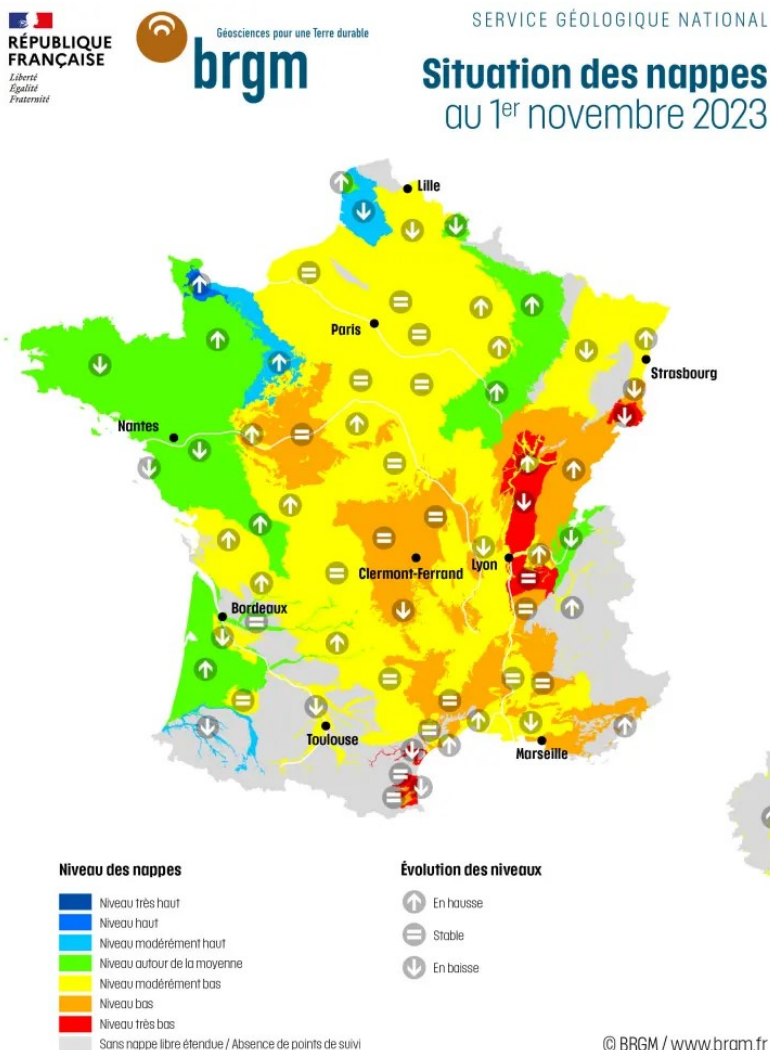


Quelques news de géologie - Novembre 2023

Nappes d'eau souterraine au 1^{er} novembre 2023



Cette carte présente les indicateurs globaux traduisant les fluctuations moyennes des nappes. Ils sont établis à partir des indicateurs ponctuels relevés au niveau des nappes (pézomètres). L'indicateur « Niveau des nappes » compare le mois en cours par rapport aux mêmes mois de l'année précédente, soit du minimum 15 ans de données, et jusqu'à plus de 100 ans. Il est réparti en 7 classes, du niveau le plus bas (en rouge) au niveau le plus haut (en bleu foncé). L'indicateur « Évolution des niveaux » traduit la variation du niveau d'eau du mois échu par rapport aux 2 mois précédents (stable, à la hausse ou à la baisse).

Carte établie le 10 novembre 2023 par le BRGM, à partir de données acquises jusqu'au 31 octobre 2023. Source des données : ADES (ades.eaufrance.fr) / Hydroportail (hydro.eaufrance.fr) / Fond de carte © IGN. Producteurs de données et contribution : APPRIA, BRGM, Conseil Départemental de la Vendée, Conseil Départemental des Landes, Conseil Départemental du Lot, EPTE Vézère-Vienne, Parc Naturel Régional des Grandes Causses, Syndicat Mixte d'Etudes et de Travaux de l'Astien (SMETA), Syndicat Mixte pour la protection et la gestion des nappes souterraines de la plaine du Roussillon (SMRPR).

En octobre, les niveaux des nappes sont en phase de transition. Les précipitations importantes à partir de mi-octobre et la mise en dormance de la végétation permettent d'initier une recharge des nappes : 41% des niveaux sont en hausse. Les tendances sont cependant contrastées selon la pluviométrie et la réactivité de la nappe.

Les pluies infiltrées sont insuffisantes pour engendrer une amélioration notable de l'état des nappes. La situation reste proche de celle de septembre : 65% des niveaux sont sous les normales mensuelles en octobre (66% en septembre). L'état des nappes demeure contrasté. Les niveaux sont sous les normales mensuelles sur une grande partie du pays, notamment sur le pourtour méditerranéen, le couloir Rhône-Saône et le sud de l'Alsace.

En octobre 2023, la période de recharge s'amorce. Les tendances sont hétérogènes et se répartissent entre hausse pour 41% des points d'observation, stabilité pour 29% et baisse pour 30% (respectivement 12%, 18% et 70% en septembre).

Le mois d'octobre est une période de transition pour les nappes. Les précipitations importantes et la mise en dormance de la végétation permettent une infiltration en profondeur des eaux. Cela se traduit sur les niveaux des nappes par une inversion des tendances. La période de recharge 2023-2024 a débuté un peu tardivement, à partir du milieu du mois d'octobre avec la survenue d'épisodes pluviométriques importants. Les niveaux sont en hausse sur les secteurs arrosés abritant des nappes réactives tandis que les niveaux des nappes inertielles et des secteurs en déficit pluviométrique sont toujours en baisse ou se stabilisent.

