

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

P.22 Disputes environnementales

P.24 Les sciences à la loupe

GÉOSCIENCES

L'HISTOIRE DE LA FORMATION DES CONTINENTS RÉÉCRITE



Ce paysage australien montre un affleurement de roches sédimentaires datant de 3,5 milliards d'années (craton de Pilbara). L'analyse des rapports isotopiques de telles roches renseigne sur l'histoire de la formation de la croûte continentale.

Depuis 3,7 milliards d'années, la croissance des masses continentales semble s'être déroulée de façon épisodique, et non continue comme l'affirmaient de précédentes études.

Les continents terrestres sont une des caractéristiques uniques de notre planète. Contrairement à la croûte océanique, dont l'âge ne dépasse pas 200 millions d'années car elle est régulièrement recyclée, la croûte continentale est beaucoup plus ancienne et nous permet de remonter loin dans l'histoire géologique. Toutefois, en raison de la tectonique des plaques et de l'érosion, ces roches sont souvent si modifiées qu'il peut être difficile d'en tirer des informations sur leur origine. Marion Garçon, chercheuse du CNRS à l'université de Clermont-Auvergne, a réussi à les faire parler pour proposer un tout nouveau modèle de formation des masses continentales depuis 3,7 milliards d'années.

Pour ce faire, la géochimiste a compilé les données disponibles sur les roches sédimentaires continentales depuis les années 1980 jusqu'à aujourd'hui. Ces roches se forment à partir des débris de l'érosion des roches continentales.

**Les roches continentales
sont riches en silice
depuis au moins
3,7 milliards d'années**

Marion Garçon s'est intéressée à des isotopes quasi stables de deux éléments chimiques, le samarium (Sm) et le

néodyme (Nd). «Les processus sédimentaires ne modifient pas la composition des roches pour ces deux isotopes», explique-t-elle. On peut donc estimer que la composition isotopique des sédiments est identique à celle des roches continentales dont elles sont issues.

Le premier paramètre étudié par Marion Garçon est la composition de la croûte continentale en fonction du temps, que l'on peut déterminer grâce au rapport isotopique $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, dont la valeur est inversement proportionnelle au taux de silice (SiO_2). D'après les résultats obtenus, les roches continentales sont riches en silice depuis au moins 3,7 milliards d'années, avec des taux toujours supérieurs à 60% (66,6% aujourd'hui). Cela va à l'encontre des modèles antérieurs, qui estimaient que les continents avaient

été longtemps pauvres en silice et qu'ils se sont enrichis progressivement au fil du temps. « Mes résultats ne remettent pas en cause le fait qu'au début de l'histoire de la Terre la croûte était pauvre en silice, précise Marion Garçon, mais c'était il y a plus de 3,7 milliards d'années. Il y a certainement eu une transition majeure avec une différenciation crustale plus importante pour que les continents s'enrichissent en silice, mais cela n'est pas enregistré dans les sédiments de 3,7 milliards d'années à nos jours. »

La géochimiste a ensuite évalué la croissance des masses continentales à l'aide du rapport isotopique $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$. En comparant les rapports mesurés dans les roches au cours du temps avec un modèle des valeurs attendues en cas de croissance continue de la croûte continentale, elle a montré que la formation d'une nouvelle croûte continentale n'est pas un processus continu, mais épisodique, avec au moins six pics de production depuis 3,7 milliards d'années, tous les 500 à 700 millions d'années.

Cette épisodicité dans la croissance des continents pourrait être liée aux cycles de formation et de démantèlement des supercontinents, qui eux aussi ont une périodicité proche de 500 millions d'années. Mais, tempère la chercheuse, « la précision de mon étude est de l'ordre de 200 millions d'années, et les travaux sur les cycles des supercontinents sont aussi très peu précis d'un point de vue temporel. » D'autres analyses sont donc nécessaires pour explorer le lien de causalité entre ces cycles et la formation d'une nouvelle croûte continentale.

