



**ENVIRONNEMENT**  
Les anges gardiens des coraux



**REPORTAGE**  
Découvrez la grotte  
sous la mer de Glace



**ENQUÊTE**  
Pourquoi veut-on  
retourner sur la Lune ?

**SOCIÉTÉ**  
10 idées  
reçues sur  
les jeux  
vidéo



**ARCHÉO**  
Les plus beaux  
trésors de  
la préhistoire



**INSOLITE**  
Le blanc  
une histoire  
haute en couleur

# COMMENT ON RÉPARE LE CORPS HUMAIN

**LES DERNIÈRES AVANCÉES  
DE LA MÉDECINE**

- Les prouesses pour retrouver la vue
- Les incroyables progrès des greffes
- Quand remarcher devient réalité





# Vous avez déjà pensé à **faire du sport** avec votre assureur ?

Allianz s'engage pour la santé des français en incluant le **sport sur ordonnance\*** dans ses contrats Santé\*\*.

Nous savons que l'activité physique est un élément clé dans le traitement des affections de longue durée, c'est pourquoi nous vous proposons une prise en charge sur-mesure\*\*\*.

Pour en savoir plus, rendez-vous sur [www.allianz.fr](http://www.allianz.fr)

Crédit photo : Getty images / Thomas Barwick.



**Allianz**   
Partenaire Olympique  
et Paralympique  
Mondial d'Assurances



\* Si vous êtes atteint d'une ALD (Affection Longue Durée). La liste des ALD est celles prises en charge et établies par l'assurance maladie : ALD 30, ALD 31 et ALD 32. \*\* Sous réserve d'éligibilité du service sport sur ordonnance au contrat, rapprochez-vous de votre conseiller habituel. \*\*\* À la condition d'avoir une prescription de son médecin et souffrir d'une ALD visée à l'astérisque \*.

Allianz IARD - Entreprise régie par le Code des assurances - Société anonyme au capital de 991.967.200 euros - Siège social : 1 cours Michelet - CS 30051 - 92076 Paris La Défense Cedex - 542 110 291 R.C.S. Nanterre. [www.allianz.fr](http://www.allianz.fr)

Sport Initiative Et Loisir Bleu - Association à but non lucratif régie par le droit local d'Alsace - Moselle - Siège social : 42 rue de la Krutenau - 67000 Strasbourg - Siret 415 381 987 00056  
Document à caractère publicitaire



13, rue Henri-Barbusse - 92624 Gennevilliers Cedex  
Tél.: 01 73 05 45 45. Fax : 01 47 92 65 80 (Pour joindre votre correspondant, composez le 01 73 05 et les 4 chiffres après son nom).  
E-mail : caminteresse@prismamedia.com

**DIRECTRICE DE LA RÉDACTION** : Marion Alombert.

**RÉDACTEUR EN CHEF** : Stéphane Dellazzeri (4707).

**RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE** : Aude-Claire de Parcevaux (4828).

**DIRECTRICE ARTISTIQUE** : Nadja Faber (6329).

**SECRÉTARIAT** : Katherine Montémont (secrétaire de direction, 5636).

**CHEFS DE SERVICE** : Cyril Azouvi (grand reporter, 4803), Jean-Marie Bretagne (culture, histoire, 6168), Frédéric Karpyta (société, économie, responsable de l'appli, 6312), Philippe Marchetti (technologie, questions/réponses, 6311), Caroline Péneau (environnement, psychologie, 6319). Avec Frédérique Boursicot (4958).

**SECRÉTARIAT DE RÉDACTION** : Marine Couzy et Laurence Fesquet (premières secrétaires de rédaction).

**MAQUETTE** : David Renoux, Marie Dethire, Candice Meissonier.

**SERVICE PHOTO** : Sylvie Lloret (chef de service, 5145), Nathalie Pineau (chef de rubrique, 6334), Luce Léotard (6332).

**COMPTABILITÉ** : Franck Lemire (4536).

**FABRICATION** : James Barbet (5102), Stéphane Redon (5101).

## PUBLICITÉ & D IFFUSION

13, rue Henri-Barbusse 92624 Gennevilliers Cedex  
Tél.: 01 73 05 + les 4 chiffres figurant après son nom.

Notre publication adhère à  
**ARPP**  
autorité de  
régulation professionnelle  
de la publicité  
El s'engage à suivre ses  
Recommandations en faveur  
d'une publicité loyale et  
respectueuse du public.  
11 rue Saint-Florentin  
75008 Paris

**DIRECTEUR EXÉCUTIF PMS** :

Philipp Schmidt (5188).