Sur une large partie nord de la France, les niveaux des nappes réactives sont en hausse. Seules les nappes du socle du Massif armoricain en Bretagne et en Pays-de-la Loire et du Massif central sont en baisse ou stables, les pluies infiltrées ayant été moins abondantes. Concernant les nappes plus inertielles, les niveaux sont en baisse ou stables sur l'Artois, le centre du Bassin parisien, l'est du Grand-Est et le couloir Rhône-Saône (à l'exception des nappes réactives alluviales). La période de recharge se met en place lentement. Ce constat s'explique par l'inertie du fonctionnement de ces nappes, la pluie infiltrée pouvant mettre plusieurs semaines à atteindre les eaux souterraines.

Sur l'extrême sud et en Corse, les tendances sont hétérogènes. Des précipitations abondantes sont survenues sur certains reliefs et plateaux, généralement en partie amont des bassins versants. La recharge s'est alors amorcée sur les nappes situées sur ces secteurs. Les nappes situées en aval et en relation avec les cours d'eau drainant ces bassins ont également profité d'un épisode de recharge.

Source : [Nappes d'eau souterraine au 1er novembre 2023 | BRGM](#)

Géologie extraterrestre - Échantillons de Bennu

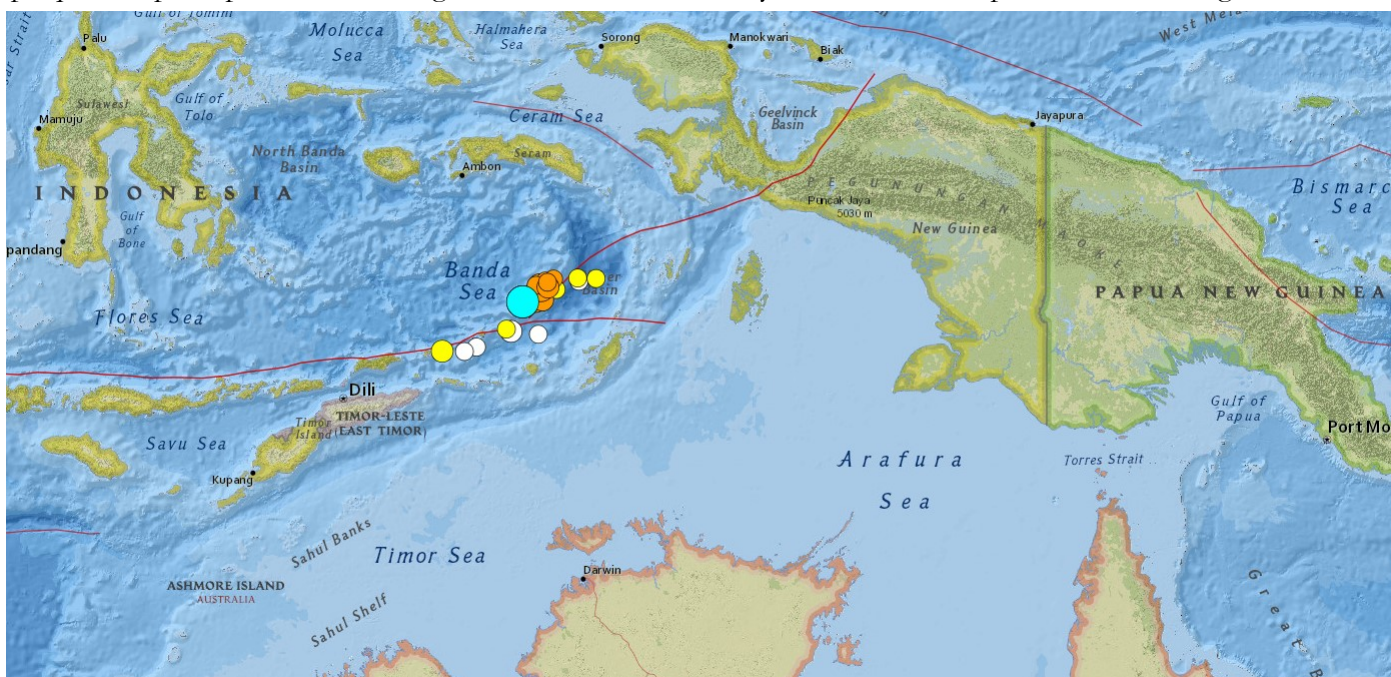
Dans les « News » du mois dernier nous vous parlions des échantillons prélevés sur l'astéroïde Bennu. Les premiers résultats d'analyse révèlent la présence d'eau et de carbone..

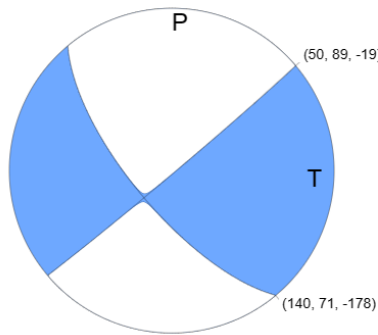
Pour en savoir plus : ['Incredible' asteroid sample ferried to Earth is rich in the building blocks of life \(nature.com\)](#)

Source : [Microsoft Word - pangea infos n°61 maq.docx \(geosoc.fr\)](#)

