

> ces organismes il y a au moins 3,5 milliards d'années, c'est-à-dire peu après le refroidissement du globe et la fin du grand bombardement tardif d'astéroïdes.

DE L'EAU DANS UN DIAMANT

Pas de vie sans eau et pas d'eau pérenne sans vie, donc. Mais ce n'est pas tout, car on s'aperçoit que l'eau est aussi indispensable à l'activité de la Terre. La tectonique des plaques semble être une originalité de la dynamique terrestre. Entraînés par des courants de convection du manteau, la croûte lithosphérique et les continents se déplacent de quelques centimètres par an, ce qui est considérable à l'échelle des temps géologiques. Depuis cette découverte il y a un demi-siècle, les géologues ont reconstitué l'histoire de cette dérive des continents qui a continuellement modelé la surface terrestre. Par exemple, après la fragmentation du continent du Gondwana, à partir du Jurassique supérieur (il y a entre 161 et 145 millions d'années), l'Inde a migré et, entrant en collision avec l'Asie il y a 45 millions d'années, a provoqué la surrection de l'Himalaya.

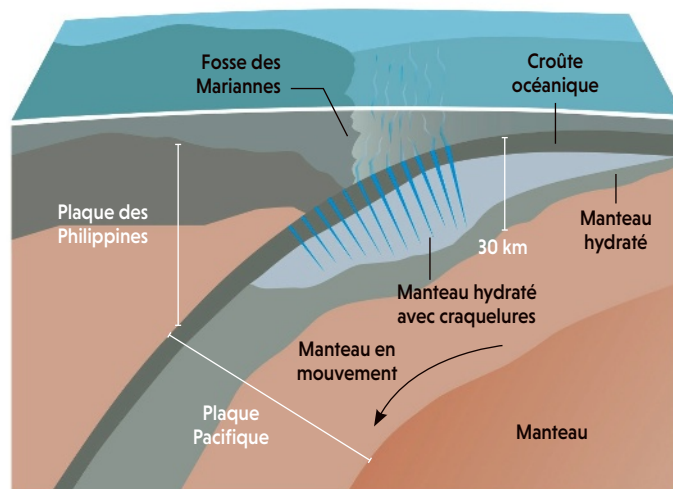
Or, dès 1990, en comparant Vénus et la Terre, deux géologues de l'université de Newcastle, au Royaume-Uni, Z. U. Mian et D. C. Tozer, ont avancé que, sans eau, il n'y aurait pas de tectonique des plaques, car celle-ci, en hydratant les roches, lubrifie les plaques lithosphériques, qui peuvent alors coulisser. De nombreuses études de mécanique et de rhéologie se sont ensuivies. Toutes ont appuyé cette première conclusion.

Si les plaques lithosphériques sont hydratées, une importante masse d'eau doit être entraînée dans le manteau. Quelle quantité? Suivant quel cycle? Car une partie de cette eau revient à la surface lors des éruptions volcaniques. En 2012, Marc Hirschmann et David Kohlstedt, de l'université du Minnesota, ont avancé une première estimation. Ils ont calculé que le manteau terrestre contiendrait au moins 2,5 fois la masse d'eau des mers et océans.

Par ailleurs, deux études parues en 2018 donnent un nouvel éclairage. L'équipe réunie par Oliver Tschauner, de l'université du Nevada, a décelé, dans un diamant, de l'eau sous une forme cristalline particulière, la glace VII. Or cette dernière n'apparaît que sous une formidable pression. D'après les caractéristiques spectroscopiques de l'inclusion de glace VII et du diamant, il s'agirait des restes d'un fluide aqueux qui aurait été piégé sous forme liquide dans le diamant

PAS DE TECTONIQUE SANS EAU

Lors de la subduction de la plaque Pacifique sous la plaque des Philippines au niveau de la fosse des Mariannes, l'eau migre par les craquelures et réagit avec les minéraux du manteau pour former des régions hydratées qui sont entraînées dans les profondeurs de la Terre. La plaque Pacifique contient ainsi bien plus d'eau qu'on ne le pensait.



durant sa croissance, à une profondeur de plus de 600 kilomètres, puis aurait cristallisé au cours de la remontée du diamant. Cette inclusion prouve donc la présence d'eau à la limite du manteau supérieur et du manteau inférieur, une région si proche du noyau qu'on ne pensait pas y déceler d'eau.

