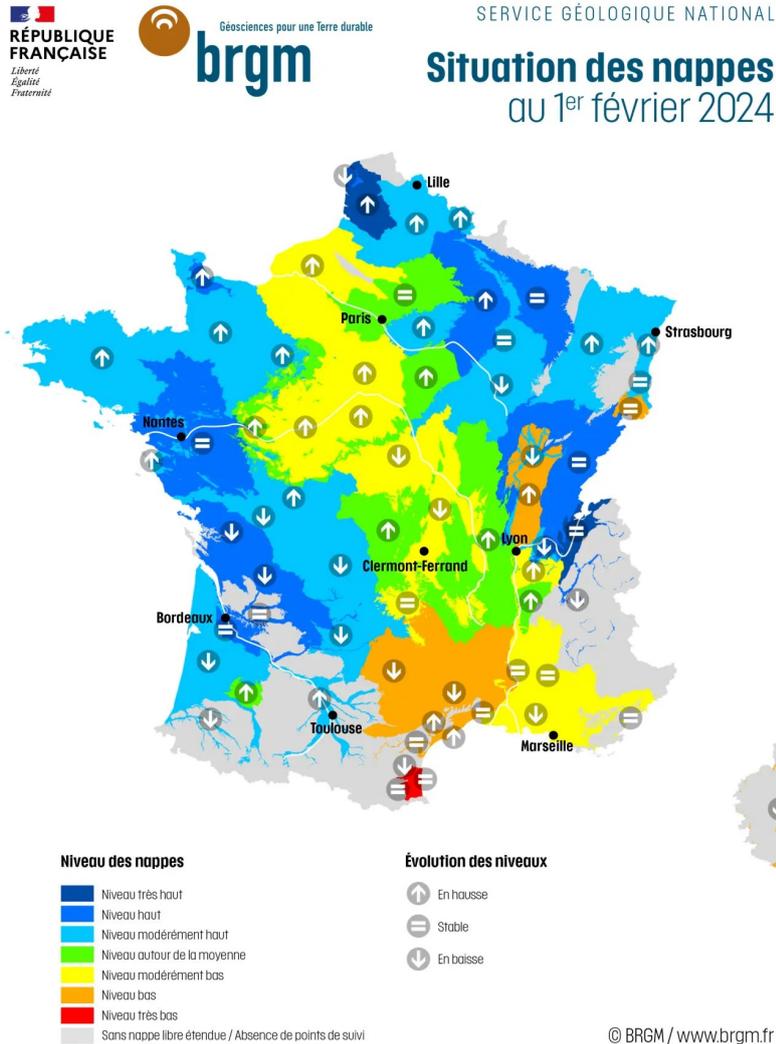


# Quelques news de géologie - Février 2024

## Nappes d'eau souterraine au 1<sup>er</sup> février 2024



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 (piézomètres). L'indicateur « Niveau des nappes » compare le mois en cours par rapport aux mêmes mois de l'ensemble de la chronique, soit au 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, en hausse ou à la baisse).

Carte établie le 9 février 2024 par le BRGM. À partir de données acquises jusqu'au 31 janvier 2024. Source des données : ADES (ades.aedfrance.fr) / Hydroportail (hydro.aedfrance.fr) / Fonds de carte © IGN. Producteurs de données et contribution : APRONA, BRGM, Conseil Départemental de la Vendée, Conseil Départemental des Landes, Conseil Départemental du Lot, EPTE Vézère Vistrenque, Parc Naturel Régional des Grandes Causses, Syndicat Mixte d'Études et de Travaux de l'Asstien (SMETA), Syndicat Mixte pour la protection et la gestion des nappes souterraines de la plaine du Roussillon (SMNPR).

En 2023, la vidange s'est poursuivie tardivement, conséquence de pluies déficitaires et d'une végétation encore active en début d'automne en lien avec des températures élevées. La recharge s'est initiée à partir de fin octobre et est restée très active en novembre et décembre.

En janvier 2024, la recharge des nappes se poursuit mais elle ralentit sur une grande partie du territoire. Les niveaux sont en hausse pour 51% des points d'observation (69% en décembre).

Concernant les nappes réactives des deux-tiers nord et du sud-ouest, les tendances sont contrastées car dépendantes des cumuls pluviométriques enregistrés en janvier. Sur les secteurs faiblement arrosés, l'absence de précipitations significatives engendre des réactions rapides. Les tendances se sont inversées courant janvier et les niveaux sont à la baisse sur de nombreuses nappes. Lorsque les volumes de pluies infiltrées ont été suffisants pour compenser la vidange naturelle des nappes vers leurs exutoires (sources, cours d'eau, mer, etc), la recharge a continué en janvier. Les niveaux sont ainsi restés en hausse ou stables notamment sur les nappes du Massif armoricain, sur les nappes du Grand-Est et sur les nappes du nord du Massif Central.

La plupart des nappes inertielles et mixtes restent en hausse en janvier 2024. L'inertie de ces nappes implique un temps d'infiltration des pluies à travers la zone non saturée sur plusieurs semaines. Les hausses de niveaux observées en janvier sont donc la conséquence des pluies efficaces infiltrées courant novembre et décembre.

Enfin, sur le pourtour méditerranéen et en Corse, les niveaux des nappes sont généralement en baisse ou stables. Les cumuls pluviométriques de ces dernières semaines n'ont pas permis d'enrayer la tendance à la

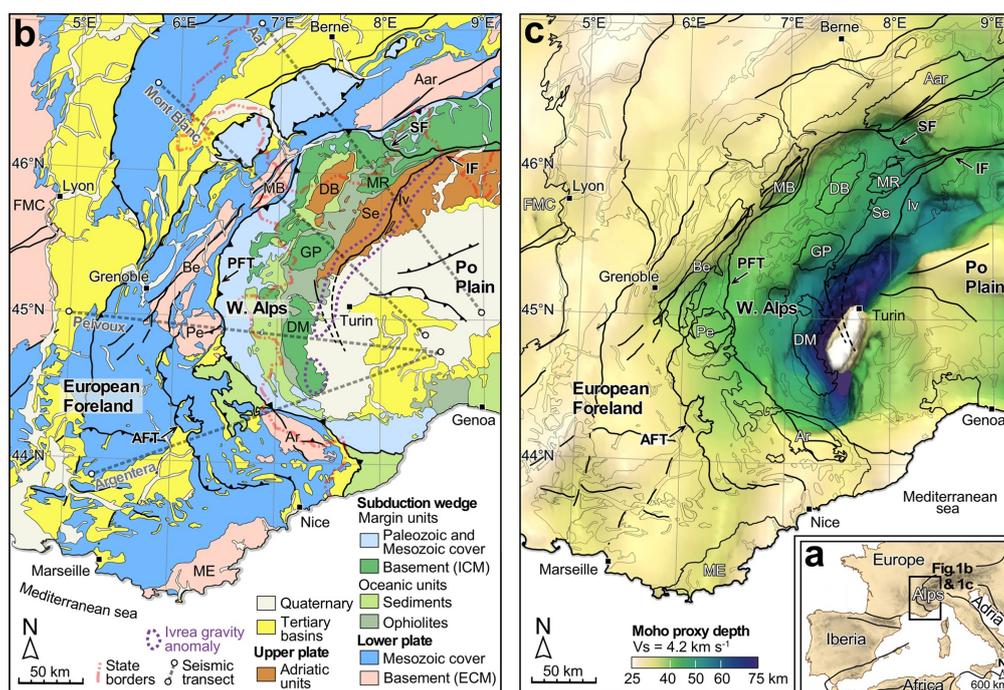
baisse. En janvier, de petits pics de crue ont pu interrompre momentanément la vidange, mais ils ont eu peu de conséquences sur les tendances mensuelles.

