

La planète bleue
va-t-elle changer
de couleur?

**Objectif
Terre!**

**200 QUESTIONS
SUR NOTRE
PLANÈTE**

Est-on plus
léger à
l'équateur?

Combien
pèse tout l'or
du monde?

Où trouver
de nouvelles
sources
d'énergie?

À quoi ressembleront
les animaux du futur?



ET AUSSI **le journal de la curiosité**
10 pages d'actus pour apprendre et s'étonner

nouveau

Découvrez une collection D'ESPRESSOS GOURMANDS



DES ESPRESSOS DOUX AUX SAVEURS
VANILLE, CARAMEL ET CHOCOLAT



SANS DOUTE LE MEILLEUR CAFÉ DU MONDE



ÉDITO

QUI VEUT DÉCROCHER LA LUNE ?

NOAH KUJAWSKI/
OBSERVATOIRE ROYAL DE GREENWICH, ROYAUME-UNI

Quand on l'observe depuis la Terre, on la voit grise, blonde, parfois rousse. Proche de nous, la Lune est l'astre que l'on croit le mieux connaître, et pourtant. Ce cliché de Noah Kujawski, finaliste du concours du photographe d'astronomie de l'année organisé par l'Observatoire royal de Greenwich, au Royaume-Uni, révèle l'incroyable variété des couleurs des minéraux cachés dans son sol et invisibles à l'œil nu. Ces ressources méconnues sont devenues l'objet de toutes les convoitises. Alors que la Nasa donne cette année le coup d'envoi de sa mission Artemis, plus de cinquante ans après les derniers pas de l'homme sur la Lune, la course pour l'atteindre est relancée. Objectif : s'installer durablement

sur notre satellite pour l'étudier et en faire une base arrière en vue de la conquête de Mars. L'homme a toujours cherché à s'ouvrir de nouveaux horizons. Il a franchi les montagnes, traversé les océans, plongé dans les profondeurs des abysses, affronté les territoires les plus hostiles, séjourné dans l'espace... Mais plusieurs siècles d'exploration scientifique n'ont pas suffi à dévoiler tous les secrets de notre planète et de sa proche banlieue. 80% des fonds marins n'ont ainsi jamais été cartographiés et les chercheurs estiment que 80% de la biodiversité nous est encore inconnue. Mais en attendant de nouvelles découvertes et de futures expéditions, la Terre a déjà bien des richesses à nous révéler. La preuve en 200 questions et belles images!



Marie Dormoy
Responsable éditoriale

LES MOTIFS DE LA TERRE P. 6

Naturels ou artificiels ? Vu du ciel, ces magnifiques paysages surprennent ou émerveillent...

LA TERRE DES HOMMES P. 12

Où se serre-t-on le plus sur Terre ? Et si l'homme n'avait pas existé ? Pourquoi l'humain est-il un animal migrateur ? De quoi est recouverte la surface de notre planète ? Où est-on seul au monde ? Comment mettre la Terre à plat ? ♦ **Planter des forêts urbaines, ça sert à quoi ?**

UNIVERS ET ORIGINES P. 24

Peut-on voir le big bang à la télé ? Quelle est la recette de la soupe primitive ? L'eau était-elle là avant le Soleil ? Notre planète a-t-elle des origines extraterrestres ? Où s'écrasent les météorites ? La Terre a-t-elle plusieurs lunes ?

LA TERRE DANS TOUS SES ÉTATS P. 32

La planète bleue va-t-elle changer de couleur ? Un séisme peut-il durer des mois ? Et si un homme avait dû creuser le Grand Canyon ? Paris Plage, c'était quand ? Peut-on encore soigner la Terre ? À quoi ressemble une tempête solaire ? Peut-il pleuvoir des poissons ? ♦ **Comment s'attaquent-ils aux nuages de grêle ?**

C'EST PHYSIQUE ! P. 44

Où ces gens vont-ils tomber ? Comment faire durer une journée 48 heures ? Où le soleil ne se couche-t-il jamais ? Pourquoi les animaux n'ont-ils pas besoin de boussole ?

MONDES VIVANTS P. 52

Animal ou végétal ? La forêt cache-t-elle des morts-vivants ? Les plantes ont-elles un niveau à bulle ? De quels sacrifices ces animaux sont-ils capables ? Existe-t-il des fossiles vivants ? À quoi ressembleront les animaux du futur ? ♦ **Comment ont-ils créé une réserve sauvage ?**

LES RICHESSES DE LA TERRE P. 66

Combien pèse tout l'or du monde ? Pourquoi mettre de la glace à la banque ? Le pétrole est-il bon pour la peau ? Où naissent les diamants ? Y a-t-il des médicaments dans votre jardin ? ♦ **Comment ces éoliennes poussent-elles en mer ?**

ESPRIT DE LA PLANÈTE P. 78

La Terre est-elle vivante ? L'écologie est-elle une religion ? Pourquoi câliner les arbres ? Qui habite ces drôles de maisons ? Éclair pétrifié, feu qui danse : quels sont ces sortilèges ?

ET AUSSI

*le journal
de la curiosité*

*l'actu insolite
l'actu visuelle
vu, lu & entendu*

p. 82

p. 84

p. 88

CRÉDITS
DE COUVERTURE :
GETTY IMAGES (X2) ;
TETRA IMAGES/
AGEFOTOSTOCK/
PHOTO12 ; MATTEO
COLOMBO/GETTY
IMAGES ;
BELIN ÉDITEUR.



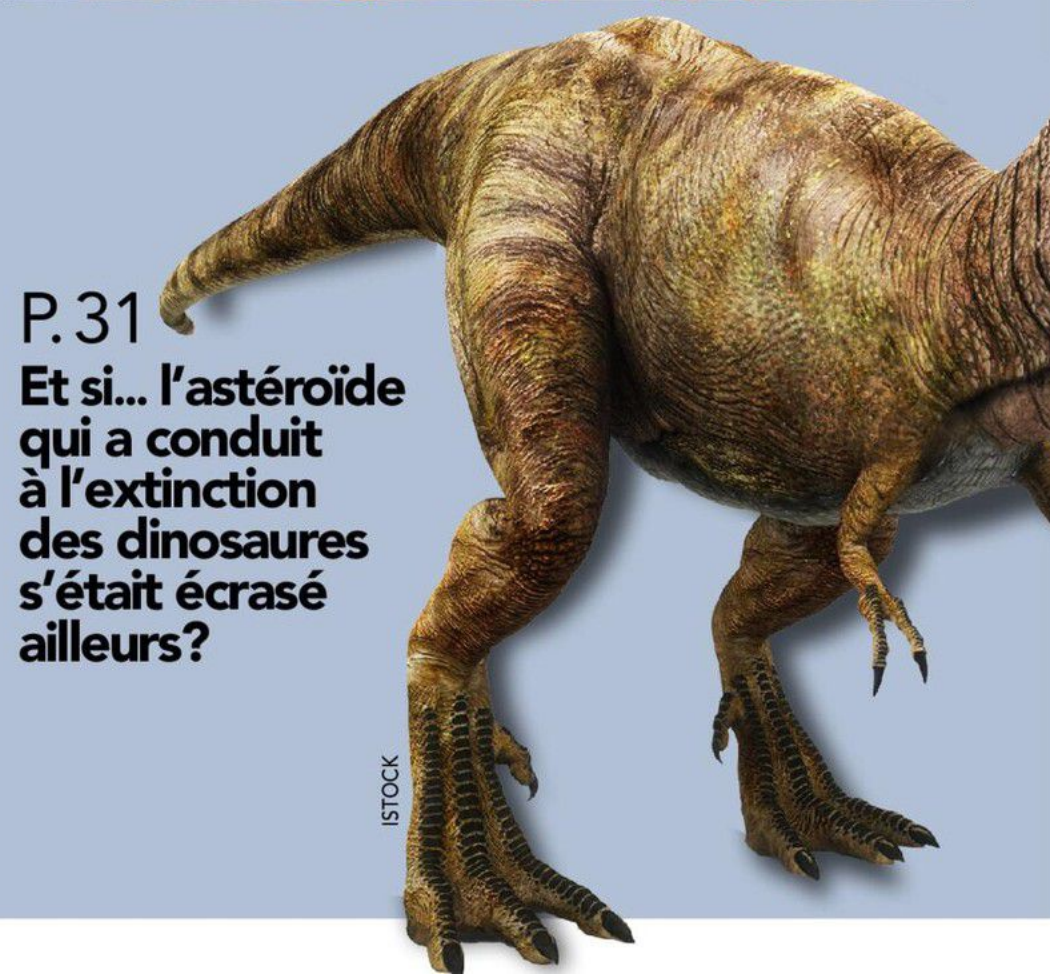
DAVID BECKER/GETTY IMAGES/AFP

P. 46
**Jusqu'où
s'envolent
les ballons de
baudruche ?**



JAVIER MAMANI/GETTY IMAGES

P. 80
**À quoi
est destiné
ce rituel ?**



ISTOCK

P. 31
**Et si... l'astéroïde
qui a conduit
à l'extinction
des dinosaures
s'était écrasé
ailleurs ?**

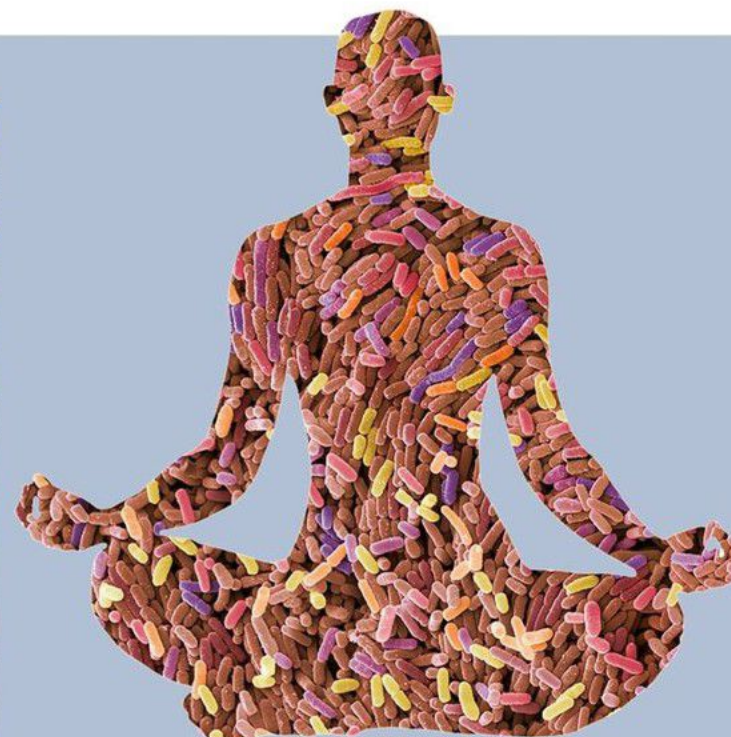




P. 81
Qui habite
là-dedans ?

OBJECTIF TERRE!

200 questions sur notre planète



P. 58 Comment
pouvons-nous vivre
avec des milliards
de microbes ?



P. 72 Cette pierre
est-elle précieuse ?



P. 18
Sommes-nous
allés partout ?

RETROUVEZ NOS OFFRES D'ABONNEMENT
page 96 ou sur www.prismashop.caminteresse.fr



NATUREL OU ARTIFICIEL ?

**Vue du ciel, la Terre révèle ses motifs étonnants.
Œuvre de l'homme ou de Dame Nature ?
L'artiste n'est pas toujours celui qu'on croit. Marie-Amélie Carpio**

ARTIFICIEL

RUBANS D'EAU

Les polders des Pays-Bas sont constitués d'étendues de terre gagnées artificiellement sur la mer. Ces vastes terrains verdoyants ont été aménagés grâce à l'édification de digues et au drainage de l'eau emprisonnée dans les terres. Ces grands travaux, menés depuis le XII^e siècle, ont permis au pays d'accroître considérablement ses surfaces agricoles: les polders représentent plus de 15% du territoire néerlandais.

GETTY IMAGES/PHOTONONSTOP RF

LES MOTIFS DE LA TERRE

NATUREL

LABYRINTHE AQUATIQUE

Plus grande aire sauvage subtropicale d'Amérique du Nord, le parc national des Everglades, en Floride, déploie un entrelacs marécageux. Des motifs façonnés par 130 000 ans d'une histoire géologique qui a vu le vaste plateau calcaire de Floride connaître des périodes de hausse et de baisse du niveau de la mer, et une érosion par les éléments ininterrompue.

TETRA IMAGES/AGEFOTOSTOCK/PHOTO12

NATUREL

LA VUE EN ROSE

C'est à un mélange de bactéries et d'algues rouges, orange et pourpres que le lac Hillier, sur une petite île de l'ouest de l'Australie, doit sa couleur rose bonbon. Ces micro-organismes tiennent eux-mêmes leurs teintes de molécules appelées caroténoïdes. Elles pourraient expliquer qu'ils prospèrent dans le lac: elles leur fourniraient une protection contre sa salinité extrême, huit fois plus élevée que celle de l'océan.

GETTY IMAGES



ARTIFICIEL

LE BLEU VOUS MINE?

Aux États-Unis, ces motifs bleu électrique qui contrastent avec le sol ocre de l'Utah appartiennent à des bassins d'évaporation de la mine de potasse de Cane Creek. De l'eau est envoyée dans la mine, à 1 200 m de profondeur, où elle dissout la potasse, avant de revenir en surface. On lui ajoute alors un colorant à base de cobalt pour faciliter l'absorption de la lumière et l'évaporation, et accélérer la récupération du chlorure de potassium.

SYLVAIN CORDIER/HEMIS





LES MOTIFS DE LA TERRE

NATUREL

GRUYÈRE VÉGÉTAL

Baptisés «cercles de fée», ces anneaux dénués de végétation se dessinent sur les prairies sèches de Namibie. Ils ont fait l'objet de multiples hypothèses: météorites, anomalies botaniques créées par des suintements gazeux d'origine géologique ou liées à la putréfaction de certains végétaux, mais aussi termites, qui grignoteraient les racines des plantes dans leurs colonies souterraines... Le mystère reste entier.

ROBERT HARDING/ALAMY/PHOTO12



ARTIFICIEL

UNE PART DE DÉSERT

Ces cultures en cercle (ou *crop circles*) qui tapissent le sol de l'Utah, aux États-Unis, sont dues à une méthode particulière d'irrigation, dite «à pivot central», où les buses d'arrosage tournent autour d'un pivot. Inventée dans les années 1940, elle s'est répandue dans les grandes plaines semi-arides américaines où elle représente un mode d'irrigation facile à mettre en œuvre et peu coûteux.

IMAGEBROKER/ALAMY/HEMIS





LES MOTIFS DE LA TERRE



OÙ SE SERRE-T-ON LE PLUS SUR TERRE ?

Dans un quartier de la ville chinoise de Hong Kong appelé Mong Kok, « lieu animé » en cantonais. Un euphémisme, puisque cet endroit a été désigné par le livre *Guinness des records* comme la zone la plus densément peuplée de la planète, avec plus de 130 000 habitants/km². En comparaison, l'arrondissement le plus concentré de Paris, le 11^e, ne compte que 40 000 habitants/km². Statistiquement, la ville la plus dense au monde est Manille, la capitale des Philippines. Mais Hong Kong est bâtie sur un archipel aux reliefs accidentés et seul un cinquième de sa superficie est constructible. À partir du XIX^e siècle, son architecture s'est donc élancée vers le ciel, montant progressivement jusqu'à huit étages de logements au-dessus

d'échoppes sur rue. La plupart de ces immeubles traditionnels ont, depuis, laissé la place aux gratte-ciel. De nos jours, Hong Kong est l'une des villes où ils sont les plus nombreux et les plus hauts, comptant même des bidonvilles sur leurs toits pour pallier le manque de logements sociaux. Cette densification par le haut inspire jusque chez nous, compte tenu des limites de l'étalement urbain et de l'artificialisation des sols. Lors des réflexions préliminaires sur le Grand Paris en 2009, une étude avait été réalisée sur 12 rues représentatives, en dehors des arrondissements centraux historiques de la capitale. Il y avait, en ajoutant des constructions légères sur les toits des bâtiments existants, une capacité foncière aérienne de plus de 460 000 m². Un potentiel encore peu exploité aujourd'hui.

Pages réalisées par Afsané Sabouhi

LA TERRE DES HOMMES



QUI L'ÊT CRU ?

Les eaux usées permettent de remonter le cours de l'histoire

Médicaments, caféine, nicotine, résidus de plastiques ou de métaux : ces molécules sédimentent dans les chambres à sable, des bassins de décantation des eaux usées et pluviales des systèmes d'assainissement. En 2017, une équipe de l'Institut des sciences de la terre d'Orléans a réalisé

des forages jusqu'à 3 m de profondeur sur les 17 accumulés dans la chambre à sable d'une station d'épuration de la ville mise en service en 1942. Ces carottes ont permis de remonter dans les « archives sédimentaires » des activités humaines jusqu'aux années 1980. Qu'ont-elles révélé ?

Des changements notables d'infrastructures ou de consommation, comme le passage des canalisations du plomb au cuivre ; l'intensification du marquage routier, source de microbilles de verre ; ou la prise massive d'antibiotiques et d'antidouleurs par la population locale.



GETTY IMAGES

QUI EST L'INTRUS ?

Cet éléphant ou ces touristes en safari ? Faut-il considérer l'humain comme une espèce invasive, à l'instar du moustique tigre ou du ragondin ? C'est la question explorée par le paléoanthropologue Jean-Jacques Hublin dans sa leçon inaugurale au Collège de France « *Homo sapiens*, une espèce invasive » en janvier dernier. Le titre est un brin provocateur, mais les faits sont là : *Homo sapiens* a proliféré en dehors de sa niche écologique africaine, envahissant toute la planète, et sa progression s'est faite au détriment d'un très grand nombre d'animaux, de végétaux et d'autres espèces humaines comme les Néandertaliens. À

une nuance près : il a atteint par lui-même toutes les régions du monde alors que, selon la définition, une espèce invasive ou envahissante a été introduite dans un écosystème situé hors de son aire de répartition, devenant nuisible pour les espèces indigènes. Reste à identifier quel avantage a permis à *Homo sapiens* d'être si compétitif au cours de l'évolution... Pour Jean-Jacques Hublin, ce n'est pas tant l'innovation technique et l'aptitude matérielle à s'adapter à un environnement nouveau mais la capacité de l'humain à créer du lien social qui a fait la différence, en rassemblant plus que chez d'autres espèces des groupes géographiquement distants.

Pourquoi l'humain est-il un animal migrateur ?

Comme en témoignent ces empreintes de pas fossilisées sur le sol américain datant d'il y a près de 23 000 ans, la migration est intrinsèque à l'humanité. La première avérée remonterait à *Homo erectus* il y a deux millions d'années, entamant ce que les spécialistes appellent « la sortie d'Afrique ». Depuis, notre espèce est la seule à s'être répandue sur toute la planète. Dans son livre *Homo migrans, De la sortie d'Afrique au grand confinement* (éd. Payot, 2022), l'archéologue Jean-Paul Demoule développe plusieurs explications. La démographie galopante depuis le Néolithique nécessite toujours plus d'espace. La volonté de puissance mène les dominants à chercher sans cesse l'accroissement de leur territoire. Le besoin de se définir pousse à aller vers le barbare, cet « autre » haï. Enfin, le sens de la communauté, la solidarité, conduit malgré tout et depuis toujours *Homo sapiens* à faire société. Cela s'est traduit par un métissage permanent, visible autant dans les langues et les cultures que dans nos génomes.

COVER IMAGES/ABACAPRESS



**ILS L'ONT
FAIT !**

Qui a créé une version miniature de notre planète ?

Dans le désert de l'Arizona, aux États-Unis, se dresse Biosphère 2, une serre de plus d'un hectare construite dans les années 1990. Huit écosystèmes en vase clos, dont une forêt tropicale et un océan, y ont été recréés. Deux expériences de vie animale et humaine en autarcie ont été tentées pour préparer des séjours dans l'espace. Mais

malgré les 200 millions de dollars investis, de multiples problèmes, dont la pénurie d'oxygène, ont interrompu le projet. L'université d'Arizona a depuis récupéré ce lieu, où des chercheurs étudient les transformations des écosystèmes sous influence humaine. Ouverte au public, Biosphère 2 est la deuxième attraction touristique de l'Arizona après le Grand Canyon.

ROGER RESSMEYER/CORBIS/GETTY IMAGES



Et si... L'HOMME n'avait pas existé ?

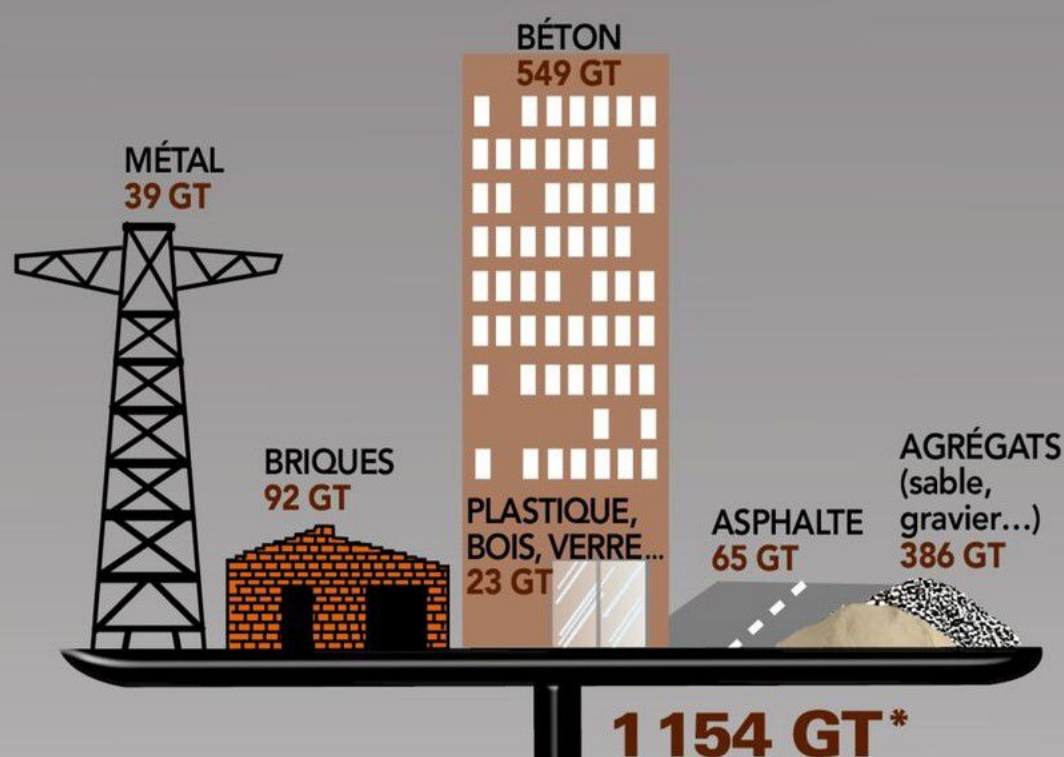
L'Europe du Nord serait peuplée de loups, d'élans et d'ours, mais aussi de rhinocéros et d'éléphants évoluant en toute liberté. De même que le Texas et le nord de l'Argentine accueilleraient des espèces aujourd'hui uniquement visibles lors de safaris-photos... Eh oui, en l'absence de l'ultime super-prédateur, les grands mammifères seraient présents sur toute la planète, contrairement à aujourd'hui, où ils se trouvent uniquement en Afrique de l'Est sur des territoires préservés comme le parc national du Serengeti, en Tanzanie. Cette analyse de chercheurs danois publiée en 2015 s'appuie sur des modélisations de la distribution des espèces de grands mammifères, qui montrent que la présence de l'homme a un effet plus important que l'évolution naturelle de leur environnement. Les espaces restés longtemps inhabités par les humains et peu urbanisés en Afrique, ou les zones montagneuses sur les autres continents, sont pour eux des refuges.

QU'EST-CE QUI PÈSE LE PLUS LOURD ?

En 2020, la masse de tout ce que l'homme a fabriqué (anthropomasse) a dépassé celle des êtres vivants (biomasse).

L'ANTHROPOMASSE

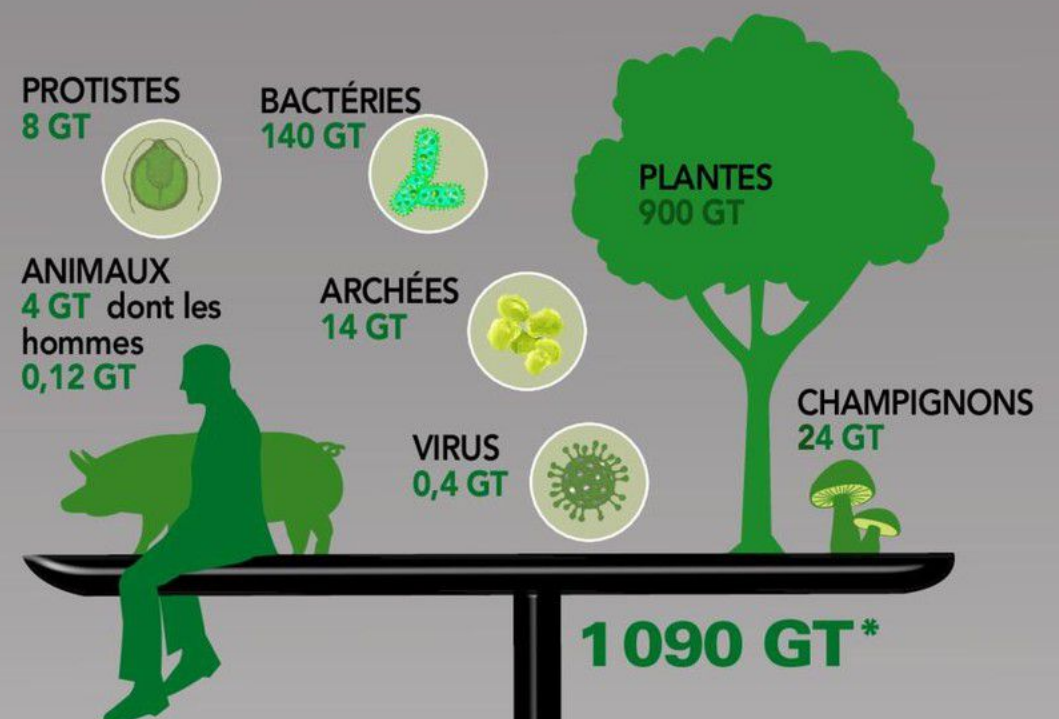
La masse de tout ce que l'homme a conçu ne constituait en 1900 que 3% de la biomasse. Depuis, elle double tous les vingt ans, si bien qu'elle est plus importante que la biomasse depuis 2020 !



* 1 gigatonne = 1 milliard de tonnes.
Poids sec en gigatonnes (GT).

LA BIOMASSE

Depuis les estimations du début du XX^e siècle, le poids de tous les êtres vivants sur Terre n'a pas vraiment changé. Ils pèsent plus d'1 térationne, c'est-à-dire 1 000 milliards de tonnes.

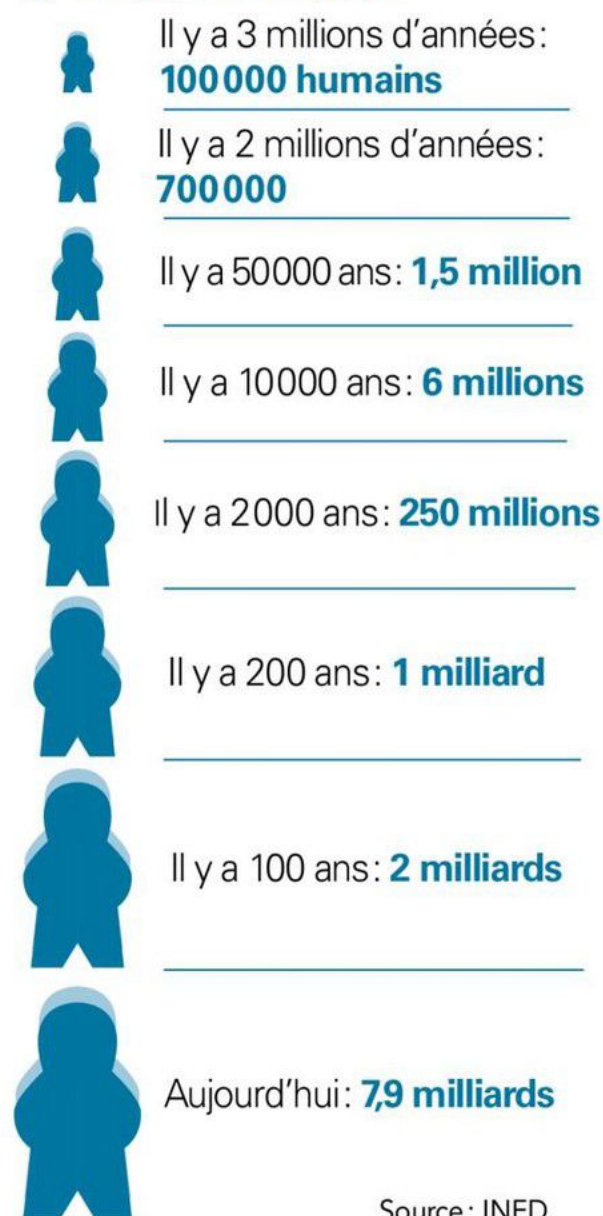


Combien d'humains sont nés sur Terre ?

Les effectifs ont augmenté rapidement au cours de la période récente: près de la moitié des hommes serait née durant les deux derniers millénaires et près d'un sur dix est encore en vie.

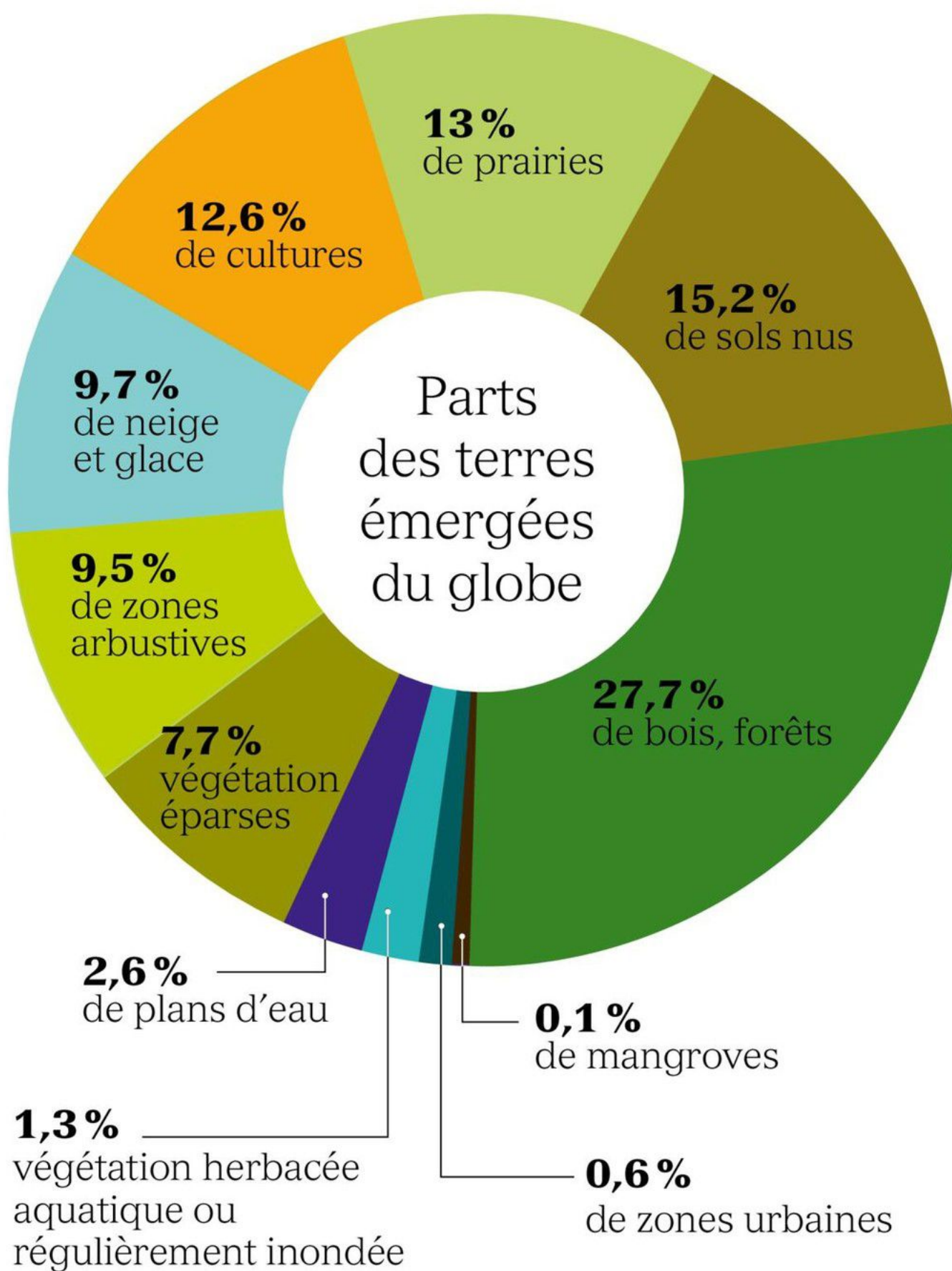
80 milliards

Évolution du nombre d'hommes:



Source: INED.

De quoi est recouverte la surface de la Terre ?



Source: FAO, GLC-SHARE Land cover.

La Terre s'épuise... Elle dispose de 12,1 milliards d'hectares de **surface biologiquement productive**, c'est-à-dire capable de produire les **ressources que nous utilisons**. Cela représente 1,5 hectare par être humain. Or, en moyenne aujourd'hui, l'humanité a une **empreinte écologique** de plus de 2,6 hectares par personne. Elle dépasse donc de 73 % la **capacité de la planète à se régénérer**. Source: Global Footprint Network.

Où est-on seul au monde?

Au point Nemo!