Séisme de magnitude de 7,1 en Indonésie

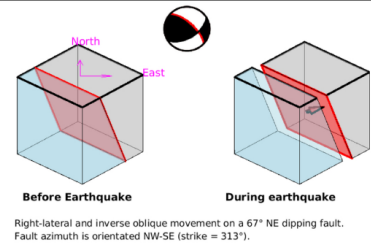
Le tremblement de terre de magnitude M 7,1 du 8 novembre 2023 dans la mer de Banda s'est produit à la suite d'une faille de décrochement à faible profondeur. Cet événement a été précédé environ 1 minute plus tôt par un tremblement de terre de magnitude 6,7, appelé secousse avant, avec un mécanisme au foyer et un emplacement similaires. Ces événements se sont produits dans la mer de Banda, dans une région à la tectonique complexe, largement définie par la frontière entre les plaques australienne et de la Sonde. Ces événements se sont produits sur ou près de la limite entre deux plaques tectoniques plus petites, les plaques de Timor et de la mer de Banda. Les solutions du mécanisme au foyer (voir ci-dessous) pour les deux événements indiquent que la rupture s'est produite soit sur une faille décrochante senestre orientée nord-est, soit sur une faille décrochante dextre orientée sud-ouest. À l'emplacement du séisme de M 7,1, la plaque australienne se déplace vers le nord-nord-est par rapport à la Sonde à une vitesse d'environ 73 mm/an. Le mouvement entre les deux plaques est principalement convergent, mais de nombreux styles de failles sont présents dans la région.



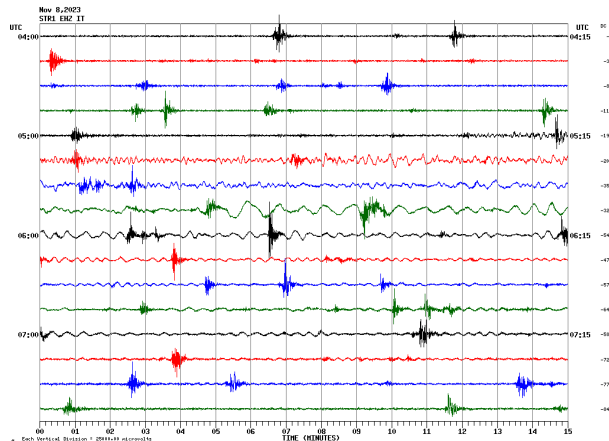
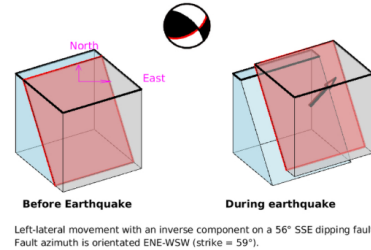


Mécanisme au foyer

FAULT PLANE 1



FAULT PLANE 2

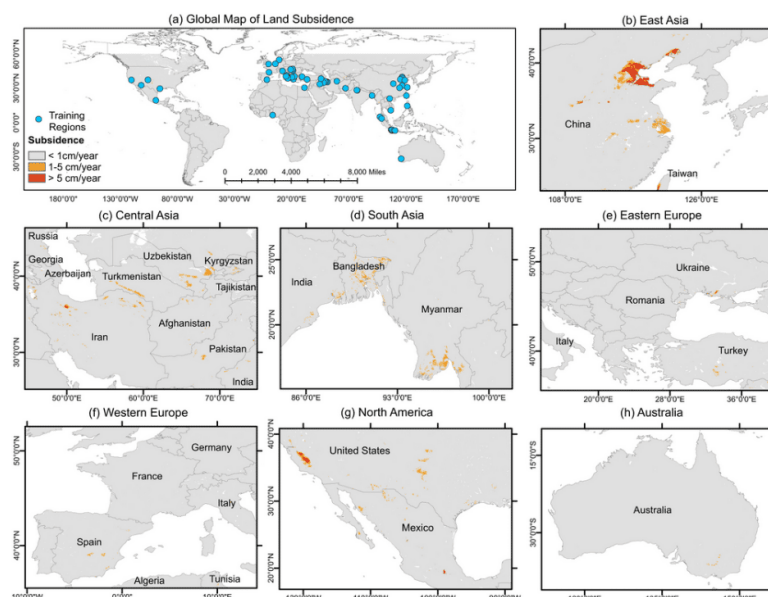


Enregistrement sismique (composante verticale) de l'évènement (début 05h12 et fin entre 07h30 et 08h00) sur un des sismomètres du Stromboli

Source : [M 7.1 - Banda Sea \(usgs.gov\)](https://www.usgs.gov) & [Geoscope - Earthquake description \(ipgp.fr\)](https://www.ipgp.fr) & [Segnali sismici \(ingv.it\)](https://www.ingv.it)

La terre s'enfonce sous nos pieds un peu partout dans le monde

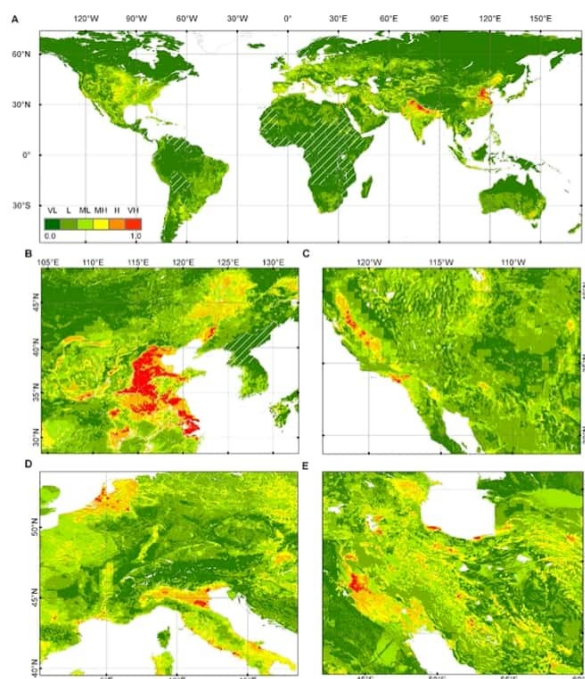
La subsidence, c'est-à-dire l'enfoncement du sol, est cependant un phénomène que l'on observe un peu partout dans le monde. Les causes sont souvent naturelles et liées soit à des mouvements tectoniques (extension de la croûte), soit à un rééquilibrage isostatique (enfoncement sous l'effet d'une charge, c'est ce qui se passe notamment dans le cas de la ville de New York), soit de nature thermique (le refroidissement de la croûte océanique avec l'âge augmente sa densité et fait « couler » les îles qu'elle porte).



