

# Continent englouti

## Icelandia réécrit l'histoire de la Terre

Des géophysiciens ont découvert un continent dont l'Islande serait la partie émergée. Icelandia s'ajoute à Walvia et Zealandia pour compléter le puzzle de la Pangée, ce supercontinent unique qui existait il y a environ 240 millions d'années. L'histoire de la formation des continents est désormais mieux comprise et certains chercheurs vont même jusqu'à modéliser l'évolution à venir des plaques qui devraient à nouveau se réunir dans un futur lointain.

Par Sylvie Rouat [@srouat1](#)

Le froid est déjà mordant en Islande en cette fin de septembre, tandis qu'une équipe de géologues venus du Royaume-Uni, de France, de Norvège, d'Allemagne et des États-Unis arpente ces terres volcaniques rugueuses et nappées d'humidité. Les scientifiques sont à la recherche d'indices minéraux qui leur permettraient de confirmer l'existence d'un continent englouti, une terre d'environ 600 000 km<sup>2</sup> dont l'Islande serait la partie émergée. Baptisée Icelandia, cette plaque continentale submergée pourrait même atteindre une superficie

totale d'environ 1 million de kilomètres carrés si les régions à l'ouest du Royaume-Uni en sont bien le prolongement géologique, comme l'envisagent les scientifiques. Cette étonnante hypothèse est détaillée dans un ouvrage de la Société géologique d'Amérique à paraître en janvier 2022\*, dont le chapitre consacré à Icelandia a été rendu public en juin dernier. « Sur le terrain, nous collectons des échantillons de roches dans les racines d'anciens volcans, explique Laurent Geoffroy, chercheur au Laboratoire géosciences-océan (LGO) de l'université de Bretagne occidentale, à Brest (Finistère), l'un des



## DÉFINITION

### Qu'est-ce qu'un continent ?

D'un point de vue géographique, le terme continent désigne les étendues continues de terres émergées. Une définition qui s'applique mal cependant à l'Océanie, formée de l'Australie, de la Nouvelle-Zélande, de la Nouvelle-Guinée et d'un chapelet d'îles. En 1982, la convention des Nations unies sur le droit de la mer signée à Montego Bay (Jamaïque) a examiné le statut du plateau continental, cette extension de terre sous la mer qui serait un prolongement du continent. Il a été alors octroyé aux États côtiers les droits d'exploitation des ressources de leur plateau, charge à eux d'en démontrer l'existence et les

contours. L'espoir d'un nouvel eldorado sous-marin a donné lieu à de nombreuses missions océanographiques pour mieux connaître cet environnement. La question de la définition du mot continent s'est posée à nouveau à la fin des années 1990 avec la découverte d'un bloc continental quasiment submergé, baptisé en 2017 Zealandia. « *Le mot continent est une notion géographique. En géologie, nous parlons plutôt de plaque continentale, souligne Yann Klinger, géophysicien à l'Institut de physique du globe de Paris. Celle-ci se définit par une densité moindre que la plaque océanique et une composition plus riche en silices.* »

▶ signataires de l'étude. *L'analyse de leur composition chimique et isotopique doit permettre d'identifier une altération des magmas par du matériel continental.* » Un schéma simplifié de notre planète départage la croûte continentale — qui forme les continents — et la croûte océanique — qui se déroule de part et d'autre des dorsales. Ces dernières dessinent une chaîne de montagnes sous-marines, où se forme la croûte océanique, un processus continu lié à l'émergence du magma du manteau terrestre (*lire l'encadré p. 53*). Jusqu'à présent, les géologues décrivaient le nord de l'Atlantique, à l'ouest de nos côtes, comme composé de croûte océanique se formant au rythme de 1 à 2 cm par an, soit la vitesse d'écartement des plaques eurasiennes et nord-américaines. Au milieu de cette dorsale s'élève l'Islande. « *Comme si un bout de la dorsale se trouvait à l'air libre*, souligne Laurent Geoffroy. *Cette spécificité était jusqu'à présent expliquée par le fait que le manteau sous l'Islande*