Ce qui signifie «personne» en latin. Le «pôle maritime d'inaccessibilité» est le point de l'océan le plus éloigné de toute terre émergée. Il est situé dans l'océan Pacifique, au large du Chili, à près de 2700 km de la terre ferme, des îles inhabitées. Les humains les plus proches sont donc les occupants de la Station spatiale internationale (ISS), dont l'orbite passe à environ 400 km du globe...

ISTOCK

L'ANTISÈCHE

1786: première ascension du mont Blanc

Les alpinistes Jacques Balmat et Michel Gabriel Paccard posent le pied sur le toit de l'Europe. Le sommet de l'Everest, le plus haut du monde, ne sera atteint qu'en 1953.

1960: première plongée dans la fosse des Mariannes

À bord d'un bathyscaphe, Jacques Piccard et Don Walsh descendent à - 11 km, le point le plus profond de l'océan.

1961: premier homme dans l'espace

Le cosmonaute russe Youri Gagarine vole 108 minutes autour de la Terre.

SOMMES-NOUS ALLÉS PARTOUT ?

M

ême les hautes altitudes ne sont plus des terres inexplorées. Pire, il y a désormais des embouteillages au sommet de l'Everest, comme en témoigne ce cliché de mai 2019! «S'il s'agit juste de planter un drapeau, oui, l'homme est allé partout, concède Olivier Archambeau, professeur de géographie à l'université Paris8 et président de la Société des explorateurs français. Mais si c'est étudier la faune et la flore et cartographier précisément, alors il reste de grandes inconnues sur la planète, en particulier dans les déserts les plus hostiles et les forêts les plus denses.» En 2021, des chercheurs ont chiffré que seuls 2,9% des terres de la planète avaient encore une faune intacte de toute empreinte humaine: les forêts de l'Amazonie et du Congo, les toundras sibérienne et canadienne ou le Sahara. Mais il reste à découvrir les profondeurs des océans et les entrailles de la terre. Descendre au cœur du magma est pour l'heure impossible faute de matériau résistant à de telles températures, tandis qu'explorer les abysses reste rare en raison des coûts. Cela n'arrête toutefois pas la Chine, qui veut faire partie de l'aventure: depuis 2019, elle travaille sur l'installation d'une base dans la fosse de Manille, à 5400 mètres de profondeur.

ISTOCKPHOTO





Mine de diamants à ciel ouvert à Mirny, en Russie.

COMMENT SAIT-ON CE QU'IL Y A **AU CENTRE DE LA TERRE** ?

Aussi impressionnante soit-elle, la mine de diamant de Mirny, en Sibérie orientale, n'est rien à côté de l'excavation la plus profonde au monde. Au nord-ouest de la Russie, le forage de Kola, réalisé entre 1970 et 1989, atteint 12 262 mètres. Ce qui a donné aux chercheurs un aperçu direct... sur moins de 0,2% de l'épaisseur de la Terre ! L'objectif était d'atteindre le Moho, la limite entre l'écorce terrestre (la croûte) et le manteau en dessous, située à 35 km de profondeur en moyenne, mais le forage a dû cesser à cause des hautes températures atteintes à de telles profondeurs. Ce ne sont pas les trous que l'homme creuse mais les ondes sismiques de fond (pas celles de

surface responsables des dégâts des séismes) qui permettent de savoir de quoi est faite la Terre. En 1909, le géologue croate Andrija Mohorovicic a ainsi pu détecter un changement de couche, l'accélération brutale de la propagation des ondes indiquant une modification de la nature et de la densité des roches. C'est aussi grâce à cette discipline, la tomographie sismique, que les discontinuités entre manteau et noyau d'une part, noyau liquide et noyau solide d'autre part, ont été mises en évidence au début du siècle dernier. Mais notre connaissance de la structure interne de la planète reste un modèle, régulièrement affiné par des travaux sur le magnétisme terrestre ou les météorites.

Qui a oublié cette photo sur la Lune ?

L'astronaute américain Charlie Duke, lors de la mission Apollo 16. Ce portrait en compagnie de son épouse et de ses deux fils avait été placé sous plastique et annoté de la mention : « Ceci est la famille de l'astronaute Duke de la planète Terre, qui s'est posé sur la Lune le 20 avril 1972 ». L'« oubli » était en effet volontaire, pour témoigner de la dimension humaine de l'exploration spatiale. Mais même s'il a été épargné par les impacts de météorites, le cliché s'est certainement détérioré à cause du rayonnement ultraviolet...



NASA

ALROSA/REX SHUTTERSTOCK/SIPA

COMMENT METTRE LA TERRE À PLAT ?

Faute de solution mathématique idéale pour projeter la surface d'une sphère sur un rectangle, la plupart de nos planisphères sont des distorsions.



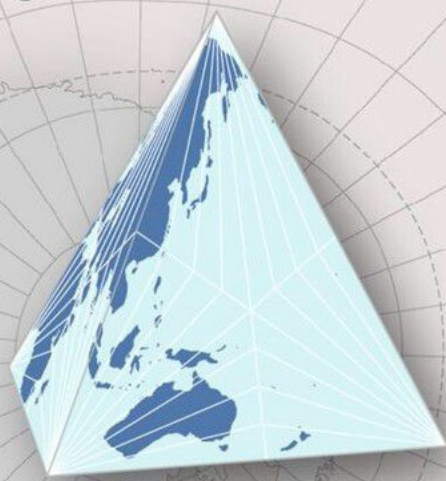
1 Le globe est divisé en 96 triangles rectangles de même aire. Plus le nombre de triangles est élevé, plus le planisphère final est précis.

2



2 En gardant l'égalité des aires des triangles, ils sont projetés en un tétraèdre un peu gonflé avec 24 triangles sur chaque face.

3



3 Toujours en gardant l'égalité des aires des triangles, au détriment de leur angle droit, le tétraèdre est « aplati » en un volume régulier.

Vous n'aviez jamais vu tant d'eau ni distingué entièrement l'Antarctique sur une carte du monde? Vous étiez persuadé que le Groenland était plus grand que l'Australie? C'est normal. Cette carte, appelée AuthaGraph et conçue en 1999 par l'architecte japonais Hajime Narukawa, ne ressemble pas à celle de nos manuels scolaires. Elle propose pourtant la représentation la plus fidèle de la taille des continents et des distances entre eux. Le planisphère que nous connaissons a, lui, été conçu en 1569 par le géographe flamand Gerard Mercator, à la de-

mande de navigateurs. Il conserve donc les angles (le cap essentiel pour les marins) mais déforme les distances et les aires à mesure que l'on s'éloigne de l'équateur. Sa projection est une représentation plane d'une Terre approximativement cylindrique, alors que Hajime Narukawa a imaginé une méthode astucieuse (lire ci-dessous) pour conserver la forme du globe. D'autre part, chaque créateur a positionné son pays au centre: c'est un parti pris. De même, les Chinois utilisent depuis 2002 un planisphère sur lequel leur pays redevient visuellement l'Empire du milieu, affirmant leur ambition de puissance maritime.



4



La particularité d'un tétraèdre régulier est qu'il peut se déplier en un rectangle parfait.

5



La carte est conforme aux rapports d'aires entre continents et océans. Son nom, Autha-graph, vient du grec *authalic*, «de même aire».

ÇA SE PASSE
PRÈS DE CHEZ VOUS



PLANTER DES FORÊTS URBAINES, ÇA SERT À QUOI?

Citoyens, associations et collectivités font pousser des micro-forêts en ville. Zoom sur un mouvement en plein essor avec l'association Boomforest. **Nathalie Picard**

Planter 2700 arbres en un week-end, c'est le défi relevé en février dernier par 300 Parisiens emmenés par Boomforest afin de transformer en micro-forêt un talus de 900 m² au bord du périphérique. Née en 2017, l'association compte 12 plantations à son actif sur de petites surfaces (environ 500 m²) en Île-de-France et à Lyon, et accompagne les projets de collectivités. Ces initiatives suivent la méthode du botaniste japonais Akira Miyawaki, créée dans les années 1980 pour restaurer des écosystèmes naturels et importée il y a peu dans les villes françaises : il s'agit de planter densément des arbres et arbustes (3/m²) de 20 à 30 espèces locales (érables, chênes ou églantiers à Paris). Boomforest prévoit d'obtenir ainsi des micro-forêts matures et utiles sur le plan écologique (biodiver-

sité, rafraîchissement, dépollution...) en 20 ans, contre 200 ans pour une forêt classique, la densité des arbres accélérant leur croissance. Mais ces projections restent à confirmer : « Nous n'avons pas de recul car en Europe, le climat est différent de l'Asie, et le contexte urbain change la donne, nuance l'écologue Annabel Porté, de l'Inrae. Une seule étude, menée pour restaurer une forêt de Sardaigne, a montré qu'au bout de 12 ans, 60 à 80% des arbres étaient morts faute d'espace. Dans 20 ans, ces plantations urbaines donneront peut-être un couvert dense et boisé, mais pas un écosystème forestier avec tous ses animaux ou sa vie microbienne. » Difficile, donc, de prévoir leurs bénéfices, mais on devrait en savoir davantage dans quelque temps. Car devant l'engouement pour les micro-forêts, des scientifiques lancent actuellement des projets pour les étudier.



38557 arbres
ont été plantés
à Paris entre
octobre 2020 et
mars 2022, dont
plus de 18000
sur les talus
du périphérique



À PARIS

UN HABITAT POUR LES OISEAUX

Sur un talus du boulevard périphérique, Porte de Montreuil, les arbustes ont poussé rapidement. Certains animaux comme des oiseaux (ici, une mésange) apprécieraient les peuplements denses, et d'autres moins (abeilles, syrphes...).



À LYON

DES PROJETS PARTICIPATIFS

Pour Boomforest, chaque projet de micro-forêt est l'occasion de sensibiliser les habitants et de les inviter à participer, comme ici dans le 3^e arrondissement de Lyon en 2021, sur une parcelle de 400 m² en bord de rue. «Des personnes de tout âge et toute catégorie sociale se retrouvent et apprécient de mettre les mains dans la terre. Au moins, c'est une action concrète», rapporte Damien Saraceni, cofondateur de l'association.

BOOMFOREST

Les arbres, climatiseurs naturels?

Un jour de canicule, à 13h, dans une rue en plein soleil, il fait 7°C de moins sous les arbres qu'au milieu de la chaussée. C'est le résultat des modélisations du projet Cooltrees, dévoilé cet été par l'Inrae. Si les arbres ont un effet

rafraîchissant, c'est parce qu'ils font de l'ombre, utilisent l'énergie solaire pour la photosynthèse et évacuent de l'eau par transpiration. Les scientifiques ont montré que cet effet augmente avec le volume du houppier (ensemble des branches) ou la

densité de feuilles. À l'avenir, ils comptent faire de leur logiciel de modélisation un outil au service des urbanistes. Il pourrait servir à tester divers aménagements arborés, comme les micro-forêts, et mieux comprendre l'influence de la végétation sur le microclimat urbain.



Plinio Sist

Écologue spécialiste des forêts tropicales*
au Cirad, à Montpellier



1 EN VILLE OU À LA CAMPAGNE, TOUT LE MONDE SE MET À PLANTER DES ARBRES. EST-CE LA SOLUTION AU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE?

PLINIO SIST Planter des arbres n'est pas si simple. Quelles espèces choisir face au changement climatique? Comment produire beaucoup de plants? Comment impliquer les populations locales? Et de toute façon, ça ne suffira pas. Un arbre met plusieurs décennies à atteindre sa maturité, et ce n'est qu'à ce moment-là qu'il joue pleinement son rôle de puits de carbone grâce à la photosynthèse. Les plantations peuvent être une solution de long terme, mais pour lutter contre le réchauffement climatique, il faut agir dès aujourd'hui en réduisant de manière drastique nos émissions.

2 COMMENT LES FORÊTS PEUVENT-ELLES Y CONTRIBUER?

P.S. La priorité est de cesser la déforestation. Entre 1990 et 2020, 420 millions d'hectares de forêts ont disparu, en majorité dans les régions tropicales à cause de l'agriculture (cultures de soja et de palmier à huile) et de l'élevage, selon le rapport de la FAO «La situation des forêts du monde», paru 2020. À l'inverse, la forêt gagne du terrain dans les régions tempérées comme la France, où sa surface a augmenté de plus de 50% en un siècle. La surexploitation des ressources est une autre pression subie par les forêts, à l'origine de leur dégradation. Désormais, nous savons quel nombre maximum d'arbres on peut couper pour qu'elles continuent à se régénérer et à rendre des services écologiques: stockage de carbone, biodiversité, fertilité des sols... Au-delà, elles se dégradent et deviennent plus vulnérables au réchauffement climatique et aux incendies.

3 FAUDRAIT-IL INTERDIRE TOUTE INTERVENTION HUMAINE DANS CERTAINES FORÊTS?

P.S. Non, car l'humain fait partie intégrante des écosystèmes. Il a toujours façonné son environnement: même en Amazonie, dans des forêts que l'on pensait vierges, des archéologues ont découvert des vestiges de civilisations précolombiennes qui ont modifié la composition de la forêt aux alentours, avec davantage d'arbres fruitiers comestibles. Mieux vaudrait sortir du mythe de la forêt primaire et trouver des compromis alliant préservation des forêts et activités humaines.

*Coauteur de *Vivre avec les forêts tropicales*, éd. Museo, 2021.

PEUT-ON VOIR LE BIG BANG À LA TÉLÉ ?



ui, il suffit d'allumer un vieux téléviseur cathodique sur une chaîne sans signal et de regarder scintiller la neige. Car, contrairement à ce qu'on croit, le «big bang» ne désigne pas une grande explosion à l'origine de l'Univers! En réalité, ce terme indique la période, il y a 13,8 milliards d'années, où de la matière extrêmement dense et chaude s'est dilatée très rapidement, entraînant l'expansion de l'Univers. C'est à partir du big bang que les ondes lumineuses ont commencé à parcourir l'espace. Or, il est toujours possible d'observer ces premières ondes (nommées fond diffus cosmologique et découvertes en 1960). Elles sont en effet détectées par les antennes télé et représentent 1% de la neige de l'écran. Les 99% restants proviennent d'autres ondes comme celles des communications radio, du Soleil, de trous noirs, etc. Mais pourquoi, dans l'imaginaire collectif, le big bang est-il représenté par une grande explosion? Car cette expression signifie «grand boum» et qu'elle est apparue pour se moquer de la théorie de l'expansion développée dès les années 1920 par l'Américain Edwin Hubble et le Belge Georges Lemaître. On

la doit au physicien britannique Fred Hoyle qui voulait dénigrer l'idée que de la matière puisse apparaître soudainement: cela s'opposait à sa propre vision d'un Univers immuable dont la matière se créait en continu. La théorie de l'expansion a finalement été retenue par la communauté scientifique mais le terme inexact pour la désigner est resté. Quant aux origines de l'Univers, on ne sait toujours pas à l'heure actuelle s'il s'est créé

à partir de rien, s'il suit un cycle de rétraction et de dilatation, s'il s'est développé à partir d'un univers parallèle... Seule certitude: étant donné les conditions de pression et de température de l'époque, les lois physiques précédant le big bang n'ont rien de commun avec celles que nous connaissons aujourd'hui, ce qui rend d'autant plus ardu le développement de modèles retraçant sa création.

Pages réalisées par Taïna Cluzeau



UNIVERS ET ORIGINES



GETTY IMAGES ; ISTOCK



QUELLE EST LA RECETTE DE LA SOUPE PRIMITIVE?

La « soupe primitive » n'est pas un potage de grand-mère mais l'environnement nécessaire à l'apparition de la vie sur Terre ! Sa composition aurait été notamment proche de celle du lac Grand Prismatic Spring (photo) de Yellowstone, aux États-Unis, caractérisé par des températures élevées et un environnement réducteur (absence d'oxygène). Pour que les premiers êtres vivants, des organismes unicellulaires, se développent, cette

soupe devait contenir des substances indispensables à la formation de 27 « briques élémentaires ». Une cellule est en effet composée de 20 acides aminés, 2 sucres et 5 molécules (appelées des bases nucléotidiques), ainsi que de quelques phospholipides pour la membrane. Lors de la formation des océans, il y a 4,4 milliards d'années, les gaz de l'atmosphère (acide cyanhydrique, formaldéhyde...), nécessaires à la fabrication de ces briques, se sont dissous dans l'eau. Les météorites

tombées sur Terre ont apporté des acides aminés. Enfin, au fond des mers, près des dorsales où se forme le plancher océanique, les fumeurs noirs, ces hautes cheminées hydrothermales, ont été des sources de chaleur et de minéraux. Tous les ingrédients nécessaires à la chimie des premières cellules étaient donc réunis. Aujourd'hui, si les chercheurs sont capables de recréer les conditions d'obtention de ces briques élémentaires, ils n'ont pas encore trouvé la recette aboutissant à l'apparition de la vie.

L'eau était-elle là avant le Soleil?

Deux grandes thèses expliquent l'origine de l'eau sur Terre. Celle selon laquelle elle est arrivée après la formation de notre planète, importée par des météorites et des astéroïdes. Et celle qui soutient qu'elle aurait été emprisonnée dans les couches terrestres dès sa formation. Une étude publiée en février par des chercheurs français vient étayer ce second scénario. Leur analyse des plus anciennes roches du système solaire, trouvées à l'inté-

rieur de météorites, a révélé pour certaines une composition riche en deutérium, un type particulier d'hydrogène que l'on retrouve en mêmes proportions dans l'eau terrestre. Selon eux, ces roches ont donc dû traverser de la vapeur d'eau. Elle proviendrait de glace interstellaire présente dans le nuage de gaz à l'origine de la formation du Soleil et de ses planètes. L'eau était donc bien présente avant le Soleil, et la Terre aurait ainsi pu l'absorber dès sa formation.

L'ANTISÈCHE

13,8 milliards d'années Premières lumières observables dans l'Univers.

4,5 milliards d'années Formation du système solaire et de la Terre.

Entre 4,3 et 3,7 milliards d'années Premières traces présumées de vie sur Terre.

450 millions d'années Plantes et invertébrés colonisent la terre ferme.

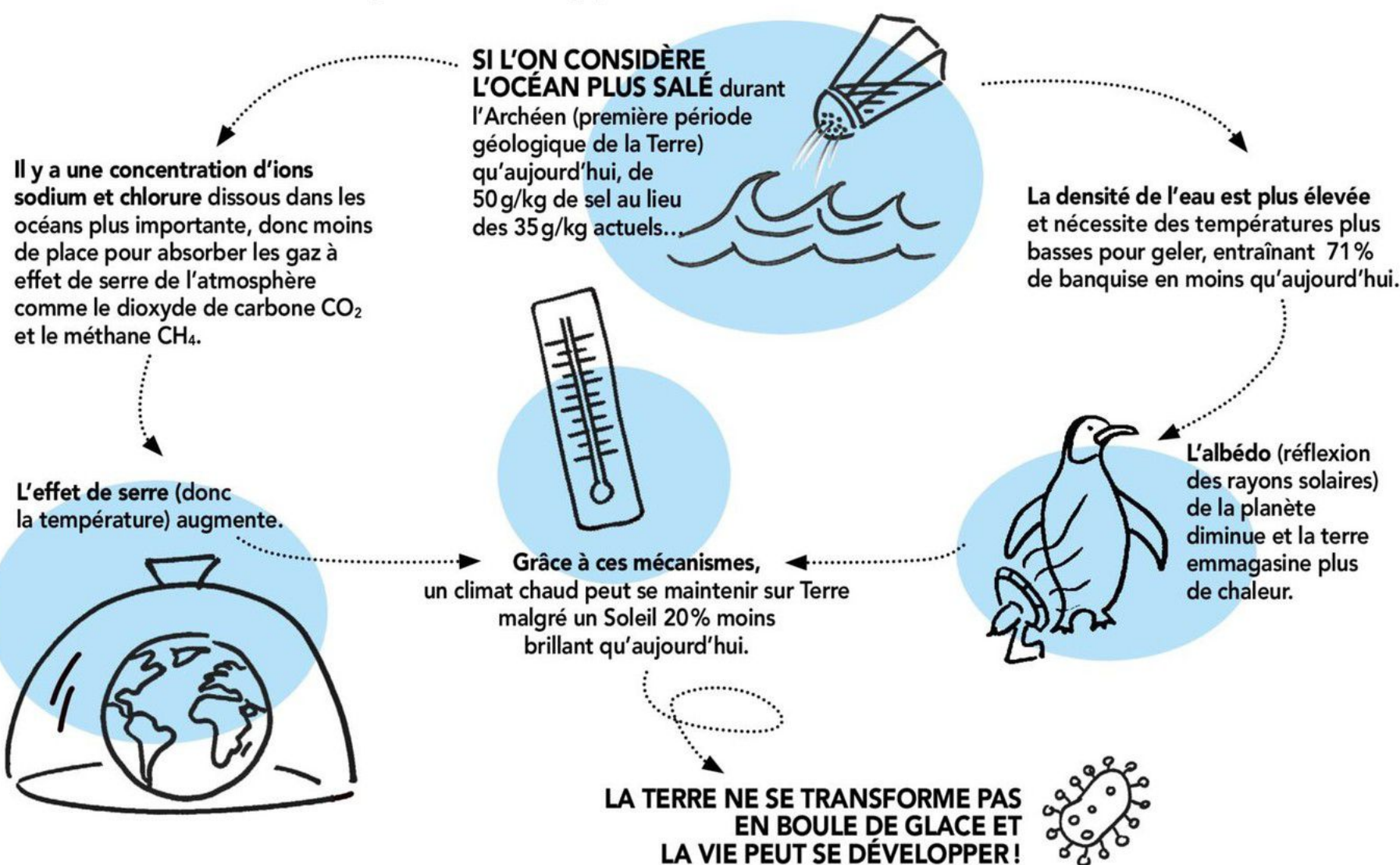
65 millions d'années Disparition des dinosaures.

200 000 ans Les premiers *Homo sapiens*.

C'EST QUOI LE RAPPORT?

S'il y a du sel, il y a de la vie

En ajoutant une pincée de sel dans les océans, des chercheurs ont tenté de résoudre le mystère de l'apparition de la vie sur Terre. Démonstration.



COMBIEN Y A-T-IL DE "TERRES" DANS L'UNIVERS?

La vie serait susceptible de se développer sur pas moins de 300 millions de planètes dans notre seule Galaxie! La première planète située en dehors de notre système solaire, ou exoplanète, a été découverte en 1992. Sur les plus de 5000 exoplanètes répertoriées depuis dans notre Galaxie, 149 sont potentiellement habitables selon la Nasa. Pour le déterminer, les astronomes s'appuient principalement sur l'orbite qu'elles effectuent autour de leur étoile: celle-ci conditionne des critères indispensables à la vie telle qu'on la connaît sur Terre, comme la présence d'eau et d'une atmosphère ou de températures modérées. Reste à savoir si la vie s'est déjà développée sur les planètes qui réunissent ces conditions. Comment? Les organismes consomment et produisent des gaz comme l'oxygène et le méthane ou colorent la surface d'une planète à l'exemple de nos plantes. Les chercheurs espèrent détecter ces indices avec le nouveau télescope spatial James-Webb en opération depuis juillet, le seul outil suffisamment puissant aujourd'hui pour une telle tâche.

NASA, ESA, CSA, STSCI, ISTOCK



NOTRE PLANÈTE A-T-ELLE DES ORIGINES **EXTRATERRESTRES** ?

Deux énormes grumeaux de matière à 2 000 km de profondeur, l'un sous l'Afrique et l'autre sous le Pacifique central, intriguent les chercheurs. Ils sont plus denses que la roche du manteau, donc de constitution chimique différente. Qian Yuan, chercheur à l'université de l'État de l'Arizona (États-Unis), remonte à la formation de notre planète pour expliquer leur présence. Il y a 4,5 milliards d'années, un nuage

de gaz et de poussière se contracte sous l'onde de choc de l'explosion d'une étoile en fin de vie. Les poussières s'agglomèrent en un disque avec au centre un Soleil naissant et autour des chondres, des embryons de planètes. Sous l'effet de la gravité, les matériaux plus lourds comme le fer, le nickel et d'autres métaux coulent au centre des planètes telluriques (c'est-à-dire dont la surface est solide) et forment diverses couches: noyau, croûte et

manteau. Mais dans le chaos qui règne encore, Théia, une planète de la taille de Mars, percute la Terre en formation. Si certains débris se seraient alors amalgamés pour former notre satellite, la Lune, d'autres auraient été cannibalisés par notre planète. Plus denses que le manteau terrestre, ils n'auraient cependant pas fondu complètement dedans, demeurant des vestiges extraterrestres de l'histoire chaotique de la Terre.

13,4 milliards d'années

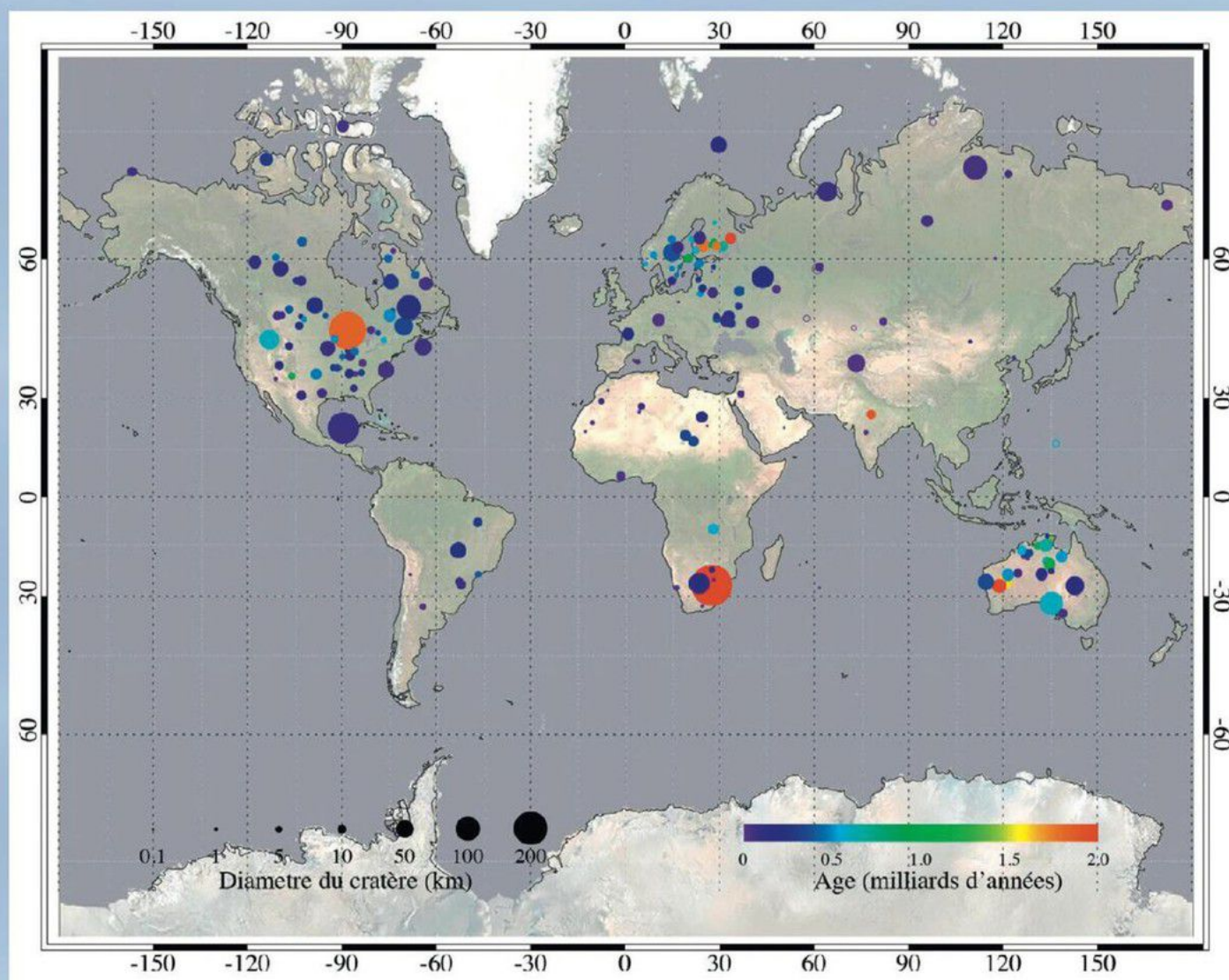
C'est l'âge de la plus vieille galaxie révélée par le télescope James-Webb de la Nasa.

Les extraterrestres pourraient bien nous trouver en premier! **2034 étoiles** sont suffisamment **proches de nous** et correctement alignées pour que les **potentiels habitants** des planètes qui gravitent autour puissent **détecter la présence** de la Terre, grâce à son ombre lorsqu'elle passe devant le Soleil. Les extraterrestres des planètes du système Trappist-1, considérées comme **viables**, nous auraient ainsi en **ligne de mire** d'ici 1 642 ans. Source: Nature, 2021.

OÙ S'ÉCRASENT LES MÉTÉORITES?

Sur les 190 structures d'impact connues sur Terre, plus de la moitié se trouvent en Amérique du Nord et en Europe. Mais c'est surtout parce que la recherche s'est concentrée dans les pays occidentaux, explique Sylvain Bouley, planétologue à l'université de Paris-Saclay. Aujourd'hui, la majorité des cratères sont détectés par image satellite «mais il faut encore se rendre sur place pour confirmer leur nature», pointe-t-il, et les moyens alloués sont plus limités en Afrique ou en Amérique du Sud. Cependant, dans les prochaines années, les confirmations devraient se multiplier. Autres limites: la végétation dense d'Amérique du Sud ou d'Afrique équatoriale qui peut gêner l'observation satellite, des territoires inexplorés car inhabités telle la Sibérie, ou des cratères anciens difficilement détectables car érodés par la pluie, le vent et recouverts de nouvelles roches sédimentaires. Enfin, certains terrains, comme la côte asiatique et les planchers océaniques, sont simplement trop jeunes pour avoir été bombardés.

DAVID BARATOLUX



À quoi avons-nous échappé?

Par chance, parmi les milliers d'astéroïdes qui ont bombardé la Terre, les trois plus imposants capables de provoquer des extinctions de masse se sont abattus bien avant que nous

METABALLSTUDIOS

l'habitons. L'astéroïde Chicxulub (9 km de diamètre) s'est écrasé il y a 66 millions d'années. Pas de bol pour les dinosaures (lire ci-contre)... Quant à Vredefort (de 10 à 15 km) et Sudbury (de

9 à 14 km), ils sont respectivement tombés il y a 2 et 1,8 milliards d'années, quand la Terre n'abritait que des plantes et des organismes composés de quelques cellules. Il existe toujours des astéroïdes qui se baladent dans notre système solaire, dont certains plus gros comme 323 Brucia et ses 33 km de diamètre, ou même Cérès, 939 km. Heureusement, ces monstres ne

croisent pas l'orbite terrestre. Mais le Cneos (Center for Near Earth Object Studies) de la Nasa surveille de près 29 241 astéroïdes susceptibles de se retrouver à moins de 194 millions de kilomètres de la Terre dont 2 259 considérés comme dangereux car passant à moins de 7,5 millions de kilomètres et mesurant plus de 140 m de diamètre. La plus grande menace connue à ce jour vient de 1950 DA, un astéroïde d'un diamètre de 1 km: il a une chance sur 30 000 d'entrer en collision avec la Terre en 2880.

⊖ : Diamètre



323 BRUCIA
⊖ : 33 km



243 IDA
⊖ : 31,4 km



433 EROS
⊖ : 16,8 km

3200 PHAETHON
⊖ : 6,2 km

Remerciements à Alvaro Gracia Montoya et MetaBallStudios.

Et si... l'astéroïde qui a conduit à L'EXTINCTION DES DINOSAURES s'était écrasé ailleurs ?

Ils seraient peut-être encore vivants... Il y a 66 millions d'années, l'impact d'un astéroïde à Chicxulub, dans l'actuel Mexique, a entraîné l'effondrement de l'écosystème : dévastation de la végétation terrestre, extinction des dinosaures et disparition de plus de 75% de tous les animaux terrestres et marins. En tombant sur un territoire riche en gypse, l'astéroïde a éjecté 325 milliards de tonnes de soufre, explique la chercheuse

Joanna Morgan qui a effectué en 2016 des forages dans le cratère de 180 km de diamètre. Ces quantités astronomiques, présentes sur moins de 10% de la planète selon elle et dont on retrouve la trace dans les couches géologiques car retombées en pluies acides, ont suffi à obscurcir le ciel et à faire suffisamment baisser les températures pour provoquer cette extinction de masse. Il aurait donc suffi que cet astéroïde de 9 km de diamètre s'écrase ailleurs, selon le paléontologue japonais Kunio Kaiho, pour ne pas perturber autant les mécanismes atmosphériques.



QUI L'EÛT CRU ? Les ondes radio protègent la planète

Elles neutralisent une partie des particules solaires nocives. Mais il ne s'agit pas de n'importe quelles ondes radio : seules ont ce pouvoir les transmissions à très basse fréquence, utilisées principalement pour communiquer sous l'eau, en particulier par les sous-marins. Étonnamment, celles-ci se diffusent bien au-delà de leur destinataire, traversant l'atmosphère pour atteindre les ceintures de Van Allen, des régions de l'espace proches de la Terre (entre 700 et 65000 km) où de nombreuses particules

solaires sont piégées par le champ magnétique terrestre. Or, les scientifiques ont observé que ces ceintures se situaient plus loin aujourd'hui qu'en 1960, une époque où la basse fréquence était peu utilisée. Leur conclusion ? Ces ondes radio accélèrent la disparition des particules solaires, repoussant la limite intérieure des ceintures de Van Allen. Aujourd'hui, des chercheurs s'en inspirent pour développer des systèmes de protection radio pour les satellites. Mais jusqu'à présent, sans grand succès.

L'ANTISÈCHE

Astéroïde

Corps céleste composé de roche ou de métal. De quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres de circonférence, il orbite autour du Soleil et peut croiser la trajectoire de la Terre.

Météorite

Fragment de corps solide, rocheux ou métallique, qui ne s'est pas totalement désagrégré après sa traversée de l'atmosphère et son impact sur la Terre.

Étoile filante

Grain de poussière cosmique de quelques centimètres maximum qui se consume totalement durant sa traversée de l'atmosphère.

La Terre a-t-elle plusieurs lunes ?