Source : [Nappes d'eau souterraine au 1er février 2024 | BRGM](#)

## Une « échographie » des Alpes

C'est bien connu, les Alpes sont une chaîne de collision, qui résulte de la rencontre entre deux plaques tectoniques : l'Eurasie et l'Adriatique (associée fréquemment à l'Afrique). Ce contexte tectonique a depuis longtemps été mis en évidence par toute une série d'observations. Les premières sont celles liées à la présence d'une subduction sous les Alpes. On retrouve en effet dans la chaîne de montagnes des roches volcaniques et métamorphiques typiques, qui indiquent que dans le manteau, l'une des deux plaques plonge sous l'autre. Mais les indices majeurs, qui sautent immédiatement aux yeux, ce sont les nombreuses structures de déformation que l'on observe un peu partout dans le paysage : plis, failles et chevauchements, qui affectent notamment des unités sédimentaires qui se sont précédemment formées au fond des océans. Les données GPS modernes rendent de plus aujourd'hui clairement compte de cette collision et du soulèvement des Alpes, qui est toujours d'actualité.

Mais que se passe-t-il exactement en profondeur ? Comment cette rencontre titanesque entre deux plaques tectoniques est-elle accommodée dans la croûte et dans le manteau ? Pour répondre à cette question, plusieurs instituts de recherche français lancent à la fin des années 1980 une grande campagne d'imagerie sismique visant à obtenir une coupe en profondeur de la structure des Alpes. C'est le programme Ecors-Crop. Les données permettent d'observer l'approfondissement du Moho sous la chaîne, l'architecture des grandes failles et le fait que c'est bien la plaque européenne qui est poussée sous la plaque adriatique. La qualité des données laisse cependant beaucoup de marges d'interprétation.

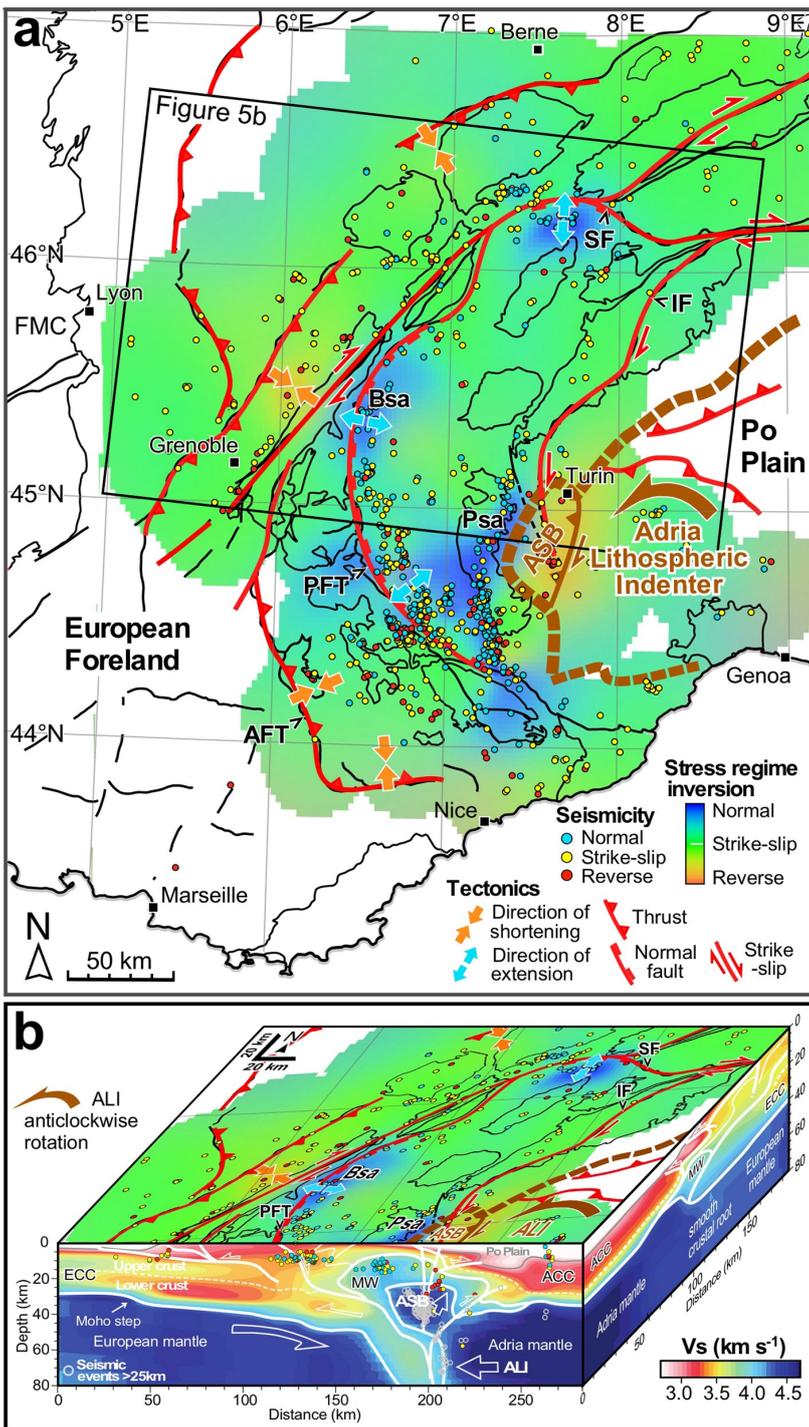


a carte croquis de l'Europe occidentale avec les principales limites tectoniques et l'emplacement de la zone d'étude. b Carte géologique des Alpes de l'Ouest avec l'emplacement des transects Vs indiqués sur les Fig. 2 et 4. L'anomalie gravimétrique du corps d'Ivrée est représentée par le contour de 0 mGal (ligne violette en pointillés). c Carte de Moho calculée à l'aide d'un modèle de vitesse d'onde S à partir de la tomographie à bruit ambiant..

Une récente campagne de tomographie sismique (programme AlpArray) a cependant permis d'imager les structures profondes des Alpes avec plus de précision. Ces données présentent un modèle de vitesse des ondes sismiques sous la partie ouest de la chaîne, qui permettent notamment d'imager la profondeur du Moho en 3D. Pour rappel, le Moho marque l'interface entre la base de la croûte et le toit du manteau. Il est particulièrement visible sur les données de tomographie sismique car cette transition s'accompagne d'un important saut de vitesse des ondes sismiques.

L'interprétation de ces données, publiée dans la revue *Communications earth and environment*, montre clairement la présence du slab européen (la partie de la croûte s'enfonçant dans le manteau). Il apparaît que ce slab est surmonté par une portion de manteau adriatique froid et rigide, situé à une vingtaine de kilomètres de profondeur sous la plaine du Pô, dans la région de Turin (Italie). Poussé par la compression tectonique contre le slab européen qui, de fait, se verticalise, ce corps mantellique agit comme un gigantesque poinçon, dont le

moteur est la rotation dans le sens anti-horaire de la plaque adriatique. La comparaison avec la carte des déformations tectoniques en surface et des épacentres des séismes révèle d'ailleurs que ce poinçon contrôle nettement la déformation de la plaque européenne contre laquelle il est appliqué.



