

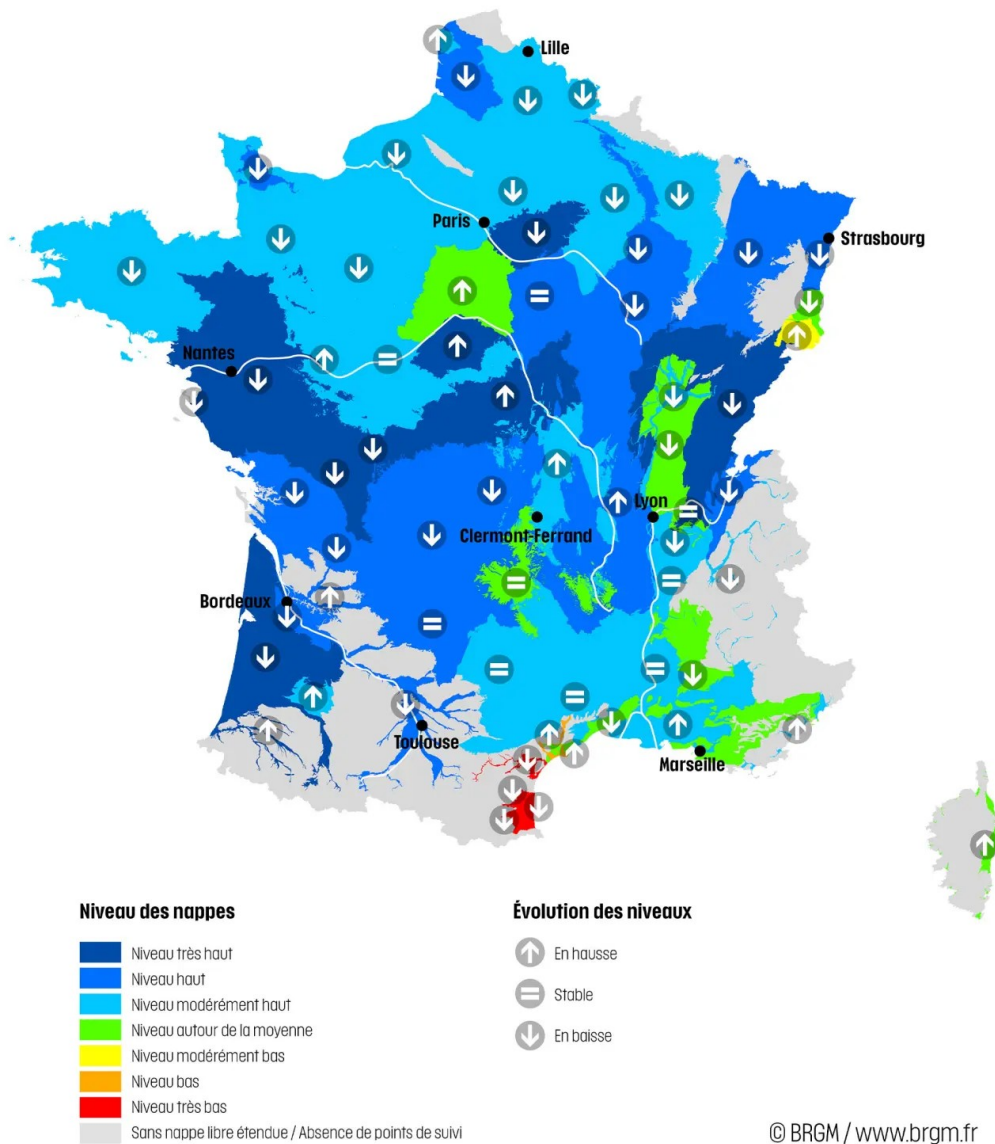
# Quelques news de géologie - Octobre 2024

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



SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL

## Situation des nappes au 1<sup>er</sup> octobre 2024



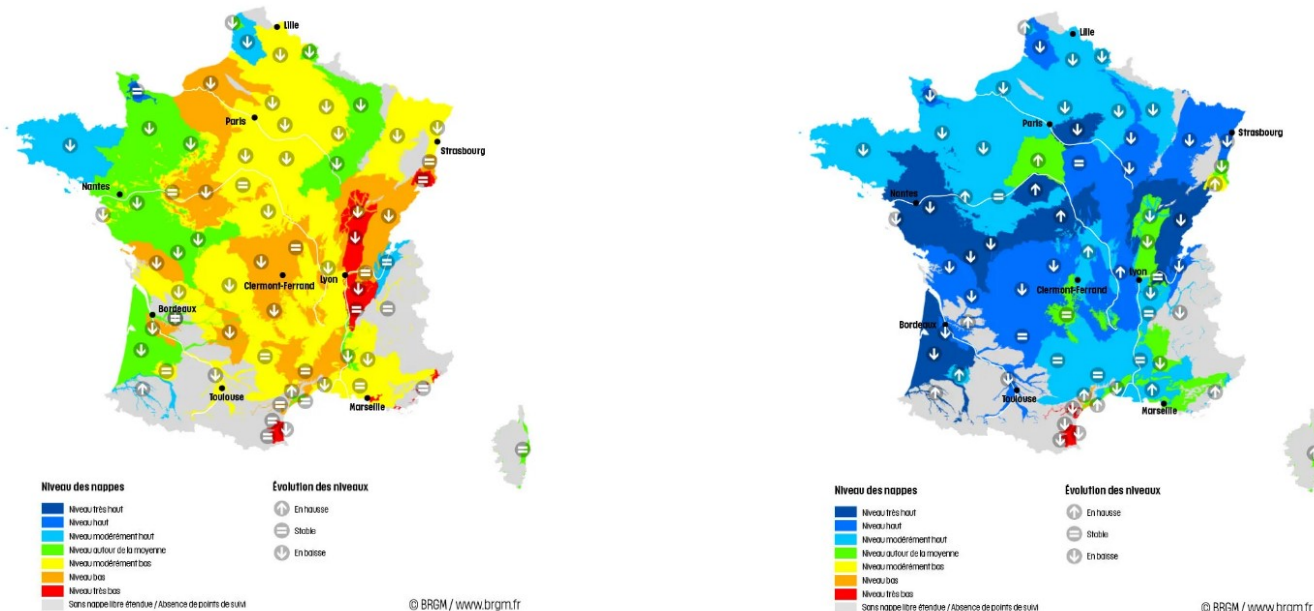
Cette carte présente les indicateurs globaux traduisant les fluctuations moyennes des nappes. Ils sont établis à partir des indicateurs ponctuels relevés au niveau des nappes (piézomètres). L'indicateur « Niveau des nappes » compare le mois en cours par rapport aux mêmes mois de l'ensemble de la chronique, soit au minimum 16 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 octobre 2024 par le BRGM, à partir de données acquises jusqu'au 30 septembre 2024. Source des données : ADES (ades.eaufrance.fr) / Hydroportail (hydro.eaufrance.fr) / Fond de carte © IGN. Producteurs de données et contribution : APRONA, BRGM, Conseil Départemental de la Vendée, Conseil Départemental des Landes, Conseil Départemental du Lot, EPVB Vistre 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 septembre 2024, la vidange prédomine avec 70% des niveaux en baisse (86% en août). Ce phénomène est habituel durant l'été et le début de l'automne. Tant que la végétation ne se met pas en dormance, les précipitations génèrent rarement des pluies efficaces permettant de recharger les nappes, l'eau réussissant à s'infiltrer dans les sols étant entièrement reprise par la végétation.