Hormis l'astre qui éclaire nos nuits, il existe des mini-lunes ! Notre planète capture en effet parfois des satellites temporaires dans son champ de gravitation. En 2016, un astéroïde de la taille d'une voiture s'est ainsi mis à tourner autour de la Terre en 47 jours. Des rapprochements

répétés avec la Lune ont changé sa trajectoire et lui ont permis de retourner en orbite autour du Soleil en mars 2020. Une autre mini-lune avait été aperçue en 2006 mais n'était restée qu'un an. Actuellement, aucun astre n'a été signalé, mais leur petite taille les rend difficile à observer.



LA PLANÈTE BLEUE VA-T-ELLE CHANGER DE COULEUR ?



ela ne sera pas visible à l'œil nu, mais nos satellites sauront noter la différence. Le coupable ? Le phytoplancton. Les quantités de ces algues microscopiques, à la base de la chaîne alimentaire océanique, vont changer à cause du réchauffement climatique. Or elles contiennent de la chlorophylle, un pigment qui capte les rayons du soleil pour effectuer la photosynthèse. Celui-ci absorbe particulièrement les rayons bleus et réfléchit plutôt les verts. Raison pour laquelle les lacs riches en algues ont cette couleur verdâtre. Selon des chercheurs américains du MIT, la moitié des océans vont subir un changement de couleur d'ici 2100 si l'on table sur une hausse de température moyenne de 3 °C. Déjà, près des pôles, la fonte des glaces laisse

davantage d'espace aux algues pour se développer et le réchauffement prolonge leur période de croissance. Ces zones devraient donc légèrement verdir. En revanche, dans les régions subtropicales, la mer devient trop chaude pour le développement du phytoplancton, dont les quantités tendent à se réduire. L'eau devrait alors y apparaître plus bleue... Si l'étude de la couleur des océans via les satellites date d'une vingtaine d'années, elle reste délicate car les nuances sont proches. Les images captant non seulement la couleur des vagues mais aussi celle de l'atmosphère, déterminée par ses aérosols (vapeur d'eau, poussières), les mesures exigent une extrême précision. Au total, 90 % des données doivent ainsi être filtrées pour obtenir la vraie couleur des océans.

Taina Cluzeau

Un séisme peut-il durer plusieurs mois ?

Oui, un séisme lent peut s'étaler sur des mois; on le distingue de celui qui ne dure pas plus de quelques minutes – qu'on connaît davantage. Tous deux résultent d'un relâchement de l'énergie accumulée sur une zone de subduction, là où deux plaques tectoniques se déforment en passant l'une sous l'autre. Mais alors qu'un séisme bref correspond à une rupture violente, le séisme lent advient quand la tension se relâche en douceur. Ce phénomène a été découvert en 2001 au Canada, grâce à des stations GPS mesurant les mouvements des plaques à quelques millimètres près. Il ne génère pas d'onde destructrice, juste des déformations imperceptibles des plaques. Pour autant, il peut libérer autant d'énergie qu'un séisme d'une magnitude 7,5 sur l'échelle de Richter. Telle une soupape, ce glissement pourrait diminuer le risque de séisme violent sur place, et transférer des tensions à une zone voisine. En 2014, au Mexique, l'un d'eux aurait été à l'origine d'un séisme de magnitude 7,3, déclenché deux mois plus tard. M.-A. C.

GETTY IMAGES/ISTOCKPHOTO



LE MONT BLANC A-T-IL FINI DE GRANDIR ?

Pour le savoir, l'ordre des géomètres-experts organise tous les deux ans, depuis 2001, une campagne pour mesurer son altitude. Le sommet glacé et enneigé enregistre des mouvements permanents, liés aux intempéries. Lors de la dernière expédition, en 2021, il atteignait 4807,81 m contre 4806,03 m en 2019. Les météorologues

expliquent cette croissance d'un mètre par la plus grande fréquence des vents d'ouest qui amènent des précipitations, donc de la neige en altitude, même l'été. Le record d'altitude a été atteint en 2007, avec 4810,90 m avant que la glace fonde. Le sommet rocheux, qui culmine à 4792 m, ne gagne quant à lui qu'un tout petit millimètre par an, du fait du

soulèvement tectonique. Dans la chaîne de l'Himalaya, l'Everest (8850 m) pousse bien plus vite ! Le géologue américain Bradford Washburn a calculé que son sommet rocheux, sous la neige et la glace, gagne 6,1 cm par an en moyenne. Les géologues expliquent sa croissance rapide par la mousson : les précipitations annuelles sur le flanc sud de l'Himalaya érodent tant le massif qu'il s'allège et « flotte » plus haut sur le manteau terrestre. L.R.

Et si... Un homme avait dû creuser LE GRAND CANYON ?



JOHN LAMING/ALAMY/HEMIS

Il lui aurait fallu plus de 476 millions d'années pour excaver les 4 170 milliards de mètres cubes de terre et de roche des fameuses gorges du fleuve Colorado situé en Arizona (États-Unis). Et ce, s'il avait été muni d'une pelle standard et qu'il avait creusé au rythme d'un mètre cube à l'heure, douze heures par jour. C'est bien plus de temps qu'il n'en a fallu à la nature... Les gorges font 445,8 km de long, pour une profondeur moyenne de 1,6 km. Si les géologues estiment que le cours d'eau a creusé son tracé actuel en 5 à 6 millions d'années, des recherches récentes semblent indiquer qu'il a, par endroits, réutilisé le lit d'anciennes rivières ayant déjà formé des paléocanyons qui entaillaient le plateau rocheux sur près de 1 000 m de profondeur. Le « chantier » aurait donc commencé il y a 17, voire 70 millions d'années. Notez qu'en trichant un peu et utilisant la plus grosse excavatrice connue, l'homme pourrait améliorer son record en travaillant 47 602 ans... L.R.

EN COMBIEN DE TEMPS NAÎT ET DISPARAÎT UNE ÎLE ?



n seulement sept ans dans le cas d'Hunga Tonga-Hunga Ha'apai. Surgi des eaux fin 2014 à la suite d'une éruption dans l'archipel des

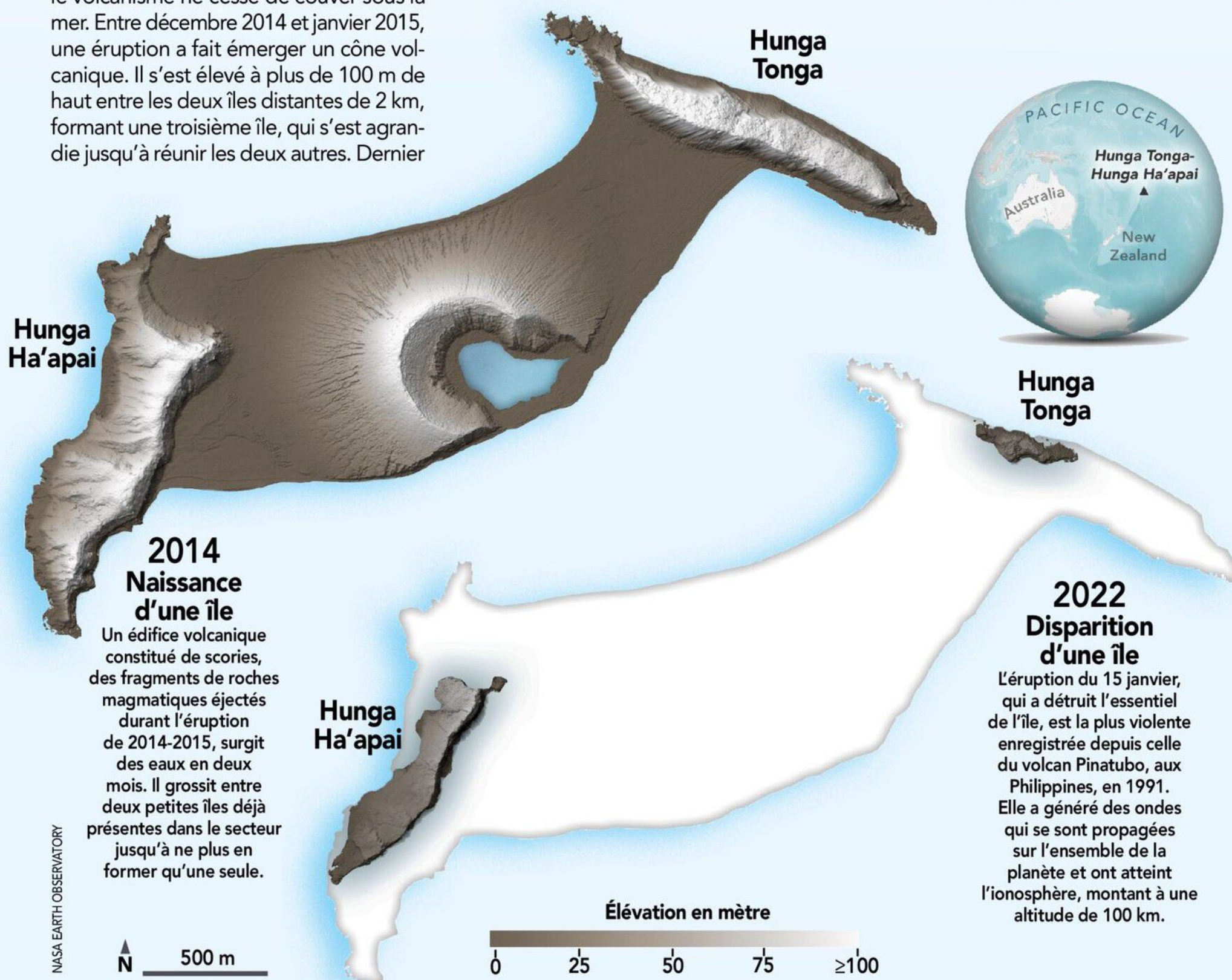
Tonga, ce bout de terre est devenu la plus jeune île volcanique du monde, avant de disparaître début 2022. Il s'agit en réalité de la réunion de deux îles inhabitées qui existaient déjà, vestiges d'une caldeira, un vaste cratère apparu il y a 1 000 ans. Dans cette zone de subduction de l'océan Pacifique sud, où la plaque pacifique plonge sous la plaque indo-australienne, le volcanisme ne cesse de couver sous la mer. Entre décembre 2014 et janvier 2015, une éruption a fait émerger un cône volcanique. Il s'est élevé à plus de 100 m de haut entre les deux îles distantes de 2 km, formant une troisième île, qui s'est agrandie jusqu'à réunir les deux autres. Dernier

chapitre de cette géographie explosive, le jeune volcan est de nouveau entré en éruption entre décembre 2021 et janvier 2022. « L'éruption a doublé la surface de l'édifice volcanique, explique Pierre Thomas, géologue et professeur à l'École normale supérieure de Lyon. Puis quelques explosions violentes l'ont secoué jusqu'au 15 janvier. Ce jour-là, une éruption explosive spectaculaire, la plus puissante de ces trente dernières années sur la planète, a détruit quasiment toute l'île. » M.-A. C.

10 cm/an

C'est la vitesse à laquelle dérive la plaque pacifique

Celle-ci avance vers le nord-ouest. C'est la plus rapide des 12 plaques tectoniques découpant la lithosphère, la couche externe solide de la Terre. La plaque eurasiennne compte, à l'inverse, parmi les plus lentes: elle se dirige de 1 cm/an en direction de l'est.

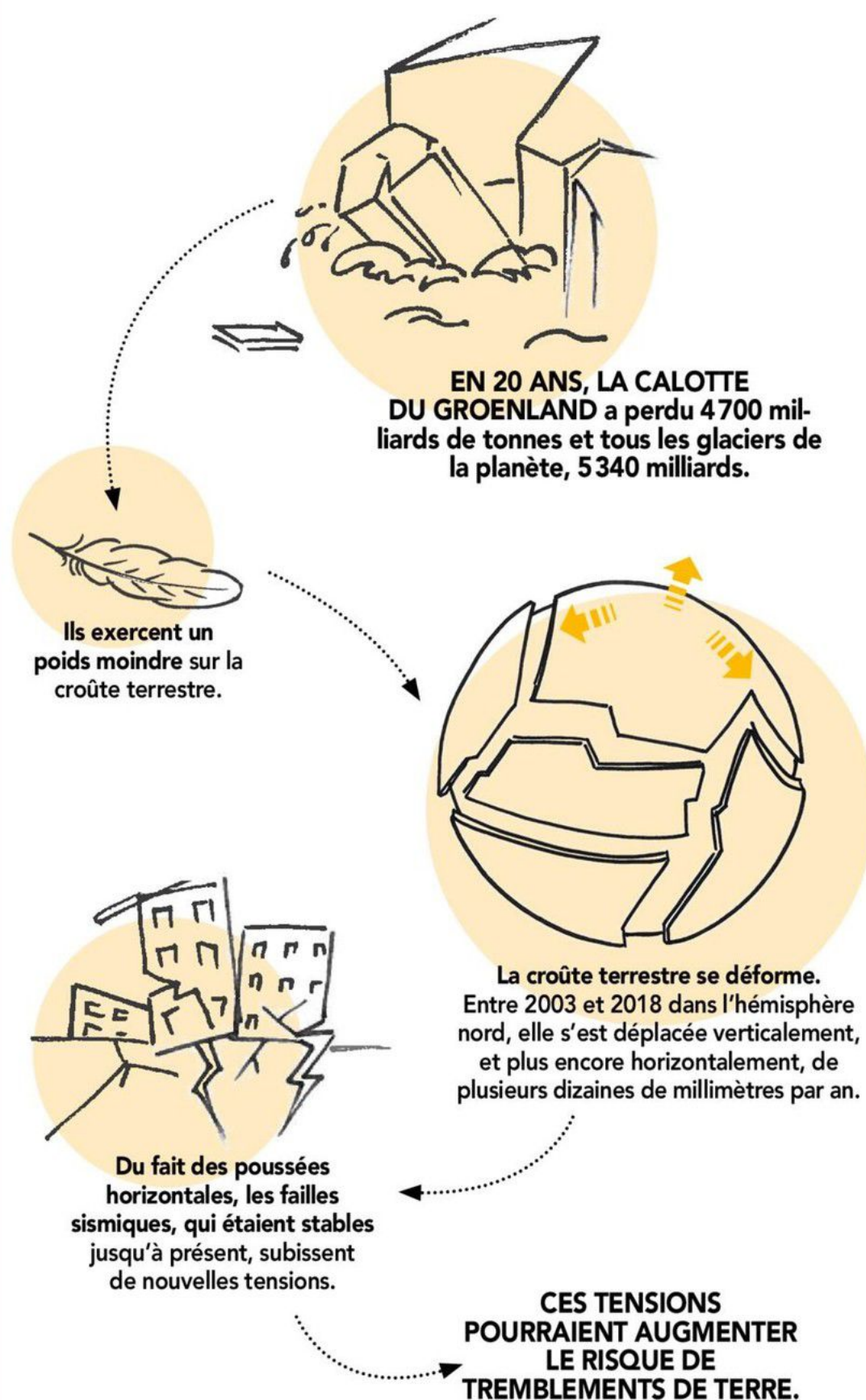


LA TERRE DANS TOUS SES ÉTATS

C'EST QUOI LE RAPPORT ?

Le changement climatique pourrait entraîner des séismes

Il y a 9000 ans, la fonte de la calotte scandinave aurait causé un regain d'activité sismique en Europe du Nord. Cela pourrait-il se produire aujourd'hui? M.-A. C.



ILLUSTRATIONS : MURIELLE GÉRAUD

FAKE NEWS?

La fonte de la banquise fait monter la mer

FAUX La banquise, c'est de la glace flottant sur la mer. Si elle fond, selon le principe d'Archimède, l'eau va remplir le volume d'eau de mer que la glace occupait. À l'image d'un glaçon, dont le dégel ne fait pas varier la hauteur d'eau dans un verre. Le devenir de la banquise n'a donc pas d'incidence sur le niveau des océans. En revanche, depuis les années 1990, la fonte des calottes glaciaires (les immenses masses de glace recouvrant la roche-mère) du Groenland a fait monter les mers de 10,6 mm; et celle de l'Antarctique, de 7,6 mm. Mais depuis trente ans, l'élévation des océans s'explique aussi pour moitié par la dilatation thermique de l'eau: les mers occupent un plus grand volume en se réchauffant. M.-A. C.



JEFFREY MILLER/ALAMY/PHOTO12

PARIS PLAGE, C'ÉTAIT QUAND ?



FRANCOIS NASCIMBENI/AFP

Bien avant l'opération de la mairie de Paris transformant les berges de la Seine en station balnéaire ! Il y a 48 millions d'années, au Lu-

técien, une mer tropicale recouvrait le Bassin parisien, région géologique qui comprenait une grande partie de la moitié nord de la France. « À cette époque, la plaque continentale ibérique a percuté la plaque eurasienne, ce qui a provoqué un affaissement au niveau du Bassin parisien », explique Jean-Pierre Gély, chercheur associé à l'université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. Venue du nord, la mer est descendue progressivement vers le sud jusqu'à la région de Fontainebleau. Sous l'eau, la boue calcaire s'est accumulée et a sédimenté en emprisonnant des dents de requins, des carapaces de tortues ou ces énormes coquillages, des *Campaniles giganteum* (ci-contre), découverts par un viticulteur en Champagne. Dans sa cave, que l'on peut visiter*, on découvre plus de 300 espèces, certaines encore emprisonnées dans l'épaisse couche de calcaire. L.R.

*www.geologie-oenologie.fr

QUI L'EÛT CRU ? L'Antarctique, l'endroit le plus sec sur Terre

La palme de l'aridité mondiale revient à une région très particulière de l'Antarctique : les vallées sèches de McMurdo. Celles-ci s'étendent sur 15 000 km², alternant glaciers, lacs gelés... et déserts de rocaïlle ! À l'abri des monts antarctiques, non exposée aux masses d'air humide, une zone de 2 000 km² est même totalement libre de glace. Les précipitations y sont très rares : les pluies sont quasiment inexistantes et les chutes de neige représentent

moins de 100 mm à l'année (l'équivalent de la pluviométrie annuelle dans le désert de Gobi). De surcroît, l'essentiel de cette neige se sublime avant de fondre : elle passe directement de l'état solide à l'état gazeux. Un phénomène qui serait dû aux vents secs et violents balayant la zone, parfois à plus de 300 km/h. La neige ne contribue donc que très peu à l'irrigation de ces vallées, mais favorise la survie de microbes, seule forme de vie locale. M.-A.C.

NOTRE PLANÈTE EST-ELLE MALADE?

Surexploitée par l'homme, notre planète s'essouffle. Sur les 31 « signes vitaux » évalués par un groupe de plus de 14 000 scientifiques, 24 montrent des évolutions inquiétantes (en rouge) et seulement 7 des évolutions encourageantes (en vert).

Population humaine ↗

Têtes de bétail ↗

Production de viande ↗

Produit intérieur brut mondial ↗

Prix des droits d'émission de carbone ↘

Subventions aux énergies fossiles ↗

Déforestation globale ↗

Niveau des glaces de mer estivales en Arctique ↘

Calottes glaciaires du Groenland ↘

Calottes glaciaires de l'Antarctique ↘

Épaisseur des glaciers dans le monde entier ↘

Émissions de CO₂ ↗

Passagers aériens ↗

Température globale à la surface ↗

Concentration atmosphérique de CO₂ ↗

Concentration atmosphérique de méthane ↗

Concentration atmosphérique d'oxyde de nitrate ↗

Température des océans ↗

Acidité des océans ↘

Niveau de la mer ↗

La superficie brûlée aux États-Unis ↗

Événements météorologiques extrêmes ↗

Coûts des dommages associés aux conditions météorologiques extrêmes ↗

Consommation d'énergie fossile ↗

Taux de fécondité ↘

Émissions de gaz à effet de serre couverts par la taxation carbone ↗

Déforestation en Amazonie brésilienne ↘

Émissions de CO₂ par habitant ↘

Gouvernements ayant déclaré l'urgence climatique ↗

Désinvestissement institutionnel dans les énergies fossiles ↗

Consommation d'énergie solaire et éolienne ↗

Aux États-Unis, la chaleur et la sécheresse chroniques alimentent des mégafeux, des brasiers qui dévastent plus de 10 000 hectares et échappent au contrôle des pompiers, et dont l'origine est la plupart du temps humaine.

Et si... nous ne faisons RIEN?

Une partie de la population mondiale souffrira de stress thermique, d'après une étude internationale ayant modélisé l'évolution du climat jusqu'en 2500. Plus de la moitié de l'année, les habitants d'une grande partie de l'Afrique, de la péninsule arabe, de l'Asie du Sud-Est et du nord de l'Australie souffriront ainsi d'une accumulation de chaleur que l'organisme ne peut réguler, pouvant provoquer des maladies, voire la mort. Quant aux milieux naturels, ils vont profondément changer: la majorité de la forêt amazonienne deviendra un désert, et les grandes plaines du Midwest, le grenier à blé des États-Unis, des forêts humides. Les grandes régions agricoles vont, elles, se déplacer vers les pôles, tandis que les terres propices aux cultures chuteront de 18% dans les zones tempérées et de 15% sous les tropiques. M.-A. C.

PEUT-ON ENCORE SOIGNER LA TERRE?

Le réchauffement pourrait causer des dégâts irréversibles si certains «points de bascule» sont franchis. Ce sont des changements affectant la machinerie planétaire, au point d'entraîner sa réorganisation sans retour possible en arrière. Dans une étude parue dans *Science* en septembre, des chercheurs européens en ont identifié 16, dont cinq susceptibles de survenir au niveau de réchauffement actuel (1,1°C): la fonte des calottes glaciaires du Groenland et celles de l'Antarctique de l'ouest, l'extinction des coraux, l'arrêt de courants océaniques dans l'Atlantique nord et la fonte du permafrost. Or, ces sols gelés en permanence dans les régions boréales piègent quatre fois plus de CO₂ que ce que les activités humaines ont généré depuis le milieu du XIX^e siècle. Dans le cas d'un réchauffement de 1,5 à 2°C, cinq autres points de non-retour pourraient bien être atteints. Raison de plus pour réduire drastiquement les émissions de CO₂... Il faudrait les diviser par deux d'ici à 2030 et atteindre la neutralité carbone en 2050 pour limiter la hausse de température à 1,5°C en 2100. M.-A. C.

FAKE NEWS?

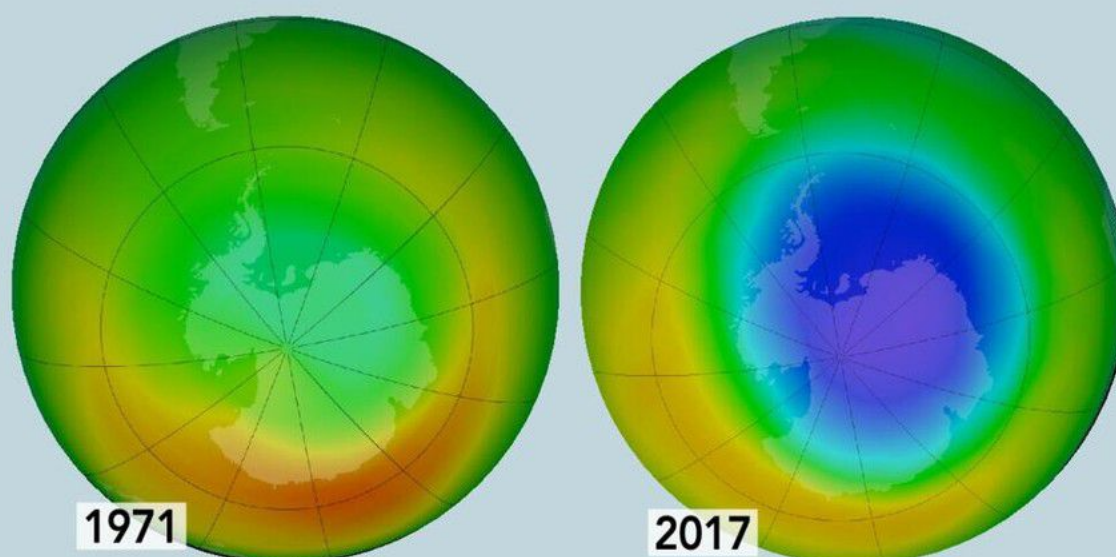
On a rebouché le trou de la couche d'ozone

FAUX Tout du moins, pas encore: le colmatage progresse depuis trente ans. Le «trou» a été diagnostiqué dans les années 1970. Le mot désigne en réalité un amincissement de la couche d'ozone, qui se produit chaque année de façon plus ou moins prononcée entre septembre et décembre au-dessus de l'Antarc-

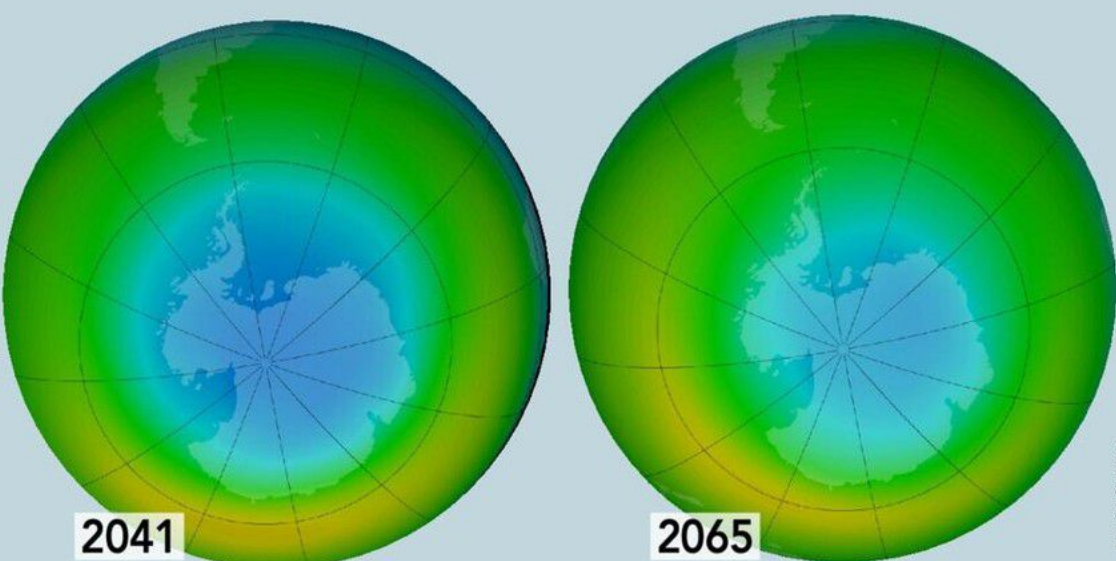
tique. En cause, la présence de chlorofluorocarbures (CFC) dans l'atmosphère. Ces gaz qui étaient utilisés dans la réfrigération ou les nettoyants industriels détruisent l'ozone lorsqu'ils se transforment en chlore au contact des rayons du Soleil. Or la couche d'ozone forme un bouclier protecteur qui filtre le rayonnement

ultraviolet. Sans elle, pas de vie sur Terre. D'où le branle-bas planétaire et l'interdiction des CFC dans les années 1980. Mais ces gaz ayant une durée de vie très longue, la couche d'ozone ne se reconstitue que petit à petit. D'après les spécialistes, le trou devrait disparaître durant la deuxième moitié du XXI^e siècle. M.-A. C.

Ces images montrent l'épaisseur de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique. Les couleurs bleu et violet correspondent aux endroits où la couche est la plus fine (le trou), tandis que les zones en vert, jaune et orange indiquent une couche de plus en plus épaisse.



Les mesures de la Nasa montrent l'amincissement de la couche entre ces deux dates.



D'après les projections de la Nasa, le trou devrait se résorber progressivement dans les décennies à venir.

À QUOI RESSEMBLE UNE TEMPÊTE SOLAIRE ?

NOVAPIX/BRIDGEMAN IMAGES



un embrasement féerique du ciel nocturne visible depuis les pôles. Notre étoile connaît périodiquement des éruptions massives appelées tempêtes solaires, qui conduisent à l'éjection de particules à très haute énergie (en général, des électrons). Celles-ci entrent en collision avec les atomes de gaz de l'atmosphère.

Les électrons de ces derniers s'excitent, puis reviennent à leur état initial en émettant de la lumière. La couleur est fonction du niveau d'énergie des particules solaires et de la nature du gaz. L'oxygène donne du rouge et du vert; l'azote, du bleu et du rouge profond. La majorité des aurores sont d'un vert tirant plus ou moins vers le jaune. Les aurores vertes se produisent

en général entre 120 et 180 km d'altitude. Le bleu et le violet sont générés en dessous de 120 km; et le rouge, vers 90 km. Sur les photos, ces couleurs paraissent souvent surréelles. C'est que l'œil humain est moins bien équipé pour la vision nocturne que les appareils numériques! À l'œil nu, les observateurs ne voient souvent que de pâles lueurs dans un dégradé de... gris. L.R.

Qu'y a-t-il dans l'œil d'un cyclone ?

Un calme trompeur. Les cyclones naissent dans l'océan, dans des zones assez éloignées de l'équateur pour que la force de Coriolis s'exerce et quand l'eau excède 26°C. Les vents puissants qui tournent dans le mur d'un cyclone peuvent atteindre 350 km/h, ce qui crée, du fait de la force centrifuge, une zone protégée, de basse pression, en son centre. Cet œil, balayé de vents calmes, mesure entre 20 et 180 km de diamètre et se déplace à 20 km/h environ. On dénombre 80 à 90 cyclones par an. Leur intensité est classée de 1 à 5 sur l'échelle de Saffir-Simpson. Le réchauffement des océans contribue à l'apparition de phénomènes plus puissants. Comme les ouragans Dorian (2019) et Irma (2017) dans l'Atlantique et le super typhon Haiyan (2013) dans le Pacifique qui ont généré des vents de plus de 290 km/h. L.R.

COMMENT CETTE PIERRE BOUGE-T-ELLE ?

Les pierres de Racetrack Playa, un lac asséché de la vallée de la Mort, en Californie, peuvent peser 300 kilos. Et pourtant, elles bougent, comme le prouve le sillage qu'elles laissent sur le sol. Mais comme personne ne les avait jamais vues migrer, Richard Norris et ses collègues ont un jour décidé d'en avoir le cœur net. En 2011, ils ont équipé 15 rochers de GPS et de caméras. Il ne leur restait plus qu'à attendre... deux ans. Car en 2013, miracle, leurs capteurs capturent ce phénomène! Retour en illustrations sur l'explication de ces scientifiques persévérants. L.R.

GETTY IMAGES

PEUT-IL PLEUVOIR DES POISSONS?

Ça ressemble à une blague du 1^{er} avril... Mais cela s'est bel et bien produit le 3 février dernier dans le Morbihan, en Bretagne. On reste néanmoins loin du film *Sharknado* (2013), dans lequel des milliers de requins s'abattaient sur Los Angeles: à Plœmeur, il ne s'agissait que de petits poissons! Cet étrange événement a eu lieu dans le sillage d'une tempête. Des trombes marines ont aspiré les poissons vivants, qui ont été transportés sur plusieurs centaines de kilomètres par des cou-

rants d'altitude avant de retomber sur la terre ferme lors d'un épisode de pluie. Et si ce phénomène est surprenant, il n'est pas unique. Fin 2021, il s'est produit à Texarkana, au Texas (États-Unis), et il survient régulièrement dans le village de Yoro, au Honduras. Les premiers témoignages datent du milieu du XIX^e siècle. Un festival baptisé *Lluvia de peces* («Pluie de poissons») a même été créé pour commémorer chaque année cette curiosité locale. Point d'orgue des festivités: un marché aux poissons, évidemment. L.R.



ISTOCK (X2)



TOUT S'EXPLIQUE...

PLUIE



Les rares pluies hivernales couvrent le fond plat du lac d'une fine couche (7 cm) d'eau.

GLACE



La nuit, l'eau gèle en un millefeuille de fines écailles de glace que le soleil matinal brise en plaques.

VENT



Le vent exerce une pression sur les éclats de glace qui s'accumulent contre les pierres. Il les pousse sur l'eau boueuse à une vitesse de 5 m/min.

FOTOLIA (X3)



COMMENT S'ATTAQUENT-ILS AUX NUAGES DE GRÊLE ?

Faire tomber la pluie, limiter la grêle... De plus en plus d'initiatives visent à modifier ces phénomènes météorologiques, comme en Gironde pour préserver le vignoble. **Nathalie Picard**

Haut-Médoc, Saint-Estèphe, Saint-Émilion... Le vignoble bordelais est un précieux terroir que les viticulteurs tentent de protéger des intempéries. Dans cet objectif, l'Anelfa, l'Association nationale d'étude et de lutte contre les fléaux atmosphériques, déploie en partenariat avec des scientifiques une technique appelée «ensemencement», qui consiste à envoyer de l'iodure d'argent dans les nuages. Ces fines particules rejoignent celles présentes dans l'atmosphère, autour desquelles se forment les grêlons dans les cumulus et les cumulonimbus. En rajouter générerait des grêlons plus nombreux, donc plus petits, qui tomberaient plus lentement et fondraient davantage avant d'atteindre les vignes. La Gironde est l'un des premiers départements à s'être dotés, à partir des années 1950, d'équipements de lutte contre la grêle. Aujourd'hui, son territoire est quadrillé tous les 10 km par un réseau de 137 générateurs d'iodure d'argent coordonné par l'Adelfa33, association départementale adhérente à l'Anelfa.

Des bénévoles sur le qui-vive pour déclencher les appareils

Chaque année de fin mars à mi-octobre, un bulletin météo annonce quatre fois par jour le risque de grêle, et l'alerte se déclenche à partir de 30%. Dans ce cas, les bénévoles en charge des appareils, une majorité de viticulteurs, les préparent puis les allument 4 heures avant l'orage, afin que la fumée produite, riche en iodure d'argent, monte dans le nuage de grêle. «Pour que le système fonctionne, il faut déclencher tous les générateurs», précise Jérôme Laduye, technicien à l'Adelfa33. Selon les mesures prises par l'Anelfa, le

UN VIGNOBLE SOUS HAUTE PROTECTION

La plupart des domaines bordelais (ici, le château Lafite Rothschild, à Pauillac) sont protégés de la grêle par le réseau de générateurs déployés en Gironde, financé par le conseil départemental, la Fédération des grands vins de Bordeaux et quelques communautés de communes. Chaque appareil couvre une superficie de 100 km².