Pour en savoir plus : [Role of mantle indentation in collisional deformation evidenced by deep geophysical imaging of Western Alps | Communications Earth & Environment \(nature.com\)](#)

Source : [Une « échographie » des Alpes révèle les forces profondes qui les façonnent \(futura-sciences.com\)](#)

## Une puissante éruption volcanique a secoué la Méditerranée il y a 520 000 ans

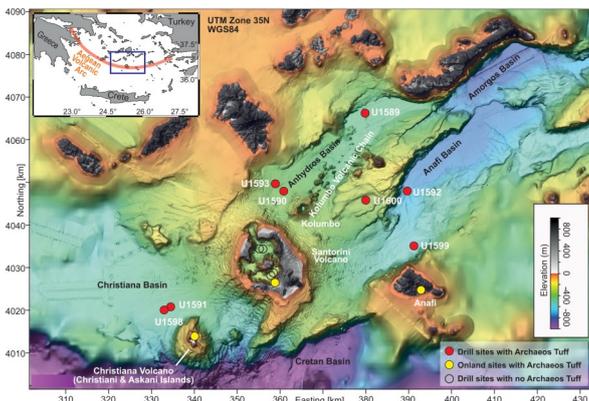
Il y a 3 600 ans, le volcan du Santorin, situé au nord de la Crète, explosait violemment, entraînant la chute de la florissante civilisation minoenne. Une nouvelle étude nous révèle désormais que le volcan serait capable de bien pire. Les chercheurs ont en effet retrouvé les traces d'une gigantesque éruption, beaucoup plus ancienne.

Quand on parle de volcans en Méditerranée, on pense tout de suite à l'Etna. Au Vésuve aussi. Ils sont cependant loin d'être les seuls. La Méditerranée compte en effet de très nombreux volcans éteints ou actifs, dont certains sont considérés comme faisant partie des plus dangereux de la Planète, comme les champs phlégréens dans le sud de l'Italie, qui ont récemment fait parler d'eux.

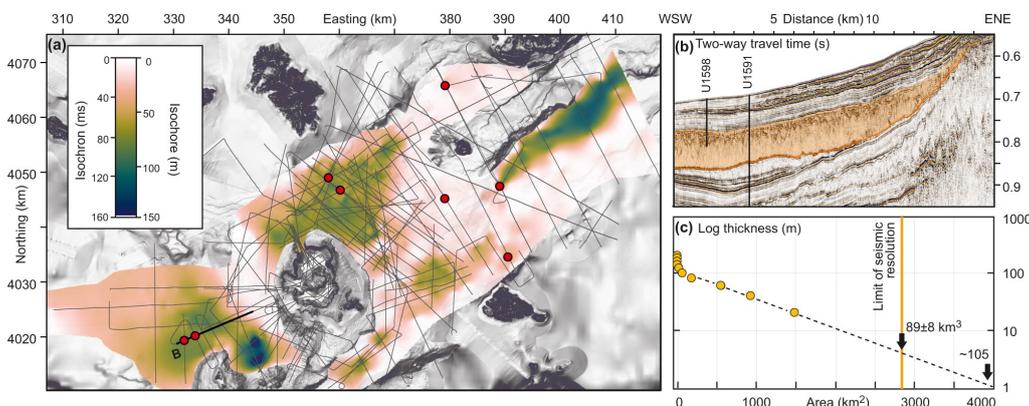
Tous ne sont cependant pas aussi visibles. De nombreux édifices volcaniques gisent en effet sous les eaux. On a tendance à les oublier et pourtant, leur menace est bien réelle. C'est le cas du Santorin. Ce volcan appartient à l'arc égéen (ou arc hellénique), qui s'étend entre la Grèce et la Turquie, au nord de la Crète. Associée à la subduction d'une partie de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique, cette chaîne compte plus de 20 volcans actifs, la plupart étant sous-marins. Leur importante explosivité en fait des volcans dangereux, dont les éruptions ont d'ailleurs déjà marqué l'histoire humaine.

La chute de la civilisation minoenne il y a 3 600 ans est ainsi associée à l'éruption violente du Santorin, qui a totalement dévasté les îles crétoises. Une équipe de chercheurs vient cependant de montrer que le volcan est capable de bien pire.

Au cours d'une expédition IODP portant sur les volcans de l'arc égéen, les scientifiques ont en effet découvert d'importants dépôts volcaniques dans les sédiments des fonds marins, tout autour du volcan. Ces dépôts d'une épaisseur de 150 mètres représentent un volume de plus de 90 km<sup>3</sup> et indiquent qu'une très violente éruption explosive s'est produite il y a 520 000 ans. Le volume de débris serait ainsi 6 fois plus important que celui de l'éruption minoenne, et 10 fois plus que celui de l'éruption du Hunga Tonga en janvier 2022, éruption que l'on considère comme étant la plus puissante enregistrée par les humains à ce jour. Les résultats de l'étude ont été publiés dans la revue *Communications Earth and Environment*.



Les sites de forage IODP sont représentés par des points rouges et les sites terrestres par des points jaunes. Les sites de forage sont étiquetés avec leur numéro de site IODP. Aucun tuf Archaeos n'a en effet été retrouvé sur le site U1590, mais sa présence est visible sur les profils sismiques. L'encart montre l'emplacement sur l'arc volcanique de la mer Égée méridionale. Voir Méthodes pour les sources de données bathymétriques.



**a** Carte combinée du temps et de l'épaisseur du voyage bidirectionnel (TWT), obtenue par l'intégration de la stratigraphie des carottes de forage avec les profils sismiques, et la conversion en épaisseur à l'aide de mesures embarquées de la vitesse de l'onde P. Les points rouges sont les sites de forage. **b** Profil sismique WSW-ENE à travers le bassin de Christiania (ligne en gras), montrant le tuf Archaeos en orange. La ligne orange marque la base du dépôt, qui est en érosion sur les strates sous-jacentes dans cette partie du bassin. **c** Tracé du logarithme (épaisseur) en fonction de l'aire cumulée de **(a)**. L'intégration à l'intérieur de la limite sur **(a)** donne un volume de  $89 \pm 8$  km<sup>3</sup>. En extrapolant à 1 m sur la parcelle **(b)**, on obtient  $\sim 105$  km<sup>3</sup>. Cette extrapolation est basée sur la linéarité connue des données de ce graphique pour plusieurs ignimbrites subaériennes.

Pour en savoir plus : [Giant offshore pumice deposit records a shallow submarine explosive eruption of ancestral Santorini | Communications Earth & Environment \(nature.com\)](#)

Source : [Une puissante éruption explosive a secoué la Méditerranée il y a 520 000 ans \(futura-sciences.com\)](#)

---

## L'être humain érode les montagnes plus vite que le climat

L'Anthropocène, qui marque la domination des actions humaines sur les processus naturels, est supposé avoir débuté avec la révolution industrielle. Une nouvelle étude suggère cependant que cette datation soit reportée de plusieurs milliers d'années. Et pour cause, il semblerait que l'érosion liée aux activités humaines domine celle du climat depuis l'âge du bronze.

