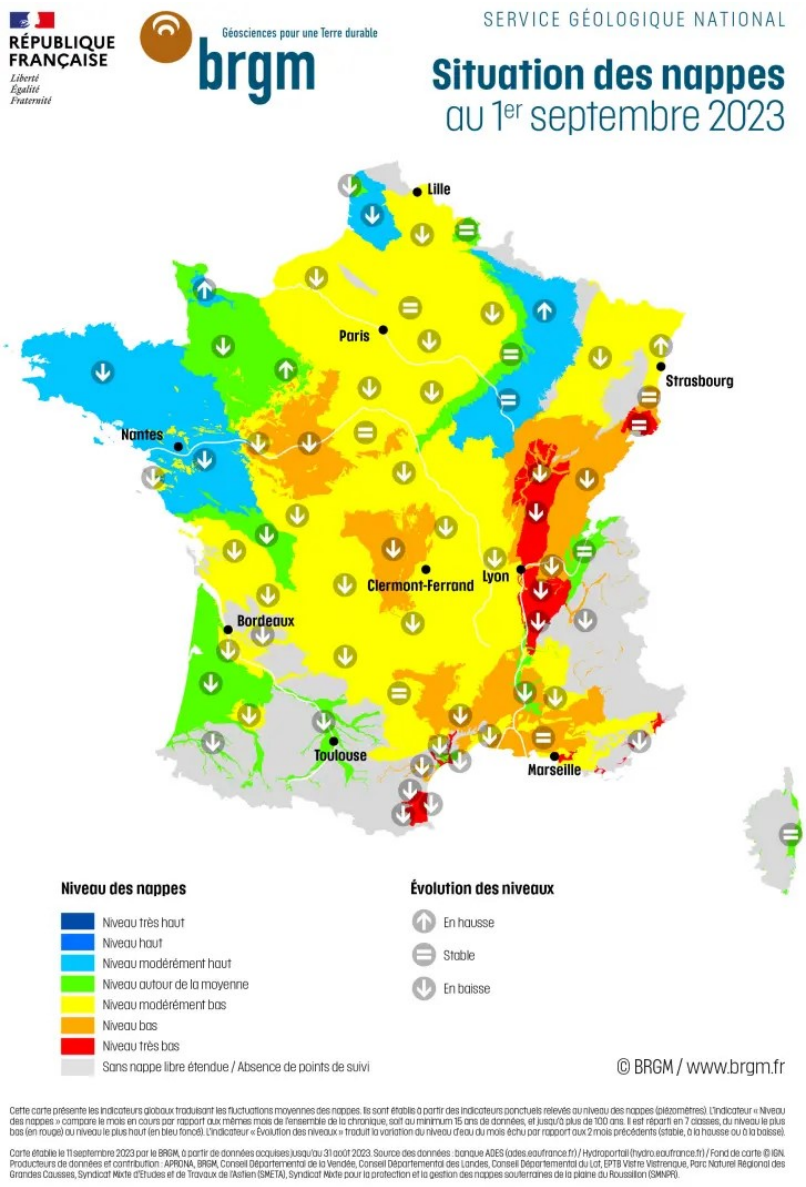
Quelques news de géologie - Septembre 2023

Nappes d'eau souterraine au 1er septembre 2023



Sur le tiers nord de la France, les précipitations de juillet et d'août ont permis d'engendrer des épisodes de recharge courant août et de limiter les prélèvements. L'impact sur les niveaux piézométriques dépend de la réactivité de la nappe et des cumuls pluviométriques locaux. Ainsi, la plupart des nappes réactives du Cotentin à l'Alsace affichent des niveaux en hausse ou stables en août. Concernant les nappes inertielles du Bassin parisien et de l'Artois, l'impact des pluies est contrasté. Généralement, les pluies ont été insuffisantes pour permettre d'inverser la tendance à la baisse mais la vidange a été ralentie. Sur quelques secteurs moins inertiels ou plus arrosés, les tendances sont stables ou en hausse.

Sur les deux-tiers sud du territoire, la vidange se poursuit. Ce constat n'est pas surprenant en quasi-absence de précipitations durant le mois sur ce secteur. La vitesse de la vidange dépend essentiellement des volumes prélevés. En Corse, les précipitations enregistrées lors de la tempête Réa des 28-29 août ont permis d'enregistrer des pics de recharge sur les nappes très réactives.