JÉRÔME ALBA/AGEFOTOSTOCK/PHOTO12

nombre de grêlons de plus de 7 mm baisserait de 42% et l'intensité de la grêle chuterait de près de 50% dans les zones les mieux traitées. Mais pour l'heure, l'efficacité de la méthode n'est pas confirmée par la recherche (lire l'interview). L'association nationale poursuit ses observations sur plus de 20 départements. Quant à l'Adelfa33, elle espère améliorer son dispositif en densifiant la présence des générateurs (soit un tous les 7 km) avec des appareils activables à distance.

1,02 kg
C'est le poids du grêlon le plus lourd trouvé à ce jour. C'était au Bangladesh, en 1986.



IL Y A DE L'IODURE DANS L'AIR !

Chaque générateur se compose d'une bouteille d'air comprimé, d'un réservoir et d'une chambre de combustion. Mis sous pression par l'air comprimé, le mélange composé d'acétone et d'iodure d'argent passe du réservoir à la chambre de combustion, où il est pulvérisé et enflammé.



DES DÉGÂTS PARFOIS INÉVITABLES

Quand les orages sont violents, le dispositif ne peut empêcher la chute de gros grêlons. Les dégâts sur les vignes sont alors inévitables. Comme dans la nuit du 20 au 21 juin derniers, en Gironde, où les vignes du Médoc ont particulièrement souffert.

Et le canon anti-grêle, ça fonctionne ?

À la fin du XIX^e siècle, des canons anti-grêle sont apparus dans les vignes et les vergers d'Europe. Cette technique, abandonnée peu de temps après faute d'efficacité, a été réintroduite dans les années 1970 et plu-

sieurs sociétés commercialisent ces appareils aujourd'hui. Le principe : propager vers le nuage des ondes de choc empêchant les grêlons de grossir. La combustion d'acétylène génère toutes les 5 à 15 secondes une

explosion, propagée via une cheminée. Déclenché 20 à 30 minutes avant l'orage, le canon protégerait 80 hectares. Mais plus d'un siècle après sa création, son usage n'a toujours pas été avalisé par la communauté scientifique.



Andrea Flossmann

Professeure à l'université Clermont-Auvergne et coresponsable du groupe d'experts sur la modification du temps à l'Organisation météorologique mondiale

1 FAIRE LA PLUIE ET LE BEAU TEMPS, EST-CE POSSIBLE ?

ANDREA FLOSSMANN En tout cas, cet objectif est dans nos gènes ! Aujourd'hui, avec le réchauffement climatique, de plus en plus de pays cherchent à modifier le temps : augmenter ou réduire les précipitations, lutter contre la grêle, dissiper les brouillards... Des sociétés en profitent pour vendre de fausses promesses. D'où l'importance que des scientifiques s'y intéressent. Avec les experts de l'Organisation météorologique mondiale, nous avons passé en revue les travaux existants.

2 QU'EN AVEZ-VOUS CONCLU ?

A. F. Les essais ciblent des processus se déroulant dans les nuages. Selon les conditions à l'intérieur (température...), les particules en suspension agrègent soit des gouttelettes d'eau, soit des cristaux de glace, qui peuvent tomber sous forme de pluie, neige ou grêle. L'ensemencement des nuages consiste à jouer sur la concentration des particules pour favoriser ou empêcher les précipitations. Par exemple, ajouter des particules de sel peut favoriser la formation de gouttelettes qui vont donner de la pluie. Des chercheurs ont prouvé que l'ensemencement fonctionnait sur les nuages orographiques [formés sur les reliefs, ndlr] : y envoyer de l'iodure d'argent en hiver est un moyen d'augmenter les chutes de neige, et donc les réserves d'eau, sur des bassins versants en Australie et en Amérique du Nord. Des expériences scientifiques sont en cours dans d'autres situations avec divers types de nuages, d'ensemencements, de particules... Mais comme il n'y a pas deux nuages identiques, il est très difficile de monter des protocoles solides. Il est possible que l'usage d'iodure d'argent fonctionne contre la grêle dans certains cas (les orages peu violents), mais les preuves manquent. De surcroît, pour mieux évaluer ces techniques, il faudrait améliorer la prévision des précipitations, moins fiable que celle des températures.

3 CES TECHNIQUES POSENT-ELLES PROBLÈME ?

A. F. Leur usage peut causer des tensions entre des pays, certains estimant se faire voler leur eau. Par ailleurs, l'iodure d'argent est toxique. Dans les campagnes d'ensemencement menées à petite échelle comme en France, la concentration relevée dans les sols est très faible. En revanche, le déploiement de vastes programmes en Chine ou aux Émirats arabes unis pose question.





C'EST PHYSIQUE !

OÙ VONT-ILS TOMBER ?

La réponse semble évidente. Et pourtant, non seulement elle ne l'est pas, mais aussi la question du point de chute exact d'un corps a longtemps fait débat chez les scientifiques. En premier lieu, car ils savaient que l'observation du point d'atterrissage d'un objet pouvait permettre de prouver que la Terre tournait sur elle-même. Rien que ça. Déjà, au XVI^e siècle, les détracteurs de Nicolas Copernic avançaient que si la Terre tourne vraiment, une balle lâchée du haut d'un mât devrait atterrir plusieurs centaines de mètres à l'ouest de son point de lâcher, le mât étant emporté par le mouvement de la Terre mais pas la balle, qui doit rester en arrière... Argument auquel les coperniciens, dont Galilée, rétorquent que la balle en haut du mât suit déjà le mouvement circulaire de la Terre. Sa chute prend donc une direction verticale en même temps qu'une direction horizontale similaire à celle du mât. En 1632, Galilée poursuit sur sa lancée : il est possible que la balle

se déplace plus rapidement que le sol. Le sommet du mât avançant plus vite que le sol, puisqu'il est plus loin du centre de rotation de la Terre, il couvre donc une distance plus importante en un temps égal. Ainsi, la balle doit atteindre un point de chute à l'est du mât plutôt qu'à son pied. Si son hypothèse est aujourd'hui confirmée, ni Galilée ni les savants de l'époque, comme Newton, ne maîtrisent alors toutes les notions de physique nécessaires pour étayer ses arguments. Si bien qu'il faut encore attendre pour connaître le point d'atterrissage exact... En 1803, Pierre-Simon de Laplace et Carl Friedrich Gauss puis d'autres scientifiques prennent en compte la force de gravité, la force centrifuge et la force de Coriolis pour calculer précisément la déviation vers l'est. Pour une chute de 76 mètres, la déviation devrait être de 8 millimètres. Théorie confirmée au début du XX^e siècle par Edwin Hall grâce à des expériences en milieu contrôlé pour obtenir un résultat valide. On ne fera pas le calcul : on le croit sur parole !

Pages réalisées par Taïna Cluzeau

Un trajet aérien est souvent **plus rapide** quand il est effectué **d'ouest en est**. La raison? Entre 8 et 12 kilomètres d'altitude, aux latitudes moyennes (nord et sud), se forment de **puissants flux d'air** appelés courants-jets. Ils naissent de l'interaction des masses d'air polaire et d'air tempéré et peuvent atteindre **370 km/h**. Les avions naviguant dans le **sens du vent** utilisent ces couloirs pour accélérer. En 2019, un vol **Los Angeles-Londres** de la compagnie Virgin Atlantic a ainsi atteint une **vitesse exceptionnelle** de 1 289 km/h, et est arrivé avec **48 minutes d'avance**.

En 2020, le magicien David Blaine est monté jusqu'à 7 600 m d'altitude au-dessus de l'Arizona, accroché à des ballons.

JUSQU'OU S'ENVOLENT LES BALLONS DE BAUDRUCHE?

Tout dépend de leur volume et de l'élasticité de leur membrane. Un ballon classique peut atteindre environ 14 km d'altitude... Loin du record du ballon-sonde japonais de 60 000 m³ (50 m de diamètre) qui est monté jusqu'à 53 km en 2002! Avant de lâcher un ballon, il est nécessaire de le remplir d'un gaz moins dense, donc plus léger que l'air, pour qu'il s'envole. On utilise généralement de l'hélium, moins dangereux que l'hydrogène car non inflammable. Plus le ballon monte, moins il y a d'air au-dessus de lui (il se rapproche de

la limite avec l'espace où l'air est absent) et moins la pression autour de lui est importante. Or, le gaz à l'intérieur du ballon augmente son volume pour rétablir l'équilibre entre les pressions interne et externe, et exerce ainsi également une poussée sur sa paroi. Lorsque la membrane atteint sa limite d'étirement, elle se déchire et chute. Mais si elle résiste, la pression de l'hélium augmente à l'intérieur du ballon et sa densité finit par dépasser celle de l'air environnant. Le ballon de baudruche arrête alors son ascension et peut continuer à flotter durant des heures à cette altitude.





OÙ LE SOLEIL NE SE COUCHE-T-IL JAMAIS ?

Au pôle Nord, de mars à septembre, et au pôle Sud, de septembre à mars. À la fin de la journée, le soleil flirte avec la ligne d'horizon puis repart de plus belle à l'assaut du ciel. Le phénomène va decrescendo

selon la situation géographique : des pôles, qui connaissent des périodes de clarté de six mois, jusqu'aux cercles polaires, où le jour dure vingt-quatre heures. Le phénomène du soleil de minuit est dû à l'inclinaison de

l'axe de rotation de la Terre sur son orbite autour du Soleil. Sans cela, les diverses régions du globe seraient éclairées de façon égale toute l'année et les saisons n'existeraient pas. Mais comme la Terre est « pen-

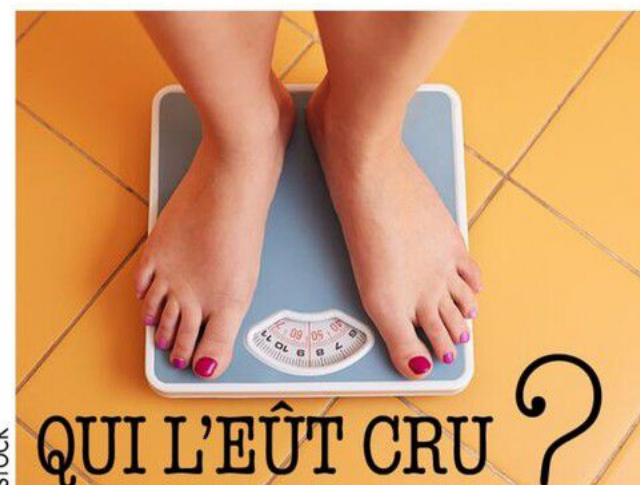
chée », elle présente durant six mois le pôle Nord en permanence à la lumière du Soleil jusqu'à ce que sa révolution autour de celui-ci ne place cette partie dans l'obscurité pour les six mois suivants.

ILS L'ONT FAIT !

Comment faire durer une journée 48 heures ?

En changeant de fuseau horaire. Dans les années 1880, avec l'augmentation des voyages et des communications à l'international, est apparu le besoin de suivre un même système horaire. Le globe est alors divisé en 24 zones longitudinales, en partant du méridien de Greenwich, en Angleterre, défini comme le point zéro. Les 12 fuseaux à l'est de Greenwich accumulent 1 à 12h de plus que l'Angleterre ; les 12 à l'ouest, 1 à 12h de moins. Dans le Pacifique, se trouve la ligne de démarcation entre les fuseaux +12 et -12 : il suffit donc de la traverser pour se retrouver

24h en arrière ! C'est ainsi que Paul Morgan, originaire des États-Unis, a réussi à faire durer sa journée d'anniversaire 48 heures en voyageant par avion entre les différents fuseaux horaires. Parti à 15h30 des îles Samoa (fuseau +14, qui ne concerne que quelques îles pour qu'elles restent proches du rythme de l'Australie) le 3 février, il est arrivé à Hawaï (fuseau -10) à 22h le même jour alors qu'il a effectué au total 30,5h de voyage dont 7,75h d'escales. Si l'on additionne 15,5h sur les îles Samoa + 30,5h de voyage + 2h à Hawaï, sa journée a bien duré 48h !



ISTOCK

QUI L'EÛT CRU ?

On ne pèse pas le même poids dans tous les pays

Dans le langage de tous les jours, on confond systématiquement le poids et la masse. Or, si la masse correspond à la quantité de matière en kilos qui nous constitue, le poids est en réalité la force qu'on exerce sur le sol, et se mesure en newtons. Nos balances déduisent d'ailleurs notre masse en fonction du poids que nous exerçons dessus et de la gravité terrestre. Celle-ci varie légèrement en fonction de la latitude et de l'altitude, notre poids est donc différent selon l'endroit où l'on se trouve. Mais le pèse-personne, lui, affichera un résultat erroné. Ainsi, un Parisien de 70 kg qui se pèse en Équateur verra s'afficher 69,8kg, la gravité à Paris étant de 9,81 N/kg, et à l'équateur de 9,78 N/kg. Pourtant sa masse est toujours de 70 kg ! Bref, les balances ne prennent pas en compte les différences de gravité, mais est-ce grave ?

Dans quel sens s'écoule l'eau du lavabo dans l'hémisphère sud ?

Selon la légende, l'eau tournerait dans le sens antihoraire dans l'hémisphère nord, dans le sens horaire dans l'hémisphère sud et elle devrait s'écouler sans rotation pile-poil au niveau de l'équateur. Et ce, du fait

de la force d'inertie exercée par la rotation de la Terre que l'on nomme force de Coriolis. Or, si celle-ci a effectivement une influence sur les mouvements des cyclones ou des courants océaniques, elle est

négligeable à l'échelle d'un lavabo. La présence ou non d'un tourbillon sera plutôt déterminée par la forme de la vasque, la direction du jet pour la remplir ou même la façon de retirer le bouchon...

C'EST PHYSIQUE !

VRAI OU FAUX?

La Terre **tourne** de moins en moins vite

VRAI L'effet de marée provoquée par l'attraction de la Lune ralentit sa rotation. Depuis les premières mesures précises en 1830, la Terre met en moyenne 0,1 milli-seconde de plus chaque année pour faire un tour sur elle-même. Et comme nos horloges sont réglées sur 86 400 secondes pour une journée, un service international hébergé à l'Observatoire de Paris a la charge d'ajouter au temps universel de référence 1 seconde supplémentaire certaines années (27 au total depuis 1972) pour que nous restions synchronisés avec le rythme terrestre réel. Reste un problème : sur le long terme, la Terre ralentit, mais sur le court terme, sa vitesse varie d'un jour à l'autre. Depuis 2020, elle s'est même mise à accélérer temporairement ! En 2021, une journée a ainsi duré environ 0,18 milliseconde de moins que nos 86 400 secondes de référence. Si cette tendance continue, dans dix ans, il faudra donc peut-être supprimer 1 seconde et non l'ajouter.

Elle est **ronde**

FAUX Sous l'effet de la gravitation, la Terre devrait être ronde. Mais s'exerce aussi une force centrifuge, due à la rotation, qui éloigne la matière terrestre de l'axe des pôles. Or l'effet de cette force, maximal à l'équateur, est nul aux pôles, qui sont immobiles. La Terre n'est donc pas vraiment ronde, mais aplatie à leur niveau, avec un diamètre polaire de 12 714 km, soit 42 km de moins qu'à l'équateur. En outre, la surface des océans reflète les variations de la pesanteur : à l'image des fonds marins, elle est bombée au-dessus des volcans, et creusée au-dessus des fosses.





Elle a **perdu** le nord

VRAI Et de nombreuses fois ! La Terre possède un champ magnétique engendré par les mouvements de convection du fer et du nickel fondus dans son noyau. Ce bouclier la protège des particules solaires et attire nos boussoles qui s'alignent sur le nord. En réalité, tous les ans, les pôles nord et sud magnétiques (à différencier des pôles géographiques) se déplacent de plusieurs dizaines de kilomètres en fonction des mouvements du noyau. Mais ce champ magnétique peut aussi s'inverser... C'est arrivé la dernière fois il y a 780 000 ans et au moins 183 fois ces derniers 83 millions d'années. Lors d'une inversion, qui se déroule sur plusieurs milliers d'années, les deux pôles commencent par se multiplier, créant des mini-champs nord-sud sur toute la planète avant de s'unifier à nouveau dans une polarité contraire. Dans l'intervalle, l'intensité du champ et sa protection diminuent de manière drastique. Et une fois l'inversion effectuée, les boussoles pointent vers le sud !

Elle **penche** de plus en plus

FAUX L'axe de rotation de la Terre est incliné sur son orbite autour du Soleil de $23,4^\circ$. C'est ce qui fait varier la durée du jour tout au long de l'année. Or, cette inclinaison varie naturellement entre $21,9^\circ$ et $24,5^\circ$ en suivant un cycle de 41 000 ans. Actuellement, elle diminue et atteindra son minimum dans 9 800 ans, modifiant le rythme des saisons localement. D'autre part, du fait d'un changement de la répartition des masses sur Terre (fonte des glaces et augmentation du niveau de la mer) et de mouvements convectifs à l'intérieur du manteau, l'axe de rotation s'est décalé de 10,5 m (vers le Canada, au nord) en un siècle, un décalage trop minime pour qu'il ait un effet sur le climat.

Remerciements à Surendra Adhikari, du California Institute of Technology.

Il y a **des marées** de Terre

VRAI La Lune et le Soleil ont une force d'attraction qui provoque les marées des océans, et qui s'exerce aussi sur toutes les particules solides, de la surface au centre de la Terre. La planète se déforme ainsi comme une sorte de ballon de rugby, dont une pointe indiquerait la Lune et l'autre la direction opposée. Et comme la Terre fait une rotation sur elle-même en un jour, l'excroissance se déplace et un observateur posté à sa surface, c'est-à-dire chacun d'entre nous, monte et descend deux fois par jour au passage de notre satellite. Mais l'amplitude de ce mouvement n'étant que de 22 cm en moyenne par rapport au centre de la Terre et ce phénomène se produisant lentement (et sur toute la surface où nous nous tenons), nous ne remarquons ni ne voyons rien !

C'EST PHYSIQUE !

POURQUOI LES ANIMAUX N'ONT-ILS PAS **BESOIN DE BOUSSOLE ?**



Car nombre d'entre eux, comme les oiseaux migrateurs, seraient sensibles aux champs magnétiques. C'est le cas du papillon *Aphrissa statira* qui migre à travers la mer des Caraïbes. Lorsqu'on inverse artificiellement la polarité magnétique d'une zone où il est présent en la délimitant avec des bobines électromagnétiques, il change de direction à quasiment 180°. Les requins-marteaux tiburo, eux, sont non seulement capables de détecter la direction du pôle nord mais aussi de distinguer l'intensité et l'inclinaison du champ magnétique, tous deux plus importants aux pôles qu'à l'équateur. Ils dressent ainsi leur propre carte mentale du monde pour se repérer. Même chose pour les chiens de chasse : une étude a montré qu'après avoir poursuivi une proie, un tiers d'entre eux n'utilisaient pas leur odorat pour retrouver la position de leur maître resté immobile mais qu'ils suivaient d'abord l'axe magnétique nord-sud pour s'orienter, avant d'emprunter un itinéraire de retour différent et plus direct que l'aller. Pour autant, les animaux ne se fient pas uniquement à leurs sens. Induits en erreur par des champs magnétiques artificiels, les chauves-souris, les grives ou bien les pigeons peuvent rapidement corriger leur trajectoire en se fiant à la position du Soleil ou des étoiles.



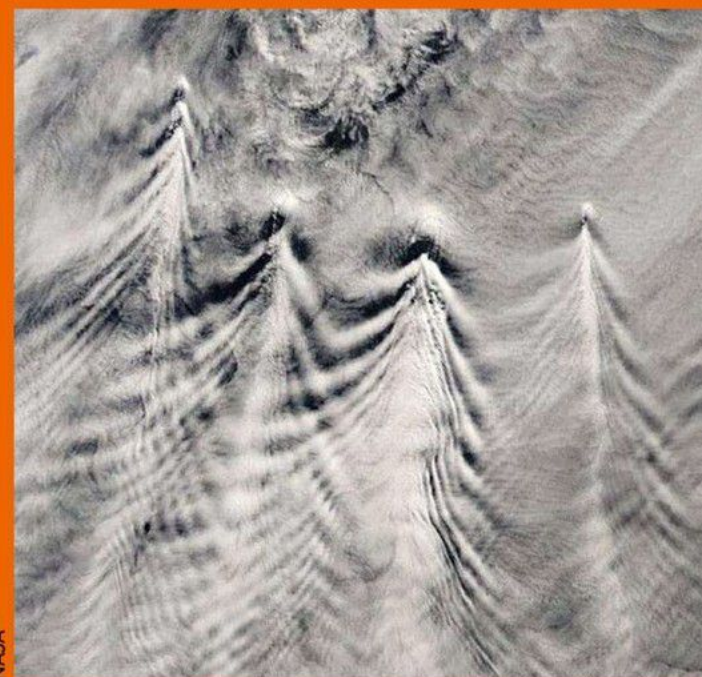
QUE RÉVÈLENT CES MOTIFS ?



NASA EARTH OBSERVATORY

Des tourbillons marins

Dans les mers et les océans, les courants forment de très nombreux vortex. Ici, dans la mer de Marmara, qui borde Istanbul, courants et tourbillons sont révélés par la prolifération du phytoplancton jaune-vert et violet-rouge. Ce phénomène maritime se crée sous l'influence du relief du plateau océanique et de la force de Coriolis, qui est due à la rotation de la Terre.



NASA



Pour quelle raison l'Étoile polaire indique-t-elle toujours le nord ?

C'est un coup de chance céleste : elle se situe exactement dans la continuité de l'axe de rotation de la Terre, côté hémisphère nord. C'est donc la seule étoile qu'on ne voit pas bouger dans le ciel malgré le mouvement de notre planète. L'Étoile polaire se trouve à l'extrémité de la constellation de la Petite Ourse. N'étant pas particulièrement brillante, contraire-

ment à Alioth ou Dubhé qui appartiennent à la Grande Ourse, elle n'est toutefois pas évidente à observer... L'astuce pour l'apercevoir ? Il faut justement localiser la Grande Casserole. En prolongeant par une ligne le bord extérieur de la casserole de cinq fois sa hauteur, on tombe sur *Alpha ursae minoris*, plus communément appelée Étoile polaire.

IZTOK BONCINA/ESO

Il faut parfois prendre de la hauteur pour découvrir la beauté cachée des forces qui agitent les airs et les mers. Exemple avec trois clichés pris du ciel.



Des ondes nuageuses

Au sud de l'Atlantique, un archipel de 11 îles volcaniques, les îles Sandwich du Sud, perce la masse d'air atmosphérique et provoque des ondulations ponctuelles dans son écoulement. Des nuages se forment (ou persistent) au sommet des vagues car l'air se refroidit et la vapeur d'eau se condense en gouttelettes à mesure qu'il monte. Tandis que dans les creux, l'air se réchauffe, provoquant l'évaporation des nuages.

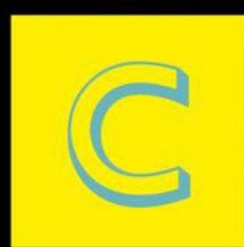


NASA

Des spirales atmosphériques

Cette succession de tourbillons nuageux est surnommée « allée de Von Karman », du nom du physicien qui l'a décrite pour la première fois. Elle se forme lorsque les vents se divisent autour d'un relief abrupt, ici l'île de Tristan da Cunha dans l'Atlantique sud, et s'enroulent dans des directions contraires, sculptant le ciel sur leur trajet. L'image est colorisée pour mieux distinguer les zones de terre, d'eau et de nuages.

ANIMAL OU VÉGÉTAL ?



e drôle de mouton des mers est un nudibranche, un mollusque gastéropode. C'est donc un animal, mais il possède une particularité : il intègre dans son organisme les grains de chlorophylle des algues dont il se nourrit, ce qui lui donne la couleur vert vif des jeunes pousses. Grâce à ces pigments, la petite limace utilise la lumière du soleil pour convertir l'eau et le gaz carbonique en sucre, son carburant énergétique. Or cette réaction, la photosynthèse, est d'ordinaire l'apanage des végétaux. « La distinction entre ce qui serait animal, c'est-à-dire mobile et dépendant de sa nourriture comme source d'énergie, et végétal, soit immobile et capable de transformer l'énergie lumineuse, est une simplification utile, résume Marc-André Selosse, biologiste au Muséum national

d'histoire naturelle. Elle convient en général pour le monde visible, mais à l'échelle microscopique, elle ne tient plus du tout. » Comment classer des organismes tels que le plancton, doué de photosynthèse et mobile grâce à un flagelle, ou les champignons, dépendants comme les animaux d'apports de nourriture extérieure mais immobiles ? Au cours de l'histoire de l'évolution, les caractéristiques du végétal sont apparues à plusieurs reprises dans diverses espèces. De nos jours, il en résulte un continuum plutôt qu'une distinction nette entre animal et végétal et les scientifiques préfèrent regrouper les espèces en fonction de leur parenté en s'appuyant sur la phylogénie. Grâce au séquençage de génomes, cette discipline a en effet permis de rapprocher des organismes dont les ressemblances ne se voyaient même pas au microscope !

Pages réalisées par Afsané Sabouhi



QUEL EST LE SECRET DE LONGÉVITÉ DU DOYEN DES ARBRES ?

Pousser le plus lentement possible et être capable de résister à des conditions extrêmes de froid, de sécheresse ou de vent est la clé pour vivre plusieurs millénaires», répond Catherine Lenne, biologiste végétale à l'université Clermont-Auvergne. Près de 4853 ans pour Mathusalem (ci-dessous), un pin Bristlecone de Californie, considéré comme le plus vieil arbre du monde. Il pourrait toutefois être détrôné par un cyprès colossal découvert au Chili... si on parvient à déterminer son âge ! Il existe bien une technique, la dendrochronologie, qui consiste à extraire une carotte du tronc

et à compter les cernes de bois : elles indiquent le nombre d'années de l'arbre. Mais dans le cas de ce cyprès, impossible de trouver un outil à la taille de son tronc ! Seule une carotte partielle et un modèle mathématique approximatif ont estimé son âge à 5484 printemps. Dérisoire face aux 80000 ans attribués à une colonie de peupliers faux-trembles située dans l'Utah ? Ce n'est pas vraiment comparable. Dans ce cas, il s'agit de l'âge de la souche-mère (morte depuis) dont les racines traçantes ont donné naissance à des arbres clones, au patrimoine génétique identique. Chaque tronc a la longévité habituelle d'un peuplier : une petite centaine d'années en moyenne.

La forêt cache-t-elle des morts-vivants ?

Oui, dans les régions tropicales en particulier, les «arbres zombies» ou plutôt les «souches sarcophages», sont fréquents. Lorsqu'un arbre est coupé, si sa souche est laissée en place, elle peut ne pas mourir et fabriquer au contraire un bourrelet cicatriciel de liège et de bois lui permettant de se refermer. Les botanistes supposent que la souche reçoit l'énergie et les sucres nécessaires à cette autoréparation des arbres voisins, toujours sur pied et capables, pour leur part, de réaliser la photosynthèse grâce à leur feuillage. Ce réseau d'arbres interconnectés trouve un intérêt à maintenir en vie les souches en apparence mortes, car celles-ci constituent, grâce à leurs racines, un point de captage d'eau dans le sol qui leur est utile.



Les champignons parlent ! Interconnectés grâce à leurs filaments, ils sont parcourus de signaux électriques, à l'image de nos neurones. Le chercheur anglais Andrew Adamatzky a analysé la fréquence, la durée et le cycle des pics pour ensuite proposer l'existence d'un « langage champignon » : ceux-ci échangeraient entre eux des séquences d'environ 50 mots pour communiquer et traiter des informations.



ISTOCKPHOTO

C'est vivant ?

Oui. Ces thrombolites du lac Clifton, en Australie, ne sont pas de simples roches, mais des concrétions habitées par des micro-organismes, notamment des cyanobactéries. Ces microbes dont la forme évoque les filaments des algues font partie des êtres les plus anciens sur Terre, depuis plus de trois milliards d'années. Phénomène complexe, la formation des thrombolites serait liée à la capacité de ces micro-organismes à précipiter le carbonate et le calcium apportés par des courants d'eau souterraine dans un environnement salé. D'où la présence de ces roches en forme de dôme dans les eaux de lacs côtiers ou de bras de mer peu profonds, riches en sédiments et en sels minéraux.

LES PLANTES ONT-ELLES UN NIVEAU À BULLE ?

Elles en ont des dizaines. Ceux-ci sont appelés statocytes et sont répartis le long de la tige ou du tronc. Ces cellules spécifiques contiennent des grains d'amidon, les statolithes, qui glissent vers le bas de la cellule sous l'effet de la gravité et indiquent à l'arbre sa position par rapport à la verticale. En cas d'inclinaison (talus, glissement de terrain, tempête...), le végétal perçoit le changement de position de ses statolithes et agit pour se redresser. Sur une tige, la face inférieure

pousse plus vite que la face supérieure afin de rectifier la courbure. Quant aux arbres, ils fabriquent un « bois de réaction », qui ajuste leur verticalité en cas de déséquilibre : « Les feuillus font un bois de tension qui tire le tronc vers le ciel, tandis que les conifères font un bois de dilatation qui pousse le tronc vers le sol », précise la biologiste Catherine Lenne, auteure de *Dans la peau d'un arbre* (éd. Belin). Commu-

nication électrique, hormonale ou hydrique entre les statocytes et le reste de la plante ? La réponse n'est pas encore tranchée.



ALAMY/HEMIS

DE QUELS SACRIFICES SONT-ILS CAPABLES ?

Du point de vue de l'évolution, le groupe a plus d'importance que les individus. Pour protéger leur colonie ou transmettre leurs gènes, ces animaux ont adopté des comportements extrêmes.



JEÛNER SANS BAISSER LES BRAS

53 mois, c'est le temps, comptabilisé par des scientifiques, qu'une pieuvre femelle *Graneledone boreo-pacifica* a passé à couvrir ses œufs dans les eaux californiennes... soit près de quatre ans et demi ! Agrippée à la roche, la mère fait rempart de son corps pour protéger ses quelque 150 œufs des prédateurs et se sert de ses bras pour ramener

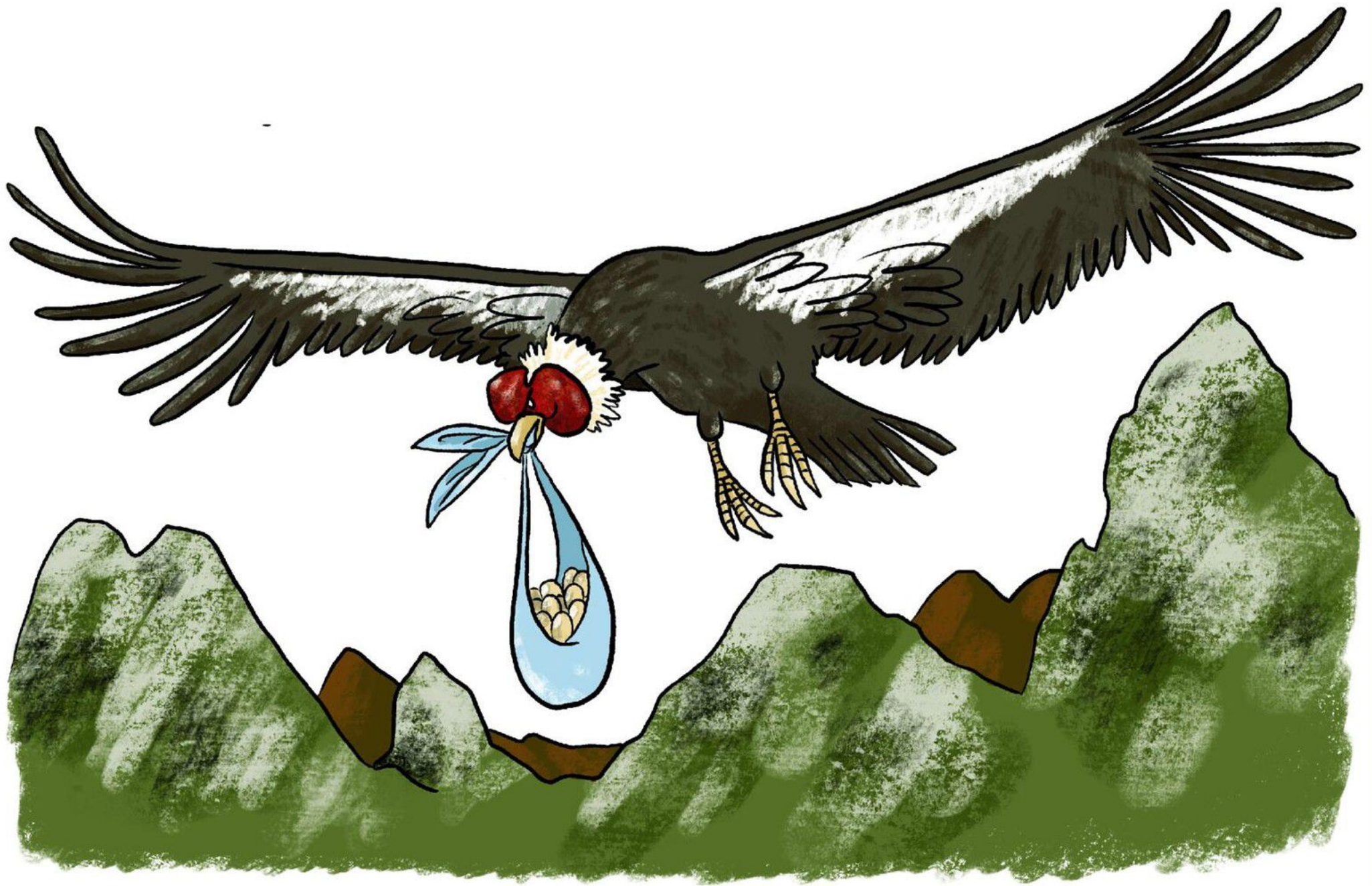
constamment le courant vers eux et assurer leur oxygénation. Pas question de s'absenter ni de manger : cette mère courage réduit son métabolisme au minimum et finit par mourir d'épuisement une fois ses petits sortis de leur œuf. Ils font à ce stade environ 4 cm et sont moins vulnérables. Cette stratégie fatale permet à l'espèce d'être l'octopode le plus présent dans le Pacifique nord.