L'histoire géologique de la Terre est marquée par une perpétuelle évolution des paysages. En cause, la tectonique des plaques bien sûr, mais également l'érosion. Le climat, par l'action des vents, de la pluie, de la glace, ou de simples variations de température, est en effet l'un des grands processus capables de façonner les reliefs terrestres. Mais depuis quelques milliers d'années, un autre acteur est entré en jeu : l'Homme.

On ne peut que constater en regardant par notre fenêtre, l'empreinte humaine est partout dans le paysage. Hormis la pollution et la destruction d'écosystèmes naturels, les activités humaines ont également induit une augmentation importante de l'érosion des sols. Un fait qui a de nombreuses répercussions tant sur la biodiversité que sur la capacité du sol à stocker le CO<sub>2</sub> ou à apporter assez de nutriments aux cultures. S'il est clair que l'érosion d'origine humaine a de loin dépassé celle liée au climat dans les plaines, que se passe-t-il en montagne ?

Depuis toujours, les reliefs représentent en effet les régions du monde où les taux d'érosion sont les plus importants, en raison des fortes variabilités climatiques, de l'action du gel-dégel et de l'effet du ruissellement, qui est d'autant plus important que les pentes sont fortes. Mais si auparavant cette érosion des montagnes était uniquement d'origine climatique, qu'en est-il à l'heure actuelle ?

Une nouvelle étude, publiée dans la revue *Nature communications*, révèle que dans ce milieu qui semble encore un peu préservé, les actions de l'Homme sont dominantes. Des chercheurs du CNRS ont ainsi étudié les sédiments déposés au fond du lac du Bourget, qui représente l'un des plus grands lacs naturels des Alpes. Leurs analyses révèlent clairement que l'érosion d'origine humaine prévaut sur l'érosion d'origine climatique depuis plus de 3 800 ans. Deux activités semblent d'ailleurs avoir eu un impact majeur sur l'érosion des sols alpins : le développement du pastoralisme dans les zones de haute altitude à partir de l'âge du bronze et celui de l'agriculture au Moyen Âge...

Pour en savoir plus : [Human-triggered magnification of erosion rates in European Alps since the Bronze Age | Nature Communications](#)

Source : [L'être humain érode les montagnes plus vite que le climat ! \(futura-sciences.com\)](#)

---

## Des scientifiques ont retrouvé la plus puissante éruption sur terre depuis 12000 ans

Il y a 7 300 ans avait lieu une terrible éruption volcanique au sud du Japon. Grâce à de nouvelles observations du fond marin, des scientifiques révèlent qu'il s'agirait bien de la plus puissante éruption des derniers 11 700 ans. Voici ce qu'il s'est passé.



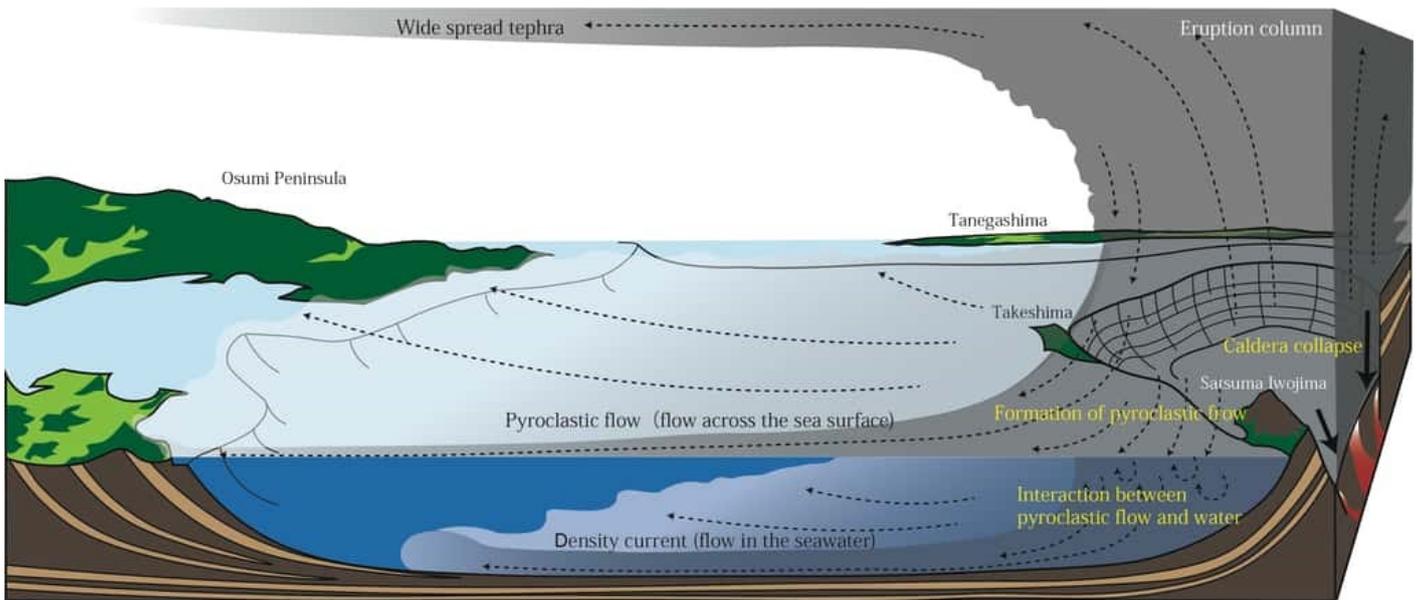
Né de la convergence entre plusieurs plaques tectoniques, le Japon est une terre de volcans. L'archipel se situe en effet sur la Ceinture de Feu du Pacifique, qui se caractérise par un intense volcanisme. Et cette activité ne date pas d'hier. En témoignent les nombreux édifices volcaniques que l'on peut observer à terre, comme au fond de l'océan. L'une des structures les plus imposantes connue à ce jour est ainsi la caldeira de Kikai.

Situé au sud de l'archipel, ce vaste complexe volcanique est en réalité constitué de deux caldeiras, mesurant 20 et 17 kilomètres de diamètre. Les îles actuelles de Iojima et de Takeshima représentent ainsi d'anciens volcans situés sur le bord de cette vaste dépression dont la

formation initiale daterait de 140 000 ans, à la suite de plusieurs éruptions volcaniques catastrophiques.

Mais l'histoire éruptive de la caldeira de Kikai ne semble pas s'être arrêtée là. Une équipe de scientifiques de l'université de Kobe au Japon a en effet conduit une expédition océanique dans le but de mieux comprendre l'histoire volcanique de ce complexe. Imagerie sismique et échantillonnages de sédiments ont ainsi été réalisés dans la zone afin notamment d'expliquer la présence jusqu'alors énigmatique de dépôts de coulées pyroclastiques sous-marines.

Lors d'une éruption, certains volcans n'éjectent pas seulement de la lave, mais également d'énormes volumes de cendres et de gaz portés à haute température. Ce mélange va alors dévaler les flancs du volcan à très grande vitesse sous la forme d'un nuage ou d'une avalanche. Lorsque ce phénomène a lieu à l'air libre, au niveau de volcan émergés, on parle souvent de nuées ardentes. En contexte océanique, on parlera de coulées pyroclastiques. Le matériel transporté va finir par se déposer sur le fond, formant une couche de sédiments bien caractéristique dont l'épaisseur et l'extension peuvent aider à déterminer la puissance de l'éruption.