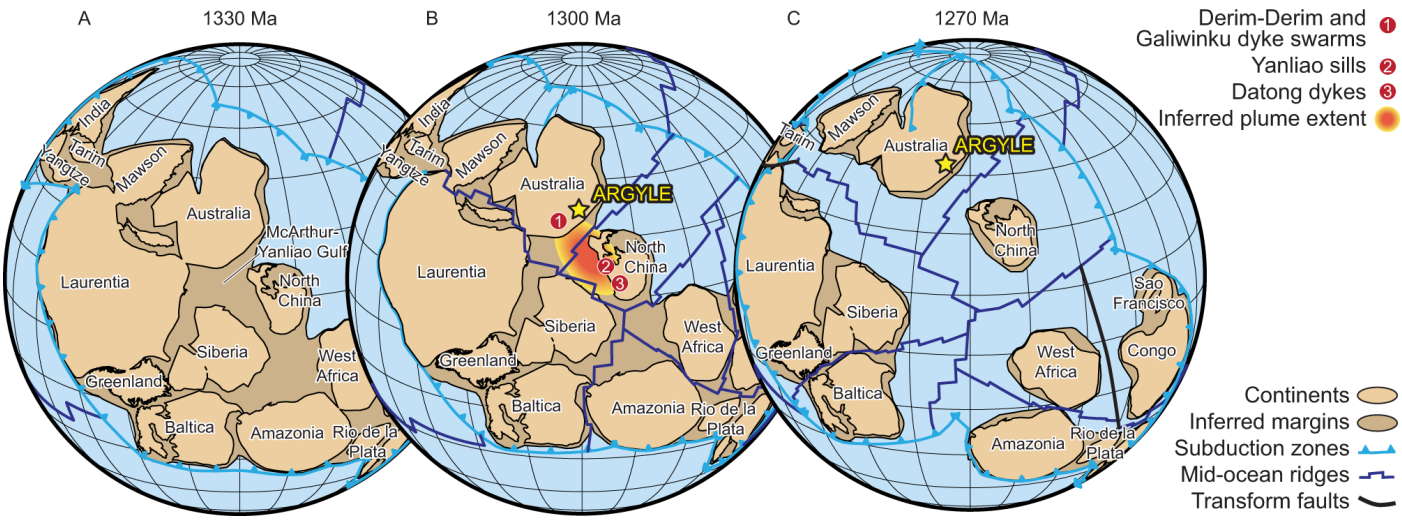
Source : Nappes d'eau souterraine au 1er septembre 2023 | BRGM

Le mystère des diamants roses enfin dévoilé : voici pourquoi ils sont si rares !

Pierres précieuses emblématiques, les diamants doivent leur rareté aux conditions extrêmes nécessaires à leur formation. Ces petits cristaux à la dureté exceptionnelle se forment en effet à très hautes températures et très fortes pressions, vers 140 à 190 kilomètres sous la surface terrestre. Leur croissance extrêmement lente, de l'ordre du milliard d'années, et les processus magmatiques bien spécifiques nécessaires à leur remontée en surface ne font qu'ajouter de la valeur à ces minéraux si prisés des joaillers. Alors, que dire des diamants roses ? Seul un diamant sur 100 000 posséderait en effet cette couleur, en faisant un minéral exceptionnel.

Très peu de gisements au monde peuvent ainsi se targuer d'extraire régulièrement des diamants roses. C'est pourtant le cas d'Argyle, qui produit environ 90 % des diamants roses sur le marché. Il faut dire que cet ancien volcan situé en Australie possède une particularité : la mine a en effet été creusée au cœur d'une cheminée de lamproïte et non pas de kimberlite comme c'est le cas habituellement. Si les processus géodynamiques à l'origine de cette roche volcanique restent encore mystérieux, une nouvelle étude apporte cependant de nouvelles données qui pourraient permettre de mieux comprendre la formation de ce gisement.

Une équipe de chercheurs a en effet réalisé une nouvelle datation de ces roches. Les résultats publiés dans la revue *Nature communications* suggèrent ainsi que la lamproïte d'Argyle se serait formée il y a environ 1,3 milliard d'années, soit 100 millions d'années plus tôt que ce que l'on pensait jusqu'à présent.