SE CASSER LE COU

Coups de tête et combats de cou entre mâles sont fréquents chez les girafes, et ces luttes de domination auraient joué un rôle important dans l'évolution de l'espèce. C'est ce qu'a révélé la découverte en 2022 de fossiles d'un ancêtre de l'animal vivant il y a environ 17 millions d'années en Chine. Relié à un épais disque osseux au sommet du crâne et

fait de vertèbres cervicales solides, le cou des girafes aurait évolué pour encaisser les chocs frontaux violents, parfois mortels, et non, comme envisagé jusqu'ici, pour brouter les feuillages en hauteur. La compétition sexuelle aurait donc eu pour conséquence une adaptation morphologique, devenue par la suite un avantage écologique pour l'espèce.





FAIRE UN BÉBÉ TOUTE SEULE

Espèce classée en danger critique d'extinction, **le condor de Californie** fait l'objet depuis 1988 d'un programme de reproduction en captivité et de réintroduction dans la nature. En étudiant l'ADN de 911 condors, des scientifiques américains ont eu la

surprise de découvrir, pour la première fois chez cet oiseau, deux naissances vierges, c'est-à-dire des petits nés après reproduction asexuée. En clair, des femelles ont fait des bébés toutes seules ! La parthénogenèse, la capacité à se reproduire sans avoir

à dépenser d'énergie pour trouver un mâle (le spermatozoïde n'est pas nécessaire, l'ovocyte se duplique) est observée chez de nombreux animaux désertiques et insulaires. Elle serait donc aussi un ultime effort pour la perpétuation de l'espèce, non sans coût génétique.

Le premier condor, resté chétif, est mort deux ans après sa remise en liberté, tandis que le deuxième n'a jamais pu quitter la captivité du fait de sa colonne vertébrale mal formée. Il est mort à l'âge de 8 ans, alors que l'espérance de vie de l'espèce est de 50 ans.

SE SUICIDER FAÇON KAMIKAZE

Pas de retraite paisible chez **les Neocapritermes taracua**, **des termites tropicaux** qu'on trouve en Guyane et qui se nourrissent de bois en décomposition. Lorsque des intrus se présentent, les ouvriers les plus âgés défendent la colonie grâce à une redoutable arme chimique : des protéines contenant du cuivre et

stockées sous la forme de cristaux bleus dans leurs poches abdominales, près de leurs glandes salivaires. Véritables kamikazes, les termites font éclater leur corps pour que ces protéines se mélangent à leur salive. Ce cocktail explosif, un liquide gluant très toxique, capture et empoisonne l'ennemi. Radical !

SE FAIRE DÉVORER PAR SES ENFANTS

Les mères de l'espèce **de perce-oreilles Anechura harmandi**, endémique au Japon, pondent en janvier à des températures plus basses que leurs congénères. Elles évitent ainsi nombre de prédateurs et offrent à leur progéniture de plus grandes chances de survie. Elles les couvent et les aident à voir le jour. Mais

qui dit saison froide dit raréfaction des denrées alimentaires disponibles et les nymphes à peine écloses basculent dans la matrophagie... Elles dévorent leur mère vivante en plusieurs jours, profitant des réserves nutritionnelles accumulées par celle-ci. Puis elles quittent le nid, rassasiées et prêtes à affronter l'hiver.

RECORDS



Les HABITATS de L'EXTRÊME



+110°C

dans les zones volcaniques

LES ARCHÉES, micro-organismes unicellulaires, sont les seules formes de vie possibles à cette température. Telle *Pyrolobus fumarii*, découverte sur les parois d'un fumeur noir d'une dorsale océanique.

-58°C

en Alaska

LA LARVE DU COLÉOPTÈRE CUCUJUS CLAVIPES peut survivre à cette température. Au lieu de geler, elle se déshydrate et forme une substance proche du verre. Elle pourrait même supporter -100°C!



Jusqu'à

-11 000 mètres

DES MICRO-ORGANISMES, crustacés et concombres de mer résistent à des pressions jusqu'à 1 100 fois plus élevées qu'à la surface de la mer.



6 ans

dans l'espace

LA BACTÉRIE BACILLUS SUBTILIS a réussi à survivre sur un satellite de la Nasa malgré le vide, le froid et les radiations.

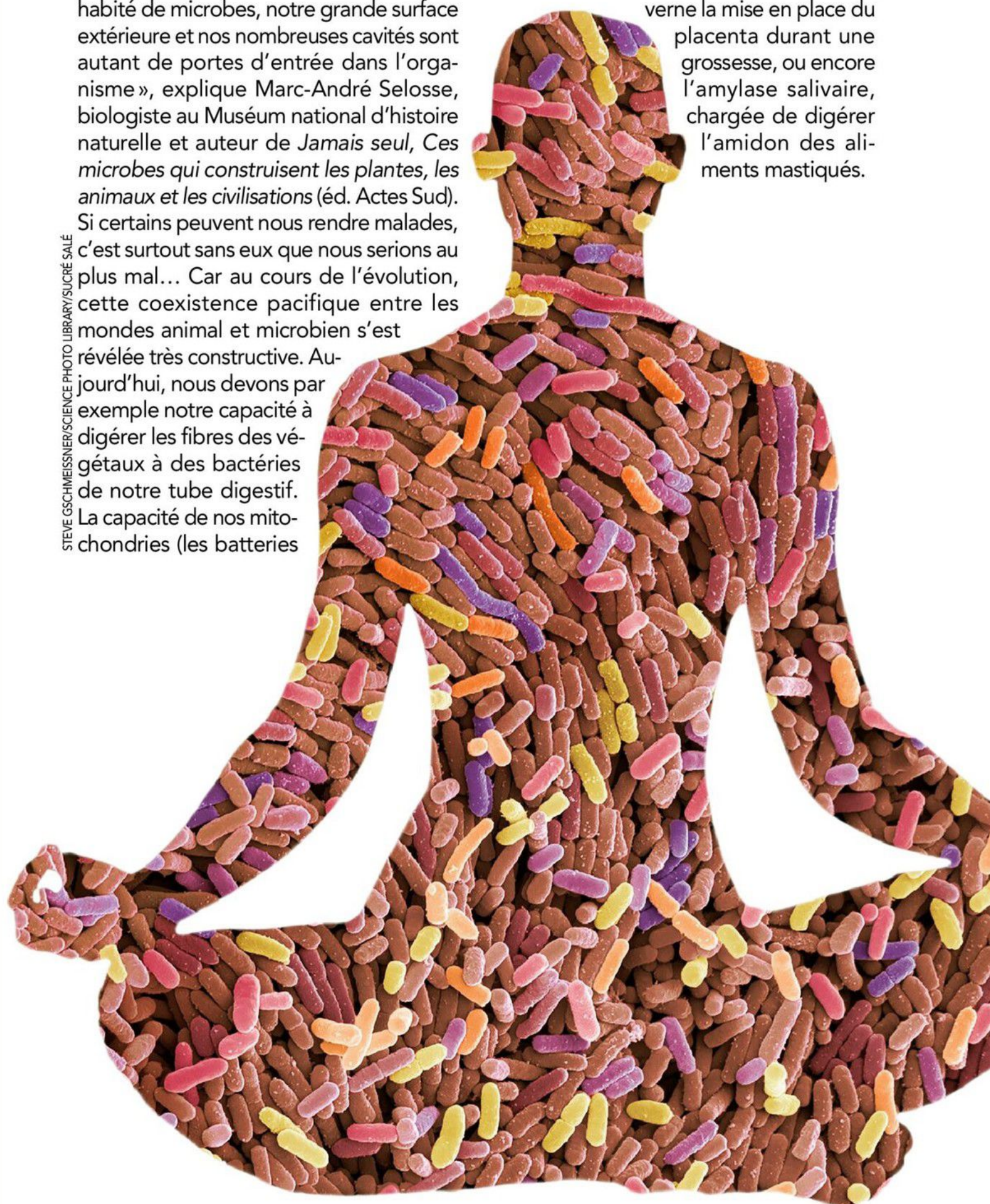
ILLUSTRATIONS: MURIELLE GÉRAUD

COMMENT POUVONS-NOUS VIVRE AVEC DES MILLIARDS DE MICROBES ?



elon les calculs effectués en 2016 par des chercheurs israéliens, un homme de 70 kilos est constitué de 38 000 milliards de micro-organismes pour 30 000 milliards de cellules humaines. « L'homme a toujours été habité de microbes, notre grande surface extérieure et nos nombreuses cavités sont autant de portes d'entrée dans l'organisme », explique Marc-André Selosse, biologiste au Muséum national d'histoire naturelle et auteur de *Jamais seul, Ces microbes qui construisent les plantes, les animaux et les civilisations* (éd. Actes Sud). Si certains peuvent nous rendre malades, c'est surtout sans eux que nous serions au plus mal... Car au cours de l'évolution, cette coexistence pacifique entre les mondes animal et microbien s'est révélée très constructive. Aujourd'hui, nous devons par exemple notre capacité à digérer les fibres des végétaux à des bactéries de notre tube digestif. La capacité de nos mitochondries (les batteries

de nos cellules) à produire de l'énergie à partir d'oxygène provient de l'assimilation d'une bactérie il y a plus de 1,5 milliard d'années. Quant à notre génome, il a intégré pour près de 8% ceux de rétrovirus qui nous permettent de produire des protéines essentielles: la syncytine-1, qui gouverne la mise en place du placenta durant une grossesse, ou encore l'amylase salivaire, chargée de digérer l'amidon des aliments mastiqués.



STEVE GSCHMEISSNER/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SUCRÉ SALÉ

QUI L'EÛT CRU ? Des bactéries sauveteuses en mer

Des probiotiques, autrement dit des bactéries vivantes, aident les coraux à supporter la hausse de la température océanique. En 2021, des chercheurs brésiliens ont constaté qu'en injectant un cocktail de six souches bactériennes à des fragments de corail, ceux-ci résistaient davantage au stress d'une eau portée

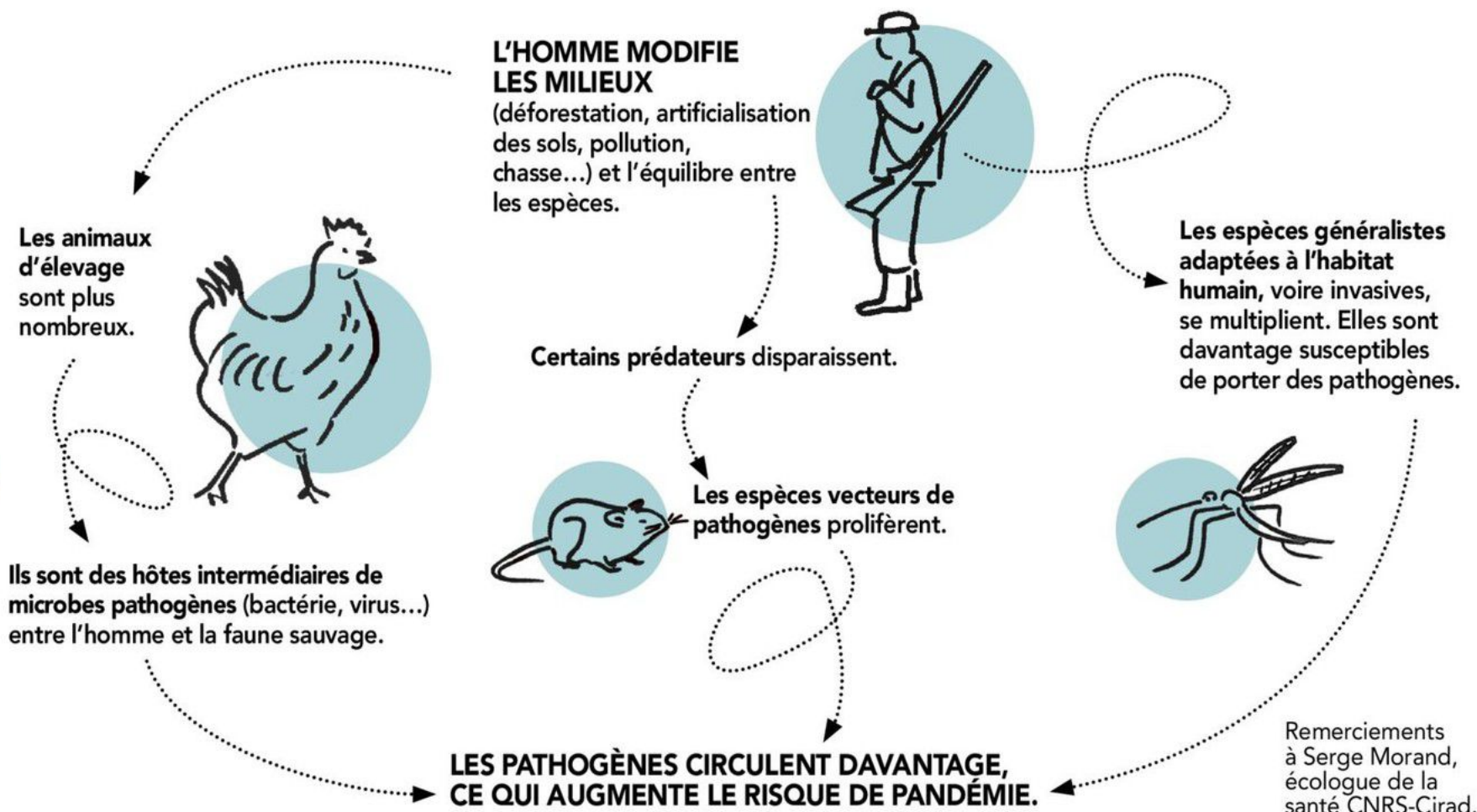
à 30°C et parvenaient à maintenir stable leur activité de photosynthèse. Résultat: un taux de survie augmenté de 40% par rapport aux coraux n'ayant reçu que des injections d'eau. Selon les scientifiques, restaurer la dynamique du microbiome pourrait contribuer à ralentir le blanchiment et la mortalité du corail.

MARINE MICROBIOME LAB



C'EST QUOI LE RAPPORT ? Quand il a moins de biodiversité, il y a plus de pandémies

Lorsque la biodiversité s'appauvrit, l'écosystème, perturbé, ne se régule plus naturellement et des espèces représentant un risque sanitaire prolifèrent.



ILLUSTRATIONS: MURIELLE GÉRAUD

MONDES VIVANTS

EXISTE-T-IL DES FOSSILES VIVANTS ?

Dans *L'Origine des espèces*, Charles Darwin désignait par «fossiles vivants» des organismes semblant n'avoir pas évolué depuis des millions d'années, comme le coelacanthé (un poisson), ou présentant de grandes similitudes morphologiques avec des espèces disparues, tels le nautilus (ci-contre) et l'ammonite. Ce que le père de la théorie de l'évolution expliquait en 1859 par le fait d'«avoir vécu dans des zones confinées et, de ce fait, avoir été exposé à une compétition moins sévère». Mais le terme, dont se sont emparés les créationnistes pour nier l'évolution, est aujourd'hui réfuté par les scientifiques. Car bien que ressemblants, les animaux actuels n'ont pas plus de proximité génétique avec leur ancêtre fossile qu'un pigeon avec un dinosaure volant ! Il est donc plus juste de parler d'espèce relique ou panchronique pour désigner le coelacanthé, le nautilus ou le ginkgo biloba. Mais Darwin ne s'était pas trompé sur le fond : les environnements demeurés stables sont beaucoup plus propices à la conservation d'animaux ou de végétaux archaïques. C'est par exemple le cas des îles isolées et des abysses.



Comment sait-on qu'une espèce a disparu ?

Il faut d'abord savoir qu'elle a existé ! Or il nous en reste tant à découvrir que certaines espèces disparaissent avant même d'avoir été inventoriées ou sans que la communauté scientifique s'en aperçoive. En revanche, pour une espèce connue et évaluée, l'Union internationale pour la conserva-

tion de la nature (UICN) décompte à l'individu près les populations en déclin. Quand elle n'en dénombre plus un seul sur une période de dix ans ou trois générations, des experts la classent dans une catégorie : les espèces disparues au niveau régional (comme la baleine grise dans l'Atlantique), celles

disparues à l'état sauvage (le nénuphar pygmée), et celles éteintes au niveau mondial (l'auroch). «On dénombre à ce jour 902 espèces éteintes depuis 1 500 après J.-C., faute de données fiables plus anciennes. Donc on ne compte pas les dinosaures, par exemple», précise Maud Lelièvre,

présidente du comité français de l'UICN. Les programmes de préservation et de réintroduction permettent parfois d'empêcher l'extinction. Le gypaète barbu, un vautour considéré comme disparu en Europe dans les années 1960, est ainsi de nouveau présent dans les Alpes et les Pyrénées.



L'ANTISÈCHE

1,8 million d'espèces inventoriées : bactéries, végétaux, animaux... Les insectes représentent les trois quarts des animaux connus.

41 459 espèces menacées d'extinction en 2022 selon la liste rouge de l'UICN. Près de 2000 sont présentes sur le territoire français.

902 espèces éteintes et 82 disparues à l'état sauvage selon l'UICN.

6 à 18 millions d'espèces inconnues, encore à découvrir.



COMMENT ONT-ILS CRÉÉ UNE RÉSERVE SAUVAGE ?

Laisser la nature reprendre ses droits, c'est le principe du rewilding (« réensauvagement »), porté en France par plusieurs associations, dont l'Aspas. **Nathalie Picard**

Devenir propriétaire est pour nous le moyen le plus puissant de protéger la nature», affirme Richard Holding, chargé de communication à l'Association pour la protection des animaux sauvages (Aspas), dans la Drôme. L'organisation, membre du réseau Rewilding Europe, estime que la réglementation ne va pas assez loin (les mesures de protection n'excluant souvent pas les activités humaines: chasse, agriculture, etc.), alors elle achète et gère des espaces naturels.

Incompréhension et tensions avec la population locale

En 2019, la récolte de 2,35 millions d'euros de fonds privés lui a permis d'acquérir 490 hectares près de Léoncel, dans le Vercors. C'est sa plus grande Réserve de Vie Sauvage, son propre label prônant la « libre évolution »: « Nous laissons faire la nature et intervenons le moins possible. Nos actions se limitent à l'installation d'une signalétique et au respect de la loi, comme abattre un arbre risquant de tomber sur la route », précise Richard Holding. Une charte liste les activités interdites: exploitation forestière, agriculture, chasse, pêche, feu... Non sans frictions. Certains habitants se sont sentis privés de ces terres, car avant l'arrivée de l'Aspas, un agriculteur y fauchait des prairies pour nourrir ses bêtes, des chasseurs traquaient le gibier... Les plus mécontents ont manifesté et dégradé des panneaux, si bien que l'association a fait appel à des bénévoles et à des gardes assermentés pour faire respecter les restrictions. Mais cela n'a pas découragé l'Aspas: elle gère des réserves dans la Drôme, les Côtes-d'Armor et l'Hérault, où la libre évolution et la libre circulation des animaux sont la règle.



250 HECTARES SANS BARRIÈRES

Au sein de la réserve Vercors Vie sauvage, les animaux circulent librement. Elle est proche d'autres espaces protégés, comme le site du plateau d'Ambel. L'Aspas aimerait déployer ses réserves à plus grande échelle afin de créer des corridors écologiques.

De la Lozère à la Mongolie, la réintroduction des chevaux sauvages

Réintroduire dans la nature une espèce éteinte à l'état sauvage, c'est le pari relevé depuis 1990 par l'association Takh. Elle participe à un projet de sauvegarde des chevaux de Przewalski en Mongolie, des animaux des steppes d'Eurasie. En 1993, elle a accueilli 11 chevaux provenant

: de zoos européens sur un site de 400 hectares sur le causse Méjean (Lozère), choisi pour ses conditions environnementales proches de celles d'origine, afin qu'ils s'acclimatent à la vie en liberté et se reproduisent. En 2004-2005, 22 équidés ont rejoint les steppes du site de

: réintroduction de Seer en Mongolie, qui en compte aujourd'hui 139. Depuis, le pays a créé un parc national pour protéger l'espèce à long terme. En France, Takh héberge aujourd'hui 35 chevaux. L'animal est un peu moins menacé qu'avant, mais il reste classé « en danger ».



LA FIN DE LA CHASSE

La réserve inclut un ancien enclos de chasse, sur 240 hectares : auparavant, des animaux (cerfs sikas, daims...) y étaient élevés pour être chassés. La loi interdisant leur libération dans la nature, l'Aspas cherche des solutions (refuge, stérilisation...) pour faire un jour tomber les barrières.

RICHARD HOLDING/ASPAS



LE GRAND RETOUR DU LOUP

Il est revenu spontanément en France et dans le Vercors. Contrairement à d'autres structures, l'Aspas ne mène pas de projet de réintroduction et ne lutte pas contre les espèces envahissantes. Elle crée des espaces ouverts favorables à la vie sauvage.

REMI COLLANGE/ASPAS



ISTOCK



DENIS SIMONIN/NATURIMAGES

UNE PRÉSENCE HUMAINE TOLÉRÉE MAIS LIMITÉE

L'humain n'est pas totalement exclu de la réserve : les promenades contemplatives sont autorisées, mais le randonneur doit rester sur les sentiers et ne laisser aucune trace de son passage. De plus, la cueillette est interdite et les chiens doivent être tenus en laisse.



Thierry Dutoit

Directeur de recherche (CNRS) à l'Institut méditerranéen de biodiversité et d'écologie, à Avignon

1 QUELLE EST LA PLACE DE L'HUMAIN DANS LES INITIATIVES DE RÉENSAUVAGEMENT ?

THIERRY DUTOIT Il n'est pas censé intervenir, ou alors le moins possible car l'idée est de laisser les processus naturels s'exprimer librement. Mais le concept recouvre différentes visions. Des projets de réensauvagement intègrent la réintroduction d'espèces disparues, comme des prédateurs (ours, lynx...), de grands herbivores (chevaux sauvages), des plantes ou des insectes jugés essentiels pour restaurer un écosystème. D'autres actions prévoient de réguler des populations (espèces invasives...). Et certaines initiatives, comme celle de l'Aspas, ont un mode de gestion surtout basé sur la non-intervention et l'interdiction de toute activité humaine. Cela génère des tensions dans le monde rural, qui se voit privé de certains usages. Pour réussir, de tels projets doivent naître en collaboration avec les populations locales.

2 EST-CE UNE NOUVELLE FAÇON D'ENVISAGER LA PROTECTION DE LA NATURE ?

T.D. La libre évolution se pratique déjà dans certains espaces bénéficiant des plus hauts niveaux de protection, comme les réserves naturelles nationales et les réserves biologiques intégrales, mais ce mode de gestion reste aujourd'hui minoritaire. Les activités humaines sont autorisées dans la majorité des aires protégées. De plus, l'homme intervient activement dans la plupart des programmes de protection de la nature : restauration écologique, conservation d'espèces... Mais le réensauvagement commence à prendre une place, poussé par des initiatives associatives. C'est un changement de paradigme économique (coût plus faible que les autres mesures), écologique (moindre impact) et surtout philosophique : il faut accepter de ne pas contrôler la nature et de ne pas savoir où l'on va. En effet, il est impossible de prédire vers quels écosystèmes va mener la libre évolution car il n'y a pas de référence.

3 POURRAIT-ON REVENIR À UNE NATURE ORIGINELLE ?

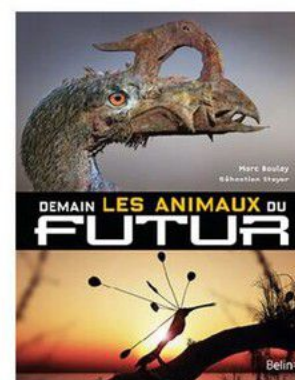
T.D. Non, l'humain influence la nature depuis des millénaires et aucun espace n'est préservé de son impact. L'objectif d'un réensauvagement intégral est donc illusoire. Je préfère parler de « nouvel ensauvagement » : il ne s'agit pas de revenir dans le passé, mais d'accepter de nouvelles natures.

À QUOI RESSEMBLERONT LES

Le paléontologue Sébastien Steyer et le sculpteur animalier Marc Boulay*, spécialistes de l'«évolution spéculative», se sont prêtés à un drôle d'exercice: imaginer l'évolution du vivant sur Terre dans dix millions d'années. Grâce à ce voyage dans le temps, ni trop proche ni trop éloigné du présent à l'échelle de notre planète, ils conçoivent des êtres différents mais appartenant aux groupes actuels. «Ce ne sont pas des prédictions, mais des prospectives. Il est impossible de prévoir l'évolution du vivant»,

indique Marc Boulay, qui a travaillé quinze ans sur ce projet après avoir rencontré Dougal Dixon, l'un des pères de la biologie spéculative. Le duo aborde de manière détournée la crise de la biodiversité et part du postulat que l'humain aura alors disparu de la planète. Cette fiction-science s'appuie sur la paléontologie, qui étudie l'histoire évolutive grâce aux fossiles, la connaissance des animaux passés et présents, la tectonique des plaques et la climatologie. Plongée dans un monde plausible mais peu probable. **N.P.**

*www.marcboulay.xyz



DEMAIN, LES ANIMAUX DU FUTUR
Un ouvrage dans lequel Sébastien Steyer et Marc Boulay racontent et illustrent leur bestiaire imaginaire. Éd. Belin (2015).



Le perroquet géant

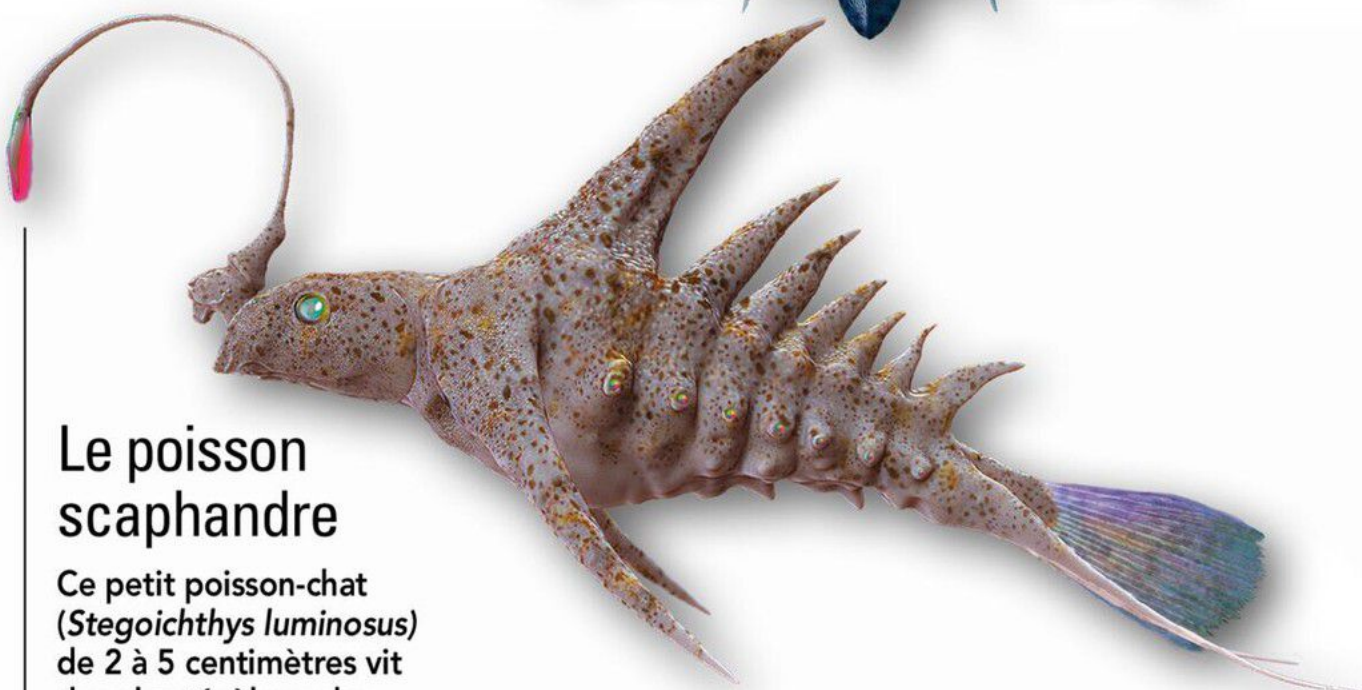
Du haut de ses 3 mètres, le perroquet-tyrannosaure (*Tyrannornis rex*) règne sur les forêts et mangroves d'Eurafrrique tropicale. Seul le mâle arbore une crête osseuse et de vives couleurs. Dénudé d'ailes, ce cousin d'un perroquet actuel est un redoutable prédateur. Son bec crochu porte des pseudo-dents apparues après la réactivation de gènes hérités de dinosaures. Des pattes arrière puissantes dotées de griffes lui permettent de déchiqueter ses proies.

ANIMAUX DU FUTUR ?



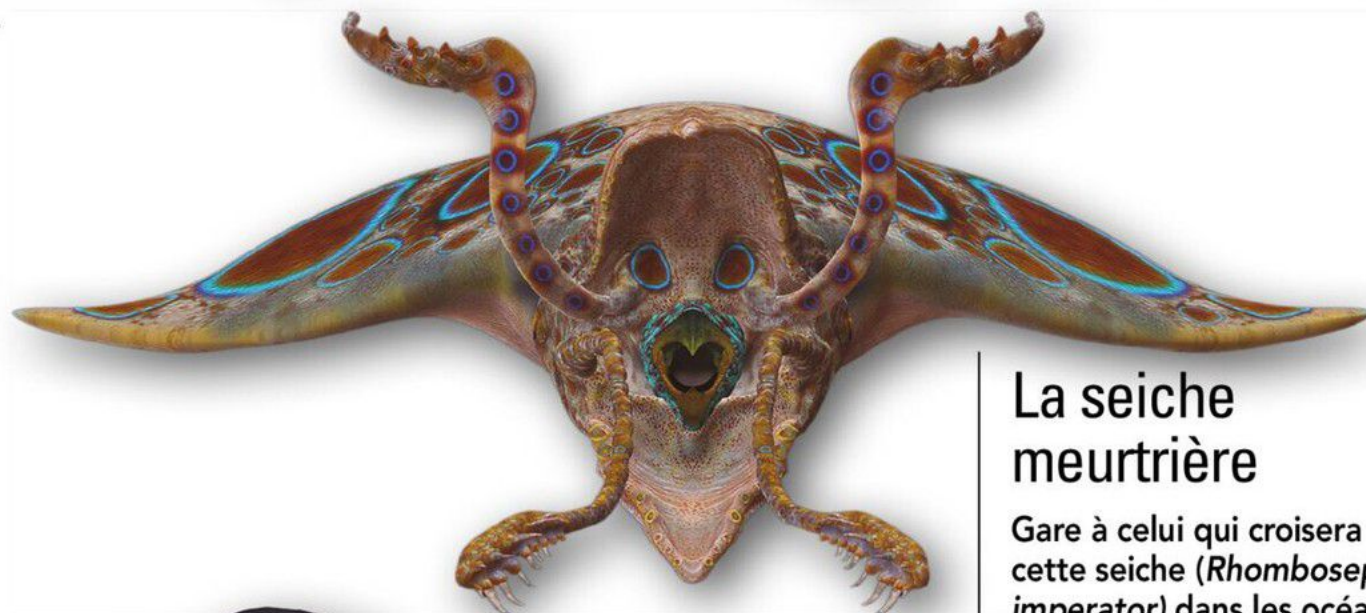
La chauve-souris diurne

De 1 à 2 mètres d'envergure, les chauves-souris envahissent le ciel des mangroves. Contrairement à leurs ancêtres, elles dorment la nuit et chassent le jour grâce à une vision et un odorat plus développés. Plusieurs espèces se côtoient, avec diverses formes, couleurs, habitats et modes de chasse. *Velocipterus godlewski*, au pelage rouge tacheté de noir, détecte ses proies à l'aide des multiples capteurs olfactifs de sa truffe.



Le poisson scaphandre

Ce petit poisson-chat (*Stegoichthys luminosus*) de 2 à 5 centimètres vit dans les ténèbres des eaux profondes de l'Atlantique sud. Tout son corps est recouvert de plaques de cartilage, une cuirasse le protégeant des fortes pressions. Il porte une sorte de moustache se prolongeant par une antenne bioluminescente qui attire la nourriture (du phytoplancton) et lui permet de communiquer avec ses congénères durant la saison des amours.



La seiche meurtrière

Gare à celui qui croisera cette seiche (*Rhombosepia imperator*) dans les océans du futur ! Grâce aux filtres antireflet de ses yeux ronds, elle ne rate pas ses proies. Le céphalopode géant (10 mètres de long) les capture brusquement en projetant ses tentacules à ventouses et à crochets, puis les achève à l'aide d'un cocktail d'encre et de mucus paralysant. Et quand il veut se camoufler ou communiquer, sa peau change de couleur.



Le manchot marin

Le manchot du futur évoque un ichtyosaure, un reptile marin de l'ère mésozoïque. Il vit dans les mers de l'hémisphère sud. Avec son corps hydrodynamique et ses membres propulseurs, il ne met plus un pied sur la terre ferme ni sur la banquise car il a adopté un mode de vie 100% aquatique. Comme le dauphin, ce « manchot ichtyosaure » (*Neopygoscelis dentatus*) se repère grâce au sonar logé dans une bosse de graisse sur son dos.

COMBIEN PÈSE TOUT L'OR DU MONDE ?