Parallèlement, l'équipe de Chen Cai, de l'université Washington à Saint-Louis, aux États-Unis, a réussi à mesurer la quantité d'eau entraînée dans le manteau au niveau de la zone de subduction de la fosse des Mariannes, près de l'île de Guam, à l'ouest de l'océan Pacifique: le flux est trois fois supérieur à celui antérieurement estimé – un argument de poids en faveur d'un rôle clé de l'eau dans la tectonique des plaques.

Ainsi, l'eau, nécessaire à la vie, l'est aussi pour la dérive des continents. Or cette dynamique autorise un perpétuel changement des conditions physicochimiques de la Terre propice à l'évolution biologique: des continents se sont divisés, d'autres se sont rapprochés, de nouveaux courants océaniques sont apparus à mesure que le Gondwana se scindait. Tous ces éléments ont créé une diversité d'environnements qui a favorisé la diversité du vivant. Et ce fragile équilibre se poursuit... tant que le Soleil ne brille pas encore trop. ■

BIBLIOGRAPHIE

C. Cai et al., **Water input into the Mariana subduction zone estimated from ocean-bottom seismic data**, *Nature*, vol. 563, pp. 389-392, 2018.

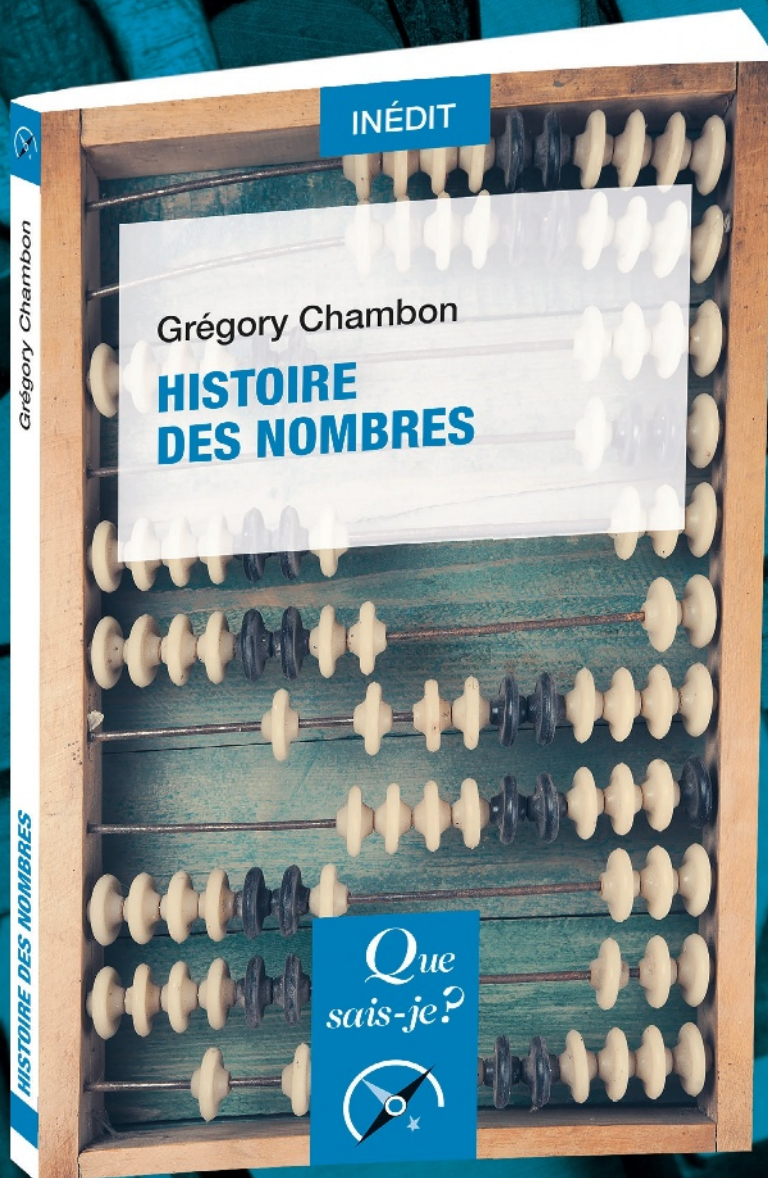
O. Tschauner et al., **Ice-VII inclusions in diamonds: Evidence for aqueous fluid in Earth's deep mantle**, *Science*, vol. 359, pp. 1136-1139, 2018.