A At 1330 Ma. **B** At 1300 Ma. **C** At 1270 Ma. The paleogeographic reconstruction is made using GPlates 2.3 open-source software (https://www.gplates.org/) with the full-plate model of Li et al. The potential extent of plume head that caused the Derim Derim-Galiwinku-Yanliao LIP is also shown, with its dimension elongated along rift zones

L'on sait en effet depuis longtemps qu'Argyle se situe au niveau d'une zone de suture entre deux très anciens blocs continentaux, le craton de Kimberley et le craton d'Australie du Nord. Cette collision s'est produite il y a environ 1,8 milliard d'années lors de la formation de Nuna, l'un des plus anciens supercontinents de la Terre. Cet environnement de très forte pression tectonique semble être un élément essentiel pour l'obtention de diamants roses. Restait à comprendre comment ces cristaux étaient ensuite arrivés en surface.

La nouvelle datation montre cependant que les lamproïtes d'Argyle se seraient formées seulement 500 millions d'années plus tard. Une date qui correspond avec un événement tectonique bien particulier : l'ouverture continentale. Il y a 1,3 milliard d'années, le supercontinent commence en effet à se fracturer. Mais dans la région d'Argyle, il n'y parvient pas totalement. La croûte est alors fortement amincie, permettant la remontée de magma en surface. Un magma emportant avec lui les fameux diamants roses formés en profondeur lors de la précédente étape de collision.

Pour en savoir plus : Emplacement of the Argyle diamond deposit into an ancient rift zone triggered by supercontinent breakup | Nature Communications

Source : Le mystère des diamants roses enfin dévoilé : voici pourquoi ils sont si rares ! (futura-sciences.com)

Le prochain supercontinent fera périr de chaud l'Humanité !

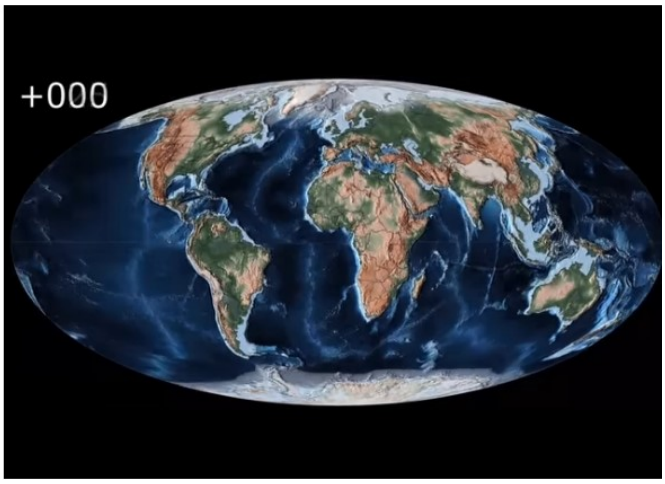
La constitution de la théorie de la tectonique des plaques, le paradigme des sciences de la Terre, s'est effectuée des années 1960 aux années 1970. La théorie pouvait être concrètement vérifiée dans la fameuse dépression de l'Afar dont la vraie nature a été comprise à partir des expéditions d'Haroun Tazieff et ses collègues Giorgio Marinelli, Franco Barberi et Jacques Varet.

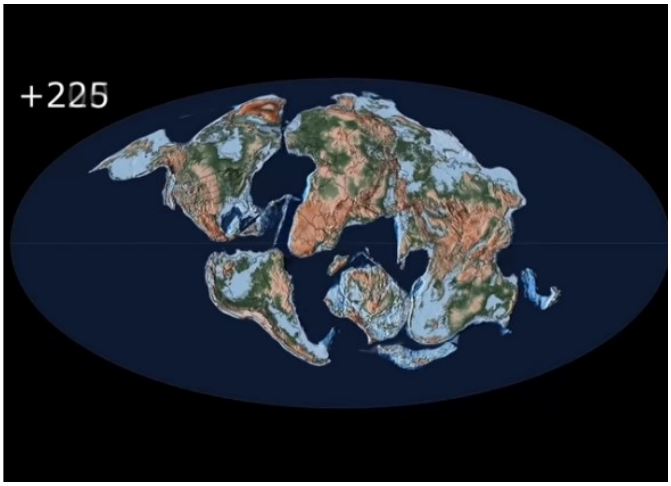
On a compris à ce moment-là dans les grandes lignes les mécanismes de formation des chaînes de montagnes, que ce soit avec la cordillère des Andes ou l'Himalaya, en raison de collisions et subductions de plaques tectoniques. L'étude des champs magnétiques fossilisés dans des roches datées permet de déterminer l'inclinaison des lignes de champs magnétiques au moment de la formation de ces roches, inclinaison qui donne la latitude de l'endroit où ces roches ont été récoltées.