**DIRECTRICE EXÉCUTIVE**

**ADJOINTE PMS** : Virginie Lubot (6448).

**DIRECTEUR EXÉCUTIF ADJOINT PMS**

**ADTECH** : David Folgueira (5055).

**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 DÉLÉGUÉE CREATIVE ROOM** : Viviane Rouvier (5110).

**DIRECTEUR DÉLÉGUÉ DATA ROOM** : Jérôme de Lempdes (4679).

**DIRECTEUR DÉLÉGUÉ INSIGHT ROOM** : Charles Jouvin (5328).

**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).

**DIRECTION DES VENTES** : Bruno Recurt (5676).

**DIRECTRICE DE LA PUBLICATION** : Claire Léost.

**DIRECTRICE EXÉCUTIVE PRISMA MÉDIA** : Pascale Socquet.

**DIRECTRICE MARKETING & BUSINESS DÉVELOPPEMENT**

**PÔLE PREMIUM** : Dorothée Fluckiger.

**DIRECTRICE DES ÉVÉNEMENTS ET LICENCES PÔLE PREMIUM** :

Julie Le Floch-Dordain.

## ABONNEMENT

**FRANCE Ça m'intéresse - Service abonnement** :

62066 Arras Cedex 9.

Tél service abonnement : 0 808 809 063 (service gratuit + prix appel)

Abonnements et anciens numéros : prismashop.caminteresse.fr

Tarifs pour 1 an/12 numéros : 46,80 €. Tarifs

étrangers et DOM/TOM : nous consulter.

**Imprimé en France** : Maury-Imprimeur

45330 Le Malesherbois

**Provenance du papier** : Allemagne.

**Taux de fibres recyclées** : 65 %.

**Eutrophisation** : Prot 0,004 kg/t de papier.

© PRISMA MEDIA 2021. Dépôt légal :

décembre 2022. ISSN : 0243 1335.

Création : mars 1981.

Commission paritaire n° 0423 K 82965.

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.

Magazine mensuel édité par **PM** PRISMA MEDIA

13, rue Henri-Barbusse, 92624 Gennevilliers Cedex.

Tél. 01 73 05 45 45.

Société par actions simplifiée au capital de 3000000 euros d'une durée

de 99 ans ayant pour présidente Claire Léost. Son associé unique est la

société d'investissements et de gestion 123 - SIG 123 SAS.



Pour vous abonner, tapez dans la barre url :

**camint.club**

# L'ÉDITO



**Stéphane Dellazzeri,**  
rédacteur en chef

## Messenger de l'espoir

**A**ssiste-t-on à une petite révolution dans le domaine de la santé? C'est ce que peut laisser croire l'enthousiasme suscité par l'ARN messenger. Le mois dernier, deux laboratoires américains (Moderna et Merck) ont noué un accord pour développer ensemble un vaccin contre le cancer de la peau. De son côté, BioNTech évoquait récemment la même possibilité, avec des résultats attendus d'ici à 2030.

**Au-delà des effets d'annonce, il y a l'ARN messenger.** Difficile d'être passé à côté de ce terme durant la pandémie, pendant laquelle cette technique a permis de mettre au point rapidement des vaccins efficaces contre le virus et ses variants. L'idée repose, pour faire simple, sur la copie d'une partie de notre génome, auquel on apprend à lutter contre un envahisseur. Ce mécanisme était à l'étude depuis plusieurs années, pour... lutter contre le cancer. Bien sûr, il y a du chemin à parcourir : les tumeurs ne fonctionnent pas comme des virus, il s'agit de combattre nos propres cellules, et chaque cancer est différent d'une personne à l'autre, sans compter les mutations. Un défi pour les chercheurs? Sûrement. Mais il semble à leur portée.