*est particulièrement chaud, ce que l'on appelle un point chaud, qui engendre une production volcanique très active. Mais l'Islande est aussi au milieu d'une formation perpendiculaire à la dorsale médio-atlantique, qui a des caractéristiques continentales en termes de structure et de propriétés physiques des matériaux.* »

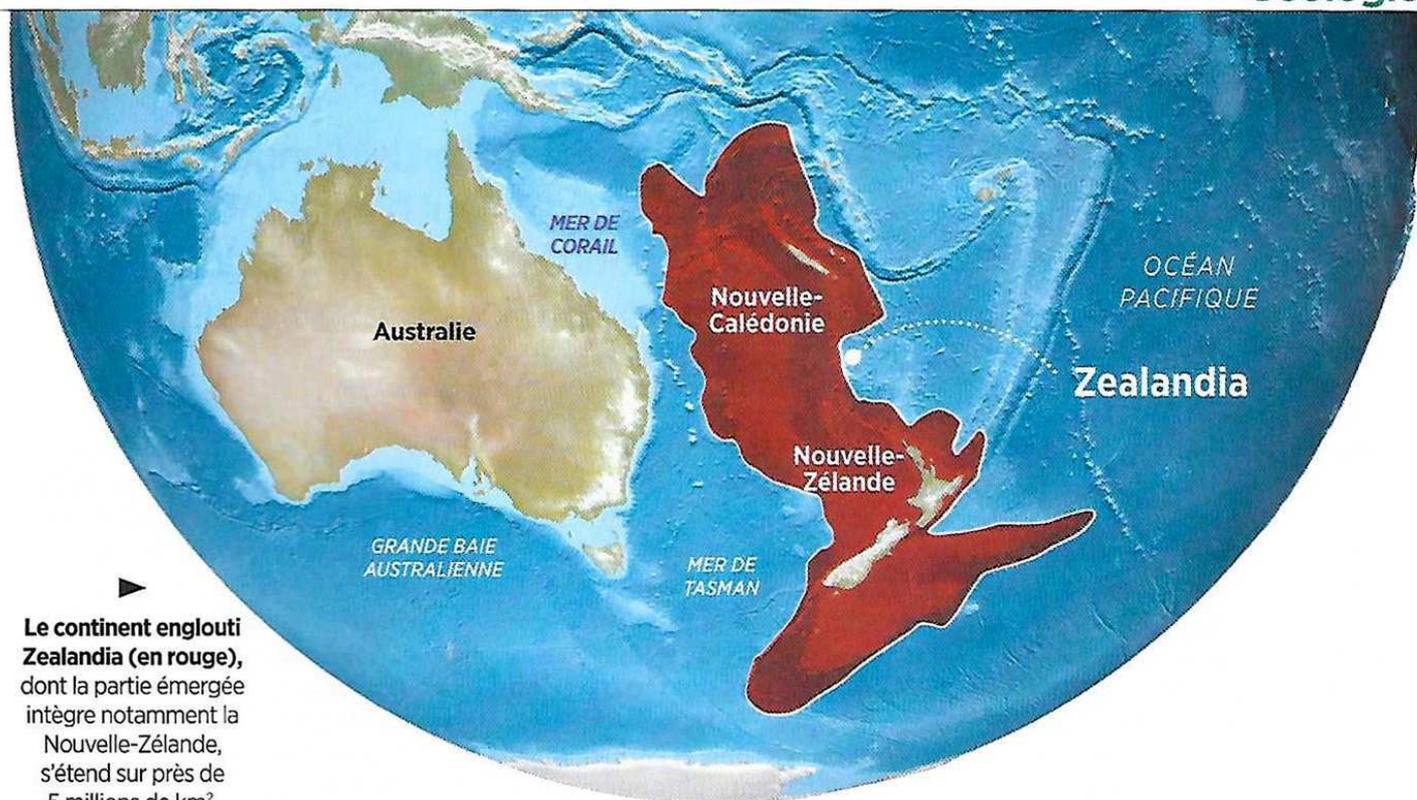
L'Islande est en effet reliée au Groenland et aux îles Féroé par une dorsale de 25 à 30 km d'épaisseur. Les parties les plus profondes de cette bande se situent à environ 500 à 600 m sous le niveau de la mer, alors que les bassins océaniques voisins sont à plus de 2000 m de profondeur. L'Islande elle-même repose sur une croûte de plus de 40 km, alors que la croûte océanique dans la région a une épaisseur de 7 km. De plus, « *l'analyse de la composition chimique des roches qui composent ces reliefs sous-marins semble conforter l'hypothèse d'un matériel d'origine continentale à 75 %*, explique Laurent