Si l'on fondait en un seul bloc les 205 238 tonnes du précieux métal jaune extrait depuis l'aube de l'humanité, il ne formerait qu'un cube de 22 m de côté presque aussi imposant que la Pyramide du Louvre. Un peu moins de la moitié de cet or est utilisé dans la joaillerie, 22 % est moulé en lingots et en pièces de monnaie, 17 % est détenu par les banques centrales et 15 % se retrouve dans des secteurs aussi divers que la dentisterie, l'électronique ou l'enluminure. À l'échelle de la Terre, 99 % de l'or se niche au cœur du noyau, soit 2 millions de milliards de tonnes, selon les calculs du géologue australien Bernard Wood, mais il reste inaccessible... Les réserves exploitables connues à ce jour, permettant une extraction rentable, ne contiendraient plus que 53 000 tonnes. En effet, la croûte ne

renferme que 0,005 g d'or pour une tonne de roche, contre 58 kg de fer par exemple. Pour être rentables, les exploitants cherchent donc des filons : des gisements où l'or, transporté par les eaux souterraines à travers la croûte, s'est concentré jusqu'à un kilo par tonne de minerai. Aujourd'hui, la Chine, la Russie et l'Australie sont les producteurs les plus importants. Cependant, on trouve aussi des régions aurifères en France. Le Massif armoricain (Bretagne, Normandie, Pays de la Loire et Nouvelle-Aquitaine) est le plus riche de la métropole, mais ses pépites sont incrustées dans les roches, alors qu'en Ardèche, dans l'Hérault, le Gard et les Pyrénées, il est assez facile de trouver des paillettes dans les rivières. Enfin, si toutes les mines ont fermé dans l'Hexagone, ce n'est pas le cas en Guyane, où l'orpaillage (légal et illégal) se pratique toujours intensément.

Taïna Cluzeau

LES RICHESSES DE LA TERRE

Inaltérable et symbole d'immortalité, l'or a toujours fasciné les hommes. En Birmanie, le Rocher d'or est un site bouddhique sacré. La plupart des croyants qui s'y recueillent y posent une feuille d'or en offrande.



POURQUOI METTRE DE LA GLACE À LA BANQUE ?

Pour la préserver du réchauffement climatique et continuer à étudier sa composition. Le projet Ice Memory (« mémoire de glace »), lancé en 2015 par des universités et organismes de recherche français, italiens et suisses, vise à créer d'ici 2024 un dépôt de carottes issues de différents glaciers à la station franco-italienne Concordia, en Antarctique. La glace, formée par compression de couches

de neige accumulées au fil des années sur le socle rocheux, renferme de l'eau, des impuretés et de petites bulles d'air, témoins de l'état du climat et de l'atmosphère à diverses époques. Certains forages permettent de remonter 20 000 ans en arrière. Des archives précieuses à conserver, alors que les glaciers situés en dessous de 3 500 m dans les Alpes et de 5 400 m dans les Andes auront probablement disparu avant la fin

du siècle. Des carottes ont déjà été prélevées sur l'Illimani (Bolivie), l'Elbrouz (Russie) ou le col du Dôme (France). Les stocker en lieu sûr, à -54 °C, permettra aux scientifiques de continuer à reconstituer les variations passées du climat (température, concentrations atmosphériques en gaz à effet de serre, émissions de polluants...), et les techniques du futur apporteront sûrement de nouvelles informations. T.C.

ICE MEMORY FOUNDATION

Le pétrole est-il bon pour la peau ?

C'est ce l'on vous assure dans les spas de Naftalan, en Azerbaïdjan. Au programme de leurs cures de 10 jours, un bain de brut quotidien de dix minutes à 38 °C. Objectif : embellir la peau, soigner l'arthrite et le psoriasis. Or, si le savon de goudron de houille est utilisé dans le traitement traditionnel du psoriasis et si la chaleur détend les articulations, le naphthalène du pétrole n'en est pas moins cancérigène. L.R.

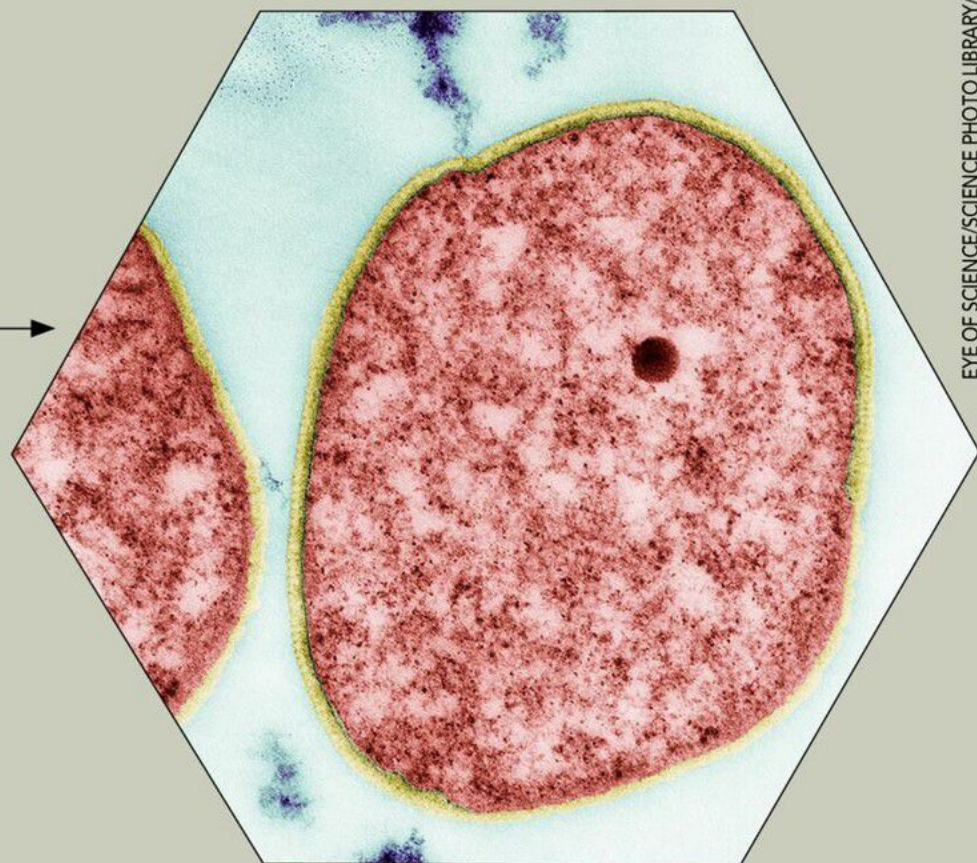


DENIS DOYLE/GETTY IMAGES

QUI L'ÊT CRU ? On peut recycler les métaux avec...

... des bactéries

Acidithiobacillus ferrooxidans ou *Sulfolobus* sont des micro-organismes capables de se développer dans des milieux très acides et de dissoudre les métaux au cours d'un phénomène appelé biolixiviation. Utilisé pour l'extraction de métaux dans les mines, il est aujourd'hui à l'étude pour le recyclage des déchets d'équipements électriques et électroniques, qualifiés de « mine urbaine ». Ceux-ci sont réduits mécaniquement en petits grains de moins d'un millimètre, puis versés dans une solution contenant les micro-organismes. Quarante-huit heures plus tard, il suffit de filtrer le liquide, qui sera précipité (pour obtenir des sels du métal) ou électrolysés (pour créer des lingots). Mais pour l'heure, le faible rendement et le coût élevé de ce procédé ne permettent pas d'envisager son industrialisation. L.R.



EYE OF SCIENCE/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SUCRÉ SALÉ



GETTY IMAGES/ISTOCKPHOTO

... du dioxyde de carbone

Capter le dioxyde de carbone (CO_2) émis par les industries, c'est bon pour la planète, mais ça coûte cher... D'où l'intérêt de lui trouver un usage. Des chercheurs français ont mis au point un mélange de CO_2 et d'amines (les molécules utilisées pour capter le gaz à effet de serre) capable de se lier à sept métaux présents dans les batteries des appareils électriques en fin de vie : lithium, cobalt... « Comprendre comment les molécules se lient avec chaque métal nous a permis d'élaborer un procédé d'extraction innovant, économe en eau, en énergie et sans les agents agressifs utilisés d'ordinaire », souligne le chimiste Julien Leclaire, de l'université Lyon 1. Désormais, la start-up Mecaware développe ce procédé à plus grande échelle. N.P.

... des plantes

Elles sont dites « hyperaccumulatrices », c'est-à-dire capables d'accumuler des métaux à des teneurs toxiques pour les autres espèces. Ces végétaux sont exploités selon un procédé appelé agromine, qui consiste à les cultiver sur des sols naturels, pollués ou sur des boues industrielles pour en récupérer les métaux. C'est le cas, par exemple, de l'alysson des murs. Celle-ci peut absorber 1 à 2% de nickel, soit 1 000 fois plus que la normale ! En France, la start-up Econick extrait le métal de la plante (brûlage, usage de solvants), qu'elle revend à la cristallerie Daum, à Nancy. Les recherches se poursuivent pour d'autres métaux, comme le zinc, ceux nommés « terres rares », sans oublier l'or – le Graal ! L.R.



ISTOCK

OÙ NAISSENT LES DIAMANTS ?

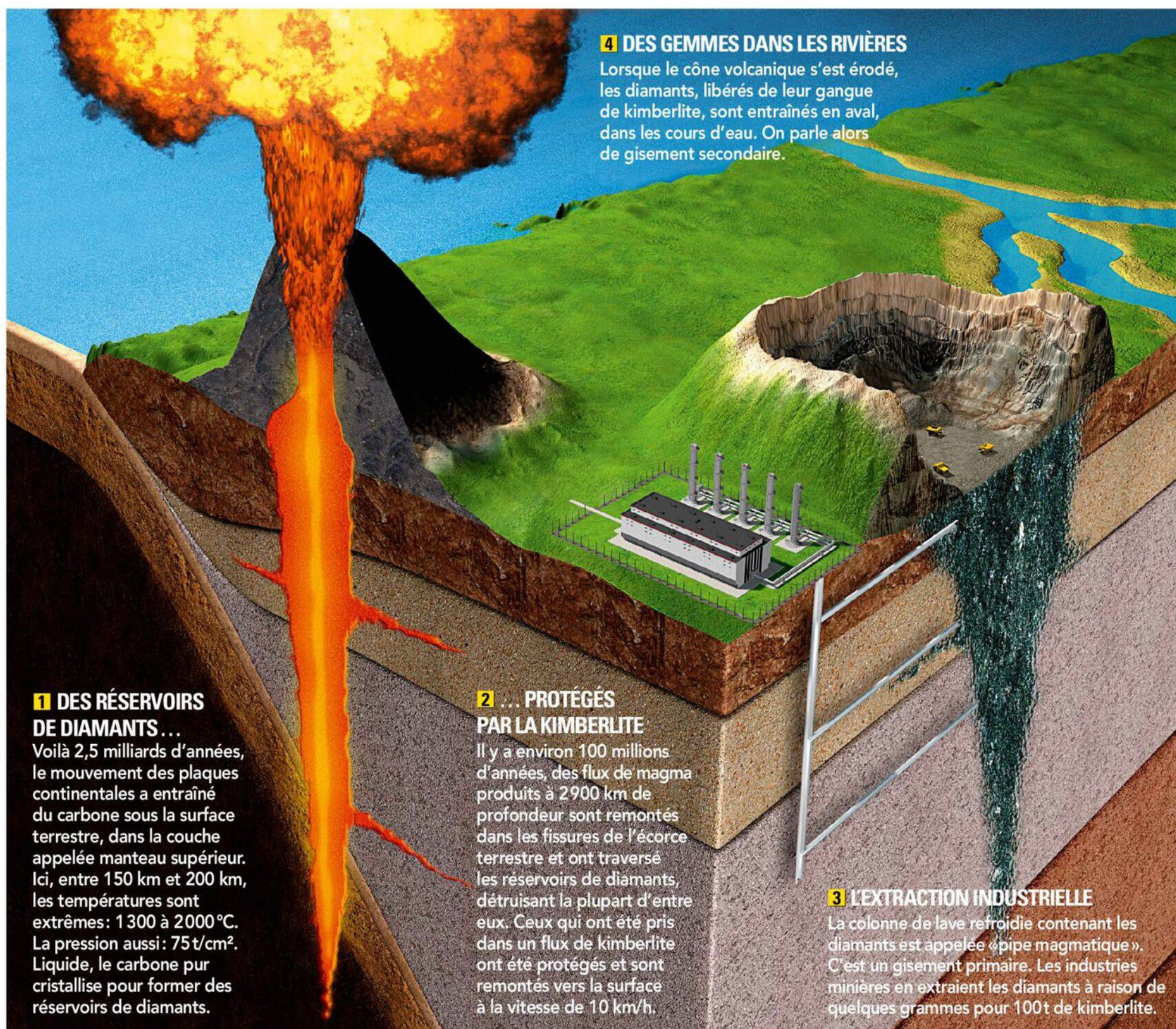
Leur rareté s'explique par la difficulté à réunir toutes les conditions nécessaires à leur formation et à leur remontée vers la surface. Car ce sont des cristaux constitués de carbone ultra-pur. Pour cristalliser, ce dernier doit être soumis à une pression supérieure à 50 000 fois la pression atmosphérique et à une température de plus de 1 500 °C. Pour ce faire, il faut qu'un phénomène géologique rassemble des composés carbonés à 150 km de profondeur, là où règnent de telles conditions physiques. Les diamants ne se forment pas dans les roches volcaniques d'où on les extrait : c'est un flux de lave très rapide qui les

amène à la surface. C'est le cas du volcanisme dit « kimberlitique », du nom du célèbre gisement diamantifère de Kimberley, en Afrique du Sud. Dans la lave ordinaire, le diamant n'est pas stable et se transforme en graphite. L. R.



208 minéraux créés par l'homme...

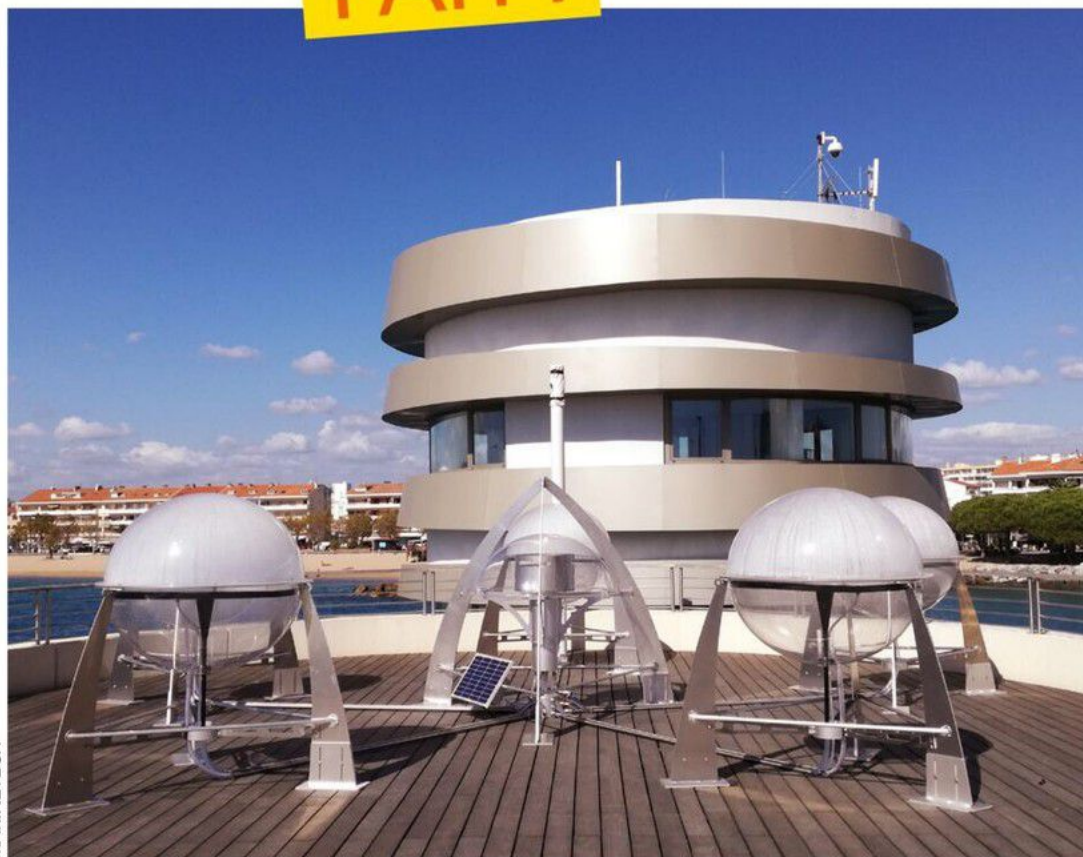
... par inadvertance ! La plupart d'entre eux sont apparus depuis le milieu du XVIII^e siècle, trouvés au fond des mines, où le brassage des roches, la chaleur et les produits chimiques ont provoqué des réactions inédites. Mais on en a aussi découvert dans des décharges... Les chercheurs estiment que l'apparition de ces minéraux dans les strates géologiques récentes indique l'entrée dans une nouvelle ère, l'anthropocène – une période géologique où l'action des hommes marque de manière significative l'écosystème.



**ILS L'ONT
FAIT !**

Qui a réussi à nous abreuver d'eau de mer ?

MARINETECH



Du soleil, de l'eau de mer et des sphères d'un peu moins d'un mètre d'envergure : c'est tout ce qu'il faut pour récolter de l'eau pure. Déjà installé à Tahiti, en Oman et en Espagne, ce dispositif nommé Helio est développé par la start-up française Marine Tech. Il consiste à pomper de l'eau de mer (ou toute autre eau impropre à la consommation) et à l'envoyer dans la moitié supérieure de la sphère transparente. Chauffée par les rayons du soleil, l'eau s'évapore, se condense sur les parois, puis s'écoule

dans la partie inférieure, libérée du sel, des minéraux et des impuretés. Elle est ensuite reminéralisée (calcium, magnésium...) afin d'être consommable. La machine, recyclable et conçue pour durer une trentaine d'années, fonctionne uniquement grâce à l'énergie solaire. D'un coût de 7900 euros, une sphère peut produire jusqu'à 6 litres par jour en plein été dans le sud de la France, et atteindre 10 litres dans des pays encore plus ensoleillés. Montées en série, elles pourraient fournir de l'eau potable pour des centaines de personnes. **T.C.**

Y A-T-IL DES MÉDICAMENTS DANS VOTRE JARDIN ?



La plupart de nos molécules antibiotiques et certains anticancéreux sont d'origine bactérienne. Or, souvent, un seul gramme de terre contient plus de 1 000 espèces de bactéries différentes ! Il y a donc sous nos pieds un grand nombre de traitements à découvrir. Cet été, une équipe de chercheurs de l'Inserm et de l'université Paris-Cité a invité les citoyens à recueillir des échantillons de terre en France, puis à leur envoyer pour qu'ils les analysent. Leur projet, « Science à la pelle », repose sur le séquençage du génome des bactéries isolées dans les sols. « Des outils dits de criblage nous permettent de repérer dans les séquences d'ADN des gènes nouveaux, porteurs de motifs génétiques associés à la production de molécules antibiotiques. Si nous repérons une bactérie à potentiel anti-infectieux, nous pourrions produire la molécule à tester en moins d'un an », explique Vincent Libis, pharmacien et chercheur. Début septembre, à l'issue de la collecte, l'équipe avait reçu plus de 1 000 sachets de terre et isolé 842 souches bactériennes. « Nous n'avons pas donné d'indications précises de lieux, nous avons

compté sur la créativité des gens, précise la microbiologiste Aude Bernheim. Un sous-bois, le bord d'un lac de montagne, une prairie... Tout est bon à étudier ! » Même les sol entretenus des jardins ?

L'équipe a identifié dans l'échantillon d'un parc parisien une bactérie produisant de la rapamycine, un médicament immunosuppresseur découvert sur l'île de Pâques. Il n'y avait pas besoin d'aller si loin ! **A.S.**



ISTOCK

Reflets trompeurs



Cette pyrite découverte au Pérou doit la géométrie parfaite de ses cristaux aux conditions de pression et de température des roches sédimentaires dans lesquels ils se sont formés. La pierre, composée de soufre et de fer, est baptisée «l'or des fous» car elle a des reflets trompeurs. L'explorateur Jacques Cartier lui-même se méprit... En 1543, quand il rapporta à François I^{er} de l'or et des diamants du Canada, il ne se doutait pas qu'il s'agissait en réalité... de pyrite et de quartz!

Secret de verrier



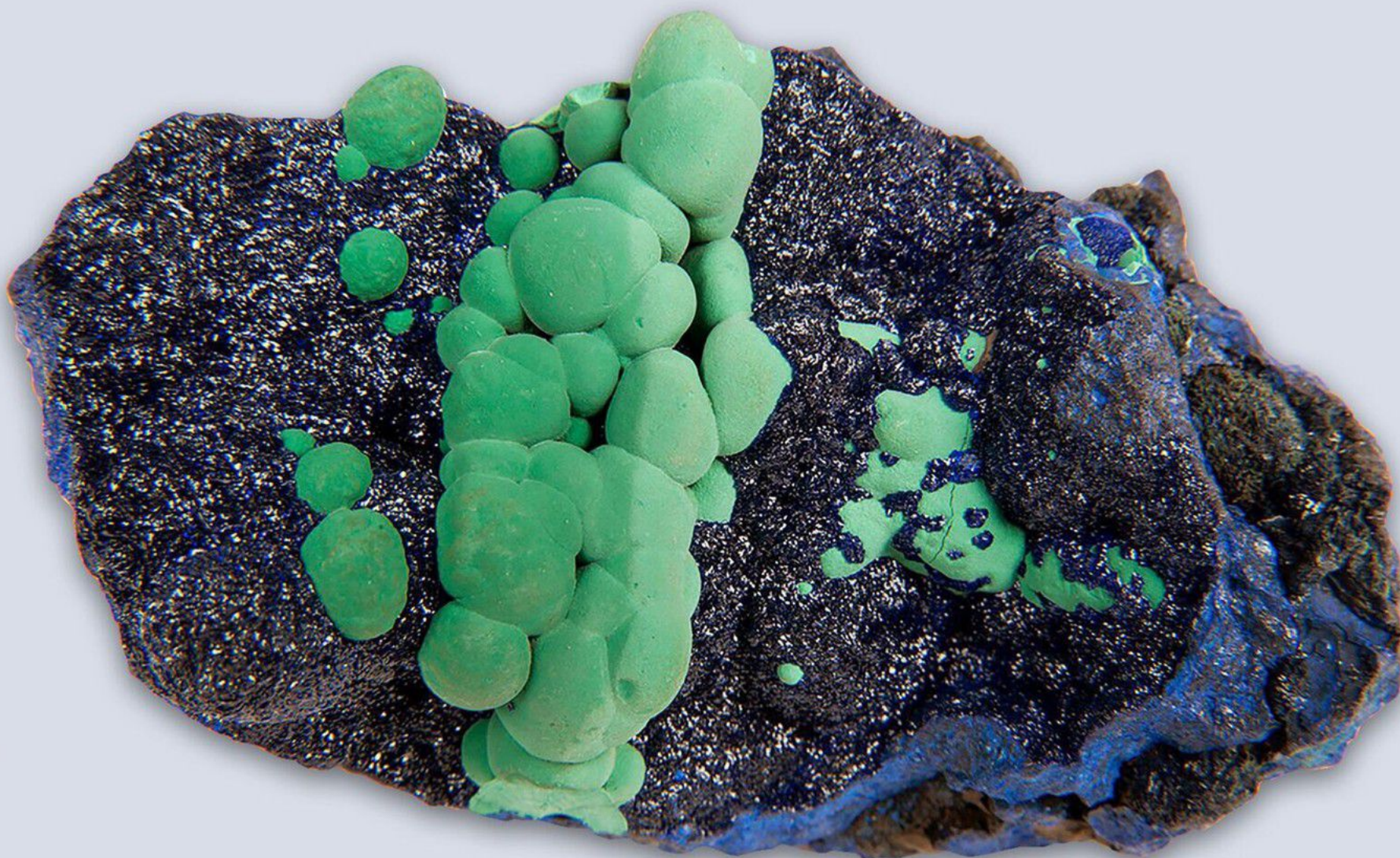
La romanèchite doit son nom à la mine de Romanèche-Thorins, en Saône-et-Loire, où elle a été découverte. Minéral de manganèse, elle est utilisée depuis l'Antiquité comme un colorant, mais aussi comme un décolorant du verre. Appelé «savon du verrier», le manganèse entraine notamment dans la composition des verres contenant du fer pour en contrebalancer la teinte jaune pâle par ses nuances violettes.

Ces pierres sont-elles précieuses ?

Si le terme de «pierre précieuse» est réservé à des gemmes d'une rare pureté et qualité, certains minéraux sont de vrais trésors, comme ces spécimens du musée des Confluences de Lyon. **L.R.**

Pigments magiques

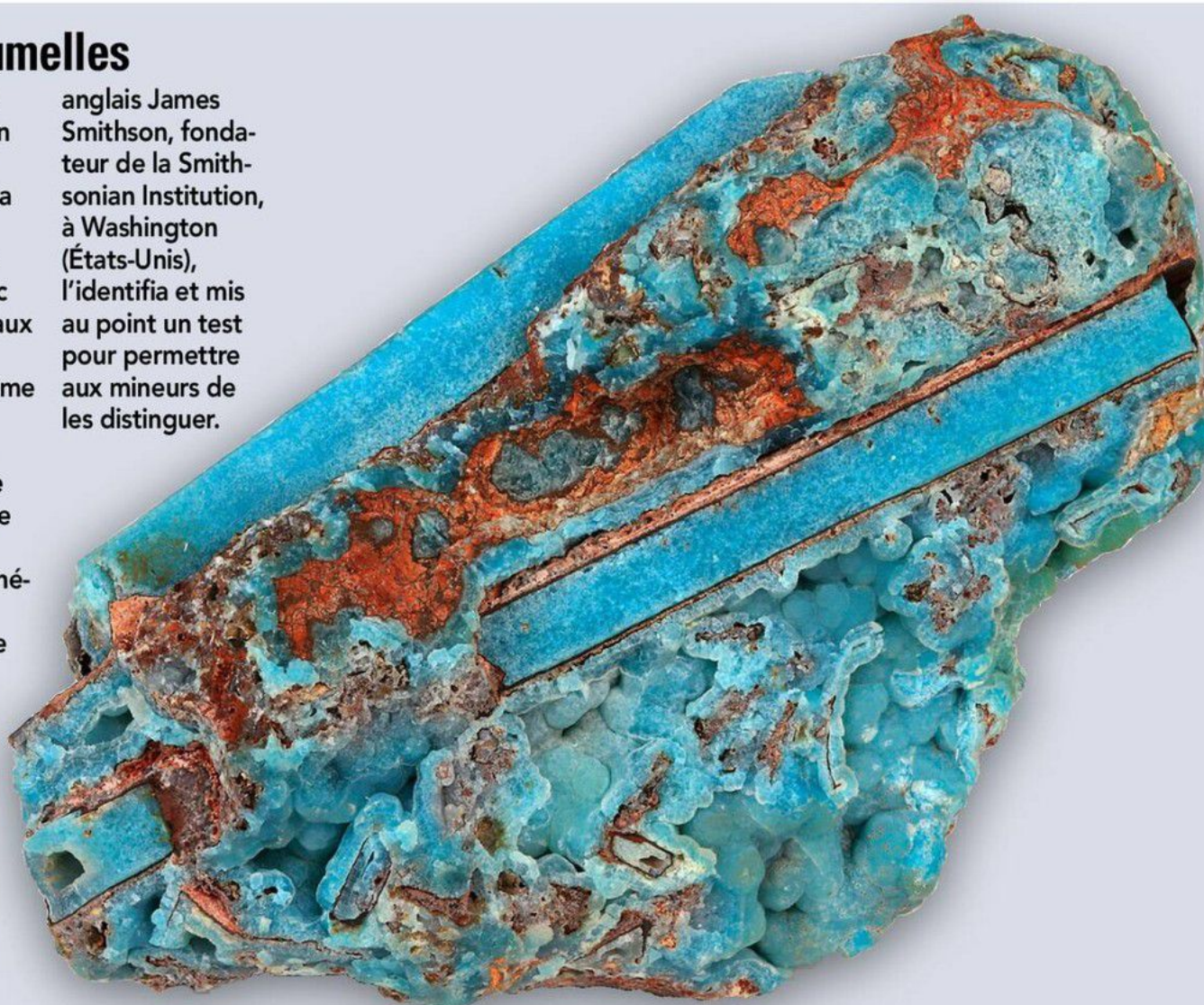
C'est le cuivre de cette azurite qui lui donne sa magnifique couleur bleue. À l'air libre, le minéral, instable, se transforme en malachite par «pseudomorphose» et se teinte en vert. Des fresques moyen-âgeuses peintes avec de l'azurite utilisée comme pigment ont ainsi viré du bleu au vert! Ce spécimen a été prélevé dans la mine de Chessy, près de Lyon, l'un de ses plus gros gisements jusqu'à l'épuisement du filon et la fermeture de la mine en 1877.



Pierres jumelles

Utilisée depuis la préhistoire en alliage avec le cuivre (laiton), la smithsonite a longtemps été confondue avec d'autres minéraux composés de zinc, sous le terme de calamine, en référence à la Cadmée, une région de Grèce extrêmement riche en ces minéraux. Ce n'est qu'en 1802 que le chimiste et minéralogiste

anglais James Smithson, fondateur de la Smithsonian Institution, à Washington (États-Unis), l'identifia et mis au point un test pour permettre aux mineurs de les distinguer.



MUSÉE DES CONFLUENCES-F. VIGOUROUX



À VOIR

« Secrets de la Terre », au musée des Confluences, à Lyon, jusqu'au 22 octobre 2023. À la croisée de la géologie et de l'Histoire, cette exposition présente une large sélection de la collection du musée – qui compte 15000 roches et minéraux. Elle nous fait découvrir leurs propriétés physiques et chimiques, mais aussi leur utilisation à travers les âges.

« Baux » caillou

Coupe et polissage révèlent les agrégats minéraux de la bauxite, l'alumine (zones blanches) et l'oxyde de fer (zones rosées). Cette roche tient son nom du village des Baux-de-Provence, près duquel elle a été découverte par le minéralogiste Pierre Berthier en 1821. Présenté comme de l'« argile transformée en argent », l'aluminium est d'abord utilisé dans la fabrication de bijoux et d'objets de luxe avant que la découverte d'un procédé de production industrielle par électrolyse, à la fin du XIX^e siècle, permette de généraliser son usage aux objets du quotidien.



MUSÉE DES CONFLUENCES-F. VIGOUROUX

OÙ ALLER CHERCHER DE NOUVELLES SOURCES D'ÉNERGIE?

Que ce soit pour recharger son téléphone ou alimenter des villes entières, de nouvelles alternatives aux énergies fossiles sont en développement. T.C.

DANS LE CIEL

En altitude, entre 300 et 1 500 m, les vents sont cinq à huit fois plus puissants qu'en dessous. De quoi faire tourner des éoliennes aériennes plus vite que leurs équivalents terrestres (leur sommet n'atteignant qu'une centaine de mètres) et donner des idées à des ingénieurs. Des prototypes de turbines volantes ont ainsi vu le jour, comme celle de l'Américain Altaeros. Cet aérostat de 10 m d'envergure, gonflé à l'hélium et doté d'une hélice, a été testé en 2014 en Alaska dans le but d'alimenter en électricité des endroits isolés... avant d'être abandonné. Autre projet: l'entreprise norvégienne Kitemill développe actuellement un planeur qui tire sur un câble le reliant au sol. Sa force de traction pourrait produire jusqu'à 3 000 kW. Enfin, dans une moindre mesure, l'éolienne mobile Kiwee One est commercialisée depuis 2019 par la société bordelaise Kite-winder. Avec sa petite hélice portée par une aile de kite jusqu'à 60 m d'altitude, elle peut acheminer environ 100 W via son câble d'arrimage. Idéal pour les baroudeurs quand ils se retrouvent en pleine nature.

DANS L'AIR

Générer de l'électricité grâce à l'humidité de l'air ambiant, c'est possible!

En 2020, des chercheurs de l'université du Massachusetts (États-Unis) ont développé une fine membrane de quelques micromètres d'épaisseur constituée de protéines prélevées chez *Geobacter sulfurreducens*,

une bactérie capable de produire ses propres électrons. En présence d'humidité, la surface de 25 mm² génère une tension de 0,5 volts. C'est peu, mais en connectant 17 d'entre elles, les chercheurs ont réussi à obtenir 10 volts, de quoi alimenter une LED. Ils tentent désormais d'augmenter ces capacités.

DANS LES VOLCANS

La géothermie haute température consiste à forer le sol à plus de 1,5 km de profondeur jusqu'à des nappes phréatiques où l'eau est à 150°C minimum. La vapeur sortant du puits sert à produire de l'électricité en faisant tourner des turbines. Une fois condensée, l'eau regagne la nappe et la refroidit. La durée de vie de ces installations est très longue, mais tout de même limitée. Sauf... si l'on creuse dans une poche de magma. C'est ce qui est arrivé par accident en

2009 dans la centrale géothermique de Krafla, en Islande. Cette source de chaleur de 900°C à 2 km de profondeur, renouvelable car connectée au noyau terrestre, libère en surface de la vapeur à 450°C, un record. De cette découverte fortuite est né en 2014 un projet pour étudier la chambre magmatique; des forages devraient avoir lieu en 2024. Deux puits aux abords du magma suffiraient pour atteindre une puissance équivalente aux 18 puits actuels de la centrale.

DANS LA MER

Depuis plus de 50 ans, des ingénieurs tentent d'exploiter la différence de salinité entre l'eau de mer et l'eau douce pour produire de l'énergie dite osmotique à l'embouchure des fleuves. Jusqu'ici, les rendements étaient insuffisants, mais la start-up française Sweetch Energy compte bien changer la donne. Elle va installer la première centrale test en France dans le delta du Rhône en 2023. Il s'agit d'orienter d'un côté l'eau de mer, et de l'autre l'eau douce, dans une chambre séparée en deux compartiments par une membrane semi-perméable. L'eau salée étant plus concentrée que l'eau douce en ions, ceux-ci traversent la membrane pour rétablir l'équilibre: c'est l'osmose. La membrane bardée d'électrodes capte des ions (20 fois plus que les anciens modèles selon le fabricant), ce qui génère de l'électricité. En 2030, la centrale pourrait produire plus de 4 millions de mégawatts-heure par an, soit deux fois la consommation annuelle des Marseillais.