**L'ARN messenger montre aussi que, lorsque la recherche dispose de moyens, elle peut aller vite.** Il existe de nombreuses autres innovations, bien moins médiatiques. Ainsi, aujourd'hui, les médecins disposent de quatre traitements pour faire recouvrer (un peu) la vue à une personne malvoyante. Et qui pouvait penser, hier, qu'un paraplégique pourrait remarcher? Que les greffes et les prothèses amélioreraient (ou sauveraient) la vie de patients toujours plus nombreux? Autant de messages d'espoir que nous souhaitons aussi vous faire découvrir dans notre dossier de ce mois. Bonne lecture. ■



TESTEZ-NOUS !  
1 COMMANDE OFFERTE  
POUR 3 COMMANDES LIVRÉES\*\*

# SURPRISE DU CHEF, LA BÛCHE CHOCOLAT/ORANGE LIVRÉE CHEZ VOUS !

Place  
DU MARCHÉ

PLACEDUMARCHE.FR

LA SOLUTION PRATIQUE POUR VOUS FAIRE  
LIVRER VOS COURSES DE NOËL



PAR INTERNET  
OU TELEPHONE

3040

Service & appel  
gratuits



SURGELE,  
FRAIS, EPICERIE



LIVREURS  
ATTITRES



LIVRE MÊME  
A LA CAMPAGNE

\*Catégorie Vente à distance alimentaire - Étude BVA - VISÉO CI - Plus d'infos sur [escda.fr](http://escda.fr) \*\*Offre réservée à tout nouveau client inscrit sur [www.placedumarche.fr](http://www.placedumarche.fr) ou sur l'application mobile Place du Marché - Pour les 3 premières commandes achetées et livrées, la valeur moyenne des 3 premières commandes sera déduite du montant de votre 4<sup>e</sup> commande. Voir conditions et modalités, sur le site [placedumarche.fr](http://placedumarche.fr).

Pour votre santé, évitez de grignoter entre les repas. [www.mangerbouger.fr](http://www.mangerbouger.fr)



## LE SOMMAIRE

**78** Les anges gardiens des coraux

**58** Les chefs-d'œuvre de la préhistoire

**54** Douze antennes pointées vers le ciel

## 8 C'est l'actu

Toutes les infos sur la science, le monde animal, la santé... Et aussi l'actu en chiffres : comment se chauffe-t-on ?

## 26 Sous la mer de Glace... la grotte!

Au pied du mont Blanc, cette cavité, creusée par une même famille depuis 1946, se visite. Mais son avenir est compromis par les conséquences du réchauffement climatique.

## 30 EN COUVERTURE

### Tout ce qu'on peut réparer chez l'humain

Cœur artificiel, œil bionique, nez électronique, prothèses intelligentes... La recherche promet de restaurer ou de remplacer ce qui ne fonctionne plus. Des patients bénéficient déjà de ces prouesses incroyables.

## 46 Les champignons sortent du bois

Ces organismes battent tous les records – taille, poids, longévité –, et présentent une incroyable diversité. La preuve par l'image avec cette étonnante sélection d'espèces qui poussent sur des troncs d'arbres morts ou vivants.

## 50 La face cachée de Champollion

On le représente toujours en savant couvert d'honneurs. Mais on sait moins qu'il a étudié le chinois ou qu'il n'a découvert l'Égypte qu'à la fin de sa vie.

## 54 Douze antennes pointées vers le ciel

Dans le massif alpin du Dévoluy, près de Grenoble, l'observatoire de radioastronomie Noema est aujourd'hui le plus puissant radiotélescope de l'hémisphère nord.

## 58 Les chefs-d'œuvre de la préhistoire

Une exposition réunit, au musée de l'Homme, plus de 90 œuvres venues de la nuit des temps et de toutes les régions du monde. Voici quelques-uns de ces trésors.

## 64 Pourquoi veut-on retourner sur la Lune ?

Les États sont au coude-à-coude pour fonder une base lunaire. L'objectif ? Prendre la tête de la conquête spatiale et exploiter les richesses du sol de notre astre.

## 68 À quoi ressemblera un village lunaire ?

Métaux, minéraux, glace... Les agences spatiales envisagent d'utiliser les ressources présentes sur notre satellite pour y bâtir une base permanente et permettre à des astronautes d'y séjourner.

## 70 Des histoires cousues de fil blanc

Contrairement à une idée reçue, le blanc est une couleur à part entière. Elle est riche en symboles et en anecdotes.

## 76 Les jeux vidéo en 10 idées reçues

Tous âges confondus, trois Français sur quatre pratiquent ce loisir au moins de temps en temps. Cette activité suscite pourtant craintes et conflits au sein des familles.

## 78 Les anges gardiens des coraux

Un jeune Polynésien a créé une association dédiée à la défense des récifs coralliens. Cinq ans plus tard, les résultats sont là.