Avec d'autres analyses des terrains géologiques, cela rend possible de retracer les mouvements de ces terrains pendant des centaines de millions d'années et même quelques milliards. On constate alors que pendant ces temps anciens, les continents se sont rassemblés puis séparés périodiquement, formant des chaînes de montagnes dont des vestiges sont aujourd'hui bien visibles, par exemple sous la forme des chaînes de montagnes des Appalaches aux États-Unis ou bien encore les montagnes de Norvège, de Svalbard, d'Écosse, les collines du nord de l'Irlande et l'est du Groenland qui témoignent de ce que l'on appelle orogenèse calédonienne (rappelons que l'orogenèse est le terme scientifique désignant en gros l'ensemble des mécanismes de formation des montagnes).

Ce phénomène périodique d'ouverture et de fermeture de paléo-océans qu'accompagnent des collisions et fragmentations de supercontinents - comme la fameuse Pangée ou la défunte Téthys - a reçu un nom, celui de cycle de Wilson en raison des travaux qui l'ont mis en évidence et que l'on doit au géologue et géophysicien canadien John Tuzo Wilson (1908-1993). Un cycle de Wilson dure entre 400 et 600 millions d'années et on peut dire que nous sommes actuellement au milieu d'un de ces cycles.

Notre connaissance des mécanismes derrière ce phénomène et la mesure des mouvements des plaques tectoniques actuelles laissent penser qu'un nouveau supercontinent unique naîtra d'ici environ 250 millions d'années. Plusieurs hypothèses ont été considérées, comme celle de l'Amasie, et des noms différents avancés pour les désigner, parfois en les confondant. On parle ainsi de Pangée prochaine (*Pangea Proxima*), de Pangée ultime (*Pangea Ultima*) ou de nouvelle Pangée.





Nous savons que les positions des continents, des océans et les chaînes de montagnes influent sur le climat global de la Terre. Nous savons aussi que la luminosité du Soleil croît avec le temps, de sorte que d'ici 1,5 milliard d'années environ, la température de la Terre sera si élevée que même si le Soleil sera encore à des milliards d'années du stade de géante rouge, les océans de notre Planète bleue seront en ébullition et s'évaporeront.

C'est avec ces données en tête que des chercheurs menés par des membres de l'Université de Bristol ont réalisé des travaux conduisant à un article publié dans *Nature Geoscience*. Selon eux, lorsque *Pangea Ultima* sera formée, sous l'influence du rayonnement solaire dans 250 millions d'années, le climat continental sera si chaud que les températures seront incompatibles avec l'existence des mammifères, ce qui veut dire que si l'humanité existe encore, alors elle s'éteindra…

Pour en savoir plus : Climate extremes likely to drive land mammal extinction during next supercontinent assembly | Nature Geoscience

Source : Le prochain supercontinent fera périr de chaud l'Humanité ! (futura-sciences.com)

Des monstres de l'Odyssée aux chocs sismiques : les dangers du détroit de Messine sont bien réels !

Aujourd'hui connu des navigateurs à cause de ses dangereux courants, le détroit de Messine jouit cependant d'une triste renommée depuis bien longtemps. Cet étroit bras de mer qui sépare la Sicile de la pointe de l'Italie est ainsi mentionné pour la première fois dans l'*Odyssée* d'Homère. Les auteurs antiques le décrivent comme le repaire de deux monstruosités : Scylla et Charybde. Chacune résidant de part et d'autre du détroit, Scylla du côté sicilien et Charybde du côté italien. La première est une nymphe transformée en monstre marin à multiples têtes. Juste en face d'elle, Charybde ne donne pas plus envie : fille de Poséidon et de Gaïa, elle fut transformée en monstre avalant tout sur son passage. L'expression « *tomber de Charybde en Scylla* » signifie d'ailleurs que l'on évite un problème en choisissant une solution encore pire.