Cependant, les conditions pour engendrer des épisodes de recharge sont réunies sur de nombreux secteurs : les sols sont humides et les températures faibles limitent l'évapotranspiration et les besoins en eau de la végétation. Par conséquent, les précipitations de septembre ont pu avoir des effets sur les nappes.

Des niveaux en hausse ou stables s'observent principalement dans des secteurs abritant des nappes réactives : nappes des alluvions, nappes des calcaires jurassiques et crétacés et nappes du socle du sud du Bassin parisien, de l'est et du sud du Massif central, du sud-ouest du Bassin aquitain, du sud-est et de la Corse. Des stabilisations voire des hausses de niveaux sont mesurées également pour les nappes inertielles du sud du Bassin parisien et du Bas-Dauphiné, conséquence de l'infiltration lente des pluies estivales.



Etat des nappes d'eau souterraine au 1<sup>er</sup> octobre 2023 (à gauche) et au 1<sup>er</sup> octobre 2024 (à droite)

... La situation est très fragile, avec des niveaux bas à très bas sur les nappes du Roussillon et de l'ouest du Languedoc (Aude, Hérault et Orb). Sur la plaine du Roussillon et le massif des Corbières, l'état des nappes est très préoccupant. Les niveaux sont en baisse depuis plus de 2 ans, atteignant parfois des minima historiques ...

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

## Des chercheurs ont retrouvé les restes d'un plancher océanique vieux de 250 millions d'années !

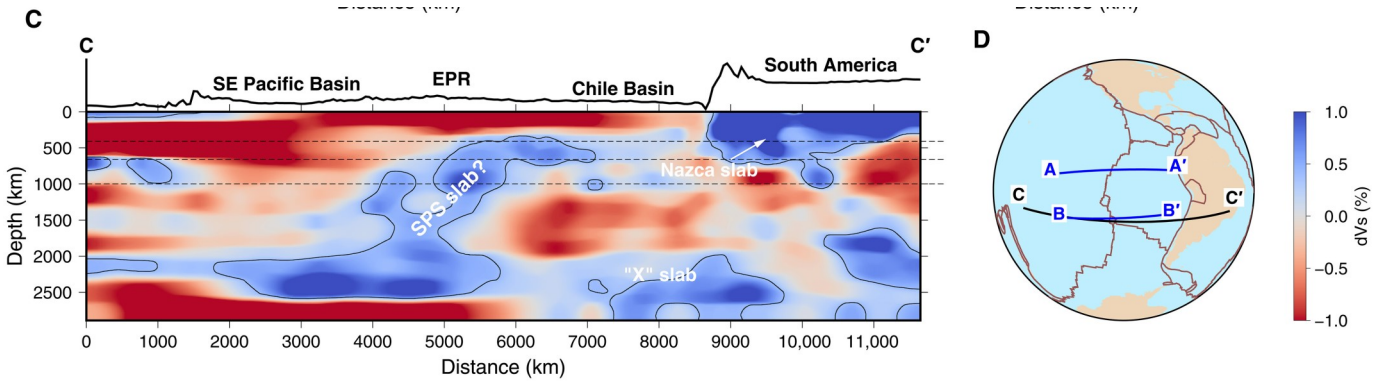
C'est en étudiant la structure du manteau sous la partie sud-est de l'océan Pacifique que des chercheurs se sont rendu compte qu'il y avait là quelque chose de bizarre. Les données de tomographie sismique, une technique qui utilise les ondes sismiques produites par des séismes lointains pour imager la structure interne de la Terre, ont en effet révélé la présence d'une surépaisseur inhabituelle au niveau de la zone de transition du manteau. Celle-ci, qui se trouve entre 410 et 660 kilomètres de profondeur, marque le passage entre le manteau supérieur et le manteau inférieur.

Cette zone de transition correspond aux profondeurs auxquelles l'olivine, principal minéral du manteau, connaît un réarrangement de sa structure cristalline, en raison de l'augmentation de la pression. Ce changement de phase peut cependant être influencé par la température.