Pour Marion Garçon, ces découvertes remettent en question les modèles qui, jusqu'ici, proposaient un grand changement dans le fonctionnement de la tectonique des plaques il y a 2,5 à 3 milliards d'années : « On ne voit aucune variation dans la composition chimique des roches ni dans les mécanismes épisodiques de formation, il n'y a pas de ruptures majeures comme celles que suggéraient beaucoup d'études précédentes. » Même s'il faut, selon elle, se montrer prudent, « il n'y a donc pas de raison de penser que les mécanismes de la tectonique des plaques aient changé depuis 3,7 milliards d'années. » ■

Nicolas Butor

M. Garçon, *Science Advances*, vol. 7, article eabj1807, 2021

Un « chatbot » pour vaincre l'hésitation vaccinale

De nombreux Français sont encore réticents à se faire vacciner contre le Covid-19. Mais un « chatbot » conçu par une équipe du CNRS, de l'Inserm et de l'École normale supérieure – un outil de conversation en ligne qui dialogue avec chaque utilisateur – pourrait aider à les convaincre. Les explications de Coralie Chevallier, qui a coordonné l'étude.



Propos recueillis par Gaia Jouanna

CORALIE CHEVALLIER
chercheuse en sciences
cognitives à l'École
normale supérieure
et à l'Inserm, à Paris

Comment vous est venue l'idée de créer ce chatbot ?

Mon collègue Hugo Mercier est spécialiste de l'argumentation. Il a déjà utilisé des outils de ce type pour essayer de dépasser le fossé qui existe parfois entre le consensus scientifique et l'opinion publique. À chaque fois, il a constaté que l'argumentation grâce au chatbot était un outil puissant pour faire évoluer les opinions. Chacun a des croyances, mais quand on fournit aux personnes des arguments, et des réponses à leurs contre-arguments, les capacités de raisonnement mènent à une opinion plus rationnelle.

Comment avez-vous élaboré le chatbot ?

Dans un monde idéal, ce dialogue devrait avoir lieu entre chaque personne qui se pose des questions et des tiers de confiance, comme le médecin généraliste. Nous avons commencé le travail en décembre 2020, au moment de l'arrivée des premiers vaccins. Toute la population ne pouvait pas avoir accès en même temps à ce tiers de confiance. Nous nous sommes donc dit qu'il fallait élaborer un outil vite accessible à tous. Nous avons exploré les réseaux sociaux et la presse pour comprendre les contre-arguments les plus fréquemment utilisés. Nous avons synthétisé l'ensemble des questions, puis des médecins, professionnels de santé et chercheurs en épidémiologie et virologie nous ont aidés à écrire les réponses et ont relu les textes finaux. Nous avons abouti à un dispositif qui mime l'échange d'arguments et de contre-arguments avec des tiers de confiance.

Quelle étude avez-vous réalisée pour démontrer son efficacité ?

L'étude a eu lieu en ligne. Nous avons recruté plus de 700 personnes par divers canaux – s'inscrivait qui voulait. Ce n'est donc pas un échantillon représentatif

de la population française (les participants étaient en moyenne plus jeunes et plus diplômés que la population générale), mais suffisant pour tirer des conclusions. L'essai était randomisé, avec la même méthode que pour tester des médicaments : on prend un groupe de personnes suffisamment grand, une moitié tirée au sort reçoit le traitement (ici le chatbot) et l'autre (le groupe contrôle) un placebo (ici un court paragraphe). On a ensuite comparé les opinions dans les deux groupes. Le nombre de personnes qui avaient une opinion positive des vaccins a augmenté de 37 % dans le groupe qui avait échangé avec le chatbot (5 à 10 minutes en moyenne), et l'intention de refuser le vaccin a diminué de 20 %. Dans le groupe contrôle, on n'observait pas ces changements.

À votre avis, d'où vient cette efficacité ?

Chaque personne se pose des questions différentes. Si l'on doit répondre à toutes à la fois dans un seul texte, c'est décourageant pour le lecteur. Grâce à l'aspect conversationnel, les personnes peuvent directement regarder la réponse à une question qu'ils se posent, et facilement en explorer d'autres.

De plus, nous avons veillé à donner des garanties de confiance. C'est quelque chose que l'on ne peut pas faire dans une communication à très large échelle, comme des affiches dans la rue. Les utilisateurs pouvaient cliquer sur un onglet « Pourquoi devrais-je vous faire confiance ? », qui expliquait comment on avait produit les données.

Quelles sont les prochaines étapes ?

Il serait intéressant de déployer ce type d'outil à plus grande échelle et de vérifier que nos résultats sont confirmés en population générale. Et de permettre à des personnes en interaction avec le public et ne pouvant pas répondre aux questions individuellement de s'approprier cette approche, qui va au-delà de la communication publique habituelle. ■

S. Altay et al., *Journal of Experimental Psychology: Applied*, en ligne le 28 octobre 2021