Carte mondiale de la subsidence liée à la perte de capacité de stockage des aquifères. © Hasan et al., 2023, *Nature Communications*, CC by 4.0 Deed

La cartographie globale de cette subsidence a cependant mis au jour une autre cause, d'origine bien anthropique. Il apparaît ainsi que 73 % des zones en subsidence se situent dans des régions cultivées ou urbaines. Il ne s'agit ici que de la manifestation des conséquences d'un pompage excessif des aquifères.

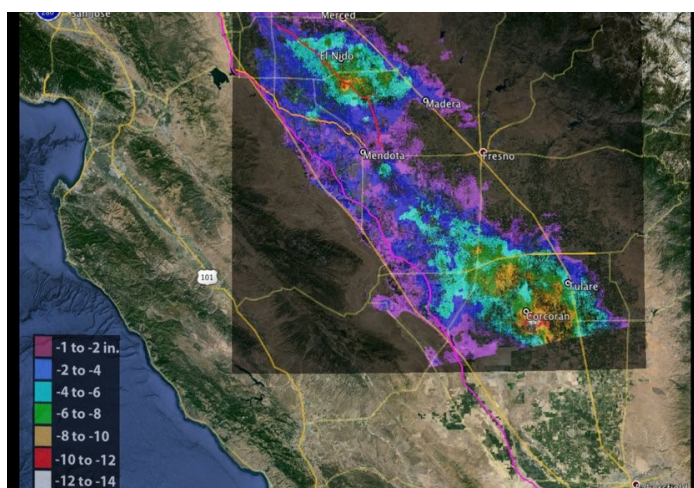
L'explication de ce phénomène est très simple. Les aquifères représentent des milieux confinés, dans lesquels l'eau, présente dans les minuscules vides qui existent au sein des roches ou des sédiments, exerce une pression. La pression de l'eau maintient donc un espace poreux important. Mais lorsque l'eau est pompée, cette pression diminue et va entraîner une fermeture des pores. Peu à peu, les minuscules vides qui composaient le réservoir se referment sous l'effet de la pression des roches encaissantes...



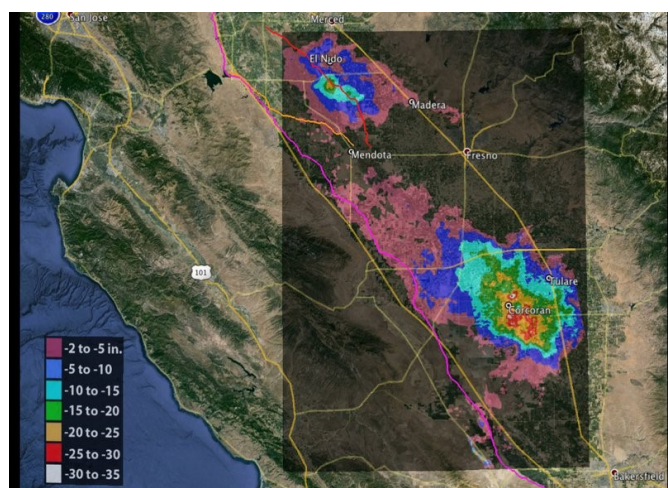
Probabilité d'affaissement du sol en 2040 pour le monde et quelques régions (B : A du Sud-Est, C : Amérique du Nord, D : Europe, E : Moyen-Orient) © d'après Gerardo Herrera-Garcia *et al.*, *Science*, 2021

... Face à la pénurie d'eau, l'état de la Californie, le plus peuplé des États-Unis, a adopté plusieurs mesures de restrictions pour la consommation. Toutefois, pour faire face aux besoins des habitants et ceux de l'agriculture, l'eau continue d'être pompée dans les réserves souterraines de Californie, lesquelles peinent à se renouveler. Ce qui n'est pas sans conséquence sur les sols de ces régions : ceux-ci s'affaissent progressivement et comme l'indiquent les données de ces dernières années analysées par un groupe de chercheurs du JPL (*Jet Propulsion Laboratory*), cela a tendance à s'accélérer !

« En raison de l'augmentation des pompages, le niveau des eaux souterraines a atteint un nouveau record : 30 m plus bas que les précédents records, a averti Mark Cowin, directeur du *Department of Water Resources* (DWR). Puisque le vaste pompage continue, le sol continue de s'enfoncer de plus en plus vite et expose les infrastructures à de plus grands risques de dommages coûteux. » ...



Enfoncement des sols mesuré avec le satellite canadien Radarsat 2 dans la vallée de San Joaquin, au centre de la Californie, entre le 3 mai 2014 et le 22 janvier 2015. deux foyers d'affaissement importants (en jaune et rouge) ont été identifiés. L'un proche de El Nido et l'autre autour Corcoran. © Canadian Space Agency, NASA, JPL-Caltech



Mesures d'altitudes centrées sur la vallée de San Joaquin, réalisées avec le satellite japonais PALSAR, entre juin 2007 et décembre 2010. On retrouve les mêmes « spots » qu'en 2014-2015. © JAXA, NASA, JPL-Caltech.