Représentation de l'éruption de Kikai-Akahoya qui est certainement la plus puissante connue à ce jour pour la période holocène © CONNUE À CEShimizu Satoshi, CC BY

Les données acquises lors de la campagne en mer ont ainsi permis de dater ces dépôts et d'estimer leurs volumes. Ils auraient été émis il y a 7 300 ans lors d'une importante éruption volcanique connue sous le nom de Kikai-Akahoya. 4 500 km<sup>2</sup> de fond océanique auraient ainsi été recouverts de ces sédiments, ce qui représente entre 133 et 183 km<sup>3</sup> de débris pyroclastiques. Ces résultats, publiés dans le *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, indiquent qu'il s'agirait donc là de la plus puissante éruption connue à ce jour pour la période holocène, c'est-à-dire pour les derniers 11 700 ans de l'histoire terrestre.

Cette éruption est d'ailleurs considérée comme étant à l'origine de la fin de la culture Jōmon présente alors sur l'île japonaise de Kyūshū.

Pour en savoir plus : [Submarine pyroclastic deposits from 7.3 ka caldera-forming Kikai-Akahoya eruption - ScienceDirect](#)

Source : [Des scientifiques ont retrouvé la plus puissante éruption sur Terre depuis 12 000 ans ! \(futurasciences.com\)](#)

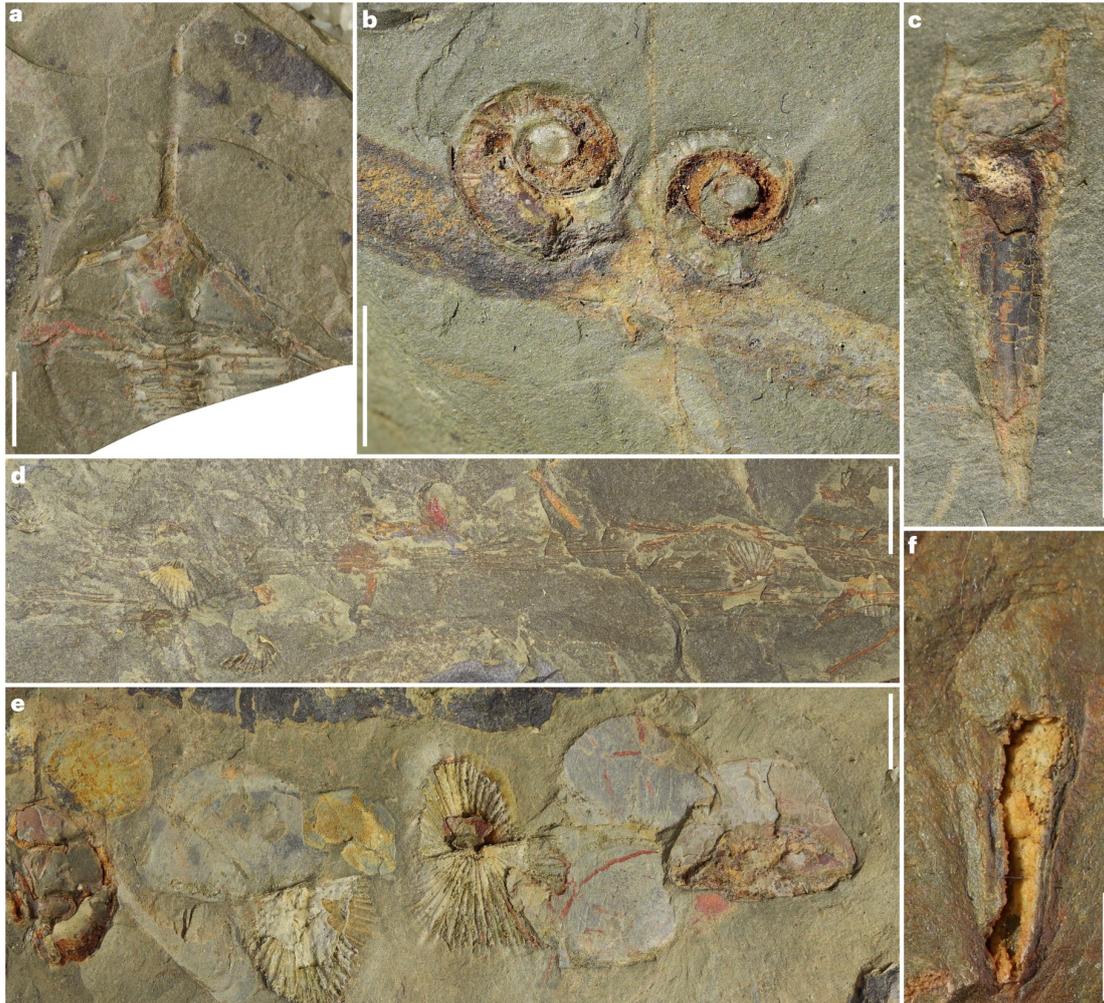
## Un gisement fossilifère à préservation exceptionnelle découvert dans le Sud de la France

Un nouveau gisement fossilifère a été mis au jour dans l'Hérault par le travail de longue haleine d'un couple d'amateurs passionnés de paléontologie, dont les découvertes ont été étudiées par une équipe internationale impliquant des scientifiques du CNRS<sup>1</sup> et de l'Université de Lausanne. Grâce à plus de 400 fossiles datant de 470 millions d'années, le site de Cabrières près de Pézenas témoigne de l'environnement le plus proche du pôle

Sud à cette époque jamais observé. Il se classe ainsi parmi les gisements les plus riches et diversifiés au monde pour la période ordovicienne. Il se distingue par un niveau de préservation exceptionnel qui a permis la découverte extrêmement rare d'organismes à corps mous. En particulier, la découverte d'un large éventail d'algues et d'éponges contribue à une meilleure compréhension de leur rôle pivot dans l'écosystème de l'époque.

Ces observations mettent à mal l'idée antérieure d'une baisse de biodiversité ou d'une extinction biologique entre les périodes du Cambrien et de l'Ordovicien il y a environ 485 millions d'années. En revanche, la grande biodiversité constatée confirme l'hypothèse d'une migration des espèces vers l'hémisphère sud, comme zone refuge, pour fuir les températures trop élevées des zones tropicales à cette époque.

Cette première étude du site, à paraître dans *Nature Ecology & Evolution* le 9 février, constitue le point de départ d'un programme de recherche qui s'étendra sur plusieurs années, avec des fouilles de grande ampleur puis l'analyse poussée des fossiles à l'aide de techniques d'imageries innovantes. Il s'agira de révéler en détail leur anatomie externe et interne, leurs relations de parenté et leur mode de vie.



