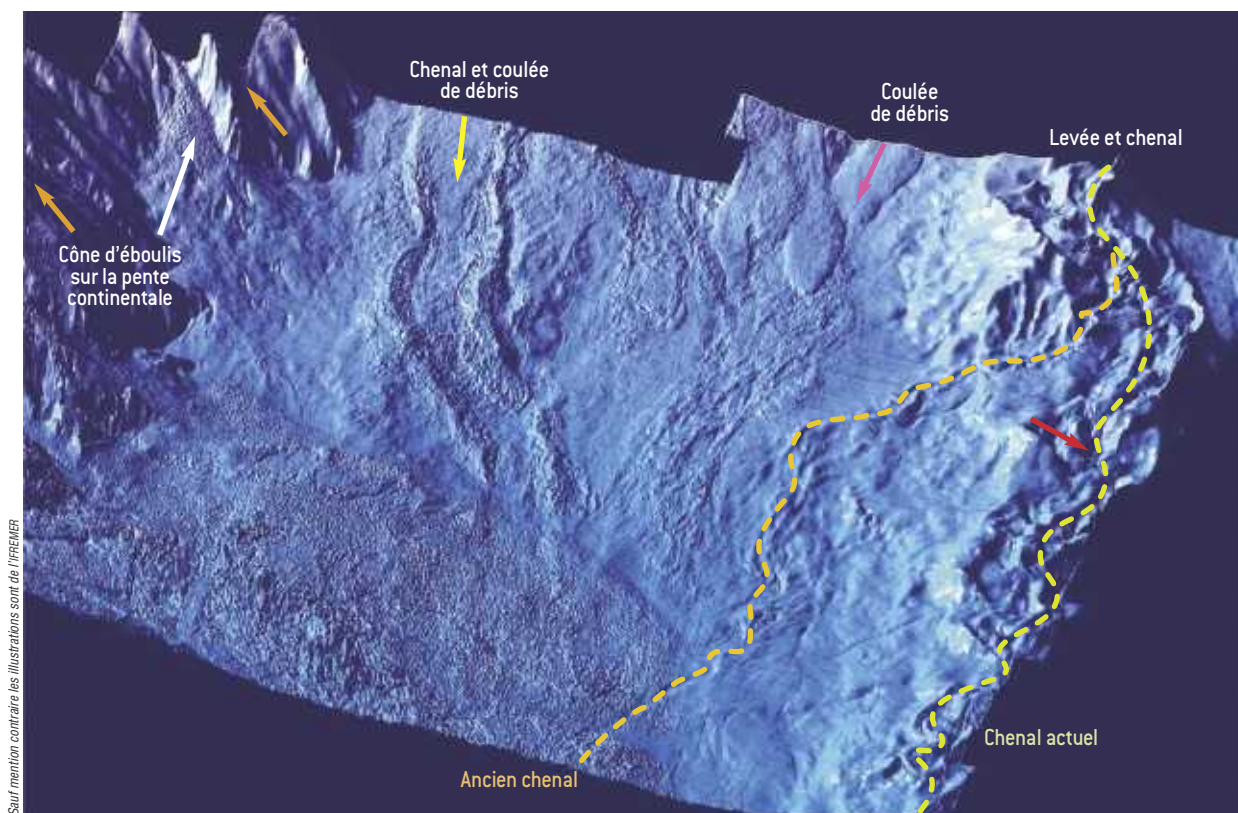
– jusqu’à 2500 kilomètres – donnent une idée de la distance parcourue par ces avalanches. En outre, étant donné la profondeur de ces vallées et la hauteur de leurs flancs (constitués de sédiments déposés par les courants qui débordent), on estime que les courants sont épais de plusieurs centaines de mètres. Ainsi, les masses transportées par les avalanches dans ces vallées sont gigantesques : elles se mesurent parfois en millions de mètres cubes. Celle de 1929 à Terre-Neuve couvrit ainsi 150 000 kilomètres carrés (quatre fois la Bretagne) d’une couche de près d’un mètre d’épaisseur...

Quel mécanisme explique un phénomène d’une telle ampleur ? Rappelons qu’en général, la zone côtière se prolonge sous la mer par un plateau plus ou moins avancé, caractérisé par une profondeur d’eau inférieure à 100-200 mètres. Ce plateau est dominé par l’action des marées, de la houle et des tempêtes. Au large, il est bordé par un talus escarpé entaillé par des canyons, dont les pentes surplombent les grands fonds océaniques (la profondeur moyenne des océans est d’environ 4000 mètres).

Ce décor posé, imaginons une particule de terre arrachée à une montagne par la pluie. En quelques semaines ou en quelques siècles, *via* rivières et fleuves, cette particule atteint la mer. Son voyage ne s’arrête pas là, car, petit à petit, marées et courants marins évacuent les sédiments fluviaux, mais aussi éoliens vers le sommet du talus continental. Progressivement, les sédiments s’accumulent au bord de l’abîme, forment des amas de plus en plus instables, qui finissent par dévaler la pente. Ces mouvements sont simi-

laires aux glissements de terrain qui se produisent à terre ou encore aux processus pyroclastiques des éruptions volcaniques explosives (des nuées ardentes dévalant les pentes). Toutefois, c’est surtout avec les avalanches de neige que l’analogie est frappante : l’accumulation rapide de sédiments (l’équivalent de fortes chutes de neige) forme un manteau mal consolidé en haut d’une pente, qui finit par s’écrouler, soit parce que le seuil de stabilité est dépassé, soit sous l’influence d’une stimulation extérieure (un séisme). Cette similitude explique que les études de risques en mer reprennent souvent les méthodes utilisées pour les avalanches de neige (recherche des pentes fortes, estimation des épaisseurs de sédiments non consolidés, etc.). Toutefois, à la différence des avalanches de neige, les avalanches sous-marines se produisent aussi sur des pentes très faibles (moins de un degré) et prennent facilement des proportions gigantesques.

De fait, les mouvements d’eau qu’elles déclenchent sont souvent si importants qu’ils engendrent des tsunamis en surface. Ce fut par exemple le cas en 1929 à Terre-Neuve (voir l’encadré page 42) ou en 1979 à Nice. Il est très vraisemblable que le séisme du 26 décembre 2004 à Sumatra (magnitude 9) a déclenché de grandes avalanches. Nous ignorons quelle fut leur contribution au tsunami, mais nous observons que les séismes pratiquement aussi puissants (magnitudes 8,6 et 8,7) qui secouèrent à nouveau la région le 28 mars 2005 n’ont pas créé de raz-de-marée. D’après certains sismologues, cela s’explique par des mouvements de l’écorce terrestre plus horizontaux que verticaux.



**3. Ce paysage sous-marin** a été cartographié en Asie par sonar. Il révèle les traces de différents types d’avalanches sous-marines. À gauche, deux canyons entaillent la pente continentale (flèches orange). Une zone d’éboullis est visible entre les deux canyons (flèche blanche). Dans la plaine (au centre), un large couloir emprunté par des coulées de débris se des-

sine sur le fond (flèche jaune). Des coulées de débris sont visibles sur la pente à droite (flèche rose). De ce même côté, où se trouve une île, une longue vallée sous-marine est visible cheminant jusqu’au centre de la plaine (flèche rouge). Régulièrement empruntée par des avalanches turbulentes, cette vallée alimente la plaine abyssale en sédiments.