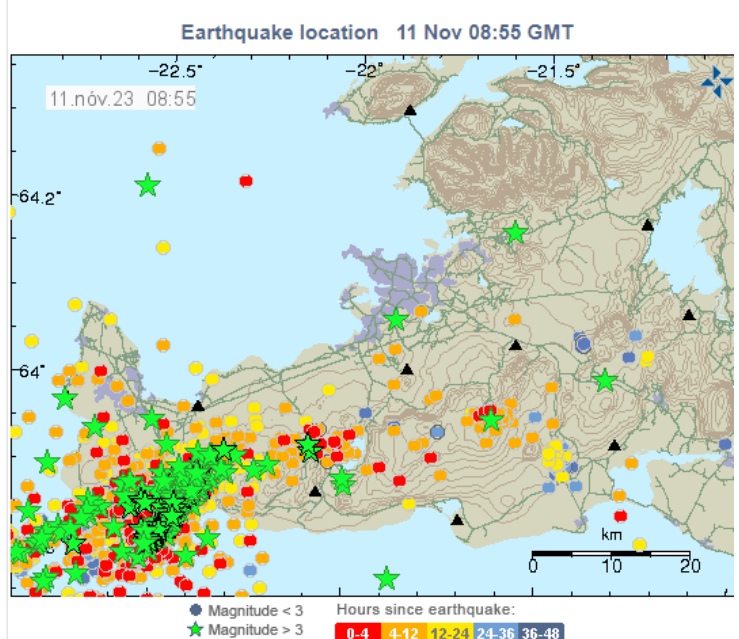
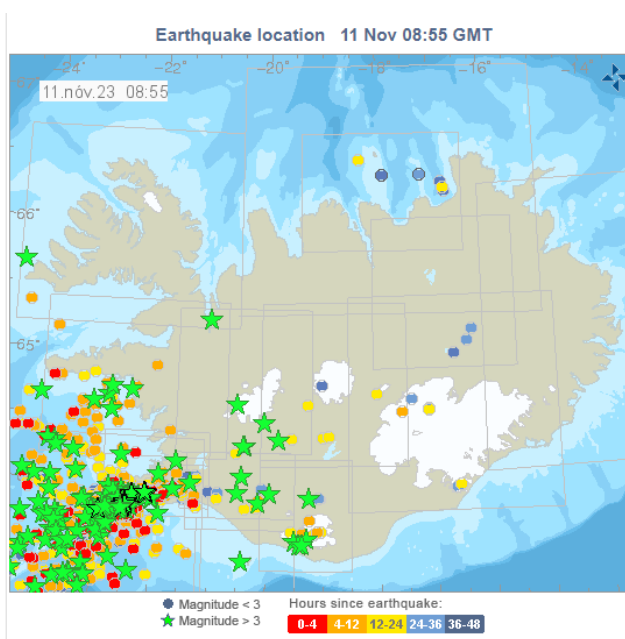
Pour en savoir plus : [Global land subsidence mapping reveals widespread loss of aquifer storage capacity | Nature Communications](#) & [Mapping the global threat of land subsidence | Science & NASA: California Drought Causing Valley Land to Sink](#)

Source : [La terre s'enfonce sous nos pieds un peu partout dans le monde : voici pourquoi \(futura-sciences.com\)](#)

Islande : risque d'une éruption volcanique prochaine ... ou pas ?

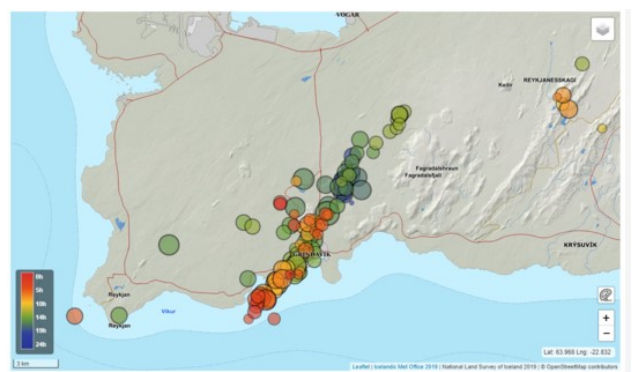
Un essaim sismique qui a débuté le 24 octobre a lieu à environ huit kilomètres à l'ouest de Fagradalsfjall, dans le secteur du mont Þorbjörn qui se trouve à quelques kilomètres de la ville de Grindavík. Or, depuis le 27 octobre, un gonflement de la surface du sol affecte également la zone. Et si une déformation du sol dans le secteur s'est déjà produite depuis le début de la période de troubles, le taux de déformation semble là plus important... Or, une sismicité conjointe d'une déformation atteste d'une intrusion magmatique : le magma se trouverait donc vers quatre kilomètres de profondeur.

Des changements importants se sont produits dans l'activité sismique mesurée près de Sundhnjúkagíggar au nord de Grindavík et des déformations observées dans la péninsule de Reykjanes cet après-midi. L'activité sismique s'est déplacée vers le sud, en direction de Grindavík. Sur la base de l'évolution de l'activité sismique depuis 18 heures aujourd'hui, ainsi que des résultats des mesures GPS, il est probable qu'une intrusion magmatique se soit étendue sous Grindavík. À la lumière de ce résultat, le chef de la police de Sudurnes, en coopération avec les autorités de protection civile, a décidé d'évacuer Grindavík. Un niveau d'urgence de protection civile est désormais en vigueur. Il ne s'agit pas d'une évacuation d'urgence. Il est conseillé aux résidents de Grindavík de procéder avec prudence (bulletin d'informations de l'IMO du 11/11/2023 à 08h00).



Depuis minuit, environ 800 séismes ont été mesurés dans la région où se produit l'intrusion magmatique. L'activité sismique a légèrement diminué ces dernières heures, mais elle reste élevée. La plupart des tremblements de terre récents se sont produits près de Grindavík, où l'on estime que se trouve l'extrémité sud-ouest du dyke magmatique.