Passer entre les deux monstres était donc particulièrement risqué et fort est de constater que le détroit de Messine fut le lieu de nombreux naufrages du fait d'une navigation rendue très compliquée au milieu de courants puissants et bien particuliers. Mais cette mauvaise réputation est-elle seulement liée à cette difficulté de navigation ?

La région est en effet l'une des plus actives en Méditerranée du point de sismique. Nombreux sont les tremblements de terre à avoir ébranlé la zone, souvent de façon très intense. Et pour cause : le détroit de Messine doit son existence à deux grands ensembles de failles normales qui se font face, formant une dépression (un graben) envahie par la mer. Sicile et Italie sont donc situées sur deux blocs qui se déplacent l'un par rapport à l'autre en produisant fréquemment de puissants séismes.

Une nouvelle étude permet de mieux comprendre ce contexte géologique. Publiée dans la revue *Basin Research*, cette étude révèle la position, la morphologie et les interactions entre les différentes failles. Il apparaît ainsi que le détroit de Messine est une importante zone de transfert de contraintes tectoniques, avec des failles actives migrant progressivement vers l'intérieur du graben. Il en résulte un rétrécissement graduel du détroit, qui s'approfondit au fur et à mesure.

Pour en savoir plus : Structure and morphology of an active conjugate relay zone, Messina Strait, southern Italy - Dorsey - Basin Research - Wiley Online Library

Source : Des monstres de l'Odyssée aux chocs sismiques : les dangers du détroit de Messine sont bien réels ! (futura-sciences.com)

Quand et pourquoi la vie sur Terre s'est dotée d'un squelette ?

Quand on rembobine la longue histoire de la vie terrestre, on se rend compte à quel point certaines étapes ont marqué un tournant majeur dans l'évolution des espèces. L'apparition d'un processus que l'on appelle la biominéralisation en est une. Sans elle, le monde serait certainement bien différent de ce qu'il est aujourd'hui ! Car la biominéralisation regroupe l'ensemble des mécanismes biologiques permettant la production de tissus minéralisés, comme les coquilles... et les os. L'apparition de la biominéralisation a donc fait basculer le monde du vivant, permettant la transition entre un monde peuplé d'organismes unicellulaires à des organismes bien plus complexes et diversifiés.

Le Big Bang évolutif de l'Édiacarien

Cette transition s'est produite durant la fameuse période de l'Édiacarien (635 à 541 millions d'années). C'est à cette époque qu'apparaissent en effet les premières traces de vie multicellulaires, sous la forme de vers et d'autres organismes à la forme très étranges, comme *Dickinsonia*. Parmi ces organismes se trouve *Cloudina*, qui prend la forme de petits cônes calcaires empilés les uns dans les autres pour former un tube d'environ 1,5 centimètre de long. Il s'agit à ce jour de la forme de vie la plus ancienne présentant une biominéralisation. L'apparition du genre *Cloudina* est datée de 551-550 millions d'années, vers la fin de l'Édiacarien. Les plus anciens fossiles ont été retrouvés en Namibie, dans le Parc national de Tsau Khaeb. Si l'importance de cette étape dans l'évolution ne fait aucun doute, les raisons qui ont mené à l'apparition du processus de biominéralisation, en ce lieu et à cette époque, restent toutefois un mystère.

Une équipe de chercheurs pourrait cependant enfin avoir trouvé une explication. Dans un article publié dans la revue *Earth and Planetary Science Letters*, les scientifiques décrivent les analyses conduites sur les roches sédimentaires ayant emprisonné les petits fossiles du genre *Cloudina*.

Roche sédimentaire en Namibie comportant des fossiles de *Cloudina*. © Bowyer et al, 2023.