Geoffroy. *En Islande, on trouve également un volume anormal de granites — roches considérées comme continentales. Enfin, la structure supérieure de la croûte est composée de coulées de lave anciennes inclinées vers le centre du système, semblables à ce que l'on observe sur les marges continentales.* »

Ces régions sous-marines bordent en effet les continents et constituent la zone de transition entre les deux types de croûte aux abords des plateaux continentaux. En incluant les microplaques de Jan Mayen en grande partie continentales qui prolongent la dorsale Groenland-Islande-Féroé au nord-est de l'Islande, l'ensemble de la région couvre ainsi quelque 600 000 km<sup>2</sup>. « *Cette hypothèse implique que l'Amérique du Nord et l'Eurasie sont reliées par une bande continue de croûte continentale couvrant l'océan Atlantique à 65° N* », écrivent les auteurs de l'étude. Un pont continental longtemps demeuré à l'air libre à l'ouest et à l'est de l'Islande lorsque les océans se sont formés, établissant des connexions entre le Groenland et la Scandinavie. Les chercheurs projettent maintenant d'effectuer des analyses minéralogiques et des forages profonds.

#### Un pont continental entre l'Amérique du Sud et l'Afrique

D'autres continents engloutis semblent émailler les océans. L'Atlantique Sud baigne ainsi d'étranges formations séparées par la dorsale médio-atlantique : la dorsale de Walvis, qui s'étend sur 3000 km des côtes de la Namibie à la dorsale médio-atlantique, et la ride Rio Grande, au large du Brésil. L'une et l'autre ont une épaisseur anormale de 25 km. Longtemps, leur origine a été expliquée par la combinaison des activités d'un point chaud avec celles de la dorsale médio-océanique, comme en Islande. Mais ces dernières années des expéditions océanographiques brésiliennes ont observé une vaste plaque de granite d'environ 10 mètres de hauteur, à 1500 km des côtes du Brésil, et pré-



▶ **Le continent englouti Zealandia (en rouge),** dont la partie émergée intègre notamment la Nouvelle-Zélande, s'étend sur près de 5 millions de km<sup>2</sup>.

levé des roches continentales sur la ride Rio Grande. « Il est possible que celle-ci soit un continent ou un microcontinent englouti, remarque Natasha Stanton, géophysicienne à l'université d'État de Rio de Janeiro (Brésil). Géologiquement, le matériel continental trouvé sur la ride Rio Grande peut avoir fait partie du supercontinent Gondwana, lorsque l'Amérique du Sud et l'Afrique étaient un seul continent, il y a plus

de 130 millions d'années. Une étude récente montre une affinité des roches continentales trouvées sur la ride Rio Grande avec les terrains africains au regard de leurs datations et des phénomènes géologiques à l'œuvre. » Ces reliefs sous-marins formeraient ainsi une sorte de pont continental, parfois dénommé Walvia, reliant les plaques de l'Amérique du Sud et de l'Afrique. Pour Gillian Foulger, professeure à l'uni-