La surépaisseur de la zone de transition observée par les scientifiques sous la dorsale *East Pacific Rise* laisse donc penser à la présence de matériel froid dans cette zone du manteau. Or, qui dit matériel froid, dit matériel provenant de la surface. Les chercheurs pensent ainsi avoir identifié les restes d'une ancienne croûte océanique, qui aurait depuis bien longtemps plongé dans le manteau *via* une zone de subduction, à une époque où les premiers dinosaures apparaissaient.

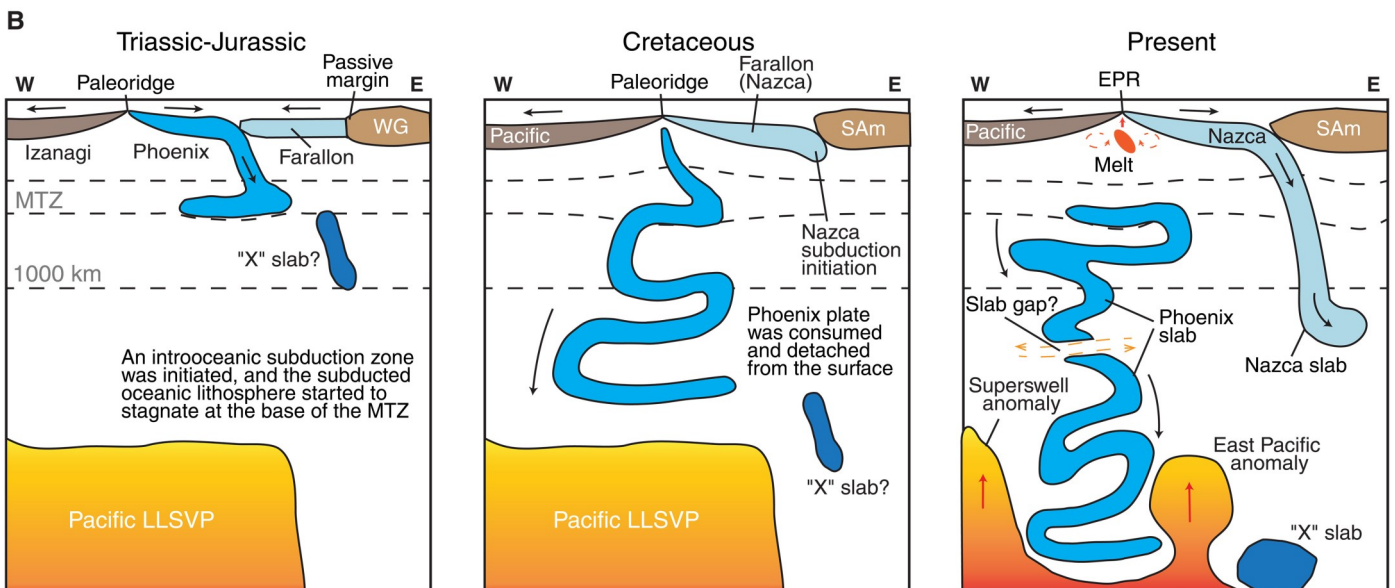
La présence de cette ancienne croûte océanique dans le manteau pourrait d'ailleurs avoir des implications sur l'ensemble de la dynamique de la région. En effet, elle semble être à l'origine de la forme étrange d'une

importante anomalie de vitesse que l'on observe à la base du manteau et que l'on appelle la LLSVP du Pacifique (*large low shear velocity province*), ou superpanache.



Vues en coupe transversale des vitesses des ondes sismiques dans le manteau.

C) Section efficace selon la profondeur du manteau entier des variations de vitesse de l'onde  $S$  dans le modèle LLNL-G3D-JPS le long de la trajectoire orthodromique à 20°S (C-C'). Les lignes noires indiquent un contour de vitesse de +0,4 %. L'image tomographique est lissée par filtrage médian. La bathymétrie/topographie le long du profil est tracée au-dessus de la coupe transversale. Les lignes pointillées indiquent des profondeurs de 410, 660 et 1000 km. L'anomalie « X » représente probablement une plaque ancienne, mais le processus de subduction détaillé reste énigmatique. (D) Emplacement des sections transversales en (A) à (C) avec les limites de plaque (lignes brunes).



Interprétation de l'évolution de l'anomalie SEPR.

B) Le modèle prédit une zone de subduction intraocéanique où la plaque Phoenix a été « subductée » vers l'est sous la plaque Farallon. À la fin du Crétacé, la plaque océanique subduite s'est détachée de la surface, ce qui a coïncidé à peu près avec le début de la subduction de Nazca sur la marge ouest de l'Amérique du Sud. L'interaction entre la plaque Phoenix et le LLSVP du Pacifique a permis de séparer l'anomalie de super-houle et l'anomalie du Pacifique Est. Les deux hypothèses suggèrent un flambage de la dalle dans le manteau inférieur. Les lignes pointillées noires marquent les principales discontinuités du manteau (410, 660 et 1000 km) avec la profondeur.

Pour en savoir plus : [Mesozoic intraoceanic subduction shaped the lower mantle beneath the East Pacific Rise | Science Advances](#)

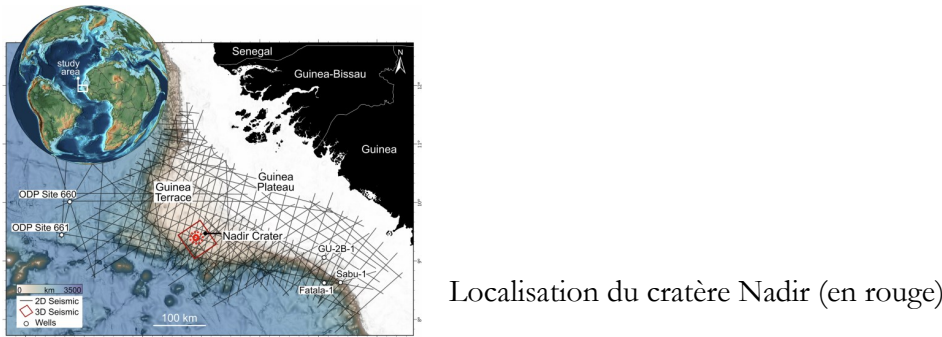
Source : [Des chercheurs ont retrouvé les restes d'un plancher océanique vieux de 250 millions d'années !](#)