**a**, Trilobite du genre *Ampyx* (UCBL-FSL713598). **b**, Gastéropodes associés à une structure tubulaire, probablement le conulariidé *Sphenothallus* (UCBL-FSL713599). **c**, Cnidaire conulariidé biominéralisé (UCBL-FSL713600). **d**, Brachiopodes articulés attachés à une éventuelle éponge leptomitidé (UCBL-FSL713601). **e**, Assemblage formé de brachiopodes articulés (au centre), de carapaces aplaties probablement d'arthropodes bivalves (au centre à gauche et à droite) et d'un crâne de trilobite à calyménine (à gauche ; UCBL-FSL713602). **f**, Un hyolithe avec des organes internes possibles (UCBL-FSL713603). Les barres **d'échelle** représentent 4 mm en **a** et **e**, 1 cm en **b** et **d**, 5 mm en **c** et 2 mm en **f**.

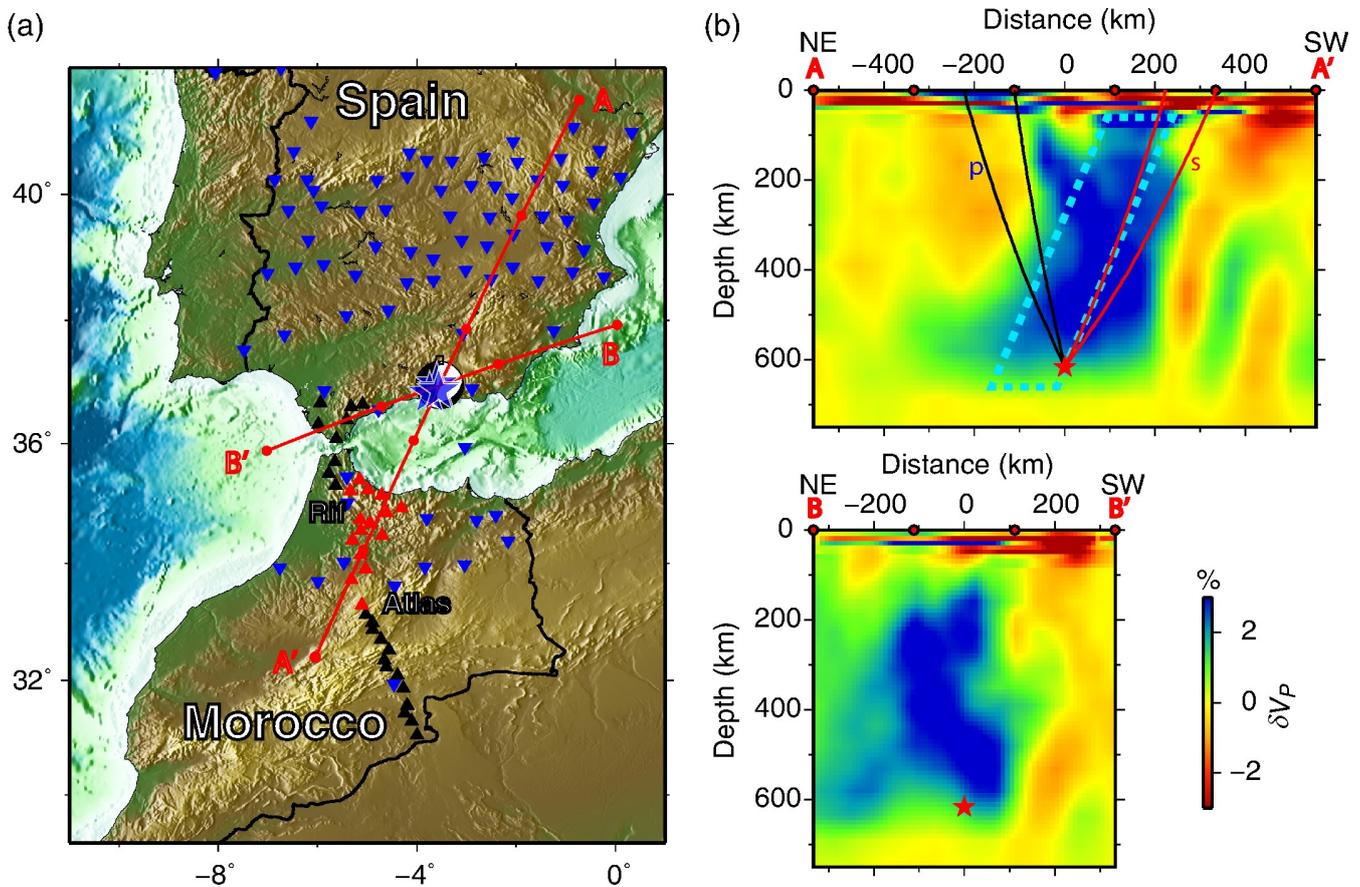
Pour en savoir plus : [The Cabrières Biota \(France\) provides insights into Ordovician polar ecosystems | Nature Ecology & Evolution](#)

Source : [Un gisement fossilifère à préservation exceptionnelle découvert dans le sud de la France | CNRS](#)

## Sous la Méditerranée, cette plaque tectonique s'est littéralement retournée

Les structures tectoniques que l'on observe en Méditerranée témoignent de l'histoire complexe de ce bassin. Grâce à la sismologie, il est possible de retrouver les traces d'anciennes plaques entrées en subduction et plongeant désormais dans le manteau. Les scientifiques ont ainsi remarqué que celle au niveau de Gibraltar se serait littéralement retournée !

Résidu d'un ancien océan, la Méditerranée représente une zone complexe où se mélangent l'héritage tectonique de ce passé océanique et celui, plus récent, de l'affrontement entre plusieurs plaques. L'ouest de la Méditerranée est ainsi marqué par la convergence entre l'Afrique et l'Eurasie, qui a notamment donné naissance aux Alpes et aux Pyrénées. Moins connue, la chaîne de montagnes Bétique qui marque le sud de l'Espagne et celle du Rif au Maroc sont également les témoins de cette rencontre titanesque. À l'origine de ce relief, une zone de subduction considérée aujourd'hui comme inactive. Les données sismologiques mettent en effet en évidence la présence d'un *slab*, reste d'une plaque tectonique entrée en subduction, et plongeant désormais dans le manteau au niveau de l'arc de Gibraltar. La nature de ce *slab* et l'histoire de cette zone de subduction restent toutefois encore mal connues. Résidu d'un ancien océan, la Méditerranée représente une zone complexe où se mélangent l'héritage tectonique de ce passé océanique et celui, plus récent, de l'affrontement entre plusieurs plaques.



Carte des stations sismiques et du séisme profond de Grenade (survenu le 11 avril 2010, profondeur = 623 km,  $M=6.2$ ) utilisés dans le cadre de la présente étude. (a) Les stations proviennent de l'expérience sismique PICASSO (réseau YB) et de l'IberArray (réseau IB). Les triangles rouges indiquent les stations d'étude de la couche à faible vitesse à la base de la dalle. Les triangles inversés bleus en Espagne indiquent les stations pour l'étude des arrivées anormales de  $P$ . Les étoiles bleues montrent les tremblements de terre profonds historiques entre 1954 et 2010 (Bufoin *et al.*, 2011). (b) Deux coupes transversales AA' et BB' dans le panel (a) à travers le modèle de tomographie à ondes  $P$  de Bezada *et al.* (2013). Les lignes pointillées cyan délimitent le modèle de dalle hybride de la figure 2. Les lignes rouge et noire montrent les trajectoires des rayons pour la phase  $P$  vers le nord et la phase  $S$  vers le sud, respectivement.