versité de Durham (Royaume-Uni), « les processus fondamentaux de la tectonique des plaques opèrent dans un environnement complexe, inhomogène et non rigide de la Terre ». Et les reliefs qui en résultent seraient donc aussi complexes et inhomogènes. De fait, « au moment de la séparation des continents, quand les failles se forment et évoluent en océan, l'ouverture ne se fait pas en un seul endroit et des morceaux de continents se retrouvent au milieu de la croûte océanique », explique Laurent Jolivet, professeur à l'Institut des sciences de la Terre de Paris. Pour Laurent Geoffroy, « le phénomène de séparation entraîne l'extension des continents jusqu'à leur rupture ». À la manière d'un élastique étiré à l'excès.

**LAURENT GEOFFROY** Chercheur au Laboratoire géosciences-océan de l'université de Bretagne occidentale

## Des conséquences politiques et économiques importantes

« Si l'existence d'Icelandia est avérée, cela pourrait avoir des conséquences politiques et économiques importantes. Les pays ont en effet la possibilité d'exploiter leur plateau continental sous-marin. Or le Groenland et les îles Féroé sont danois et l'Islande indépendant. S'il y a des ressources à exploiter et se partager, cela peut engendrer des conflits. En Arctique, la dorsale Lomonossov, qui relie sur 1800 km les marges continentales sibérienne et canadienne, présenterait également beaucoup de matériel continental. De quoi aiguïser les appétits des Russes qui veulent étendre leur domaine continental vers l'Arctique... Les continents sont surexploités, les minerais et les hydrocarbures commencent à manquer. Les pays côtiers vont se tourner d'ici à cinquante ans vers leur domaine marin, peu profonds et faciles à exploiter. »



## Du sable volcanique vieux de plus d'un milliard d'années

Si l'existence d'Icelandia et de Walvia reste débattue, celle d'une étendue de près de 5 millions de km<sup>2</sup> — dont la Nouvelle-Zélande est la partie émergée —, est plus largement admise. Baptisée Zealandia en 2017 par une équipe de la société de géosciences de Nouvelle-Zélande, cette anomalie bathymétrique interroge. ▶

► Les prélèvements de roches effectués ces dernières années semblaient indiquer un continent étrangement jeune, formé il y a environ 500 millions d'années sur les côtes du supercontinent Gondwana, une immense masse terrestre dont il a commencé à se détacher il y a 160 millions d'années. Mais l'analyse en mai dernier de sables d'origine volcanique du Fiordland et de l'île de Rakiura-Stewart, parue dans la revue *Geology*, fait remonter l'existence de ce pan continental à il y a un milliard d'années. Soit bien avant le morcellement du dernier supercontinent, la Pangée! À force de résister au recyclage (*lire l'encadré p. 53*), la croûte continentale est en effet bien plus âgée — près de 4 milliards d'années pour les échantillons les plus anciens — que la croûte océanique, qui ne dépasse pas les 200 millions d'années.

*\* In the Footsteps of Warren B. Hamilton : New Ideas in Earth Science.*

## Retour sur la formation des continents

C'était un temps où les dinosaures régnaient sur la planète : il y a environ 240 millions d'années, tous ces blocs continentaux éparpillés que les géologues recensent aujourd'hui étaient amalgamés en une seule terre : la Pangée. À cette époque, la croûte conti-



PIERRE THOMAS

« Il y a 3 milliards d'années, des processus qui n'existent plus aujourd'hui ont extrait du manteau les premiers continents »

Pierre Thomas, géologue  
à l'École normale supérieure de Lyon

nentale était vraisemblablement déjà inhomogène, composée de structures et de forces géologiques différentes, ce qui peut expliquer la diversité de destin des blocs après la dislocation complète du supercontinent. Cinq blocs continentaux principaux en ont résulté, selon les géographes : l'Eurasie, l'Afrique, les Amériques, l'Océanie et l'Antarctique. D'autres fragments, plus minces, ont été engloutis par les océans.