# Découverte d'un cratère géant formé il y a 66 millions d'années : quel cataclysme nous cache-t-il ?

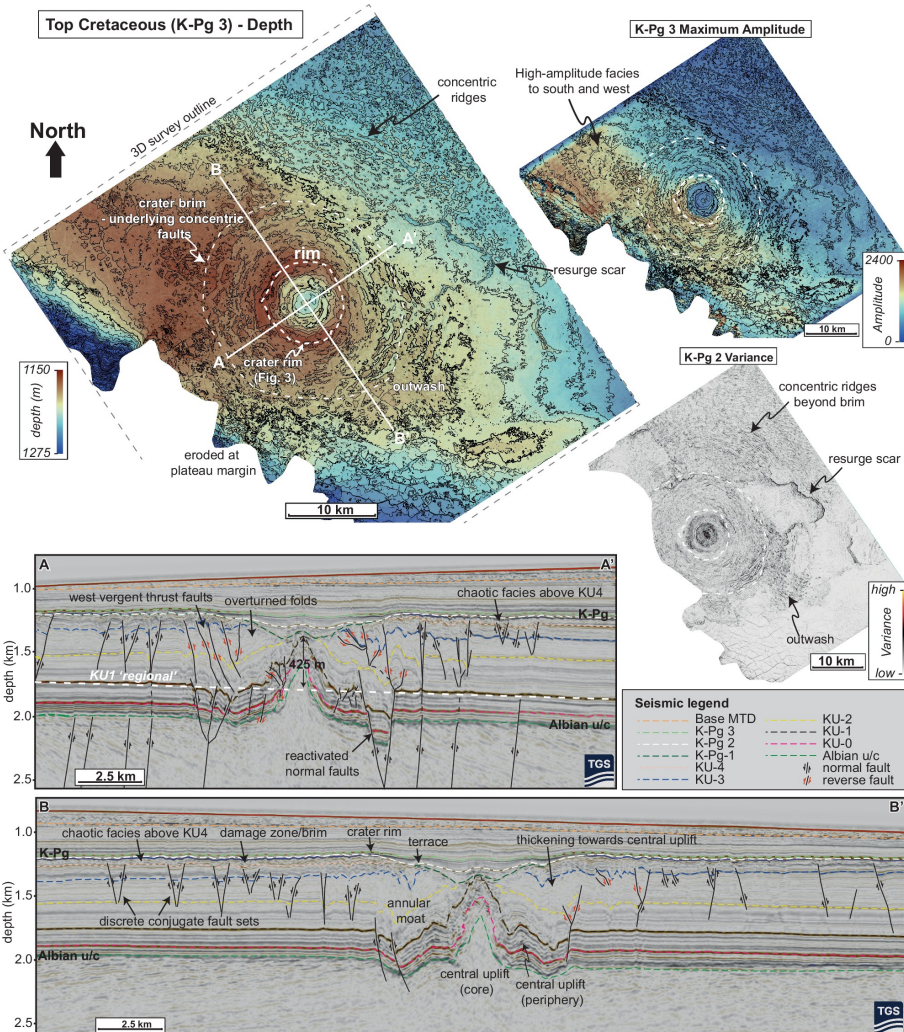
Sur Terre, retrouver la trace d'anciens cratères d'impact n'est pas forcément évident. Les mouvements tectoniques, et surtout l'érosion, en effacent en effet peu à peu les contours. Il est probable que de nombreux cratères passent ainsi inaperçus. Ce qui est certain toutefois, c'est que le cratère Nadir n'aurait jamais pu être trouvé sans l'aide de l'imagerie sismique.

Il a donc été découvert en 2022 lors de l'acquisition et de l'analyse de coupes sismiques en 2D. Cette technique géophysique est basée sur l'envoi d'ondes acoustiques générées, dans le cas des mesures en mer, par des canons à air comprimé tirés par un navire. Comme lors des séismes, les ondes produites vont se propager dans l'eau puis dans le sous-sol, où elles vont être réfléchies et réfractées sur chaque interface présentant un changement d'impédance acoustique.

Le profil sismique montre en effet qu'à partir de 300 mètres sous le fond océanique, les sédiments présentent une forte perturbation en forme de cuvette avec en son centre une nette élévation. Autour de cette zone totalement remaniée, on observe de nombreuses failles normales affectant la stratification. C'est cette analyse de la déformation qui a permis aux chercheurs de définir l'âge du cratère. L'impact aurait donc eu lieu il y a 66 millions d'années, au moment de la transition Crétacé-Paléogène. C'est-à-dire plus ou moins en même temps que l'impact géant du Chicxulub, qui a participé à l'extinction des dinosaures.



Localisation du cratère Nadir (en rouge)



La carte principale montre la surface de profondeur supérieure du Crétacé (K-Pg3) interprétée à partir du cube sismique PSDM, avec des cartes en médaillon montrant les attributs Amplitude maximale et Variance (continuité de réflexion). Des cartes plus détaillées du cratère central sont présentées. La ligne sismique en ligne (A-A') et transversale (B-B') traverse le centre du cratère. Les données 3D révèlent une plus grande complexité structurale autour du soulèvement central, du fossé annulaire et du bord déformé du cratère que ce qui avait été observé précédemment sur les données 2D. La sismique en ligne (A-A') montre que le modèle de déformation est très asymétrique, avec principalement des failles de chevauchement orientées vers l'ouest se produisant des deux côtés du cratère.