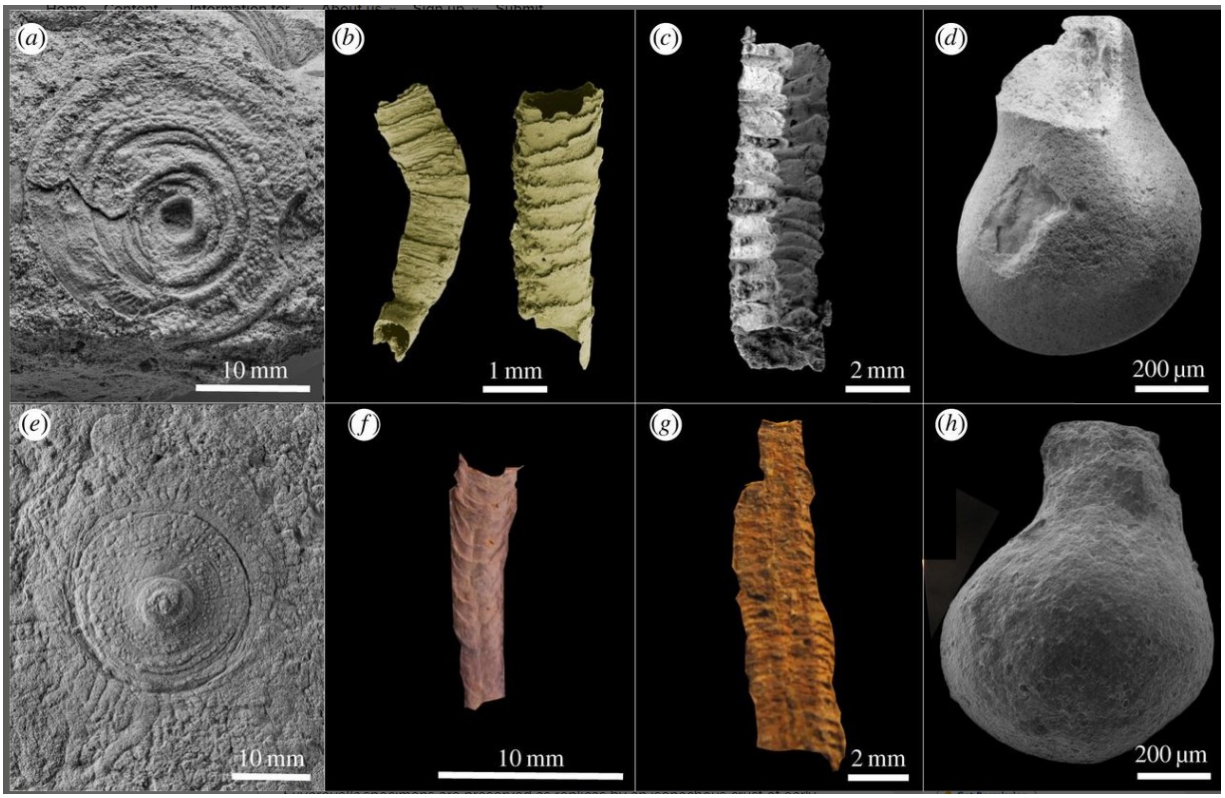


Figure 2. (*a*–*d*) Ediacaran skeletal and (*e*–*h*) non-skeletal counterparts. (*a*) Skeletal *Suvorovella*. (*b*) Skeletal *Cloudina* (Photo: Shuhai Xiao). (*c*) Skeletal *Sinotubulites* (Photo: Shuhai Xiao/Yaoping Cai). (*d*) Skeletal *Protolagena* (Photo: Shuhai Xiao/Hong Hua). (*e*) Organic *Eoporpita medusa*. (*f*) Organic *Conotubus* (photo: James Schiffbauer/Yaoping Cai). (*g*) Organic *Corumbella* (photo: Lucas Warren). (*h*) Organic *Sicylagena* (Photo: Shuhai Xiao/Hong Hua).

L'analyse isotopique du carbone et de l'oxygène a ainsi permis de mettre en évidence les conditions du milieu dans lesquelles ils sont apparus. En effet, lorsque l'eau de mer s'évapore sous l'effet de températures élevées, elle emporte avec elle les isotopes les plus légers de l'oxygène, soit l'oxygène 16, laissant dans la mer résiduelle les isotopes plus lourds. L'océan se retrouve alors enrichi en oxygène 18, de même que les sédiments carbonatés qui vont se déposer à ce moment-là. De la même façon, le ratio des isotopes de carbone est impacté par la présence d'une activité photosynthétique. Les organismes photosynthétiques utilisent en effet de préférence le carbone 12 plus léger, laissant l'océan enrichi en carbone 13 (de même que les sédiments).