Mais la Pangée n'est en réalité que le dernier des supercontinents à l'échelle géologique. « Il y a plus de 3 milliards d'années, des processus magmatiques qui n'existent plus aujourd'hui [à ce jour encore inconnus] ont extrait du manteau des roches plus riches en silice, sodium et potassium, explique Pierre Thomas, géologue à l'École normale supérieure de Lyon (Rhône). Ces roches de nature granitique ont une densité de 2,7 kg/dm<sup>3</sup> contre 3,3 kg/dm<sup>3</sup> (3 300 kg/m<sup>3</sup>) pour la partie supérieure du manteau terrestre. » Par conséquent, elles flottent au-dessus du manteau, comme du liège sur

l'eau, et demeurent également au-dessus du plancher océanique dont la densité est de 2,8 kg/dm<sup>3</sup>. La croûte continentale se serait mise en place au cours des premières centaines de millions d'années d'existence de la planète (formée il y a 4,5 milliards d'années), comme le montre l'étude publiée en septembre dans *Science Advances* par Marion Garçon, du Laboratoire magmas et volcans (LVM) de l'université Clermont Auvergne, à Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme). La chercheuse a compilé les mesures chimiques de roches sédimentaires formées pour les plus anciennes il y a 3,7 milliards d'années, soit plus de 2500 données recueillies depuis les années 1980. « Les roches continentales étaient aussi riches en silice il y a 3,7 milliards d'années qu'aujourd'hui, explique-t-elle. Ce qui signifie que l'évolution d'une croûte primitive plus proche de la croûte océanique vers une croûte plus riche en silice est très ancienne. » Ce résultat vient contredire nombre de modèles, qui prévoyaient une transition de composition ►

## De la Pangée aux continents actuels

Il y a 200 millions d'années a commencé la dispersion de la Pangée. D'abord en deux continents : le Gondwana et la Laurasia. Cette dernière s'est ensuite divisée en Eurasie et Amérique du Nord (-65 millions d'années), tandis que le Gondwana a donné naissance aux autres blocs continentaux actuels.



PERMIEN

il y a 255 millions d'années



TRIAS

il y a 200 millions d'années

MÉCANISME

## Le moteur de la tectonique des plaques

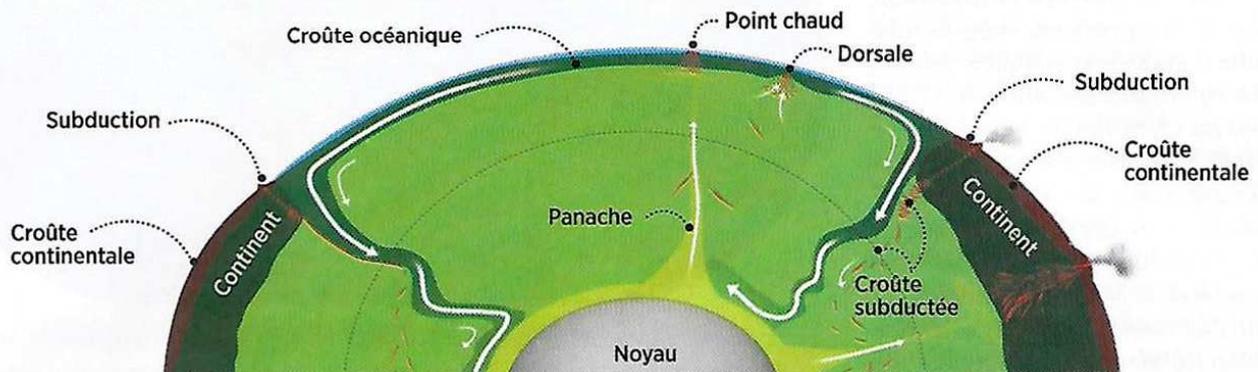


Schéma simplifié de la convection du manteau terrestre, représenté en trois nuances de vert, couleur de la péridotite, la roche qui le compose. Les panaches du manteau donnent naissance à des points chauds.