CHEZ L'HUMAIN

Notre corps produit chaque jour l'équivalent d'environ 3 kWh, soit de quoi alimenter un écran LCD pendant 30 heures. Il émet en particulier de la chaleur. Pour chauffer des bâtiments, la promiscuité humaine est déjà réutilisée (avec l'énergie thermique des machines) par une pompe à chaleur dans la gare de Stockholm, la station de métro parisienne Rambuteau ou un hôpital de Francfort. Depuis 2021, l'entreprise suisse Mithras utilise, elle, la chaleur à plus petite échelle. Elle a développé un générateur thermo-électrique exploitant la différence de température entre la surface de la peau (32°C) et l'air. Elle en équipe des dispositifs médicaux, comme des pompes à insuline ou des prothèses auditives dont les batteries se rechargent à la chaleur humaine. Enfin, nos mouvements produisent de l'énergie cinétique, aussi transformable en électricité. Des dalles équipées de microcapteurs la récupèrent dans les trottoirs ou le sol de certains lieux publics. Mais pour l'heure, ces installations servent surtout à sensibiliser le public aux énergies renouvelables.

FAKE NEWS ?

L'énergie nucléaire est renouvelable

FAUX C'est une confusion courante. L'uranium des centrales s'est formé il y a des milliards d'années au cœur d'étoiles massives, donc il se trouve en quantité limitée sur Terre. Selon les estimations, les ressources connues devraient tenir encore un siècle, mais si le recyclage des déchets nucléaires s'améliore, ce délai pourrait s'allonger à plusieurs milliers d'années. Aujourd'hui, les centrales produisent donc une énergie non renouvelable et source de déchets radioactifs... Cependant, elles ont l'avantage

de ne pas émettre de gaz à effet de serre, contrairement à la combustion des matières fossiles (pétrole, gaz...), et d'assurer une production continue, à l'inverse des énergies solaire et éolienne, renouvelables mais intermittentes. Dans le futur, si les scientifiques réussissent à maîtriser la fusion nucléaire (production d'énergie par fusion d'atomes, et non par division, ou fission, comme dans les centrales actuelles), l'uranium serait remplacé par de l'hydrogène, assez abondant pour des centaines de milliers d'années.

ÇA SE PASSE
PRÈS DE CHEZ VOUS



COMMENT CES ÉOLIENNES POUSSSENT-ELLES EN MER?

À Saint-Nazaire, le premier parc éolien en mer français entre progressivement en service. Un petit pas pour atteindre l'objectif de neutralité carbone. **Nathalie Picard**

Début juin, des électrons produits par des éoliennes marines ont rejoint le réseau électrique national. Une première en France. L'intégralité du parc éolien en mer de Saint-Nazaire, étalé sur 78 km² de 12 à 20 km des côtes, entrera en service d'ici la fin de l'année. Ses 80 éoliennes offriront une capacité de 480 mégawatts (MW), l'équivalent de la consommation domestique de 700 000 personnes, indique EDF Renouvelables, copropriétaire du parc avec des investisseurs canadiens. Si les travaux n'ont débuté que huit ans après l'appel d'offres lancé par l'État en 2011, c'est que les procédures administratives sont lentes et que l'éolien en mer, comme son cousin terrestre, suscite de vives controverses.

Un horizon dénaturé, des poissons dérangés...

Le débat public mené en 2013 a fait ressortir des craintes concernant des impacts sur le paysage (dénaturation de l'horizon), la pêche professionnelle ou l'environnement du banc de Guérande, sa zone d'implantation. Il est vrai que, durant la construction, le forage des pieux, l'usage de machines et les allées et venues des bateaux ont dérangé la faune et la flore. Les porteurs du projet ont tenté de limiter les nuisances, en équipant par exemple les machines avec des systèmes réduisant la propagation des ondes sonores. Un travail de concertation a permis de trouver des compromis avec des organisations de pê-



DE PUISSANTS GÉANTS

Avec des pales culminant à 180 m, chaque éolienne repose sur un tube jaune placé sur un pieu de 7 m de diamètre foré dans le sol. Sur les fonds, des câbles transportent l'électricité générée par le mouvement des pales jusqu'à une station raccordée au réseau électrique via une liaison de 60 km. Grâce à la taille des turbines et à la force du vent, ces éoliennes sont deux à trois fois plus puissantes que celles qui sont à terre.

JONCHERAY V/ANDIA.FR

cheurs et de protection de la nature, mais d'autres associations de défense de l'environnement et de riverains ont déposé des recours, qui n'ont été entièrement levés qu'en 2019. Malgré les oppositions, le gouvernement compte sur l'essor de la filière pour atteindre ses objectifs d'au moins 40 % d'énergies renouvelables en 2030 et de neutralité carbone en 2050. Les scénarios élaborés par le Réseau de transport d'électricité (RTE) tablent sur un besoin équivalent à au moins 46 parcs comme celui de Saint-Nazaire d'ici 2050. C'est beaucoup, quand on sait que seuls deux autres parcs seront achevés en 2023.



SIMON Malfatto, Paz Pizarro, Stéphane Koguc/AFP



GREG LOOPING/HANS LUCAS

46 parcs
équivalents à celui
de Saint-Nazaire
seront au minimum
nécessaires pour
atteindre la neutra-
lité carbone en 2050

Source : RTE, rapport «Futurs énergétiques 2050».

UN PROJET IMPLIQUANT LES PÊCHEURS

De nombreuses réunions avec les pêcheurs professionnels ont permis de trouver des solutions pour perturber le moins possible leur activité. Durant les travaux, la mise en place de corridors leur a permis de traverser le parc, et d'ici fin 2022, de nouvelles règles de navigation et de pêche seront instaurées dans cette zone.

Le pari de l'éolien flottant

Près de Saint-Nazaire, au large du Croisic, une autre éolienne trône sur une fondation flottante en béton. Floatgen est un démonstrateur d'éolien flottant de 2 MW mis en service en 2018 sur le site d'essai en mer de l'école Centrale de Nantes par la société BW Ideol. Cette tech-

nologie permet de viser des fonds au-delà de 50 m, fréquents en Méditerranée et dans l'Atlantique. Aujourd'hui, l'éolien flottant prend son essor avec quatre parcs pilotes en construction, et surtout trois projets de parcs commerciaux en Bretagne sud et en Méditerranée qui devraient

offrir d'ici 2025-2030 une capacité de 250 MW chacun. En s'affranchissant de la profondeur, cette technologie pourra permettre de s'éloigner des côtes, avec trois avantages : atteindre des vents plus forts et réguliers, déployer de vastes projets et limiter les conflits d'usage.



Vincent Guénard



Animateur pôle éolien et énergies marines à l'Ademe (Agence de la transition écologique)

1 QUEL EST LE POTENTIEL DE L'ÉOLIEN EN MER ?

VINCENT GUÉNARD Avec ses milliers de kilomètres de côtes, la France a l'un des potentiels les plus élevés d'Europe. Mais nous sommes en retard. Le pays s'était fixé un objectif de 6 gigawatts (GW) en 2020, et nous n'aurons qu'à peine 0,5 GW fin 2022 avec Saint-Nazaire. Cinq autres parcs commerciaux sont en construction sur la façade Nord Atlantique et la Manche, ce qui portera la capacité totale à près de 3 GW en 2024. Pour limiter le réchauffement à moins de 2°C, il faut sortir des énergies fossiles et aller vers de l'électricité décarbonée (nucléaire et renouvelable), en passant par exemple de la voiture thermique à électrique. Malgré les efforts de sobriété, la consommation d'électricité va donc augmenter. Cela passera par un développement massif des énergies renouvelables, compétitives et vite disponibles. Début 2022, le président Macron a annoncé un objectif de 40 GW d'éolien marin en service en 2050, soit 50 parcs environ. Il va falloir accélérer la cadence.

2 COMMENT EXPLIQUER LE RETARD FRANÇAIS ?

V. G. Les projets sont attaqués en justice par des associations de riverains, de pêcheurs ou de protection de l'environnement et les procédures sont très longues. Pourtant, les retours d'expériences étrangères sont assez rassurants : une fois les travaux passés, la vie marine reprend et colonise les fondations des éoliennes, un effet de « récif artificiel ». Les parcs éoliens pourraient devenir des zones riches en biodiversité, où il serait intéressant de pêcher. Concernant les oiseaux, des outils tels des sifflets se développent pour les éloigner des pales. Le gouvernement vient de créer un observatoire de l'éolien en mer pour connaître son impact sur l'environnement. Et sur le plan réglementaire, il simplifie les procédures afin de réduire les délais de construction.

3 L'ÉOLIEN FLOTTANT VA-T-IL ACCÉLÉRER LA TRANSITION ?

V. G. Aujourd'hui, les parcs commerciaux en construction sont dotés d'éoliennes posées sur les fonds marins. Mais au-delà de 50 m de profondeur, il faut passer sur des systèmes flottants. En France, cela concerne les deux tiers des fonds ; le potentiel est donc énorme. Le passage à l'échelle industrielle est le principal enjeu. Nous allons vers des structures colossales pour réduire les coûts et accroître la production.



LA TERRE EST-ELLE VIVANTE ?

La Terre ne serait pas un assemblage de roches entouré de gaz, mais un super-organisme vivant, selon l'hypothèse Gaïa (en référence à la divinité grecque) émise en 1974 par le chimiste anglais James Lovelock. Elle aurait pour but de maintenir depuis 3,5 milliards d'années l'environnement le plus favorable à la vie. Succès populaire, mais tollé dans la communauté scientifique qui ne voit dans cette personnification que charlatanisme ! Mais cinquante ans plus tard, affinés et débarrassés de leur image mystique, ses arguments sont reconnus par les géosciences. Pour les experts du climat, des océans ou de la biodiversité, la Terre est bien un corps complexe traversé par de multiples processus la maintenant en équilibre instable, et le vivant joue un rôle important dans leur régulation. Début 2022, trois astrobiologistes

américains sont allés plus loin en explorant l'idée d'une «intelligence planétaire». La Terre n'aurait bien sûr ni cerveau ni neurones, mais des mécanismes de cognition se dérouleraient à son échelle via des systèmes en interaction : la biosphère (le vivant), la géosphère (la planète et son atmosphère) et la technosphère (les technologies produites par l'humain). Par exemple, les arbres peuvent s'échanger des nutriments grâce aux réseaux de communication formés par leurs racines et les champignons du sol, ce qui permet la survie des forêts et, *in fine*, la régulation de l'atmosphère. Pour ces chercheurs, notre civilisation est une «technosphère immature» : nos technologies et systèmes dégradent la géosphère et la biosphère. Mais il n'est pas exclu qu'elle parvienne un jour à atteindre le stade de la maturité, à savoir le moment où les humains ne nuiront plus à la planète.

Afsané Sabouhi

L'ÉCOLOGIE EST-ELLE UNE RELIGION ?

Pour le politologue et sociologue Mathieu Gervais, qui a étudié les rapports entre écologie et religion, la réponse est définitivement non. Pourtant, il n'est pas rare que biologistes, climatologues ou militants verts se fassent traiter d'apôtres de la nature ou d'ayatollahs du climat... «Justifier un comportement par une croyance peut être vu comme religieux, explique le chercheur. Et croire sur parole que réduire sa consommation de carburant aura un impact sur le réchauffement climatique peut sembler irrationnel. Mais cela ne suffit pas à faire de l'écologie une religion... Il manque une Église, des rites collectifs, une institution. Les écologistes ne se retrouvent pas dans des cryptes pour bénir la nature; il s'agit d'une éthique personnelle non basée sur un dogme mais sur des recherches scientifiques très poussées.» La traiter comme une homélie religieuse serait une façon de la décrédibiliser. Il ne faut toutefois pas nier la dimension spirituelle de l'écologie. D'abord, parce que les précurseurs (Ivan Illich, Jacques Ellul, Hans Jonas...) revendiquaient tous une appartenance religieuse. Ensuite, parce que cette lecture du monde invite l'homme à se décentrer et à reconsidérer sa place dans l'Univers. «L'écologie met en question notre rapport à la Terre. Elle tend à réhabiliter l'idée



ANDREW LICHTENSTEIN/GETTY IMAGES

Aux États-Unis, les Rainbow Gatherings sont des rassemblements éphémères. Les participants, qui partagent des idéaux de paix et d'écologie, se réunissent en pleine nature pour prier et méditer.

d'ensemble, de cosmos. Parfois, cela implique une forme de sacralisation de la nature et même des pratiques mystiques», pointe Mathieu Gervais. Comme lorsque les agriculteurs en biodynamie surveillent l'alignement des astres pour

améliorer leur production. Certes, ils se fient à des connaissances empiriques et ne peuvent expliquer scientifiquement pourquoi cette méthode fonctionne, mais cela ne fait pas d'eux une communauté religieuse pour autant. L. R.

À QUOI SONT DESTINÉS CES RITUELS ?



JAVIER MAMANI/GETTY IMAGES

Nourrir la Terre Mère

La réciprocité est un pilier de la spiritualité des Andes. Aussi, pendant l'hiver austral, en particulier au mois d'août, les peuples quechua et aymara multiplient les offrandes à la Terre Mère, ou Pachamama, pour s'attirer ses bonnes grâces et faire renaître les cultures. Des fruits, des feuilles de coca, des pâtisseries ainsi que des fœtus de lama mort-nés sont déposés sur des autels et offerts aux flammes. La cérémonie peut être guidée par un chaman ou par un ancien du village.



JÉRÔME GENÉE/NATURIMAGES

Qui habite là-dedans ?

Non, pas des Hobbits, mais des adeptes de l'habitat écologique ! Les Kerterres sont façonnées à la main avec un mélange de longues fibres de chanvre, de chaux, d'eau et de sable, un matériau à la fois solide et isolant. La taille d'un dôme est limitée à 5m de diamètre et 3,20m de hauteur, mais on peut les accoler pour faire une Kerterre de plusieurs pièces. Ex-professeure de piano à l'origine du concept en 2000, Évelyne Adam reçoit chaque année des dizaines de stagiaires en formation à Plomeur, dans le Finistère, ou chez des particuliers souhaitant construire une Kerterre. Il est aussi possible d'y passer la nuit pour un test grandeur nature. **A.S.**

TOUS DROITS RÉSERVÉS EURL KERTERRE FORMATION



Pourquoi câliner les arbres ?

Pour nous relaxer. C'est en tout cas la promesse de la sylvothérapie, un « bain de forêt » à la mode venu du Japon. Les preuves scientifiques manquent encore pour l'affirmer, mais

s'immerger au milieu de végétaux pourrait avoir un effet anti-stress. Enlacer des arbres peut toutefois réserver de mauvaises surprises... Certains lichens qui se développent sur

l'écorce des arbres de nos forêts sont particulièrement urticants. La frullaine, par exemple, une mousse que l'on trouve souvent sur les chênes et les charmes, est responsable d'un eczéma

de contact appelé maladie du bûcheron. De plus, les troncs peuvent abriter des chenilles processionnaires ou des frelons que vous n'avez sûrement pas envie d'embrasser ! **A.S.**

Tout autour de la planète, les humains croient aux pouvoirs de la Terre, du Soleil et du ciel. De leur foi, sont nées de fascinantes coutumes. **A.S.**

Appeler les forces cosmiques

Dans les vignobles français adeptes de la biodynamie, une façon de stimuler la vigueur et la croissance des végétaux est de les asperger de « préparation 501 », une poudre de silice enterrée durant un été dans des cornes de vaches puis exposée à la lumière jusqu'au printemps suivant. Les appendices bovins attireraient les forces cosmiques vers la Terre, selon les préceptes du controversé philosophe autrichien Rudolf Steiner, inventeur en 1924 de ce mode de culture.



PACIFIC PRESS MEDIA PRODUCTION CORP/ALAMY/HEMIS



Remercier le dieu Soleil

Jeûner, se baigner dans une eau sacrée, prier et faire des offrandes culinaires au soleil levant et couchant sont les principaux rites de la fête de Chhath, particulièrement célébrée dans le nord de l'Inde. Pendant quatre jours, à l'automne, des cérémonies sont destinées à remercier Surya, la divinité solaire source de vie dans l'hindouisme, et son épouse Usha, déesse de l'aurore. Les fidèles sont surtout des femmes, qui tracent un trait orange sur leur visage du front jusqu'au nez.

QUELS SONT CES SORTILÈGES ?

UN ÉCLAIR PÉTRIFIÉ DANS LE SABLE

Cette étrange structure qui ressemble à une branche calcifiée ne doit rien à la magie, mais à un coup de foudre: il s'agit de l'empreinte d'un éclair dans le sol du désert de Sonora (Arizona, États-Unis). Elle est constituée de matériaux siliceux fondus par le passage de la foudre dans le sable. On estime qu'un

éclair fait monter la température jusqu'à 30000°C. Son trajet reste ainsi matérialisé par un tube irrégulier de verre impur, de diamètre variable. Sa longueur peut atteindre plusieurs mètres. On trouve ces «pierres de foudre», ou fulgurites, partout dans le monde mais elles abondent dans le Sahara. L.R.



SIPA/AP PHOTO/TODD PARIS, UNIVERSITY OF ALASKA, FAIRBANKS



DU FEU QUI DANSE SUR LA GLACE

Manifestation d'un esprit, d'un fantôme ou d'une âme en peine ? Ces flammes qui dansent au-dessus de la glace sont un peu la version polaire de nos feux follets : en hiver, les lacs gelés de l'Alaska à la Sibérie, en passant par le Groenland, emprisonnent les bulles de méthane qui remontent à leur surface. Ce gaz inflammable, stocké dans le sous-sol depuis des millions d'années, suit les failles et accidents géologiques. Le réchauffement global du climat, donc des sols gelés du Grand Nord, accélère probablement les fuites. La spectatrice de ces feux nocturnes n'est pas une chamane mais une chercheuse qui étudie le phénomène (ici, sur le lac Goldstream, au Canada) en enflammant le gaz qui s'échappe des bulles, après les avoir crevées avec une pique. L.R.

7 PHÉNOMÈNES naturels qui ont changé l'Histoire



Vers 1 600 av. J.-C., le **volcan** de Santorin explose, détruisant cette colonie minoenne. La catastrophe serait à l'origine du mythe de l'Atlantide.



585 av. J.-C. Depuis 5 ans, une guerre oppose Mèdes et Lydiens en Anatolie (Turquie). Le 28 mai, en pleine bataille sur le fleuve Halys, survient une **éclipse** totale de Soleil. Les belligérants, qui y voient un signe du courroux des dieux, concluent un accord de paix.



524 av. J.-C. Le roi perse Cambyse quitte Thèbes (Égypte) à la tête d'une armée de 50 000 hommes... qui disparaît à jamais dans le désert. L'historien Hérodote raconte qu'une **tempête de sable** les engloutit. Selon l'égyptologue Olaf Kaper, l'armée a été massacrée par des rebelles et Darius 1^{er}, successeur de Cambyse, a inventé cette fable pour dissimuler son humiliation.



312. Une guerre civile divise l'Empire romain. Maxence affronte son rival Constantin au pont Milvius, près de Rome. Ce dernier l'emporte après avoir vu une **météorite** traverser le ciel. Il attribuera le présage et sa victoire au Dieu chrétien, favorisant ainsi la conversion de Rome.



Avril 1066. La **comète** de Halley traverse le ciel. Guillaume le Conquérant, voguant alors vers l'Angleterre, y voit un présage du succès de l'invasion normande. Il bat les Anglais à Hastings et la comète finit sur la *Tapisserie de Bayeux*.



15 août 1281. En 2 jours, sur l'île de Kyushu (Japon), un **typhon** détruit la flotte d'invasion mongole de Kubilai Khan, forte de plus de 4 000 navires. On évoque un « vent divin » : *kamikaze*.



2 juin 1609. Le navire amiral d'une flotte anglaise partie ravitailler Jamestown (Virginie) est pris dans un **ouragan**. Il s'échoue sur l'île des Diables, baptisée ainsi par l'Espagnol Juan de Bermudez. Les naufragés y restent 9 mois. Depuis, les Bermudes sont britanniques. L'épisode a inspiré *La Tempête* à Shakespeare.

ILLUSTRATIONS: MURIELLE GÉRAUD



LA CURIOSITÉ
Ca SE PARTAGE

*"La connaissance doit être
partagée parce que c'est bon
pour tout le monde"*

- Nicolas, 42 ans, Libourne



+ de sujets

+ de photos

+ d'actu

DISPONIBLE EN KIOSQUE ET SUR **prismaSHOP**



Podcasts

CAMINTERESSE.FR



À CHEVAL SUR LES TRADITIONS

Avec sa belle robe ébène, le cheval de race minorquine est le roi des fêtes patronales célébrées tout l'été sur l'île de Minorque, ici le 31 juillet dans le village d'Es Migjorn Gran. Encouragé par la foule, il déambule avec son cavalier sur une musique cadencée.

MATTHIAS OESTERLE/
ZUMA PRESS WIRE/MAXPPP

le journal de la curiosité

l'actu insolite
l'actu visuelle
vu, lu & entendu

page 86

page 88

page 94

RUBRIQUES RÉALISÉES PAR NATHALIE PICARD ET MARIE DORMOY

l'actu insolite

ABIR SULTAN/EPA/MAXPPP

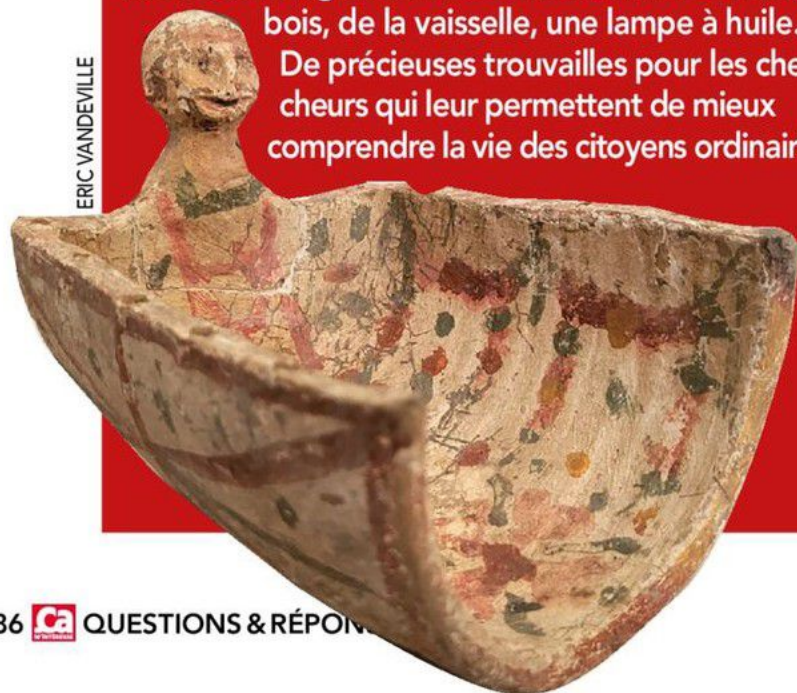


L'incroyable périple d'un vieux papyrus

DE L'INÉDIT À POMPÉI

Quelque 2000 ans après l'éruption du Vésuve, les fouilles de Pompéi révèlent toujours de nouveaux objets, comme ce brûleur d'encens en forme de berceau très bien conservé. Les archéologues l'ont récemment découvert dans une maison mise au jour en 2018, dans laquelle vivait une famille de la classe moyenne durant l'Antiquité. L'habitation recelait également des meubles, un coffre en bois, de la vaisselle, une lampe à huile...

De précieuses trouvailles pour les chercheurs qui leur permettent de mieux comprendre la vie des citoyens ordinaires.



ERIC VANDEVILLE

Ce petit bout de papyrus vieux de 2700 ans aura voyagé plus 20000 km à travers le monde avant de retrouver son pays d'origine. En septembre, après l'avoir rapatrié des États-Unis, l'Autorité des antiquités d'Israël a raconté l'histoire de ce manuscrit qualifié d'« extrêmement rare ». En effet, seuls deux autres papy-

rus connus datent de cette période, celle du premier temple juif de Jérusalem (du X^e au VI^e siècle avant J.-C.). Tous trois viendraient du désert de Judée – au climat sec favorisant la conservation. Rédigées en hébreu ancien, ses quatre lignes débutent par: « *Le Ishmael tishlakh* » (« Envoie à Ismaël »). Il s'agirait donc d'un fragment de lettre. Mais comment

ce trésor a-t-il pu se retrouver chez un Américain du Montana? Lors d'un voyage en Israël en 1965, sa mère l'aurait reçu du conservateur du musée Rockefeller de Jérusalem et d'un marchand d'antiquités (en photo). Contacté par l'Autorité des antiquités, l'homme a accepté de restituer le précieux papyrus que sa mère avait encadré au mur...

100 000 Français vont faire don... de leurs selles! Les chercheurs du projet French Gut les analyseront d'ici 2027 pour mieux comprendre les liens entre microbiote, alimentation et mode de vie.



UNE IDÉE BRILLANTE POUR TRAITER LA MYOPIE

Ces drôles de lunettes pourraient freiner, voire corriger la myopie. Leur créateur, la société japonaise Kubota Vision, annonçait en septembre des résultats encourageants chez des enfants de 10 à 17 ans suivis durant six mois: le port de ce dispositif cinq jours par semaine pendant 1 h 30 inhiberait la progression de la myopie. L'effet reposerait sur la projection, en périphérie de la rétine, d'images virtuelles générées par des micro-LED. Cette stimulation réduirait l'élongation de l'œil à l'origine d'une mauvaise vision de loin.

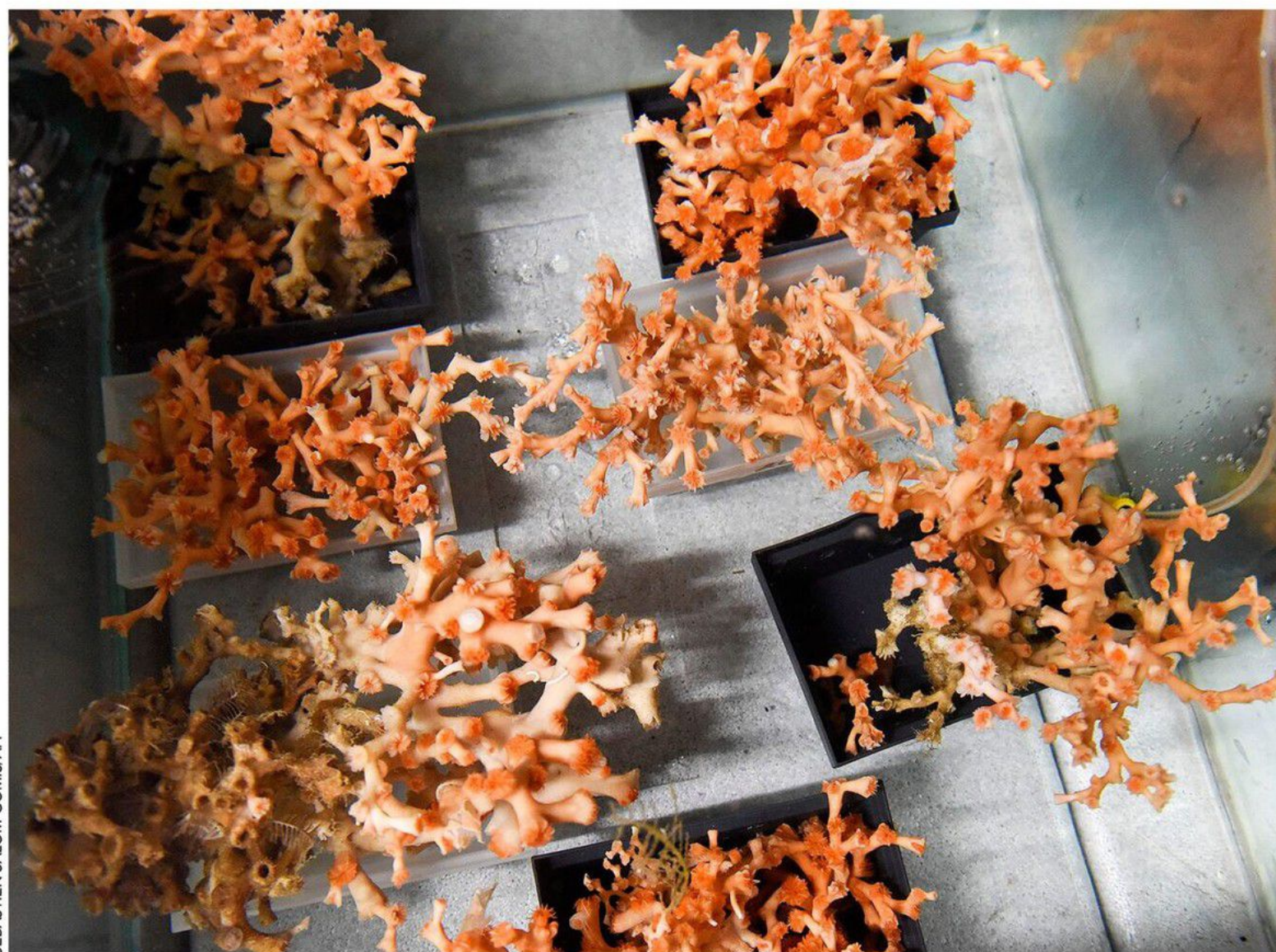
FERRARI/JLPPA



LUIS BERNARDO CANO/ANADOLU AGENCY/AFP

Chambre avec vue

Amateurs de sensations fortes, bienvenue à La Casa en el aire, «la maison dans les airs»! Les activités proposées par cet hôtel de la région d'Abejorral, au sud de Medellín, en Colombie? Un après-midi dans un hamac suspendu à un câble à 35m de haut au milieu des montagnes, un «pendule» (un saut de 40 m dans le vide), une descente en rappel sur 550m... Si vous êtes motivé, sachez que pour parvenir à cette grande cabane en bois accrochée à une paroi rocheuse vertigineuse, il n'y a que deux options: escalader ou emprunter une tyrolienne de 400m de long.



SEBASTIEN SALOM-GOMIS/AFP

CAMPAGNE BRETONNE

Savez-vous qu'il existe dans le golfe de Gascogne une centaine de canyons propices aux coraux? Comme ces espèces d'eaux froides sont méconnues, des scientifiques de l'Ifremer, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer, ont lancé une campagne pour tester leur adaptation au changement climatique. Cet été, à bord du navire *Thalassa*, ils ont exploré les récifs coralliens du canyon de Lampaul, à 300 km des côtes bretonnes et 800 m de profondeur. Puis ils ont ramené des coraux à Océanopolis, l'aquarium de Brest, où ils vont les soumettre à différents niveaux de température, acidité et pression pour évaluer l'impact du réchauffement et de l'acidification des océans sur leur développement futur.

Ça coasse pour moi !

Mais qu'attend cette grenouille fixant l'objectif ? Une partenaire avec qui s'accoupler ! À la saison des pluies, dans les forêts humides de la péninsule d'Osa (Costa Rica), la grenouille d'arbre de Spurrelli rejoint des mares d'eaux profondes pour de véritables orgies sexuelles. Des milliers de congénères s'accouplent, puis chaque femelle dépose ses œufs (environ 200) sur de longues feuilles au-dessus de l'eau. Un cliché sélectionné pour le prix annuel du photographe de nature organisé par le Musée d'histoire naturelle de Londres.





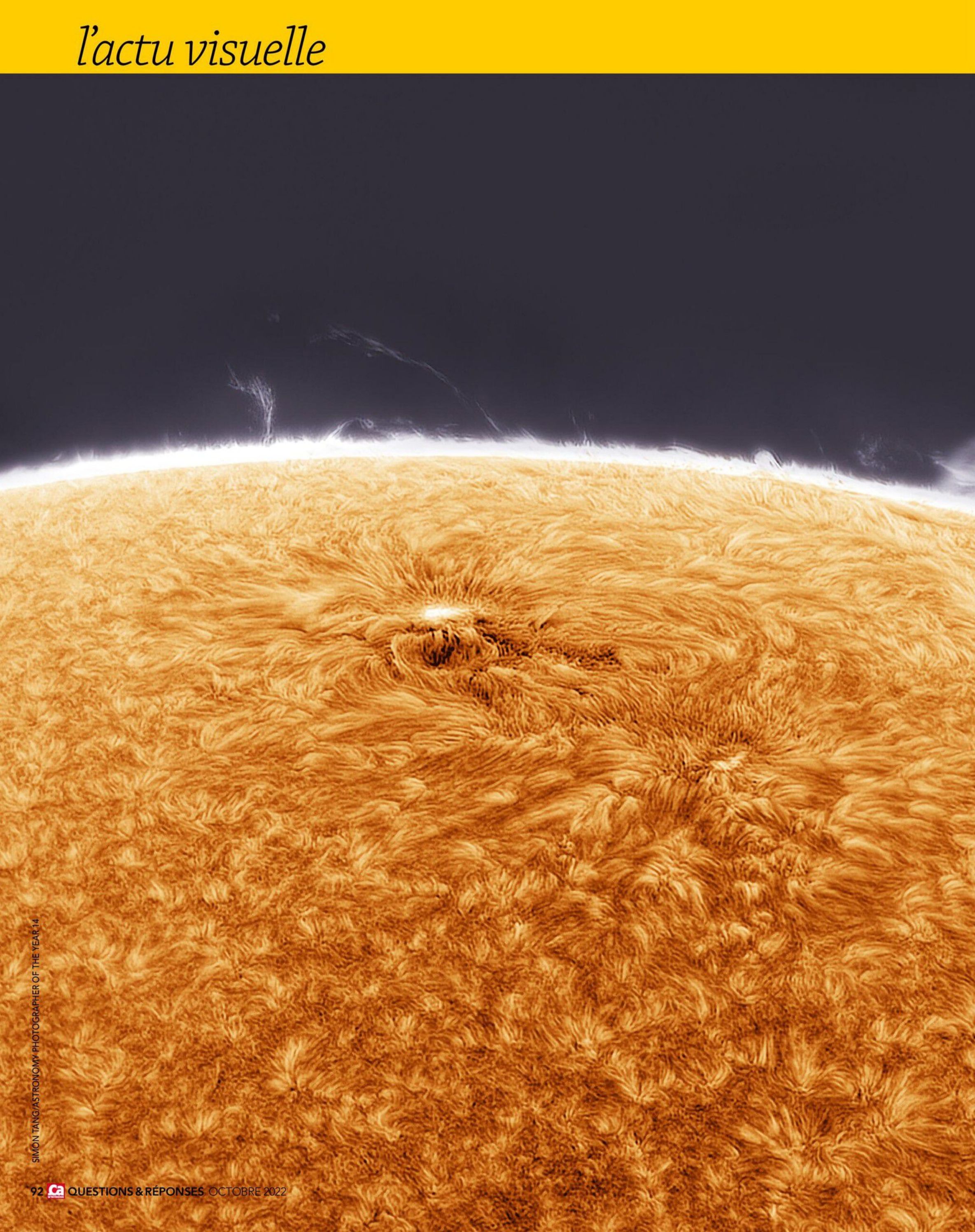


Y a pas le feu...