De ces analyses isotopiques, les chercheurs ont pu tirer des conclusions sur l'environnement dans lequel sont apparus les tout premiers organismes possédant une sorte de squelette calcaire. Il apparaît ainsi que *Cloudina* aurait vu le jour dans un contexte bien spécifique, dans un océan ouvert soumis à des taux très fluctuants d'oxygène. Pour les chercheurs, l'oxygénation du milieu ne serait donc pas la cause de l'apparition du processus de biominéralisation. En revanche, les données suggèrent de fortes concentrations en carbonates dans l'océan. Cette supersaturation aurait pu favoriser le développement de tissus minéralisés, en réponse à un stress environnemental.

Car à ce moment-là, le bassin océanique est marqué par une importante oscillation du niveau marin. Les variations de la couche d'eau induisent des évolutions rapides des conditions d'oxygénation, notamment dans le domaine profond. *Cloudina* se serait donc développé de façon opportuniste durant les phases favorables d'oxygénation, en utilisant les carbonates à sa disposition.

En fouillant dans les archives sédimentaires de l'Édicarien, un groupe de chercheurs en géosciences a découvert des indices qui pourraient permettre de mieux comprendre l'apparition des premiers animaux avec des parties dures en calcaire. Une brusque augmentation de la quantité de calcium dans les océans aurait favorisé ce bond évolutif…

Pour en savoir plus : Constraining the onset and environmental setting of metazoan biomineralization: The Ediacaran Nama Group of the Tsaus Mountains, Namibia - ScienceDirect

First macrobiota biomineralization was environmentally triggered | Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences (royalsocietypublishing.org)

Source : Quand et pourquoi la vie sur Terre s'est dotée d'un squelette ? (futura-sciences.com)

Éruption volcanique : un nouveau chronomètre basé sur la diffusion de Titane dans le quartz

Le processus de déclenchement des éruptions volcaniques reste encore imprévisible. Afin d'évaluer le temps de résidence du magma dans la chambre et ce jusqu'à l'éruption, l'équipe internationale a utilisé une méthode astucieuse pour établir la vitesse de diffusion de Titane (Ti) dans le quartz naturel. La méthode consiste à dater avec une précision très haute les micro-inclusions de zircon[1] et à mesurer les micro-profiles en Ti dans le quartz par l'imagerie en cathodoluminescence . Ce nouveau chronomètre révolutionnaire est basé sur les analyses du quartz des ponces volcaniques du Mont Pinatubo, Philippines, d'éruption en 1991.

L'ensemble de ces mesures suggèrent que la vitesse de diffusion du Ti dans le quartz est beaucoup plus lente par rapport à la vitesse précédemment établie. Ces données ont des implications importantes pour la chronologie des processus pré-éruptifs qui se passent dans la chambre magmatique avant l'éruption volcanique et qui sont enregistrés dans les zonations minérales. La durée entre le déclenchement magmatique et l'éruption est beaucoup plus longue que ce qui était préalablement proposé. Ces nouvelles données sont une contribution nouvelle dans notre compréhension des processus magmatiques et

Éruption du Mont Pinatubo, Philippines, en 1991© Dave Harlow, United States Geological Survey

volcaniques sur Terre.

Pour en savoir plus : New constraints on Ti diffusion in quartz and the priming of silicic volcanic eruptions | Nature Communications

Source : Éruption volcanique : un nouveau chronomètre basé sur la diffusion de Titane dans le quartz | INSU (cnrs.fr)

Dans la fosse du Japon, un forage océanique de très grande profondeur permet de découvrir le cycle dynamique du carbone

Les fosses hadales, c'est-à-dire les parties les plus profondes de l'océan (à une profondeur d'eau supérieure à 6 km), constituent l'environnement le moins exploré de la planète ; elles font le lien entre la surface et les profondeurs de l'intérieur de la Terre. Pour la première fois, une équipe internationale – dans laquelle on retrouve Jean-Noël Proust (CNRS, Géosciences Rennes) - a procédé à un échantillonnage de la subsurface profonde dans une fosse hadale, avec une haute résolution spatiale, au cours de l'expédition 386 "Japan Trench Paleoseismology" du programme international de découverte des océans (IODP).

Les premiers résultats majeurs de cette expédition révèlent des informations intéressantes sur le cycle du carbone dans les sédiments de la fosse : ils sont publiés en septembre 2023 dans *Nature Communications*.