Proposée en 1912 par l'Allemand Alfred Wegener, la dérive des continents est théorisée en 1944 par le Britannique Arthur Holmes, qu'il attribue à des mouvements de convection dans le manteau terrestre. « La convection permet d'évacuer la chaleur du manteau, chauffé par la désintégration d'éléments radioactifs, explique Yann

Klinger, de l'Institut de physique du globe de Paris. Est-ce le moteur de la tectonique des plaques ? Cela favorise en tout cas la remontée du magma dans les dorsales océaniques. » À sa surface, le manteau plus froid se contracte par rapport à l'intérieur. « Comme du beurre congelé versus du beurre à température ambiante, la croûte terrestre est 1000 fois plus rigide que le

manteau, résume Pierre Thomas, professeur de géologie à l'École normale supérieure de Lyon. Ce matériau dense a tendance à s'enfoncer dans le manteau dans les zones dites de subduction. Et comme une nappe que l'on tire, toute la croûte océanique est alors entraînée dans le mouvement, créant à l'opposé un vide, la dorsale, qui favorise la

remontée du matériau mantellique. » Les zones de subduction voient donc la croûte océanique plonger sous la croûte continentale, moins dense, qui a tendance à « flotter ». Lorsque la subduction est plus intense que l'activité des dorsales, l'océan se referme et les continents s'affrontent, donnant naissance à des chaînes de montagnes telles que l'Himalaya ou le Caucase.



JURASSIQUE

il y a 150 millions d'années



CRÉTACÉ

il y a 65 millions d'années



AUJOURD'HUI

► liée à la mise en place de la tectonique des plaques il y a environ 3 milliards d'années.

Cette étude montre également que la croissance de la croûte continentale est non pas un processus continu, mais résulte d'épisodes cycliques, tous les 500 à 700 millions d'années. « *Nous avons pu identifier au moins six épisodes de formation plus importante de celle-ci au cours des 3,7 derniers milliards d'années*, décrit Marion Garçon. *Cela pourrait être dû à des changements de vitesse de la tectonique des plaques, ce qui favoriserait des périodes de subduction rapide s'accompagnant d'une production accrue de croûte riche en silice.* » L'exemple de la cordillère des Andes illustre bien ce phénomène de formation dynamique d'une chaîne de montagnes, par subduction (glissement) d'une plaque océanique sous une plaque continentale.

Ce cycle pourrait correspondre aux périodes de remaniement des blocs continentaux qui finissent par entrer en collision pour former un supercontinent. Un modèle connu sous le nom de « cycle de Wilson » selon lequel il y aurait déjà eu une dizaine de supercontinents à la surface de la Terre. « *Ce sont des constructions transitoires*, explique Pierre Thomas. *La chaleur qui s'accumule sous le supercontinent finit en effet par le faire craquer.* » La Pangée est le dernier épisode de ce cycle. Cette terre émergée unique était loin d'être uniforme. Cerné par de hautes chaînes de montagnes, l'intérieur du continent présentait, selon les études de paléoclimatologie, un climat aride et désertique, ce dont témoigne le peu de fossiles



**Amasia** (contraction d'Amérique et d'Asie) se formerait autour du pôle Nord dans 200 millions d'années par la collision de l'Asie et de l'Amérique du Nord, et la migration vers le nord de l'Australie et de l'Afrique, un mouvement réellement observé aujourd'hui.

retrouvés dans les régions correspondantes. Les gisements de charbon nord-américains et européens témoignent en revanche de l'existence de forêts et jungles luxuriantes vers l'équateur.