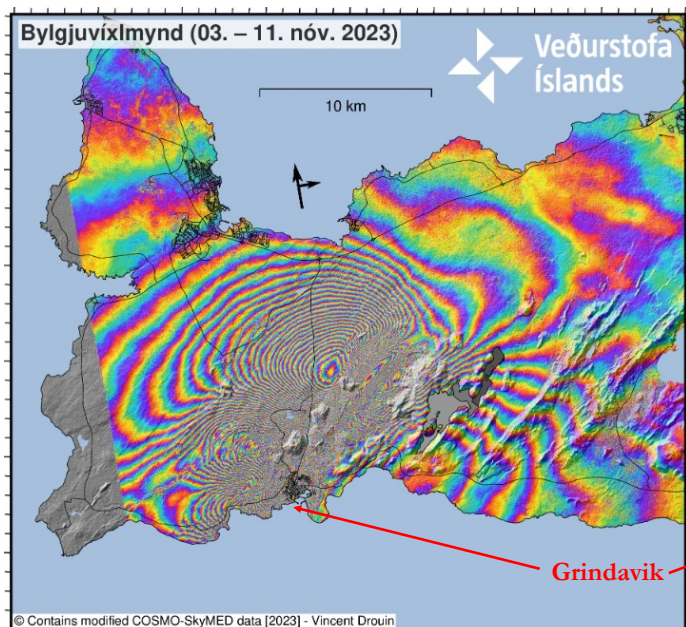
L'interprétation conjointe des mesures au sol et par satellite indique que la taille de l'intrusion magmatique et la vitesse à laquelle elle se déplace sont plusieurs fois supérieures à celles mesurées précédemment sur la péninsule de Reykjanes. (bulletin d'informations de l'IMO du 11/11/2023 à 12h00).



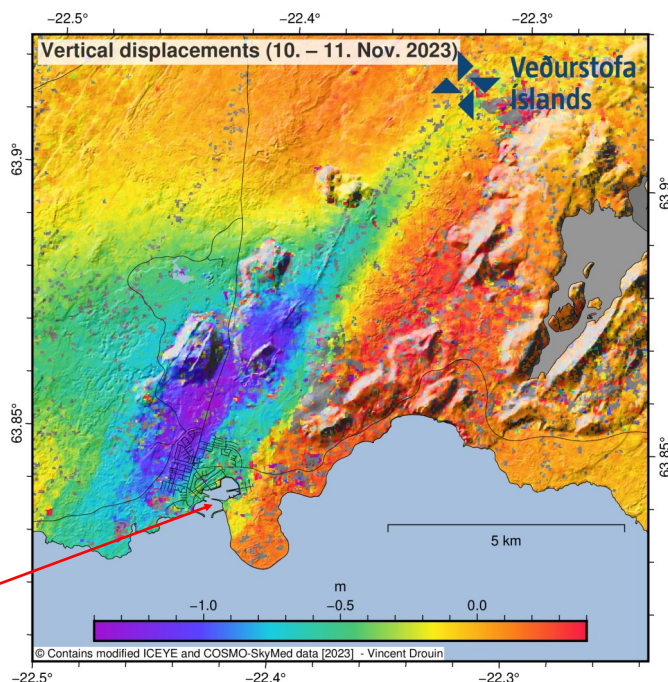
Depuis le 12 novembre à minuit, environ 1 000 tremblements de terre ont été enregistrés dans les limites de la digue, et tous ont été d'une magnitude inférieure à M3,0. L'activité sismique la plus importante s'est produite du centre du corridor au nord et au sud, sous Grindavík. La plupart des tremblements de terre se produisent à une profondeur de 3 à 5 km, dans la partie inférieure de l'intrusion magmatique. (bulletin d'informations de l'IMO du 12/11/2023 à 12h30)

Hier, environ 650 tremblements de terre ont été mesurés près de l'intrusion du dike au nord de Grindavík, et depuis minuit aujourd'hui, près de 300 tremblements de terre ont été détectés.

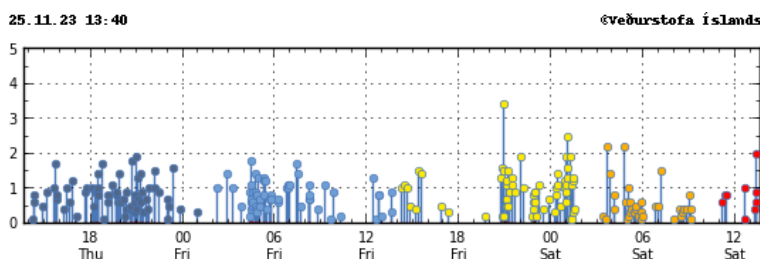
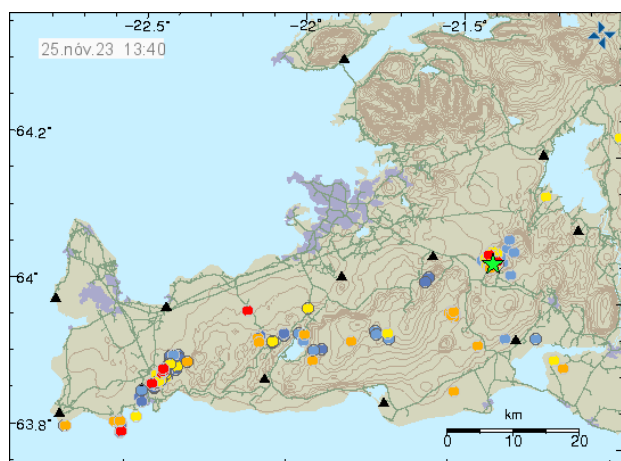
Les données des mesures GPS montrent que la déformation se poursuit près de Svartsengi et que la déformation est toujours mesurée autour de l'intrusion du dike. Cependant, certains éléments indiquent que le taux de déformation a diminué sur la base des données de la semaine dernière.