## 82 Les songes secrets d'un Suisse fou

Fasciné par le surnaturel et le fantastique, Füssli, un peintre suisse installé en Angleterre, était habité par le théâtre de William Shakespeare... et par une sexualité débridée.

## 84 Animaux : comment font-ils pour vivre si longtemps ?

Les scientifiques s'inspirent de la nature pour étudier les mystères du vieillissement.

## 88 Des questions ? Des réponses !

**90 Infographie :** Comment on s'approvisionne en gaz  
**92 Jeux et quiz**

Au sein du magazine figurent un encart Les Restaurants du cœur jeté sur tous les abonnés, un encart Post-It 2022 collé sur une sélection d'abonnés et, jetés sur une sélection d'abonnés : un encart Flyer Noël 2022, un encart Welcome PCWPS222, un encart Te1 Noël 2022, un encart Lettre extension HS parcours client 2022.

### Découvrez aussi...

... notre nouveau **Questions & Réponses «Objectif Terre ! 200 questions sur notre planète»**, disponible en kiosque.





# ÇA RESTE ENTRE NOUS



## Mauvaise carte

■ Dans le numéro d'octobre 2022, page 68, vous avez déplacé la ville de Strasbourg dans le Haut-Rhin. Je ne savais pas que le Bas-Rhin avait été annexé par le département du Haut-Rhin... mais merci pour votre information. Je croyais naïvement que Strasbourg se situait dans le Bas-Rhin, où je travaille par ailleurs !

Claude Heitz

Bien vu ! Toutes nos excuses pour cette relocalisation injustifiée et salutations aux habitants du Bas-Rhin... comme du Haut-Rhin.

## Science-fiction

■ Professeure-documentaliste de mon état, j'ai été ravie de trouver dans vos pages du mois d'août 2022 une infographie sur la lecture des Français pendant l'été. Le diagramme « Que lit-on ? » m'a cependant interpellée : policiers 47 %, fictions 27 %, romans d'amour 16 %. Une fiction, stricto sensu, est une histoire inventée par un auteur. Définition de larousse.fr : « Création de l'imagination ; ce qui est du domaine de l'imaginaire, de l'irréel. » Les polars et les romans d'amour sont donc aussi des fictions, tout comme les romans historiques ou ceux traitant de faits de société. Que se cachait-il derrière votre pourcentage fictions 27 % ? Peut-être avez-vous confondu avec le terme « science-fiction », genre littéraire comme les polars ou autres, et étant défini comme une invention de « mondes, de sociétés et d'êtres situés dans des espaces-temps fictifs (souvent futurs), impliquant des sciences, des technologies et des situations radicalement différentes » ? Si c'est le cas, rassurez-vous, vous ne seriez pas les premiers et, après tout, « Errare humanum est », comme disait le poète.

Laetitia

Dans le graphique dont vous parlez, dans notre « actu en chiffres », par « fictions » il fallait comprendre « autres fictions » (dont la science-fiction fait partie). La portion « autres » correspondait à d'autres genres littéraires (les documentaires, par exemple). Merci de nous avoir permis de préciser les choses.

## Espèce chassable

■ Lectrice assidue depuis de nombreuses années de *Ca m'intéresse*, j'ai été choquée par un terme utilisé dans votre article du numéro de septembre, page 72 : à propos des bécasses, vous parlez de « petit gibier ». Or le mot gibier désigne les animaux que l'on chasse. Et même si, malheureusement, la bécasse est chassable, il aurait été préférable d'employer le terme « espèce » qui désigne les animaux ou les végétaux quels qu'ils soient. Un animal est avant tout un être vivant qui est sur terre pour... vivre et non pour satisfaire le plaisir de certains.

Nicole Duvilla

Merci pour cet éclairage linguistique !

## Erratum

L'échiquier montré en photo dans le *Ca m'intéresse* n° 500 d'octobre 2022, pages 34-35, était mal positionné. Chaque joueur doit en effet avoir devant lui une case de couleur blanche en bas à droite... et non une case noire, comme le montrait l'image.





# hellio

## L'énergie la moins chère ? Chauffez-vous au bois !

Installez une chaudière à granulés et  
baissez vos factures jusqu'à 50 %.  
Le bois est le combustible le moins cher du  
marché.