## À quand la reformation d'un supercontinent ?

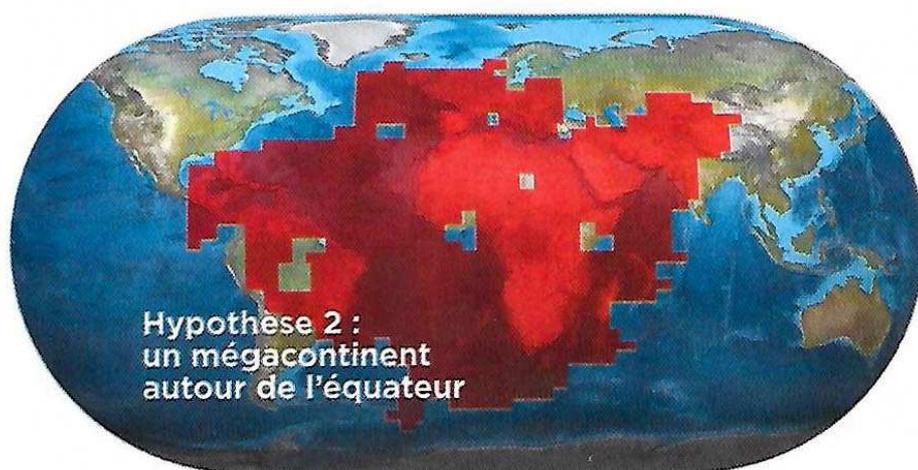
Cette question est l'objet des travaux d'Hannah Davies et Joao Duarte, de l'université de Lisbonne (Portugal), de Matthias Green de l'université de Bangor (Royaume Uni) et de Michael Way, de l'institut Goddard pour les études spatiales de la Nasa, à New York (États-Unis), dont les résultats ont été publiés en juillet dernier dans *Geochemistry, Geophysics, Geosystems (G<sup>3</sup>)*. Les chercheurs s'accordent sur le fait que nous sommes à

mi-chemin entre la dislocation de la Pangée et la naissance d'un nouveau supercontinent. En effet, la croûte océanique en formation permanente repousse les plaques continentales en un ballet géologique qui promet des disparitions et des collisions. « *Si on extrapole ce qui se passe aujourd'hui, l'océan au large de la Mauritanie va entrer en subduction, présume Pierre Thomas. Les côtes des Amériques vont venir à la rencontre de celles de l'Europe et de l'Afrique. L'Australie va entrer en collision avec la Chine en écrasant les Philippines et l'Indonésie.* » D'ici 200 à 250 millions d'années, les plaques se retrouveront ainsi réunies quelque part sur la planète. Mais où ? « *Il est difficile de prédire l'avenir*, remarque Laurent Jolivet. *Les convections du manteau qui gouvernent le ballet des continents sont instables, chaotiques, comme le sont les convections de l'eau qui bout dans une casserole.* » Quatre scénarios ont été modélisés par le passé, plaçant les masses terrestres à diverses latitudes de la planète. Selon les modèles, le mégacontinent est baptisé Novopangea, Pangea Proxima, Amasia ou Aurica. « *Nous avons choisi pour notre part d'examiner les scénarios Amasia et Aurica, qui représentent deux concepts extrêmes de ce à quoi pourrait ressembler le prochain*



« **Amasia et Aurica sont deux concepts extrêmes de ce à quoi pourrait ressembler le prochain supercontinent** »

**Hannah Davies**, géologue à l'université de Lisbonne (Portugal)



**Aurica** se formerait en région équatoriale dans 250 millions d'années, à la suite de la fermeture des océans Atlantique et Pacifique : l'Asie de l'Est rejoindrait les Amériques, tandis que l'Europe entrerait en collision avec l'Afrique.