Cet interférogamme ascendant COSMO-SkyMed (CSK) couvre la période du 3 au 11 novembre et montre un vaste champ de déformation lié à l'intrusion de dikes qui a commencé dans l'après-midi du 10 novembre au sein du système volcanique Reykjanes-Svartsengi. Cet interférogamme CSK et le précédent (du 2 au 10 novembre) ont conforté la décision difficile prise par la protection civile d'évacuer la ville de Grindavík vendredi (10-11) soir. Il a également permis de modéliser les dimensions de l'intrusion magmatique (le 11 novembre), ce qui a permis d'obtenir une longueur médiane de celle-ci de 15 km et une profondeur supérieure de moins de 1 km sous la surface. L'imagerie montre plus d'un mètre de déplacement du sol dans la partie ouest de Grindavík, provoqué par la propagation de l'intrusion magmatique. À partir des résultats de la modélisation géodésique, nous déduisons que (au 12 novembre) la plus grande zone de remontée de magma provient de Sundhnúkur, à 3,5 km au nord-nord-est de Grindavík.



Estimation des déplacements verticaux provoqués par le dike lors de sa propagation initiale du vendredi après-midi au samedi matin. Les déplacements ont été estimés en combinant les résultats de suivi du décalage de pixels ICEYE et COSMO-SkyMed.



Séismes des dernières 48 h. (vendredi 24 et samedi 25 novembre 2023) dans la péninsule de Reykjanes;

Compte tenu de la dernière interprétation de toutes les données, la probabilité d'une éruption volcanique à un endroit le long de l'intrusion magmatique persiste. Il est possible que du magma émerge dans la zone située entre Hagafell et Sýlingarfell. Cependant, à mesure que la relaxation de la croûte continue de se produire et que la sismicité diminue, ainsi qu'une diminution de l'afflux de magma vers l'intrusion, la probabilité d'une éruption volcanique imminente diminue avec le temps. (bulletin d'informations de l'IMO du 24/11/2023 à 13h30).

moyenne sur l'année auraient en effet été respectivement de 400 millimètres et 20 °C !

Le déclenchement du déluge marquant la fin de la crise aurait au contraire été associé à une remontée rapide du niveau marin. Les résultats, publiés dans le *Bulletin de la Société géologique de France* révèlent les causes multifactorielles à l'origine de ce qui restera un épisode unique dans l'histoire du bassin méditerranéen.

Pour en savoir plus : [Climate and Atlantic sea-level recorded in Southwestern Spain from 6.3 to 5.2 Ma. Inferences on the Messinian Crisis in the Mediterranean](#) \&\#13\; (bsgf.fr)

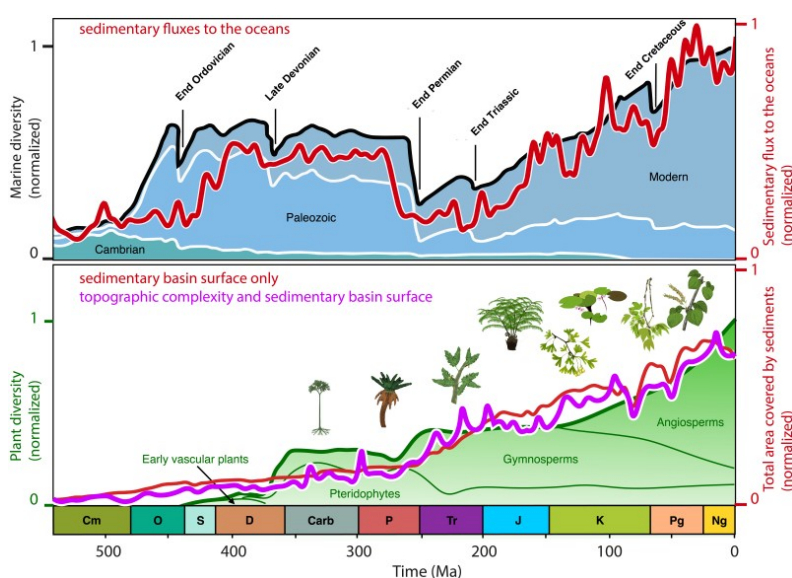
Source : [Quand la Méditerranée s'est vidée en 300 000 ans : un enchaînement d'événements spectaculaires reconstitués par les scientifiques](#) (futura-sciences.com)

Quand la dynamique des paysages sculpte la biodiversité

Les causes des variations étonnantes de la diversité du vivant, dans les océans et sur les continents, sont restées énigmatiques. Des scientifiques du CNRS-INSU (voir encadré), émettent l'hypothèse que ce n'est ni la géodynamique, ni le climat, mais leur interaction qui, en régulant les reliefs et les flux sédimentaires, détermine l'évolution à long terme de la biodiversité.

Les scientifiques ont reconstruit numériquement l'évolution du paysage terrestre et de l'histoire sédimentaire des derniers 540 millions d'années. Ils ont ensuite comparé ces résultats à des reconstructions paléontologiques de la biodiversité marine et continentale, et leurs résultats suggèrent que la biodiversité dépend de la dynamique des paysages, qui détermine à tout moment le nombre maximal d'espèces différentes que les océans et continents peuvent contenir. Dans les océans, la diversité s'ajuste au flux sédimentaire qui fournit les nutriments nécessaires à la vie, expliquant ainsi la « révolution marine du Cénozoïque ». Les extinctions de masse s'y sont produits peu après que le flux sédimentaire ait chuté, déstabilisant la biodiversité et la rendant vulnérable aux événements catastrophiques, comme une crise volcanique ou un astéroïde. Sur les continents, les plantes ont pu se diversifier lorsqu'ils se sont couverts de bassins sédimentaires. L'avènement des plantes à fleurs il y a quelques 100 millions d'années, l'« abominable mystère » de Charles Darwin, advient lorsque les continents étaient couverts par de nombreux bassins sédimentaires et les paysages très variés.