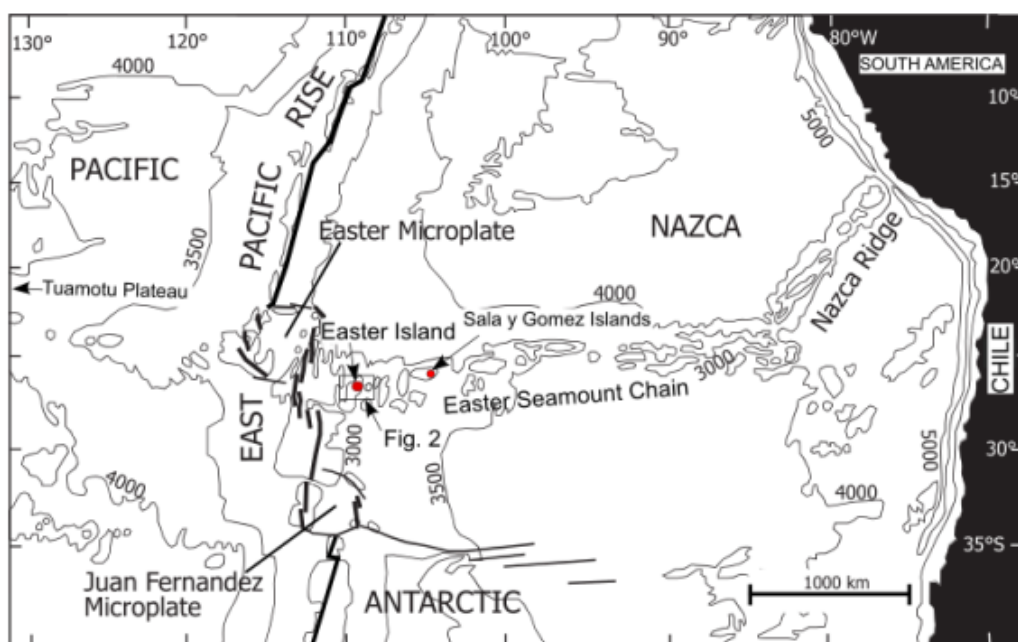
Mais la question que tout le monde se pose est : « *Y a-t-il un lien entre cet impact et celui du Chicxulub ?* » La similarité de l'âge laisse en effet penser qu'à la fin du Crétacé, la Terre a été frappée par plusieurs astéroïdes de grandes tailles. Peut-être s'agit-il de plusieurs fragments d'un astéroïde qui se serait disloqué à proximité de la Terre ? Ou bien la proximité temporelle de ces deux événements n'est-elle que le fruit du hasard ? Il faut noter qu'il est difficile avec ce type de données d'estimer un âge précis. Il est possible que les deux impacts aient ainsi été séparés d'un, voire deux, millions d'années...

Pour en savoir plus : [3D anatomy of the Cretaceous–Paleogene age Nadir Crater | Communications Earth & Environment](#)

Source : [Découverte d'un cratère géant formé il y a 66 millions d'années : quel cataclysme nous cache-t-il ?](#)

## Les roches de l'île de Pâques aident à percer les secrets du manteau terrestre

Si l'île de Pâques est célèbre pour ses statues, elle présente également un grand intérêt pour les géologues. Il s'agit en effet d'une île volcanique située dans l'océan Pacifique, créée par l'éruption de volcans de points chauds il y a 2,5 millions d'années. L'île fait en effet partie d'une chaîne d'îlots et de volcans sous-marins qui s'étale sur 2 700 kilomètres. Pour rappel, ces chaînes volcaniques sont produites par le déplacement de la plaque océanique au-dessus d'un panache magmatique, considéré comme fixe, qui remonte de la base du manteau.



Domaine tectonique de la zone d'étude montrant l'emplacement de l'île de Pâques (Rapa Nui) à l'extrémité la plus occidentale de la chaîne de monts sous-marins de Pâques 118 sur la plaque de Nazca, à l'est de la montée du Pacifique Est.

Toutefois, une équipe de chercheurs a mis au jour un étrange paradoxe temporel : si les laves ont bien été émises il y a 2,5 millions d'années, elles contiennent des minéraux appelés zircons, qui dateraient de 165 millions d'années. Le mystère s'est épaissi lorsque les analyses chimiques ont révélé que les zircons provenaient de la même source magmatique que les volcans actuels de l'île. Il est pourtant totalement exclu que les volcans de l'île de Pâques aient été actifs il y a 165 millions d'années, tout simplement parce que la plaque océanique qui les porte... n'existait pas à cette époque !

Pour résoudre cette énigme, les chercheurs ont simulé le mouvement des plaques dans le passé et les potentiels processus volcaniques associés. Il est ainsi apparu qu'il y a 165 millions d'années, l'endroit où se trouve actuellement l'île de Pâques était occupé par un vaste plateau volcanique produit par le point chaud. Ce plateau a bien sûr aujourd'hui disparu, emporté par subduction sous la plaque antarctique il y a 110 millions d'années.

Ce scénario est particulièrement intéressant car il permet d'expliquer une phase de déformation de la croûte antarctique à ce moment précis, qui serait liée à l'entrée en subduction du plateau magmatique. Ces résultats, publiés sur le site *ESS Open Archive* (mais non encore revus par des pairs), suggèrent que le point chaud de l'île de Pâques est actif depuis très longtemps, ce qui permet d'expliquer la présence de zircons vieux de 165 millions d'années dans les laves beaucoup plus récentes. Ces minéraux, formés lors d'un précédent événement volcanique, auraient en effet été stockés tout ce temps au sein du manteau avant d'être emportés

avec le nouveau magma produit lors de la formation de l'île de Pâques.

Cette hypothèse a toutefois une implication géodynamique importante : elle nécessite que les courants qui animent perpétuellement le manteau soient plus lents qu'on ne le pensait jusqu'à présent. Dans le cas contraire, les zircons formés il y a 165 millions d'années auraient en effet tout simplement été emportés plus loin et n'auraient pas pu être retrouvés dans les roches volcaniques de l'île de Pâques.