*supercontinent — Amasia étant polaire et Aurica équatorial*», explique Hannah Davies. Le scénario Amasia prévoit ainsi que dans 200 millions d'années, les continents se réuniront au pôle Nord, à l'exception de l'Antarctique qui demeurera à sa position actuelle. Dans celui d'Aurica, tous les continents se retrouvent à l'équateur dans 250 millions d'années. À l'aide de simulations climatiques globales, les chercheurs ont alors cherché à comprendre comment la redistribution des masses terrestres affectera le système climatique planétaire. « *La position des continents influe en effet sur la circulation atmosphérique et océanique, ainsi que sur les niveaux*

*d'insolation*, souligne Laurent Jolivet. *Et cela a des interactions importantes avec le climat.* » Ces modélisations montrent ainsi que, selon sa position sur la planète, le futur supercontinent pourrait compromettre sérieusement l'habitabilité de la Terre. Dans le scénario Amasia, les masses terrestres sont positionnées autour des deux Pôles. Sans terre intermédiaire, les courants océaniques actuels, qui transportent la chaleur de l'équateur aux Pôles, disparaîtront. Les régions polaires seront alors plus froides, recouvertes de calottes glaciaires permanentes. Or l'albédo (grandeur représentant la fraction de l'énergie solaire globale

réfléchi par une surface) de la glace est de 0,6 quand un miroir parfait a un albédo de 1 et un corps noir parfait de 0. Par comparaison, des terres nues ou cultivées affichent un albédo de 0,05 à 0,25. Sur Amasia, le rayonnement solaire sera renvoyé plus efficacement dans l'espace, ce qui abaissera la température de la planète. Les chutes de neige seront plus abondantes et une quantité importante d'eau demeurera piégée sur les calottes. En conséquence, le niveau de la mer diminuera. Dans cet environnement congelé, il n'y aura que très peu de terres disponibles pour alimenter les formes de vie terrestre.

### Établir le statut climatique des différents modèles

Ambiance plus estivale sur Aurica. Sa position géographique équatoriale lui permettra en effet d'absorber plus efficacement l'énergie du Soleil. Et nulle calotte polaire ne renverra la chaleur de l'atmosphère terrestre dans l'espace. Conséquence : la température mondiale moyenne pourrait augmenter de 3 °C ! Les régions côtières demeureront cependant des zones hospitalières pour la vie, à la différence de l'intérieur du continent vraisemblablement sec et aride. Le régime des pluies et l'irrigation des terres — dont dépend l'habitabilité — résulteront de la répartition des rivières, lacs et mers intérieures. Les modèles climatiques ont par ailleurs montré que l'eau liquide sera disponible sur environ 60 % des terres d'Amasia contre 99,8 % de celles d'Aurica.

Les chercheurs envisagent maintenant d'étudier le statut climatique des deux autres scénarios, à savoir Pangea Proxima et Novopangea, « *deux modèles de futurs supercontinents quelque peu similaires à Aurica, car ce sont des terres équatoriales et non polaires* », précise Hannah Davies. Quant aux continents engloutis, leur rôle et leur position dans la future Pangée sont encore inconnus. Nous n'en sommes qu'à l'aube de la compréhension de la machine géologique qu'est notre planète... ■

## SIMULATIONS

### Des supercontinents aux exoplanètes

L'étude des climats de la future Pangée pourrait permettre à l'avenir d'évaluer l'habitabilité des exoplanètes idéalement distantes (ni trop près, ni trop loin) de leur étoile pour que l'eau s'y maintienne à l'état liquide. Aujourd'hui, la plupart des chercheurs utilisent pour cela des modèles simples de planète-océan, de Terre contemporaine, ou de blocs « continents » simplifiés, sans tenir compte des transports de chaleur océaniques. Or, « *nos simulations montrent que les supercontinents et leurs topographies totalement couplées aux océans peuvent avoir des applications assez intéressantes pour les exoplanètes, dont seule une fraction limitée de leur surface offre des conditions tempérées* », souligne Michael Way, un physicien américain, spécialiste à la Nasa de la modélisation des atmosphères planétaires, cosignataire de l'article sur Amasia et Aurica.