Jusqu'à  
**15 000 €**  
d'aides



**Votre  
énergie  
a de l'impact  
hellio**



Démarrez votre projet  
sur le site [particulier.hellio.com](https://particulier.hellio.com)  
ou au 01 87 66 61 93

**Avis Vérifiés**<sup>TM</sup>  
by Net Reviews

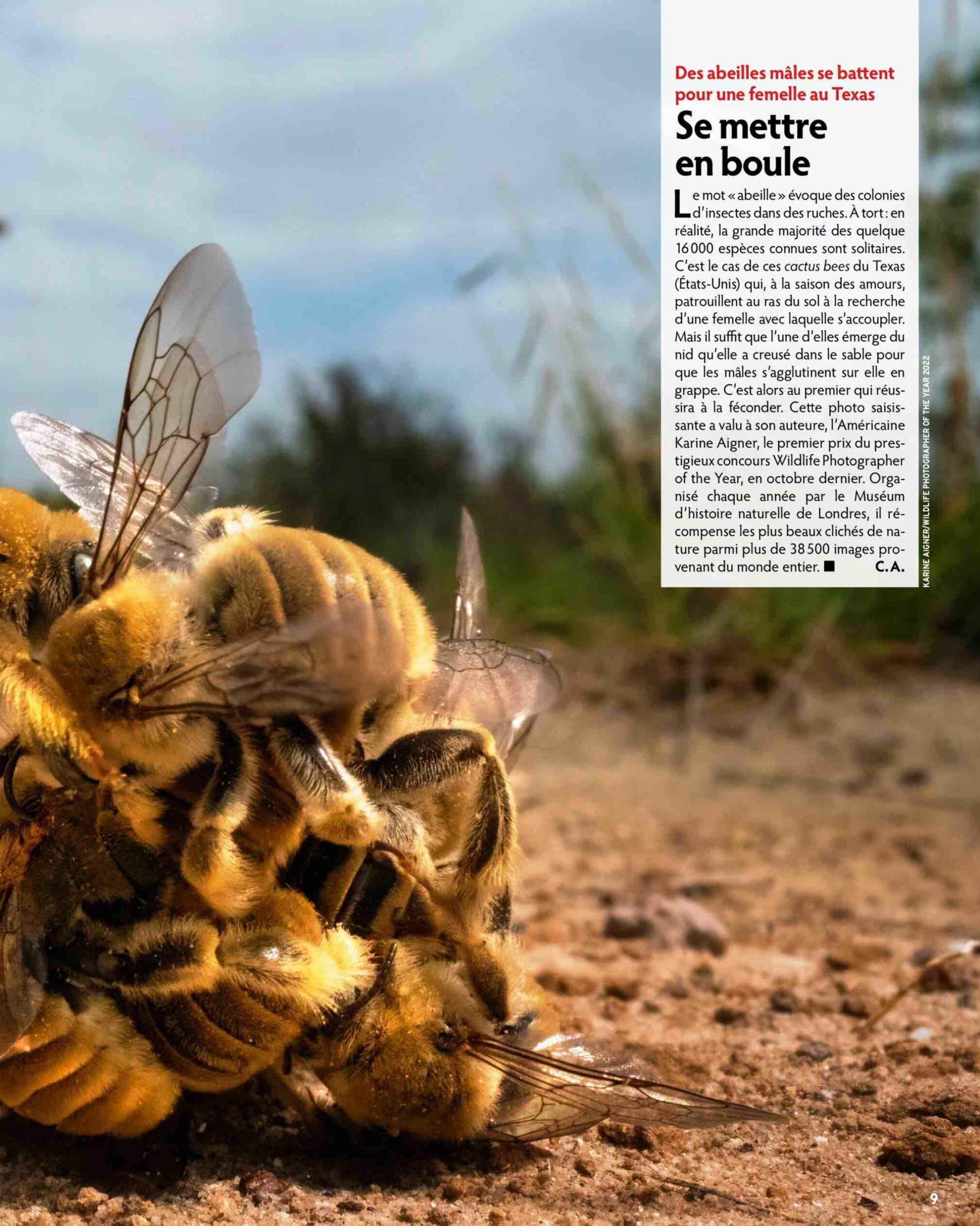
★★★★☆ 4,2/5

sur 4 490 avis









**Des abeilles mâles se battent  
pour une femelle au Texas**

## Se mettre en boule

**L**e mot «abeille» évoque des colonies d'insectes dans des ruches. À tort : en réalité, la grande majorité des quelque 16 000 espèces connues sont solitaires. C'est le cas de ces *cactus bees* du Texas (États-Unis) qui, à la saison des amours, patrouillent au ras du sol à la recherche d'une femelle avec laquelle s'accoupler. Mais il suffit que l'une d'elles émerge du nid qu'elle a creusé dans le sable pour que les mâles s'agglutinent sur elle en grappe. C'est alors au premier qui réussira à la féconder. Cette photo saisissante a valu à son auteure, l'Américaine Karine Aigner, le premier prix du prestigieux concours Wildlife Photographer of the Year, en octobre dernier. Organisé chaque année par le Muséum d'histoire naturelle de Londres, il récompense les plus beaux clichés de nature parmi plus de 38 500 images provenant du monde entier. ■ **C.A.**