L'ouest de la Méditerranée est ainsi marqué par la convergence entre l'Afrique et l'Eurasie, qui a notamment donné naissance aux Alpes et aux Pyrénées. Moins connue, la chaîne de montagnes Bétique qui marque le sud de l'Espagne et celle du Rif au Maroc sont également les témoins de cette rencontre titanesque. À l'origine de

ce relief, une zone de subduction considérée aujourd'hui comme inactive. Les données sismologiques mettent en effet en évidence la présence d'un *slab*, reste d'une plaque tectonique entrée en subduction, et plongeant désormais dans le manteau au niveau de l'arc de Gibraltar. La nature de ce *slab* et l'histoire de cette zone de subduction restent toutefois encore mal connues.

Entre autres curiosités tectoniques, cette zone est capable de produire des séismes très profonds. Depuis 1954, 5 séismes ont en effet été enregistrés sous la ville de Grenade à des profondeurs de plus de 600 km, avec des caractéristiques qui intriguent les scientifiques. Toutefois, l'analyse du séisme d'avril 2010, situé à une profondeur de 623 km, pourrait apporter certaines réponses.

Les scientifiques ont en effet remarqué que les ondes résiduelles que l'on observe à la fin du sismogramme et que l'on appelle la *coda* duraient un temps inhabituellement long. En plus de cela, des ondes P additionnelles et tardives ont été enregistrées. Une signature sismique inhabituelle, donc, qui a permis aux scientifiques de construire un modèle du slab dans le manteau.

Habituellement, la plaque entrée en subduction possède un niveau supérieur riche en eau, qu'elle transporte au sein du manteau. Or, la présence d'eau dans cette partie du slab ralentit le passage des ondes sismiques. La modélisation du slab à partir des ondes enregistrées a donc permis de retrouver ce niveau à faible vitesse, mais avec une petite surprise : au lieu de se situer sur la partie supérieure, ce niveau hydraté se situe ici à la base du slab ! Pour les auteurs de l'étude publiée dans la revue *The Seismic Record*, l'hypothèse la plus vraisemblable est que le slab s'est entièrement retourné !

Pour en savoir plus : [Revealing the Secrets of the Western Mediterranean: A Deep Earthquake and the Overturned Slab | The Seismic Record | GeoScienceWorld](#)

Source : [Sous la Méditerranée, cette plaque tectonique s'est littéralement retournée ! \(futura-sciences.com\)](#)

---

## **La plus grande extinction de masse de l'histoire du vivant sur Terre avait commencé dans l'océan**

Il y a environ 252 millions d'années, environ 95 % des espèces marines et 70 % des espèces terrestres s'éteignaient lors de l'extinction de masse du Permien -Trias. Si les causes de cette extinction sont encore mal comprises, une équipe de scientifiques vient pour la première fois de dresser le tableau le plus précis à ce jour de sa chronologie : elle aurait débuté dans les écosystèmes marins, avant de toucher les espèces terrestres d'abord aux hautes latitudes, puis vers les tropiques. Ces résultats pourront peut-être permettre de percer les mystères de cette grande extinction...

Dans l'histoire du vivant, on recense cinq grandes extinctions de masse -- on parle même désormais d'une sixième grande extinction, causée par les activités humaines. Nous tenons ces données des registres fossiles, dans lesquels les paléontologues observent de nettes baisses de biodiversité sur des périodes très courtes et bien distinctes. La troisième et la plus importante d'entre elles, qui a vu la disparition d'environ 95 % des espèces marines et 70 % des espèces terrestres, s'est produite il y a environ 252 millions d'années, à la fin du Permien. Elle a été si brutale et massive qu'il a fallu près de cent millions d'années pour que la diversité biologique retrouve son niveau d'origine. La chronologie précise de cette extinction massive n'est en revanche pas bien connue.

Au début du Permien, qui s'étale d'il y a environ 299 à 252 millions d'années, la majorité des continents s'agglomèrent en un supercontinent, la Pangée, entouré d'un unique océan. Ce rapprochement fait disparaître de nombreux écosystèmes, comme les plateaux continentaux immergés ; le passage de plusieurs continents à un continent unique diminue la longueur des écosystèmes côtiers, tandis que la surface des zones continentales augmente.

La formation de la Pangée entraîne donc une diminution des zones caractérisées par un climat océanique, et une augmentation des surfaces continentales, caractérisées par un climat plus aride. Ce regroupement des masses continentales a ainsi causé d'importantes variations climatiques locales et mondiales : baisse du niveau de la mer, modification des courants océaniques, fortes variations des températures et des précipitations, changement de la chimie des océans... Autant de modifications susceptibles d'avoir mis à mal le développement des êtres vivants, majoritairement représentés à l'époque par une vie marine très diversifiée, et une faune et flore continentales en plein essor...

Afin de mieux comprendre les mécanismes qui ont mené à la plus grande extinction de masse connue, une équipe de paléontologues a tenté d'en établir une chronologie plus précise. Ils présentent leurs résultats dans la revue *Science Advances*. En réalisant de nouvelles mesures isotopiques sur des échantillons de bentonites et de gores blancs (deux roches sédimentaires) prélevés sur divers sites situés en Chine actuelle, l'équipe de paléontologues a fait une découverte étonnante : les extinctions d'espèces terrestres auraient débuté environ 61 000 ans après les extinctions des espèces marines.