Triés sur le volet lors d'épreuves qualificatives, 930 pompiers japonais se sont affrontés lors de 14 épreuves à l'occasion de la 50^e Rencontre nationale de secours organisée dans la ville de Tachikawa, à l'ouest de Tokyo. L'occasion pour eux de mettre en avant leur agilité et leur maîtrise des techniques utilisées lors des opérations de secours. L'une des épreuves les plus spectaculaires était la course du pont de singe : les participants devaient avancer et reculer sur une corde longue de 23 mètres !

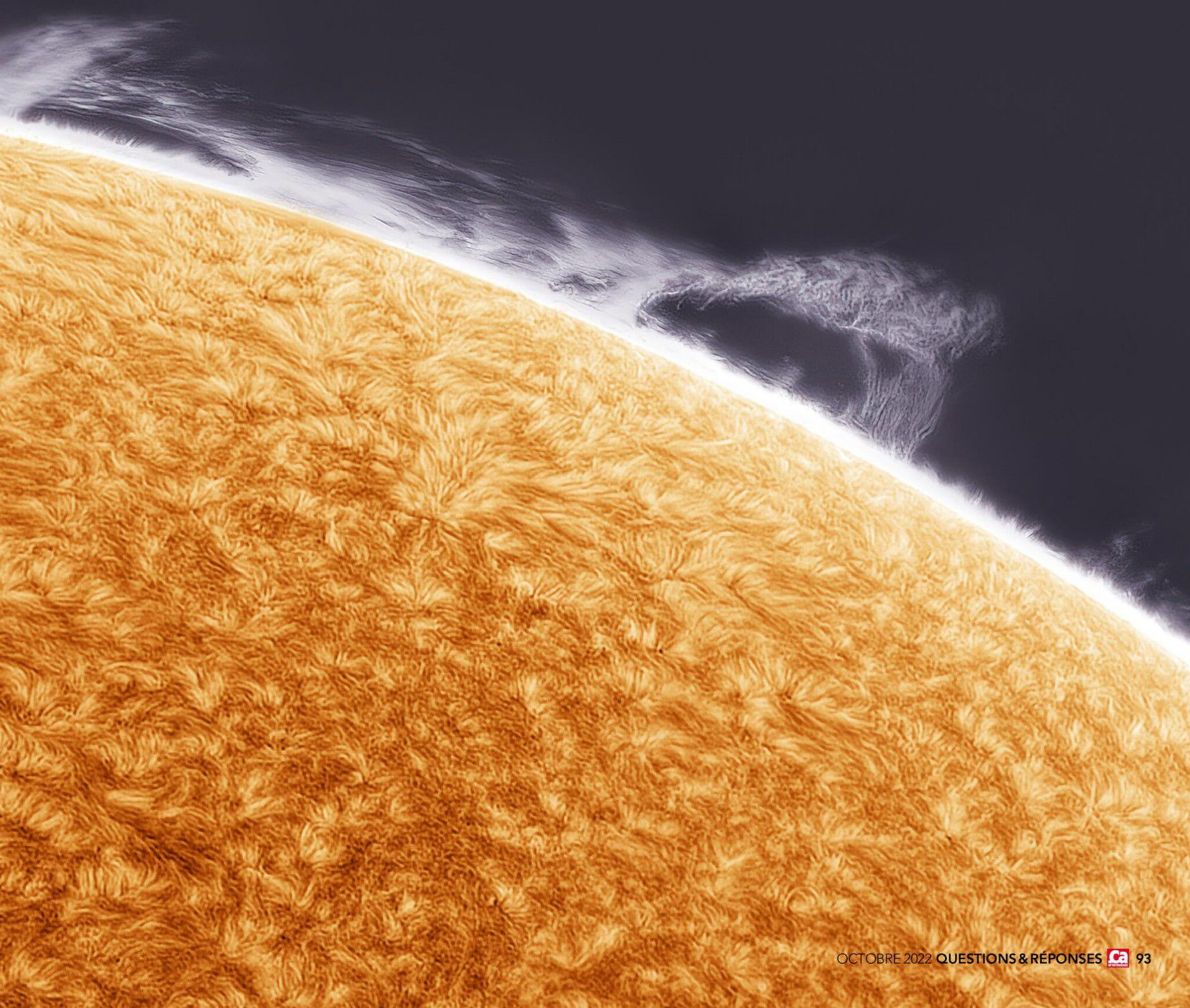
YOSUKE HAYASAKA/AP/SIPA





Danse avec la star

D'où viennent ces fumées blanches flottant à la surface du Soleil? Il s'agit de protubérances, des poches de plasma (une sorte de gaz formé dans des conditions extrêmes de température et de pression) qui s'échappent du limbe solaire, puis s'éloignent dans l'espace ou reviennent près de l'astre. Une valse de matière, essentiellement de l'hydrogène, guidée par son champ magnétique. Le cliché de Simon Tang fait partie de la sélection du concours du photographe d'astronomie de l'année organisé par l'Observatoire royal de Greenwich, au Royaume-Uni.



vu, lu & entendu

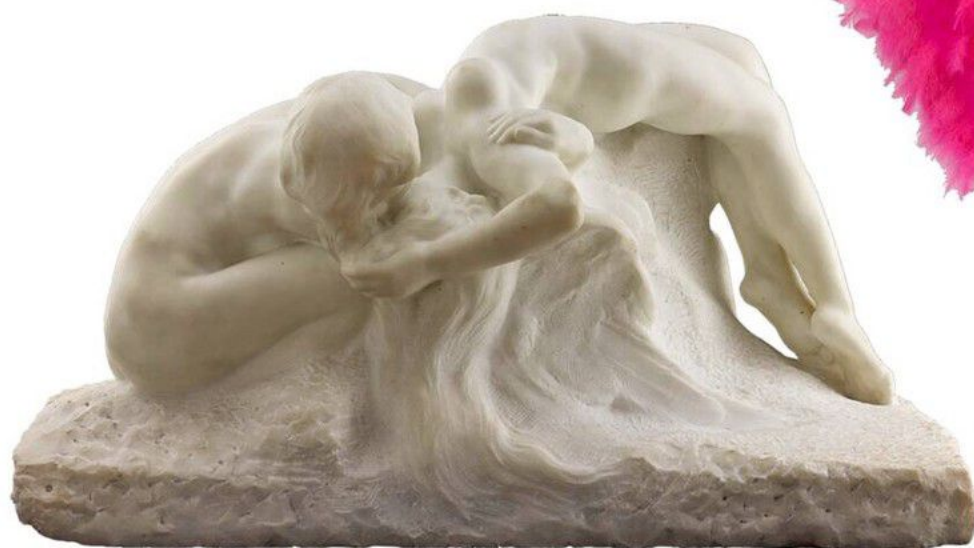


FL. PONS

LES IMMORTELS

Préserver les corps de la décomposition n'est pas l'apanage des Égyptiens, auxquels la momification, bien que pratiquée dans d'autres civilisations, est souvent associée. Les scientifiques ont aussi recours à différentes techniques de préparation comme la diaphanisation, traditionnellement utilisée pour étudier la structure squelettique de petits animaux décédés. Elle consiste à plonger un spécimen dans différents bains chimiques pour se débarrasser de la chair et des muscles et rendre la peau translucide. Des colorants sont ajoutés pour faire apparaître les os ou le cartilage. Cette technique permet d'éviter la dissection, invasive.

À VOIR Momies, corps préservés, corps éternels, au Muséum de Toulouse, du 22 octobre au 23 juillet.



RMN-GRAND PALAIS/STÉPHANE MARECHALLE

TOUCHE ATOUT

Grâce et délicatesse s'expriment dans cette sculpture de Rodin, *L'Ange déchu*: un ange est tombé du ciel, le corps cambré sur un rocher et les ailes déployées au sol, sa compagne tente de le réanimer. Pour autant, la vue n'est pas la seule façon d'en appréhender la beauté. Les lignes courbes, la fraîcheur et la douceur du marbre procurent une

expérience sensorielle unique à qui l'effleure de ses mains... Proscrit dans les musées, le toucher est cette fois au cœur d'une exposition. Une quinzaine d'œuvres du réseau Frame (*French American Museum Exchange*) ont été reproduites pour offrir aux visiteurs une rencontre physique avec l'art. De cette expérience tactile émerge une « vision » différente et complémentaire.

À VOIR Prière de toucher, l'art et la matière, au Palais des beaux-arts de Lille, du 20 octobre au 27 février.



MUSÉE DU QUAI BRANLY-JACQUES CHIRAC/PAULINE GUYON

À VOIR Black Indians de La Nouvelle-Orléans, au musée du Quai Branly-Jacques Chirac, à Paris, jusqu'au 15 janvier.

Black panache

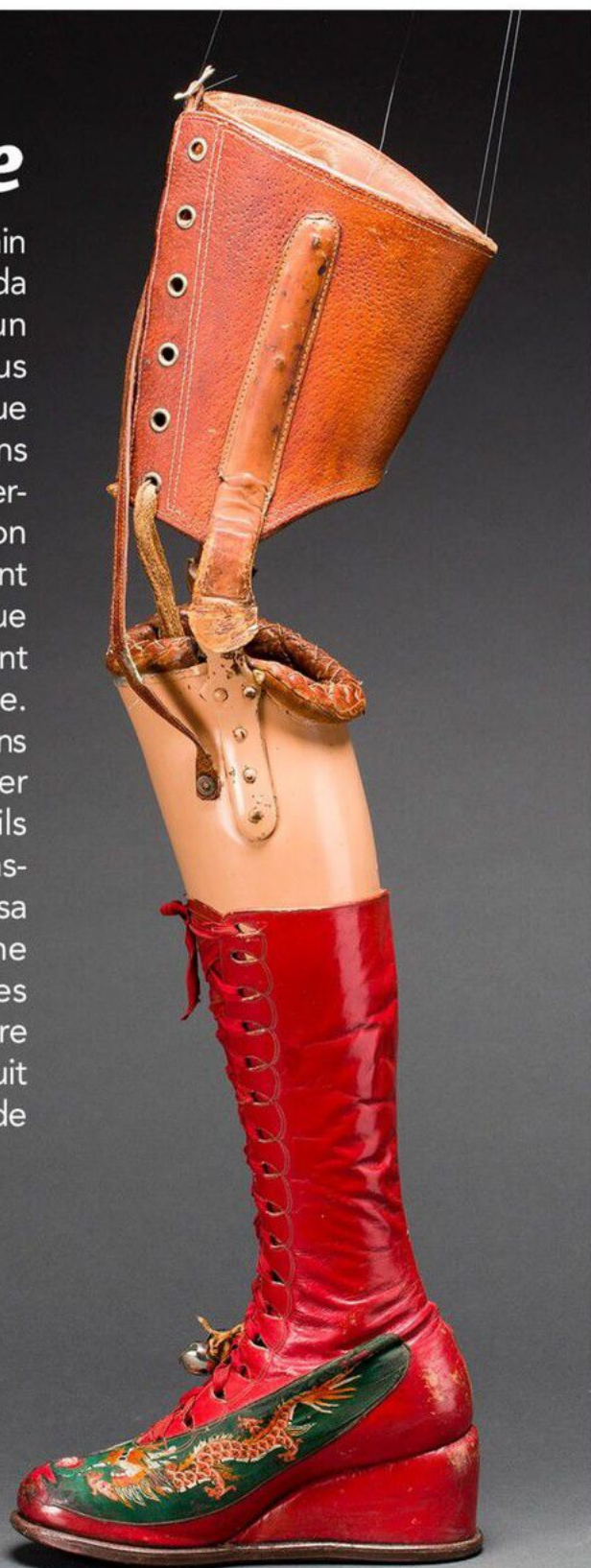
Chaque année, en février ou en mars, les quartiers noirs de La Nouvelle-Orléans résonnent des chants et des percussions qui animent le défilé du Mardi gras. Les Black Indians, groupes d'Africains-Américains organisés en « tribus », défilent en l'honneur des communautés amérindiennes qui ont côtoyé et aidé leurs ancêtres à fuir leurs maîtres durant la période de l'esclavage. Cette tradition remonte au XIX^e siècle. Victimes des lois raciales et exclus des festivités du carnaval, les Africains-Américains ont

organisé leurs propres célébrations, comme un acte de résistance. Leurs costumes flamboyants en plumes d'autruche sont inspirés des tenues cérémonielles amérindiennes et se présentent comme un marqueur de la ségrégation entre gens de couleur opprimés et oppresseurs du pouvoir blanc. Fabriqués à la main et ornés de centaines de milliers de perles, de sequins et de strass, ils peuvent peser jusqu'à 70 kilos et nécessiter une année de travail. En investissant ainsi la rue, les Black Indians affirment leur fierté et leur identité collective.

Frida, en toute bottée

Mexico, 1925. Sur le chemin de retour de l'école, Frida Kahlo est victime d'un grave accident quand son bus percute un tramway. Elle n'a que 18 ans et sera marquée à vie dans sa chair. Son abdomen a été perforé par une barre d'acier et son corps est polyfracturé, notamment sa jambe droite, celle-là même que la poliomyélite contractée pendant l'enfance avait laissée atrophiée. Elle subit des dizaines d'opérations et est parfois contrainte de porter des corsets et d'autres appareils médicaux, qu'elle décore et transforme en œuvres d'art. Durant sa convalescence, la jeune femme alitée commence à peindre des autoportraits. À travers la manière de se représenter, elle se construit une identité, façonnant l'image de son corps handicapé.

À VOIR Frida Kahlo, Au-delà des apparences, au Palais Galliera, musée de la Mode de la Ville de Paris, jusqu'au 5 mars.



MUSEO FRIDA KAHLO/@JAVIERHINOJOSA

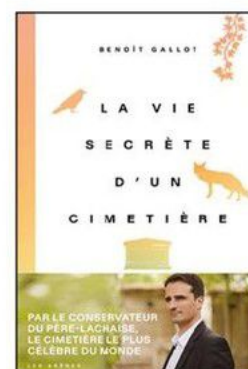


LA MÉCANIQUE DES FOULES

Turbulences, mouvements, remous... Au-delà d'une densité de six ou sept personnes par mètre carré, la foule se comporte comme un fluide. Des vagues de bousculades se propagent et les individus se retrouvent ballottés par des ondes de compression. Pour améliorer la sécurité lors des grands rassemblements, les «foulologues» étudient ces comportements. Des travaux ont ainsi montré qu'un poteau judicieusement placé devant une sortie pour scinder un flux de piétons permettait de réduire les bousculades.

À VOIR Foules, à la Cité des sciences et de l'industrie, à Paris, du 18 octobre au 6 août.

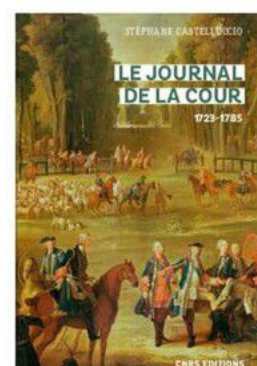
UN TERRAIN DE JEUX INSOLITE



En avril 2020, en plein confinement, alors que le Père-Lachaise enterre les morts de la Covid-19, Benoît Gallot, le conservateur du cimetière, croise un renardeau sur son chemin. Le soir, il retourne sur place avec son appareil photo et immortalise quatre renardeaux s'ébattant entre les tombes. « Cette apparition agit comme un miracle », raconte-t-il. Les clichés postés sur les réseaux sociaux deviennent viraux et l'un d'eux se retrouve même en une du *Parisien*.

À LIRE *La Vie secrète d'un cimetière*, de Benoît Gallot, éd. Les Arènes.

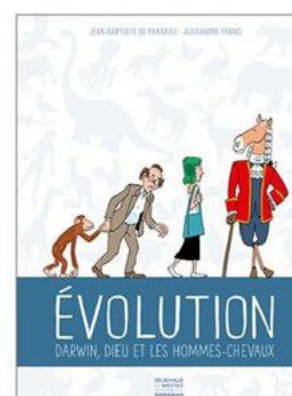
CHASSE GARDÉE



À partir du XVI^e siècle, les récits des fêtes, événements et autres grandes cérémonies à la cour du roi ont été consignés dans des registres manuscrits. Ceux-ci servaient d'aide-mémoire sur les questions d'étiquette. Ces écrits révèlent notamment que pour être admis dans l'entourage de Louis XV à l'occasion de la chasse, activité aristocratique par excellence, les hommes devaient apporter la preuve de 300 ans de noblesse!

À LIRE *Le Journal de la Cour 1723-1785*, de Stéphane Castelluccio, éd. CNRS.

L'ÉVOLUTION DESSINÉE



Quand Agathe et Victor, deux comédiens, décident de monter une pièce de théâtre sur Darwin et l'évolution à destination des lycéens, ils ne s'imaginent pas qu'ils vont s'attirer les foudres des Combattants de la Création, un groupe de parents d'élèves créationnistes... Lesquels soutiennent ne pas descendre du singe et appellent à signer une pétition pour faire interdire le spectacle. Une bande dessinée instructive et pleine d'humour.

À LIRE *Évolution. Darwin, Dieu et les hommes-chevaux*, de Jean-Baptiste de Panafieu et Alexandre Franc, éd. Delachaux et Niestlé - Dargaud.

ABONNEZ-VOUS À

et ses HORS-SÉRIES THÉMATIQUES
grâce au coupon d'abonnement page 96
ou sur prismashop.caminteresse.fr

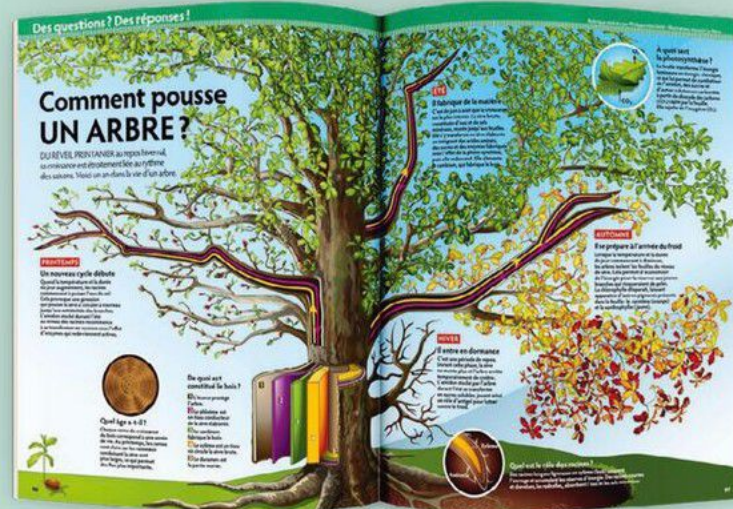
Avec **Ca**, apprenez sur tout, tous les jours !



Décryptez notre époque



Comprenez le monde qui nous entoure



Interrogez-vous sur des sujets étonnants



12 NUMÉROS/AN

Plus de
30%
de
réduction
en vous
abonnant
en ligne



8 HORS SÉRIE/AN

AVANTAGES

QUELS SONT LES AVANTAGES DE S'ABONNER EN LIGNE ?

En vous abonnant sur Prismashop.fr, vous bénéficiez de :



15%
de réduction
supplémentaires



Version numérique
+
Archives numériques
offertes



Paiement
immédiat et
sécurisé



Votre magazine
plus rapidement
chez vous



Arrêt à tout
moment avec l'offre
sans engagement !

La curiosité,

Ca

se cultive,

étonne,

se partage,

détend



Emportez votre magazine **partout !**

La version numérique est **offerte** en vous abonnant en ligne

BON D'ABONNEMENT RÉSERVÉ AUX LECTEURS DE



① Je choisis mon offre :

☐ OFFRE ANNUELLE
12 numéros + 8 hors-série par an
79€⁹⁰ par an⁽²⁾ au lieu de 112€⁹⁰/an^{*}
Mon abonnement annuel sera renouvelé à date anniversaire sauf résiliation de votre part.

28%
de réduction

☐ OFFRE SANS ENGAGEMENT
12 numéros + 8 hors-série par an
7,30€ par mois⁽¹⁾
au lieu de 9,35€/mois^{*}

21%
de réduction

② Je choisis mon mode de souscription :

▶ @ EN LIGNE SUR PRISMASHOP **-15% supplémentaires !**

① Je me rends sur **www.prismashop.fr**



② Je clique sur **Clé Prismashop**

- * en haut à droite de la page sur ordinateur
- * en bas du menu sur mobile

③ Je saisis ma clé Prismashop ci-dessous :

HCMD1M22

Voir l'offre

▶ ✉ PAR COURRIER

① Je coche l'offre choisie

② Je renseigne mes coordonnées** ☐ M^{me} ☐ M.

Nom** :

Prénom** :

Adresse** :

CP** :

Ville** :

③ À renvoyer sous enveloppe affranchie à :

Ca M'intéresse - Service Abonnement - 62066 ARRAS CEDEX 9

Pour l'offre sans engagement :

une facture vous sera envoyée pour payer votre abonnement.

Pour l'offre annuelle :

je joins mon chèque à l'ordre de Ca M'intéresse.

▶ ☎ PAR TÉLÉPHONE **0 826 963 964** Service 0,20 € / min + prix appel

*Par rapport au prix kiosque + frais de livraison. **Informations obligatoires, à défaut votre abonnement ne pourra être mis en place. (1) Offre sans engagement : je peux résilier cet abonnement à durée indéterminée à tout moment par appel ou par courrier au service clients (voir CGV du site prismashop.fr), les prélèvements seront aussitôt arrêtés. (2) Abonnement annuel automatiquement reconduit à date anniversaire. Le Client peut ne pas reconduire l'abonnement à chaque anniversaire. PRISMA MEDIA informera le Client par écrit dans un délai de 3 à 1 mois avant chaque échéance de la faculté de résilier son abonnement à la date indiquée, avec un préavis avant la date de renouvellement. A défaut, l'abonnement à durée déterminée sera renouvelé pour une durée identique. Le prix des abonnements est susceptible d'augmenter à date anniversaire. Vous en serez bien sûr informé préalablement par écrit et aurez la possibilité de résilier cet abonnement à tout moment. Délai de livraison du 1er numéro, 8 semaines environ après enregistrement du règlement dans la limite des stocks disponibles. Vos informations sont collectées par PRISMA MEDIA et traitées, en tant que responsable de traitement, aux fins de : gestion de la relation client ; gestion des impayés, précontentieux et contentieux ; communication marketing par email pour des produits et services similaires à ceux déjà souscrits ; communication marketing par voie postale par Prisma Media et ses partenaires ; amélioration des services et de l'expérience utilisateur. Sous réserve de votre consentement, vos données pourront être traitées à des fins de prospection commerciale et de publicité ciblée. Vous pouvez exercer vos droits d'accès, de rectification, d'opposition, de suppression, de limitation du traitement et à la portabilité de vos données en vous adressant à dpo@prismamedia.com. Nous vous invitons à consulter la Charte pour la protection des données sur <https://www.prismashop.fr>. Photos non contractuelles. Les archives numériques sont accessibles durant la totalité de votre abonnement.

HCMD1M22



DANS NOTRE
PROCHAIN NUMÉRO



Notre microbiote influence-t-il nos performances?

C'est une piste sérieuse explorée par les chercheurs. Ils ont déjà constaté que le microbiote des sportifs est plus diversifié. Par ailleurs, les bactéries intestinales dialoguent avec le tissu adipeux et les muscles, deux organes clés dans le sport. Elles interviennent notamment dans la disponibilité des nutriments et la régulation des mitochondries, centrales

énergétiques des cellules. Jouer sur la composition du microbiote, à l'aide de probiotiques (bactéries) ou de prébiotiques (fibres), pourrait donc booster les performances. Il existe encore peu d'études chez l'humain, mais en 2019 une expérience a démontré qu'après six semaines de supplémentation en probiotique, les participants réussissaient mieux un test d'effort.

ISTOCK/GETTY



**Questions
& Réponses**

N°41

CHEZ VOTRE MARCHAND
DE JOURNAUX
DÈS LE 12 JANVIER 2023

et aussi

- Pourquoi y a-t-il une épidémie d'enfants surdoués? ■ Peut-on prendre le contrôle de son inconscient?
- Les vrais jumeaux ont-ils les mêmes défauts? ■ D'où vient la conviction d'être un homme ou une femme?
- Les sosies se ressemblent-ils génétiquement? ■ La pilule modifie-t-elle nos perceptions?



**Questions
& Réponses**

RÉDACTION

13, rue Henri-Barbusse, 92230 Gennevilliers

Tél. : 01 73 05 45 45

E-mail : caminteresse@prismamedia.com

Pour joindre directement votre correspondant, composez le 01 73 05 + les 4 chiffres suivant son nom.

DIRECTRICE DE LA RÉDACTION Marion Alombert

RÉDACTEUR EN CHEF Stéphane Dellazzeri (4707)

RESPONSABLE ÉDITORIALE Marie Dormoy

CHEF DE RUBRIQUE Nathalie Picard

DIRECTRICE ARTISTIQUE Valérie Fossey

RÉDACTRICE GRAPHIQUE Murielle Géraud

CHEF DE SERVICE PHOTO Sylvie Lloret

RÉDACTRICE PHOTO Isabelle Souci

PREMIÈRE SECRÉTAIRE DE RÉDACTION Marianne Tillier

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Marie-Amélie Carpio, Taïna Cluzeau, Afsané Sabouhi

SECRÉTARIAT DE DIRECTION Katherine Montémont (5636)

FABRICATION James Barbet (5102), Stéphane Redon (5101)

PUBLICITÉ & DIFFUSION

13, rue Henri-Barbusse, 92230 Gennevilliers

Tél. : 01 73 05 + les 4 chiffres suivant le nom.

DIRECTEUR EXÉCUTIF PRISMA MEDIA SOLUTIONS

Philipp Schmidt (5188)

DIRECTRICE EXÉCUTIVE ADJOINTE Virginie Lubot (6448)

DIRECTEUR COMMERCIAL Arnaud Noal (4781)

DIRECTRICE DE LA PUBLICITÉ Véronique Pouzet (6468)

TRADING MANAGER Gwenola Le Creff (4890)

PLANNING MANAGER Laurence Biez (4733)

ASSISTANTE DE DIRECTION Françoise Mendy (6501)

DIRECTRICE DES ÉTUDES ÉDITORIALES

Isabelle Demailly Engelsen (5338)

DIRECTRICE DE LA FABRICATION ET DE LA VENTE

AU NUMÉRO Sylvaine Cortada (5465)

DIRECTEUR MARKETING CLIENT

Laurent Grolée (6025)

DIRECTEUR DES VENTES Bruno Recurt (5676)



DIRECTRICE DE LA PUBLICATION Claire Léost

DIRECTRICE EXÉCUTIVE PRISMA MEDIA Pascale Socquet

DIRECTRICE MARKETING ET BUSINESS

DÉVELOPPEMENT Dorothee Fluckiger

Imprimé en Pologne :

Quad/Graphics Europe,
Sp. z o.o. ul Pultuska 120,
07-200 Wyszki, Pologne.

Provenance du papier :
Finlande - Taux de fibres
recyclées: 0%

Eutrophisation :

Ptot 0,003Kg/To de papier

© 2022 PRISMA MEDIA

Dépôt légal : octobre 2022

ISSN : 2265-2426

Création : février 2013

CPPAP : 0723 K 91910



Magazine trimestriel édité par

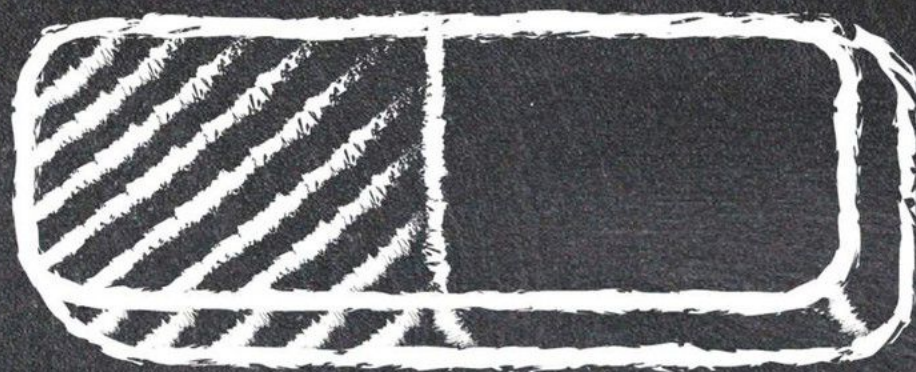
PM PRISMA MEDIA

13, rue Henri-Barbusse, 92230 Gennevilliers.

Tél. : 01 73 05 45 45.

Éditeur : Prisma Media, société par actions simplifiée au capital de 3 000 000 euros d'une durée de 99 ans ayant pour présidente Claire Léost. Son associé unique est Société d'Investissements et de Gestion 123 - SIG 123 SAS.

La rédaction n'est pas responsable de la perte ou de la détérioration des textes ou photos qui lui sont adressés pour appréciation. La reproduction, même partielle, de tout matériel publié dans le magazine est interdite.



CECI EST UNE ARME
QUI EFFACE

LA MENACE D'UN
MARIAGE PRÉCOCE

PARCE QUE TOUT COMMENCE PAR L'ÉDUCATION,
NOUS EN AVONS FAIT NOTRE ARME POUR LUTTER CONTRE
LES INÉGALITÉS ET AMÉLIORER LA VIE DE MILLIONS D'ENFANTS,
DE JEUNES ET D'ADULTES DANS LE MONDE DEPUIS 40 ANS.

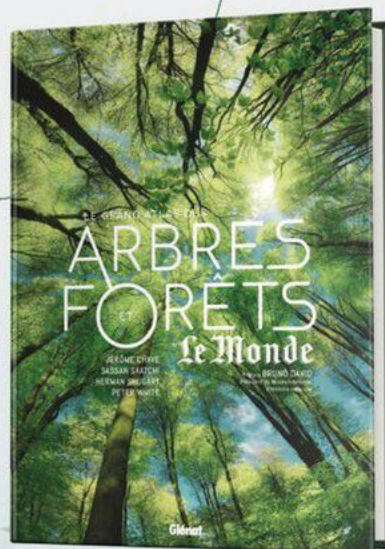


AIDE ET ACTION DEVIENT
ACTION EDUCATION
Soutenez-nous
sur www.action-education.org



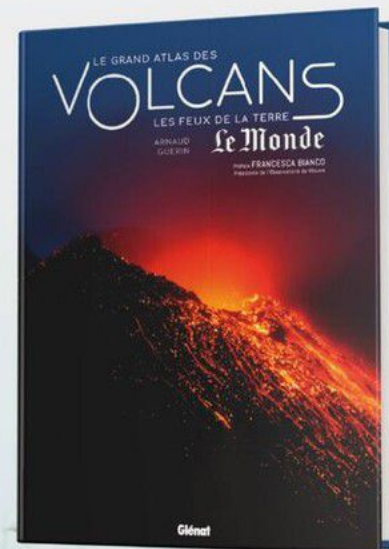
**ACTION
EDUCATION**

LES BEAUX LIVRES DE TOUS LES SAVOIRS



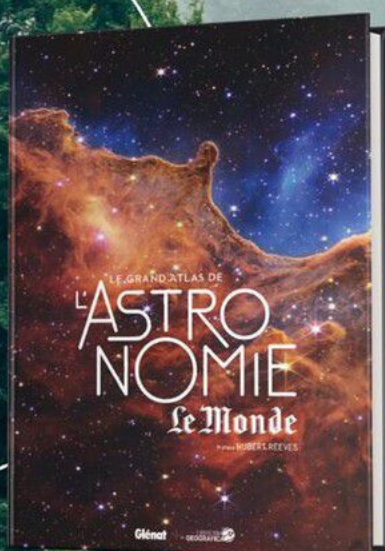
LE GRAND ATLAS DES ARBRES ET FORÊTS

Jérôme Chave, Sassan Saatchi,
Herman Shugart, Peter White
En librairie le 2 novembre

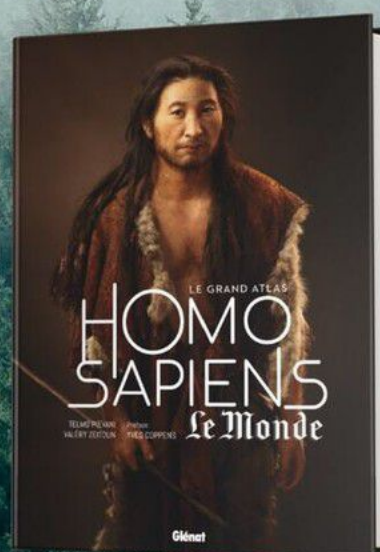


LE GRAND ATLAS DES VOLCANS

LES FEUX DE LA TERRE
Arnaud Guérin
En librairie le 2 novembre

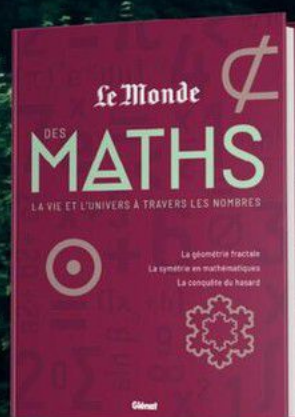


LE GRAND ATLAS
DE L'ASTRONOMIE
Préface de Hubert Reeves
En librairie le 12 octobre



LE GRAND ATLAS HOMO SAPIENS

Telmo Pievani
et Valéry Zeitoun
Préface de Yves Coppens
En librairie le 12 octobre



LE MONDE
DES MATHS 2
La vie et l'univers à
travers les nombres
En librairie



LE BIG BANG
DE L'ORIGINE
À L'AVENIR DE
L'UNIVERS
Préface de
Jean-Pierre Luminet
En librairie

Glénat
www.glenat.com

Collection Référence : 26 titres disponibles