M. Hirschmann et D. Kohlstedt, **Water in Earth's mantle**, *Physics Today*, vol. 65(3), pp. 40-45, 2012.

D. Catling et K. Zahnle, **Comment les planètes perdent leur atmosphère**, *Pour la Science*, n° 383, pp. 32-39, septembre 2009.

Z. U. Mian & D. C. Tozer, **No water, no plate tectonics: Convective heat transfer and the planetary surfaces of Venus and Earth**, *Terra Nova*, vol. 2, pp. 455-459, 1990.

DRÔLES DE NUMÉROS !



EN LIBRAIRIE

*Que
sais-je?*

Suivez-nous
sur les réseaux sociaux



quesaisje.com

L'AUTEUR



HERVÉ THIS
physicochimiste, directeur
du Centre international
de gastronomie moléculaire
AgroParisTech-Inra,
à Paris

LA TENDANCE EN SCIENCES DU GOÛT

De nombreux travaux récents en sciences du goût portent sur la physicochimie des odeurs et des saveurs, ainsi que sur le lien entre la structure moléculaire des composés et les goûts induits.

Ces mois-ci, les revues scientifiques regorgent d'articles consacrés aux saveurs et aux odeurs. Il y a à cela deux raisons. D'une part, des méthodes modernes d'analyse chimique identifient les composés odorants des ingrédients alimentaires, et l'on a ainsi appris à connaître l'odeur du durian (fruit asiatique à l'odeur repoussante), de la myrtille, de la bière, du jus d'orange, du fenouil... On connaît aujourd'hui environ 7500 composés odorants dans les ingrédients culinaires (fruits, légumes, viandes, poissons...) parmi les quelque 10000 estimés.

D'autre part, l'industrie alimentaire a voulu faire mieux que les classiques tablettes de bouillon pleines de monoglutamate de sodium, et a recherché des goûts plus subtils; les chercheurs ont notamment trouvé que des composés de la famille des inositides potentialisent l'action de l'ion glutamate.

On affuble certains goûts, tels ceux de l'œuf, de la viande cuite, de l'ail ou de la chanterelle, de noms japonais (umami, kokumi...) qui recouvrent notre méconnaissance des récepteurs des saveurs et le lobbying de sociétés qui vendent de tels composés à l'industrie alimentaire.

Parmi les travaux récents, ceux qui explorent des solutions modèles où l'on chauffe de la thiamine (la vitamine B1) ou des acides aminés tels que l'alanine ont mis au jour des composés sans saveur qui augmentent les saveurs salées, sucrées ou de type viande. Le chauffage de créatinine (un déchet métabolique présent notamment dans les viandes) et de sucres a le même effet. Avec de la cystéine (un acide aminé), on arrive aussi à de nouveaux composés sapides, ou qui modulent la saveur d'autres composés. S'enchaînent

Les méthodes modernes d'analyse chimique des aliments révèlent non seulement l'odeur de la chanterelle mais aussi sa saveur originale, due notamment à des acides dérivés de lipides.



aujourd'hui des études qui établissent des corrélations entre les activités biologiques (la saveur, notamment) des composés et leur structure moléculaire.

Un autre exemple de travail récent est celui de Verena Karolin Mittermeier, de l'université technique de Munich, et ses collègues (*Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 68(20), pp. 5741-5751, 2020). Ces chercheurs ont étudié les chanterelles, champignons dont on apprécie à la fois le piquant original, l'odeur délicate (abricot), la saveur un peu amère et épicée... et le goût durable et complexe. Leurs analyses chimiques, associées à des explorations gustatives des fractions séparées, ont révélé la présence d'acides octadécadiène-12-ynoïques et d'acides acétyléniques, promoteurs de goûts.

L'identification et la connaissance de la structure moléculaire de tels composés permettent d'envisager soit des synthèses chimiques, soit des fermentations qui en produiraient, et l'on maîtriserait alors les utilisations de ces composés. Notamment, la découverte de la biosynthèse de ces acides par des mécanismes de peroxydation des lipides indique des voies de production simples pour des utilisations alimentaires évidentes.