KARINE AIGNER/WILDLIFE PHOTOGRAPHER OF THE YEAR 2022





**Un simulateur d'ouragan  
a ouvert au Danemark**

## Vent debout

Dans le Pas-de-Calais, en Floride ou au Bangladesh – pour ne citer que les plus récents –, les ouragans sont des catastrophes qui ruinent des vies. Au Danemark, c'est une attraction touristique: un simulateur d'ouragan vient d'ouvrir à Nordborg, dans le sud du pays. Pendant quelques minutes, les visiteurs peuvent y subir un flux d'air jusqu'à 160 kilomètres/heure qui correspond à un cyclone de catégorie 2 sur l'échelle de Saffir-Simpson, qui en compte cinq. L'attraction Beat the Storm ne présente bien sûr aucun danger, et les vidéos promotionnelles de l'entreprise qui l'a mise en place, Storm Adventures, montrent des touristes hilares sur fond de paysages battus par des vents cataclysmiques. Le but est de «sensibiliser à la puissance de la nature». En septembre, le Centre national des ouragans américain confirmait l'intensification de ceux-ci sur les vingt dernières années, liée au réchauffement climatique. ■ **C.A.**













Lancement spatial depuis  
Baïkonour, au Kazakhstan

## Tout feu, tout flamme

L'instant est décisif: les 700 tonnes du lanceur russe *Proton-M* s'arrachent de leur pas de tir et se ruent à l'assaut du ciel. C'était le 12 octobre dernier, à Baïkonour (Kazakhstan), le site de lancement utilisé par la Russie depuis 1957. La fusée, haute de 58 mètres, emportait un satellite de télécommunications angolais, Angosat-2, qui se trouve aujourd'hui en orbite géostationnaire, à 36 000 kilomètres de la Terre. Paradoxalement, la guerre d'agression menée en Ukraine par Moscou depuis février, qui lui a aliéné la quasi-totalité de la communauté internationale, n'a pas freiné ses collaborations dans le domaine spatial. En septembre, un astronaute américain décollait pour l'ISS à bord d'une fusée russe *Soyouz* et, début octobre, c'était au tour d'une cosmonaute russe d'être intégrée à un équipage de la Nasa pour rallier l'ISS. ■ C.A.





JULIEN DE ROSA/AFP (2)

## Une robe en mode spray

■ Le 30 septembre, au cours du défilé de la maison de haute couture Coperni, à la fin de la Fashion Week à Paris, la top model américaine Bella Hadid s'est avancée sur scène quasi nue et, pendant les dix minutes suivantes, a été peinte d'un liquide blanc au pulvérisateur. La matière s'est rapidement solidifiée, tout en restant suffisamment élastique pour permettre au mannequin de marcher : Bella Hadid s'est retrouvée vêtue d'une longue robe blanche parfaitement ajustée. Le secret ? Un composé liquide baptisé Fabrican par son inventeur, le designer espagnol Manel Torres, à base de fibres de coton intégrées à une solution polymère. Au contact de la peau, le liquide s'évapore, le tissu reste.

### TEXTO

L'une des plus grandes mines de lithium ouvrira en 2027 dans le Massif central. Ce métal est indispensable aux voitures électriques.

## Incroyable! mais vrai...

La Lune s'est probablement formée en seulement quelques heures ! Depuis le milieu des années 1970, les astronomes savent que notre satellite s'est constitué à partir des débris résultant d'une collision cataclysmique entre la Terre et une protoplanète nommée Théia, il y a 4,5 milliards d'années. Mais ils pensaient que le processus s'était étalé sur des milliers d'années. À l'aide d'un superordinateur, des scientifiques de l'université de Durham, en Angleterre, ont modélisé l'événement avec un niveau de complexité inédit. Leurs conclusions sont révolutionnaires.