La fosse du Japon est située sur la "ceinture de feu du Pacifique", une région qui présente un intérêt particulier pour la recherche sur les tremblements de terre et les eaux profondes. "*C'est là que les plaques océaniques se plient, forment des fosses océaniques très profondes et se déplacent sous les plaques chevauchantes dans des zones dites de subduction, tout en accumulant une tension liée à la tectonique des plaques sur le long terme*", explique le Dr Ken Ikehara du National (Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Japon), et co-responsable scientifique de l'expédition 386 de l'IODP. "*Cette énergie est libérée de manière cataclysmique lors des tremblements de terre de type "megathrust", comme ce fut le cas en 2011 lors du tremblement de terre dévastateur de Tohoku-oki*". Les déformations et les secousses du plancher océanique liées aux tremblements de terre peuvent remobiliser de grandes quantités de sédiments et de carbone organique récents qui sont ensuite transférés par gravité dans le puits terminal des bassins de la fosse hadale. Afin d'étudier l'histoire à long terme des tremblements de terre de type *megathrust* et

Échantillonnage, à bord, des carottes de sédiments.

Échantillonnage, à bord, de l'eau interstitielle dans une carotte

d'étudier le rôle des tremblements de terre dans l'environnement des eaux très profondes, l'équipe de l'expédition 386 de l'IODP a collecté et analysé 58 carottes de sédiments prélevées dans des trous forés jusqu'à 37,82 mètres de profondeur dans le fond marin, sur 15 sites le long de l'axe de la fosse de 500 km de long. "*Ces résultats opérationnels de l'expédition, qui ont permis de prélever des échantillons en subsurface profonde à des profondeurs comprises entre 7445 et 8023 m sous le niveau de la mer, établissent deux nouveaux records en plus de 50 ans de forages océaniques scientifiques*" déclare le professeur Michael Strasser (Université d'Innsbruck et co-responsable scientifique de l'expédition IODP 386). "*Nous avons carotté le site à une profondeur de 8023 mètres et récupéré l'échantillon le plus profond à 8060,74 mètres sous le niveau de la mer*".

Les analyses de ces échantillons inédits et les recherches menées par le professeur Rui Bao (Université

océanique de Chine) ont permis de découvrir de grandes quantités de carbone dissous labile stocké dans l'eau interstitielle des sédiments. Le stockage de carbone dissous implique une reminéralisation active du carbone organique dans les fosses hadales, beaucoup plus importante que dans d'autres environnements en eau profonde de l'océan « ouvert ». En utilisant des techniques avancées de radiocarbone, l'équipe a découvert l'âge et l'accumulation du carbone organique et inorganique dissous dans les sédiments profonds de la subsurface. "*Ces résultats sont passionnants, car ces fractions de carbone dissous peuvent avoir un impact important sur le cycle du carbone en profondeur, car elles sont enfouies encore plus profondément dans les sédiments de la fosse et dans la zone de subduction*", a déclaré Mengfan Chu, doctorant à l'Ocean University of China, et auteur principal de l'étude publiée dans *Nature Communications*...

Une étude géochimique complète de l'eau interstitielle des sédiments, basée sur les résultats de l'expédition 386 de l'IODP, confirme cette hypothèse. D'énormes stocks de méthane ont été découverts dans les sédiments tout au long de la fosse du Japon, ainsi que d'autres caractéristiques géochimiques exceptionnelles de l'eau interstitielle. Cela indique une méthanogénèse microbienne intensive dans les fosses hadales et est interprété comme un effet de renforcement des grands tremblements de terre répétés le long de la zone de subduction. En augmentant les flux de carbone organique et en régulant les caractéristiques physiques et chimiques des dépôts sédimentaires, les tremblements de terre constituent un puissant modulateur du cycle du carbone dans les fosses et des métabolismes de la biosphère profonde dans ces environnements extrêmes...

Pour en savoir plus : IODP Expedition 386: Press Release: Scientific ocean drilling discovers dynamic carbon cycling in the ultra-deep-water Japan Trench - ECORD: European Consortium for Ocean Research Drilling

Source : Dans la fosse du Japon, un forage océanique de très grande profondeur permet de découvrir le cycle dynamique du carbone | Observatoire des sciences de l'univers de Rennes (univ-rennes.fr)