Mais les études des saveurs ne s'arrêtent pas à l'hédonisme: les sociétés savantes agricoles du monde entier ont bien identifié l'importance des

légumineuses, plantes qui produisent des protéines, pour une alimentation humaine durable. Ces végétaux ont l'inconvénient de présenter parfois de l'amertume (comme c'est le cas du pois), et l'identification moléculaire des composés amers devrait conduire à des programmes guidés de sélection, en vue de désamérisation. Là encore, une étude récente, avec les mêmes techniques analytiques, vient de retrouver dans les composés amers des dérivés de lipides, en plus des saponines déjà connues.

Et les chimistes de poursuivre avec la bière, le café... On n'a pas fini de voir paraître des articles sur ce thème! ■



LA RECETTE

UN GOÛT DE CAFÉ SANS SON AMERTUME

- 1 Dans un bocal fermé, rempli d'une huile neutre, mettre du café torréfié et moulu. Stocker au frais et à l'obscurité (pour éviter le rancissement) pendant une semaine.
- 2 Dans un cul-de-poule, mettre un blanc d'œuf, puis ajouter l'huile parfumée au café en fouettant, comme pour une mayonnaise.
- 3 Emplir un verre à cocktail de cette émulsion jusqu'au tiers, et passer au four à microondes pendant 30 secondes environ.
- 4 Verser une dose de whisky sur ce « gibbs » (mélange fouetté d'huile et de blanc d'œuf).
- 5 Dans un siphon, mettre un expresso froid et un blanc d'œuf, secouer puis foisonner le mélange pour finir d'emplir le verre.

L'UNIVERS AVANT LE BIG BANG

- 7 dossiers rédigés par des chercheurs et des experts sur le sujet
- Une lecture adaptée sur écrans

3,99 €



Les *Thema* sont une collection de hors-séries numériques. Chaque numéro contient une sélection des meilleurs articles publiés dans *Pour la Science* sur une thématique.

Dans la collection *Thema* découvrez aussi



**Commandez et téléchargez
les numéros en pdf**



Pour lire votre numéro, rendez-vous dans votre compte client



boutique.pourlascience.fr/tous-les-numeros/thema.html

A

PICORER



Retrouvez tous
nos articles sur
www.pourlascience.fr

P.80

PAVAGES

Il est facile de recouvrir le plan avec des carrés, des triangles équilatéraux ou des hexagones réguliers. John Conway, récemment disparu, avait démontré qu'on peut aussi le faire avec des segments de droite !

P.7

« Les effets observés de perturbateurs endocriniens des bisphénols S, F, AF et AP indiquent qu'il est impératif de se tourner vers d'autres molécules de remplacement du bisphénol A. Reste à trouver lesquelles... »

PASCAL COUMAILLEAU
Université Rennes 1 et Irset

P.92

65%

C'est à peu près la part que représente, en masse, l'eau dans le corps humain. Cette proportion varie d'une espèce à l'autre. Chez la plupart des méduses, elle atteint 98 % !

P.88

SUCEURS DE ROUE

Pourquoi les coureurs du Tour de France se serrent-ils autant dans le peloton ? Pour réduire le plus possible la traînée aérodynamique, c'est-à-dire la force que leur oppose la résistance de l'air. Au cœur du peloton, cette traînée est réduite de 94 % par rapport à celle qu'endure un cycliste courant seul.

P.66

PRÉVISIONS

En 1990, pour produire des bulletins météorologiques ayant 80 % de chance d'être exacts, il fallait se limiter à un horizon de trois jours. Aujourd'hui, les prévisions à sept jours se sont hissées au même niveau de précision. Et pas seulement grâce à des ordinateurs plus puissants...

P.96

7 500

Gâce aux méthodes modernes d'analyse chimique, les scientifiques ont identifié à ce jour environ 7 500 composés odorants dans les ingrédients culinaires (fruits, légumes, viandes, poissons, laitages...). On estime le nombre total de ces composés à quelque 10 000.