Pour en savoir plus : [Zircon xenocrysts from Easter Island \(Rapa Nui\) reveal hotspot activity since the middle Jurassic](#)

Source : [Les roches de l'île de Pâques aident à percer les secrets du manteau terrestre](#)

## Un astéroïde a fait bouillir les océans il y a 3,26 milliards d'années !

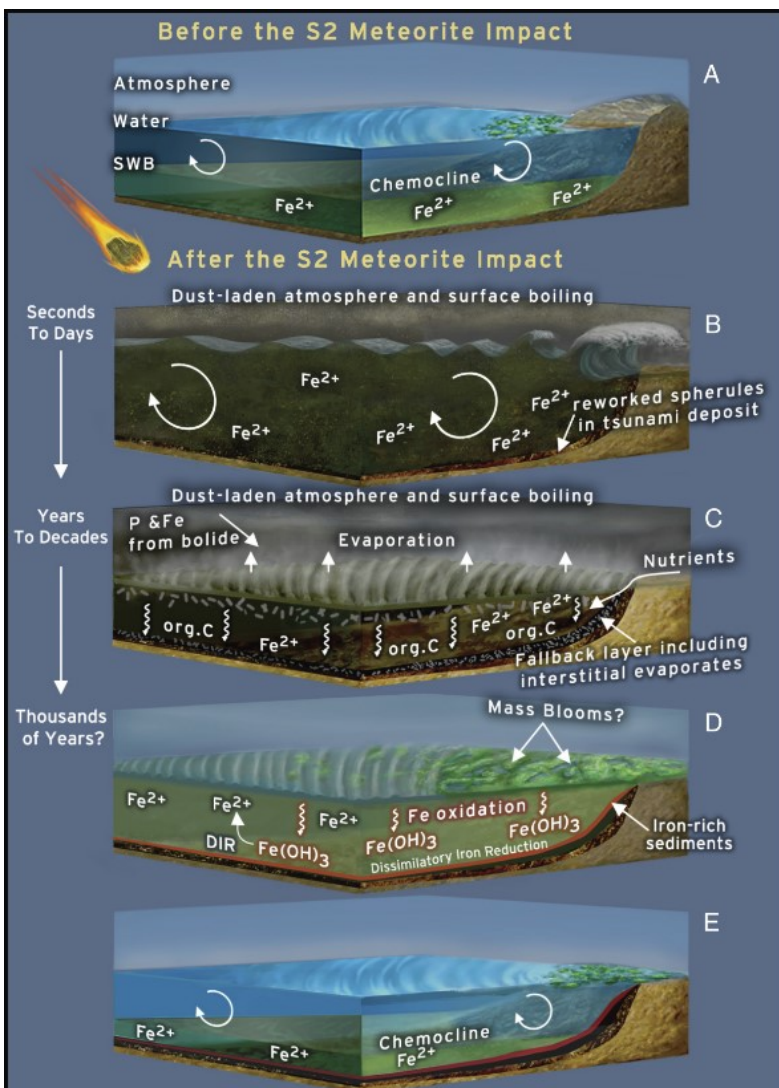
L'idée prévaut que les planètes sont nées par accréation et, effet boule de neige, dans un disque de matière passant progressivement de l'état de poussières et de gaz à celui d'embryons de planètes en collisions violentes, comme celle à l'origine de la Lune justement.

Rappelons que l'on pense en effet que la Lune s'est formée il y a environ 4,5 milliards d'années à partir des débris d'un impact géant entre une petite planète de la taille de Mars baptisée Théia et la jeune proto-Terre.

Nous avons donc toutes les raisons de penser que, pendant l'Hadéen sur Terre, c'est-à-dire il y a en gros entre 4,56 et 4 milliards d'années, notre Planète bleue devait être un monde volcanique et chaotique digne de celui du dieu des enfers grec, Hadès, avec là aussi des collisions massives avec des astéroïdes et des comètes. Entre il y a 4 milliards et 2,5 milliards d'années, pendant l'Archéen, tout était plus calme et on pense que des océans et des formes de vie existaient déjà.

*Représentation schématique des effets possibles de l'impact sur l'environnement et la vie.*

(A) L'environnement avant l'impact. La colonne d'eau est définie par un  $\text{Fe}^{2+}$ -enrichi en profondeur et en  $\text{Fe}^{2+}$ -Colonne d'eau peu profonde appauvrie. La vie (représentée par des taches vertes) était active, mais probablement moins productive qu'aujourd'hui. (B) L'impact a déclenché un grand tsunami qui a balayé le monde. Au cours de ce processus, il a déchiré le fond marin, mélangé la colonne d'eau et provoqué des eaux troubles. L'émission de poussière et de particules dans l'atmosphère par l'impact a provoqué une obscurité mondiale, qui a pu durer des années à des décennies. (C) L'échauffement par impact atteint son apogée, provoquant une évaporation partielle des océans, la précipitation de minéraux évaporitiques dans la colonne d'eau et les sédiments, et une augmentation de l'altération et de l'érosion de la masse continentale exposée. Cela aurait duré jusqu'à quelques années (2). (D) Une fois que la poussière s'est retombée et que l'eau est retombée dans les océans, les conditions ont pu être bénéfiques à la vie. Les concentrations de P et de Fe ont augmenté en raison des contributions du bolide lui-même, d'une augmentation de l'altération et de l'érosion, et du mélange d'eaux profondes riches en Fe dans des eaux peu profondes. En particulier, les métabolismes à base de Fe peuvent avoir bénéficié de l'augmentation du Fe dans la colonne d'eau peu profonde. (E) L'environnement revient aux valeurs d'arrière-plan d'avant l'impact jusqu'au prochain impact. DIR = réduction dissimilatoire du fer, org. C = carbone organique ;  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  = oxyhydroxydes de fer.