Ces résultats montrent enfin que la biodiversité a, jusqu'à présent, évolué au rythme de la tectonique des plaques, infiniment plus lentement que la vitesse de déclin de la biodiversité actuelle, qui est en réalité une extermination massive, unique dans l'histoire géologique.



Évolution de la biodiversité marine comparée au flux sédimentaires aux océans (en haut) ; évolution de la biodiversité terrestre (plantes) comparée à la surface totale des bassins sédimentaires continentaux et à la complexité topographique (en bas). © Référence

Pour en savoir plus : [Landscape dynamics and the Phanerozoic diversification of the biosphere](#) | Nature

Source : [Quand la dynamique des paysages sculpte la biodiversité](#) | CNRS Terre & Univers

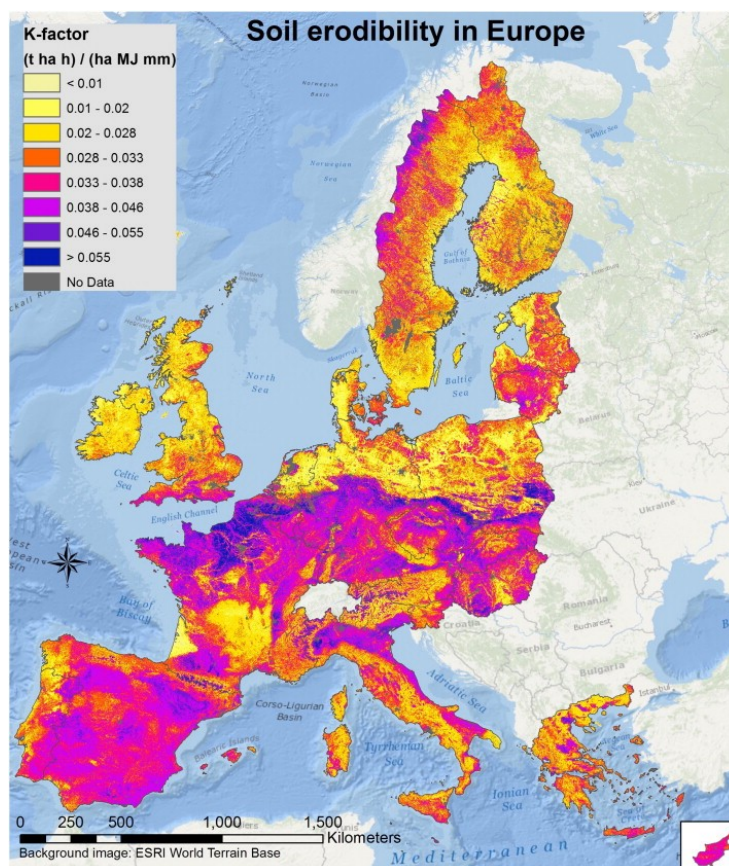
Une carte qui montre les régions où l'érosion des sols est la plus forte en France

Tous les sols sont sujets à l'érosion, certains très faiblement, d'autres très fortement. Pour les sols les plus touchés par ce phénomène, se pose alors un problème susceptible d'engendrer une catastrophe : l'imperméabilité à l'eau. Une carte résume le risque d'érosion des sols en Europe et la France apparaît comme le pays le plus touché.

Il va de soi que plus un sol est imperméable, plus le risque d'inondations en cas de forte pluie ou de crue est important, comme cela s'est produit dans les Hauts-de-France récemment. Le risque d'érosion dépend de l'action du vent, de celle de l'eau ou encore du travail du sol lié aux activités humaines, à l'agriculture et à l'urbanisation. Tout cela est bien évidemment accentué, ou atténué, par les différents types de matières et de minéraux qui composent la terre en question.

Un indice permet d'avoir une idée de ce risque, il s'agit de l'indice d'érodibilité des sols : celui-ci mesure leur sensibilité à l'érosion. Plus cet indice est élevé, plus les sols sont imperméables aux pluies. L'*European Soil Data Centre* résume ce risque sur une carte de l'Europe de l'Ouest et le résultat est très clair en ce qui concerne la France : une grande partie du nord du pays atteint le niveau 8 sur 8 en matière d'érodibilité.

Les Hauts-de-France, l'Ile-de-France, la Normandie et le nord du Centre-Val de Loire présentent des sols particulièrement touchés par l'érosion. C'est également le cas d'une partie de la Bretagne et du sud-ouest. Mais ce qui frappe sur cette carte de l'ouest de l'Europe, c'est la comparaison entre les sols français et ceux des autres pays européens. La France est en effet bien plus touchée par l'érodibilité extrême que les autres pays. Pourquoi ? Une multitude de facteurs entrent en cause, la nature du sol (argileux au nord), les pratiques agricoles intensives, et l'artificialisation des sols qui progresse bien plus vite en France qu'ailleurs ...



L'indice d'érodabilité des sols en Europe, jaune représentant le niveau le plus bas, violet et bleu les niveaux les plus élevés.

© Joint Research Center of the European Commission

Pour en savoir plus : [Soil erodibility in Europe: A high-resolution dataset based on LUCAS - ScienceDirect](#)

Source : [Une carte qui montre les régions où l'érosion des sols est la plus forte en France \(futura-sciences.com\)](#) & [Soil Erodibility \(K- Factor\) High Resolution dataset for Europe - ESDAC - European Commission \(europa.eu\)](#)