BRAINCAST

La voix des neurones

Le podcast de *Cerveau & Psycho*

en partenariat avec l'Institut du Cerveau

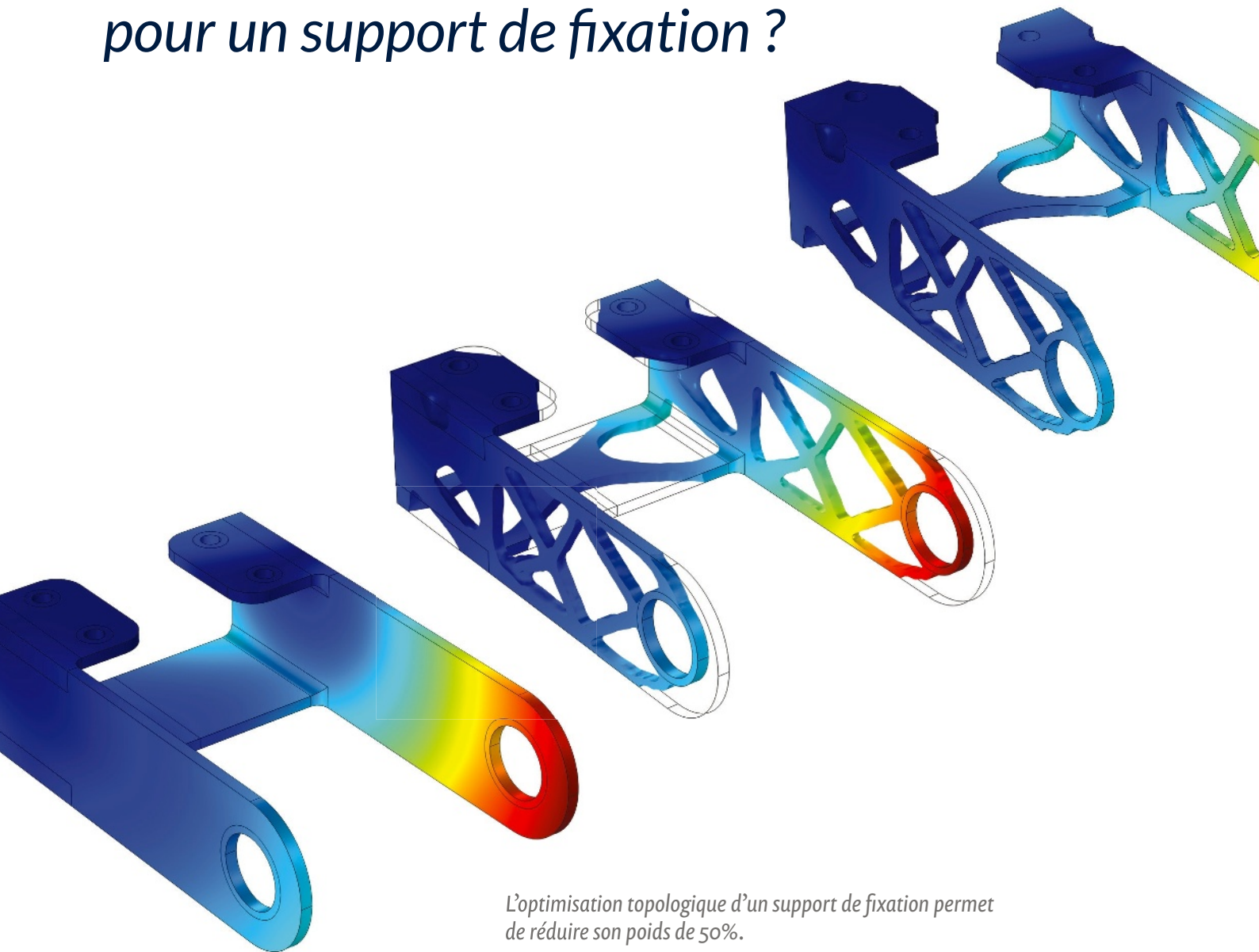
3^{ème} épisode

**Quand la recherche inspire
l'innovation thérapeutique**

www.cerveauetpsycho.fr/sr/braincast/



Quel est le meilleur design pour un support de fixation ?



L'optimisation topologique d'un support de fixation permet de réduire son poids de 50%.

Cela dépend des objectifs de conception. Les méthodes d'optimisation topologique permettent de trouver la meilleure version possible d'une structure pour un usage spécifique. Un support peut être optimisé pour un seul type de chargement, tandis qu'un autre est optimisé pour huit. La fonctionnalité Density Model simplifie le processus d'optimisation topologique pour les ingénieurs en calcul de structure.

Le logiciel COMSOL Multiphysics® est utilisé pour la conception et la simulation des composants et des procédés dans tous les domaines de l'ingénierie, de la fabrication et de la recherche. Découvrez comment vous pouvez l'appliquer pour l'optimisation topologique.

comsol.blog/density-topology