Nadja Drabon et ses collègues ont exploré comme d'autres avant eux la mythique région de Barberton en Afrique du Sud où se trouvent des roches datant du début et du milieu de l'Archéen faisant partie de la non moins célèbre « ceinture de roches vertes », plus connue en anglais et dans le monde de la géologie sous le nom de *Barberton Greenstone Belt*.

Il s'agit de restes métamorphisés d'une zone volcanique associés à des roches sédimentaires où, depuis des années, les chercheurs pensent avoir trouvé des indications de l'existence de formes de vie très anciennes dans la formation de *Fig Tree*, également appelée *groupe de Fig Tree*, une formation géologique contenant des stromatolites avec des fossiles de formes de vie microscopiques vieilles d'environ 3,26 milliards d'années.

Non loin de cette région coule la rivière Komati, qui a donné son nom à des laves particulièrement fluides qui coulaient là-bas, il y a plus de trois milliards d'années, les komatiïtes, et qui ne s'épanchent quasiment plus qu'à titre très exceptionnel depuis la fin de l'Archéen. Leur viscosité devait être similaire à celle de l'eau puisqu'elles s'écoulaient à des températures supérieures à 1 400 °C et même, probablement, plus de 1 600 °C.

Mais ce qui a intéressé Nadja Drabon, c'est l'investigation de la sédimentologie, la pétrographie et la géochimie des isotopes du carbone des roches sédimentaires de l'impact S2, un astéroïde produit par un astéroïde constitué de roches similaires aux météorites dites chondrites carbonées comme Allende.

Sur notre Planète bleue, les archives géologiques de l'éon archéen enregistrent au moins 16 impacts majeurs impliquant des bolides de plus de 10 kilomètres de diamètre. Dans le cas de S2, on estime que c'est un corps céleste d'environ 4 fois la taille de l'Everest, et pesant sans doute de 50 à 200 fois celui à l'origine du cratère de Chicxulub associé à la disparition des dinosaures, qui est entré en collision avec la Terre il y a 3,26 milliards d'années.

Il n'y avait que des organismes monocellulaires à ce moment-là, mais, dans le tableau dressé par Nadja Drabon et ses collègues à partir des centaines de kilos de roches récoltés à Barberton et analysés en laboratoire, il apparaît que la vie a été particulièrement résiliente. Mieux, l'impact l'a même favorisé, le matériau du corps céleste ayant enrichi les océans en phosphore.

Pour en savoir plus : [Effect of a giant meteorite impact on Paleoproterozoic surface environments and life | PNAS](#)

Source : [Un astéroïde a fait bouillir les océans il y a 3,26 milliards d'années !](#)

---

## La terre s'effondre à cause de l'agriculture intensive

L'Anatolie centrale, grenier à blé de la Turquie, est confrontée à un défi environnemental majeur. Des trous béants, appelés dolines, apparaissent de plus en plus fréquemment dans les champs de la région de Konya Karapınar. Ce phénomène, autrefois naturel, s'est amplifié de manière spectaculaire ces dernières années en

raison des pratiques agricoles intensives. Les conséquences de cette situation sont multiples et préoccupantes, tant pour l'environnement que pour les populations locales.

Les dolines, ces effondrements de terrain circulaires, ont connu une augmentation exponentielle en Anatolie centrale. Selon le Centre de recherche sur les dolines de l'université technique de Konya, leur nombre est passé de 299 en 2017 à 2 550 en 2021. Cette progression fulgurante s'explique par l'intensification des pratiques agricoles dans la région.

Le professeur Fetullah Arik, directeur du département d'ingénierie géologique de l'université de Konya, souligne l'ampleur du problème :

- baisse annuelle du niveau des nappes phréatiques de 1 à 2 mètres après les années 2000 ;
- chute de plus de 20 mètres par an dans certains puits d'observation ces dernières années.

Ces chiffres alarmants témoignent de l'épuisement rapide des ressources en eau souterraine, principal facteur de formation des dolines.



Une doline dans la région de Konya

La transition vers une agriculture intensive dans les années 1960 a profondément modifié le paysage agricole de la région. Les agriculteurs ont commencé à creuser des puits toujours plus profonds pour irriguer leurs cultures. À Konya Karapınar, près de 90 % de l'eau est utilisée à des fins agricoles, dont la moitié provient des nappes souterraines.

Face à la demande croissante en eau, le nombre de puits forés illégalement a explosé. Alors que 35 000 puits sont officiellement autorisés dans la région de Konya Karapınar, les estimations suggèrent l'existence de plus de 100 000 puits illégaux. Cette surexploitation incontrôlée des nappes phréatiques accélère le processus de formation des dolines.

Bien que particulièrement marqué en Turquie, ce phénomène d'effondrement des sols lié à l'exploitation intensive des ressources souterraines n'est pas isolé. Des cas similaires ont été observés en Australie, en Israël et aux États-Unis, notamment en Floride. Ces exemples soulignent l'urgence d'une prise de conscience globale sur l'utilisation durable des ressources en eau.

---

## Découverte extraordinaire d'une tache verte sur Mars qui pourrait changer l'histoire

Il s'agit d'une toute petite tache verte sur une roche que le rover Perseverance a croisé lors de son ascension du cratère Jezero. Une toute petite tache verte qui pourtant entretient l'espoir qu'une vie sur Mars a pu exister.



Photo prise par Perseverance de la zone abrasée sur le site « *Serpentine Rapids* ». Le diamètre de l'abrasion mesure cinq centimètres. Dans le coin haut à gauche, on peut observer une petite tache verdâtre de deux millimètres de diamètre. L'image a été prise le 19 août 2024 (sol 1243). © Nasa, JPL-Caltech

s'infiltrer à travers les sédiments encore meubles, entraînant une réaction chimique qui transforme le fer oxydé en ion  $Fe^{2+}$  (forme réduite). Or, cette réaction de réduction implique parfois une activité microbienne, ou bien la présence de matière organique en train de se dégrader. Les conditions favorables à la réduction du fer peuvent cependant être également obtenues sans l'aide du vivant, par l'interaction entre le soufre et le fer.