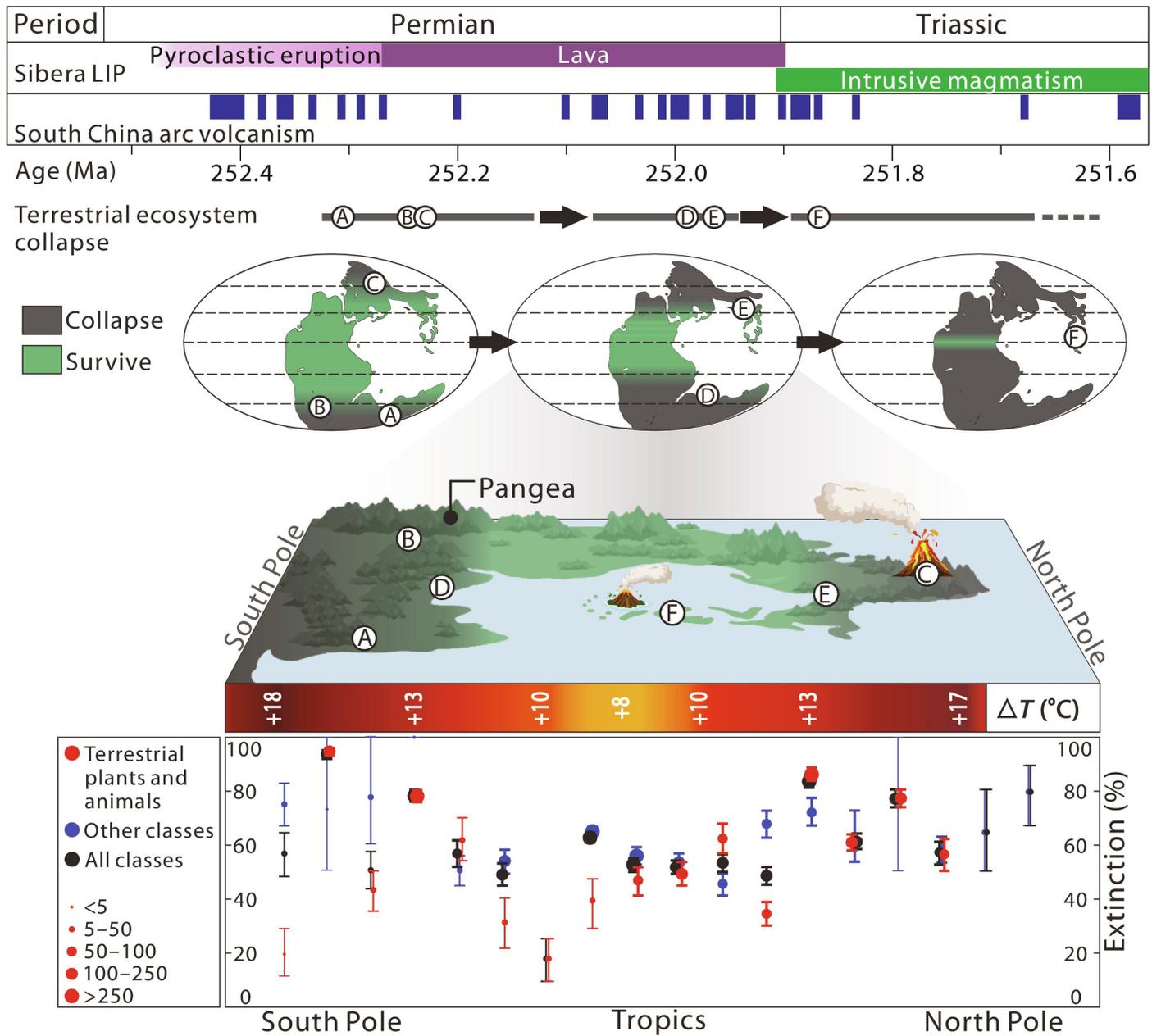


Illustration schématique du processus EPME (extinction de masse du Permien final)

Les épisodes volcaniques du sud de la Chine sont extraits des enregistrements de lits de cendres à Meishan (3), Penglitan (4) et des sections de cette étude. La chronologie de mise en place de la LIP de Sibérie est modifiée à partir de (2). Les emplacements marqués sur les cartes sont les mêmes que ceux de la Fig. 1. Des barres schématiques horizontales montrent les changements de température à la surface du sol (58). Le modèle d'extinction latitudinale du genre de la fin du Permien est généré à partir d'analyses bootstrap basées sur des données de Changhsingian à Induan dans PBDB. Les barres verticales indiquent l'intervalle de confiance avec des plages de quantiles de 10 à 90 %.

Mieux, l'extinction aurait d'abord touché les espèces terrestres situées aux hautes latitudes, avant de progressivement s'étendre vers les tropiques sur près d'un million d'années, quand les extinctions des espèces marines semblent avoir été bien plus abruptes. Leurs travaux montrent de plus que les écosystèmes marins se sont progressivement dégradés avant l'extinction de masse : selon les chercheurs, l'événement cataclysmique de la fin du Permien n'aurait en fait été qu'un coup fatal porté à des espèces déjà en danger. Ils estiment que les épisodes

volcaniques responsables de la formation des trapps de Sibérie ont bel et bien joué un rôle dans la plus grande extinction de masse, mais que leurs effets ont été variables dans le temps et en fonction des régions.

D'après eux, la progression de l'extinction des hautes latitudes vers les latitudes plus basses est causée par des contrastes de réchauffement des différentes régions du globe (causé par d'importants dégazages volcaniques), qui aurait eu des impacts initiaux bien plus marqués dans les latitudes les plus élevées. Ils estiment que d'autres événements géologiques, comme le début de la dislocation de la Pangée et la formation du nouvel océan Téthys, pourraient également avoir joué un rôle dans la plus grande extinction de masse de tous les temps.

Pour en savoir plus : [The terrestrial end-Permian mass extinction in the paleotropics postdates the marine extinction | Science Advances](#)

Source : [Révélation : la plus grande extinction de masse de l'histoire du vivant sur Terre avait commencé dans l'océan ! \(futura-sciences.com\)](#)

---

## Fixation de l'azote atmosphérique par les éclairs volcaniques : premières archives et possible contribution au développement de la vie sur Terre

L'azote (N) est un élément essentiel de la vie. La majeure partie du N étant piégée dans le diazote ( $N_2$ ), une molécule atmosphérique très stable et abondante, ce  $N_2$  doit être cassé pour être utilisé par les organismes vivants. Ce processus de conversion du  $N_2$  en des formes azotées assimilables est appelé fixation de l'azote. De nos jours, la quasi-totalité de la fixation du N est réalisée par des processus biologiques et anthropiques. En revanche, sur la Terre primitive,  $N_2$  a dû nécessairement être fixé par des processus abiotiques pour permettre le développement de la vie. Un des mécanismes de fixation envisagés pour la Terre primitive est celui des éclairs générés dans les panaches volcaniques lors de grandes éruptions explosives. Cependant, malgré des études théoriques et des expériences de laboratoire convaincantes, l'analyse des archives géologiques n'avait jusqu'à présent révélé aucune indication de fixation substantielle par ce mécanisme.

Une équipe de chercheuses et chercheurs du CNRS Terre & Univers a mené une étude de dépôts



Éclairs volcaniques lors de l'éruption du volcan Calbuco (Chili; 2015). © Francisco Negroni

volcaniques néogène du Pérou et de Turquie formés par des éruptions explosives majeures ( $VEI > 7$ , plus puissantes que celles observées au cours des derniers millénaires). Les résultats ont permis de découvrir des nitrates en concentrations importantes. La composition multi-isotopique de ces nitrates ( $\delta^{18}O$ ,  $\delta^{17}O$  et  $\delta^{15}N$ ) indique qu'ils sont issus de l'oxydation d'oxydes d'azote ( $NO_x = NO, NO_2$ ) par l'ozone et ont donc forcément une origine atmosphérique. L'émission directe de composés azotés par le volcanisme étant très limitée, seuls les éclairs liés à l'éruption sont en mesure de produire de vastes quantités de  $NO_x$  à partir du  $N_2$  atmosphérique. Le  $NO_x$  ainsi produit est alors oxydé par l'ozone de l'atmosphère pour former du nitrate qui se retrouve être déposé et conservé dans les dépôts pliniens et ignimbrites.

L'étude de ces dépôts rend pour la première fois possible l'estimation quantitative, de façon directe, de la fixation d'azote par les éruptions explosives. Plusieurs 10-100 Tg d'azote peuvent être produits et concentrés localement dans les dépôts volcaniques, ce qui représente une source d'azote assimilable importante pour la vie à proximité. Sur la Terre primitive dont l'atmosphère était dépourvue de dioxygène, le produit final de cette fixation de N n'était vraisemblablement pas du nitrate mais des formes plus réduites de l'azote (e.g.  $NH_3$ ), ce qui constituait tout autant des molécules assimilables par le vivant.

Pour en savoir plus : [Geological evidence of extensive N-fixation by volcanic lightning during very large explosive eruptions | PNAS](#)

Source : [Fixation de l'azote atmosphérique par les éclairs volcaniques : premières archives et possible contribution au développement de la vie sur Terre | CNRS Terre & Univers](#)