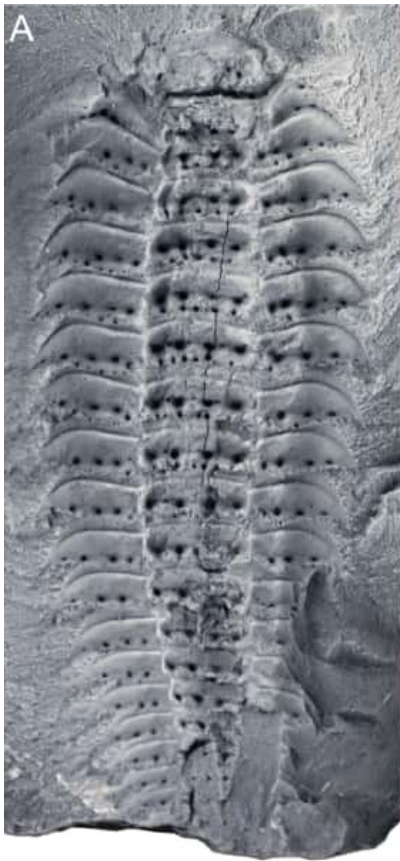
Source : [Découverte extraordinaire d'une tache verte sur Mars qui pourrait changer l'histoire](#)

---

## On sait enfin à quoi ressemblait ce mille-pattes géant de 2,6 m de long !

Durant cette période géologique, les continents sont alors tous rassemblés en un supercontinent nommé Pangée. Sous un climat chaud et très humide se développent de denses forêts, peuplées de nombreux animaux que nous connaissons bien. Araignées, vers, scorpions, libellules... sauf que leur taille n'a rien à voir avec celle



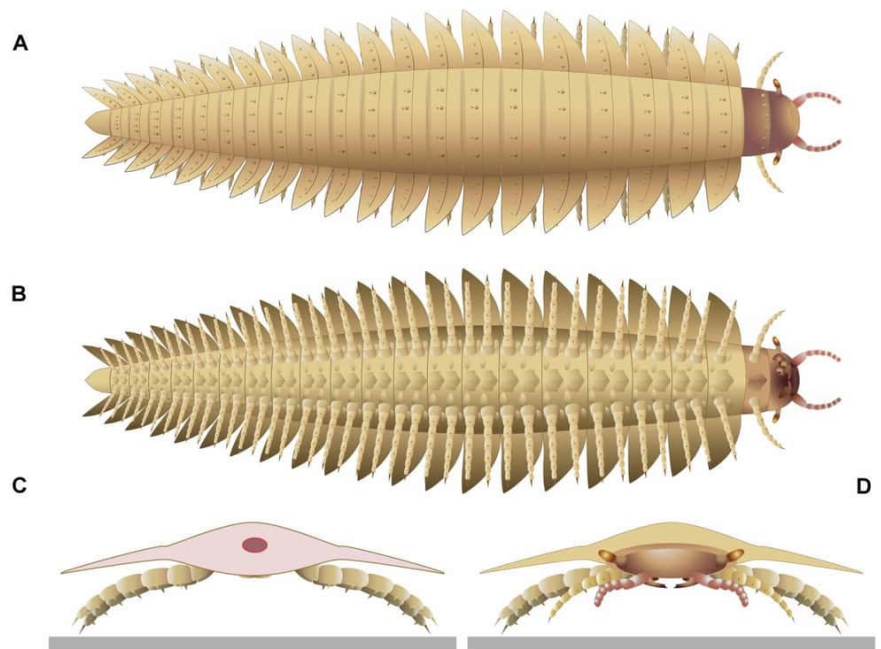


Fossile d'*Arthropleura*. © Lhéri-tier et *al.*, *Sciences Advances* 10, eadp6362 (2024)

de leurs descendants actuels ! Le fort taux d'oxygène dans l'atmosphère a en effet favorisé leur gigantisme.

Dans les airs volaient ainsi d'énormes libellules de 75 centimètres d'envergure, alors qu'au sol rampaient des mille-pattes géants de plus de deux mètres de long. *Arthropleura* est en effet emblématique de cette période. Pouvant atteindre 2,6 mètres pour un poids de 50 kilos, cet invertébré ayant vécu entre 345 et 290 millions d'années est le plus grand arthropode qui ait jamais existé. Ses fossiles, retrouvés en Europe et en Amérique du Nord, révèlent un corps aplati recouvert de plaques et composé d'une trentaine de segments articulés. Il s'agissait certainement d'un herbivore. Toutefois, de nombreuses zones d'ombre persistent. La plupart des fossiles sont en effet incomplet, la tête étant souvent manquante ou en mauvais état de préservation. Il s'agit pourtant d'une partie essentielle pour définir clairement l'anatomie et l'écologie de cet animal.

L'analyse d'un fossile exceptionnellement préservé retrouvé sur le site de Montceau-les-Mines en France a cependant permis de révéler la structure anatomique de la tête. La découverte a été dévoilée dans un article publié dans la revue *Science Advances*...



Reconstitution du spécimen MNHNF. F.SOT002123.

(A) Vue dorsale. (B) Vue ventrale. (C) Vue de dos. (D) Vue de face. Les maxillaires gauches ont été enlevés sur (B) pour mieux illustrer la mandibule en dessous. Le cercle rouge sur (C) indique la position du tube digestif.

Pour en savoir plus : [Head anatomy and phylogenomics show the Carboniferous giant \*Arthropleura\* belonged to a millipede-centipede group | Science Advances](#)

Source : [On sait enfin à quoi ressemblait ce mille-pattes géant de 2,6 m de long !](#)