WARDILL LAB, UNIVERSITY OF MINNESOTA

### ANIMAUX

## La pieuvre est la reine du bras de fer

Quand on la voit se déplacer, la pieuvre donne l'impression de bouger ses huit bras de manière aléatoire, sans intention ou schéma préétabli. Erreur, affirme une étude américaine : quand elle chasse, la pieuvre utilise

prioritairement toujours le même bras, le second à partir du milieu de son corps, du même côté que l'œil qui regarde la proie. Les bras voisins sont aussi éventuellement mis à contribution pour affermir la prise.



## AGRONOMIE

### Comme un cheveu sur la soupe

Ne regardez plus avec dégoût vos cheveux jonchant le sol après une séance chez le coiffeur : des scientifiques de la Nanyang Technological University de Singapour viennent de trouver un moyen de les utiliser pour faire pousser... de la salade. En extrayant la kératine, une protéine, contenue dans les cheveux

humains, puis en la mélangeant à des fibres de cellulose et à des nanoparticules de cuivre, ils ont pu créer un substrat spongieux jouant le rôle de réservoir d'eau et de nutriments. Sur ce support (photo à droite), ils ont réussi à faire pousser du chou chinois et de la roquette. L'avenir de l'agriculture ?

FERRARI/JLPPA



## HISTOIRE

### Le plus ancien traité d'astronomie

Au II<sup>e</sup> siècle, l'astronome grec Ptolémée mentionnait le catalogue d'étoiles établi par Hipparque quatre cents ans plus tôt. Mais de ce texte fondateur, nulle trace. Jusqu'au mois d'octobre dernier. Grâce à l'imagerie multispectrale, des chercheurs français et britanniques viennent d'en révéler des fragments, dissimulés sous les écritures d'un grimoire médiéval, le *Codex Climaci Rescriptus* (photo). Surprise : les coordonnées des étoiles d'Hipparque sont bien plus précises que celles de Ptolémée, pourtant postérieures de quatre siècles !

PETER MALIK

## C'est sérieux ?

### Quand la pilule est dure à avaler

Debout ? Couché ? Les pieds au mur ? En équilibre sur les mains ? Des chercheurs de l'université américaine John-Hopkins ont cherché à savoir quelle position maximisait l'effet des médicaments que l'on ingère. Il s'avère qu'il vaut mieux être allongé sur le côté droit pour que le médicament atteigne rapidement la jonction estomac-intestin grêle, où le principe actif est acheminé dans la circulation sanguine. Temps moyen de ce parcours dans cette position : dix minutes, contre vingt-trois minutes debout, trente minutes sur le dos et cent minutes sur le côté gauche.



ALEXANDRE ROANE

# -69%

C'est l'effondrement des populations de vertébrés (poissons, reptiles, oiseaux, mammifères, amphibiens) en moins de cinquante ans, entre 1970 et 2018. (WWF)



## ÉVOLUTION

### Le vert et le noir

D'habitude, *Hyla orientalis* est verte. Cette petite grenouille arboricole se rencontre à l'est de l'Europe et jusqu'en Russie. Mais en Ukraine, dans la zone d'exclusion autour de la centrale de Tchernobyl, elle est devenue noire, ont constaté des chercheurs

espagnols. Une réaction de défense contre les rayons ionisants qui ont balayé la zone depuis la catastrophe nucléaire de 1986 : la mélanine, abondante sur la peau de la grenouille, est connue pour avoir un effet protecteur contre les radiations ionisantes.



1 LiciaCube

2 Dart

Dimorphos

3

Didymos

4

## ESPACE

# En plein dans le mille

**S**aurions-nous nous défendre contre un astéroïde dont la trajectoire menacerait la Terre? C'est pour répondre à cette question qu'en novembre 2021, la Nasa lançait la sonde Dart à la rencontre de l'astéroïde Dimorphos dans le but de la faire s'écraser à sa surface et de dévier sa trajectoire. Orbitant autour d'un corps plus gros, Didymos, Dimorphos ne présente aucun danger pour

notre planète. La manœuvre n'avait donc valeur que de test. Le 26 septembre dernier, Dart entrait en collision avec l'astéroïde à 22 000 km/h (*Ça m'intéresse* n°501). Et le 11 octobre, les scientifiques ont crié victoire: leurs télescopes confirmaient que Dimorphos avait été rapproché de Didymos et que sa période de révolution avait été réduite de 32 minutes.

1 Le minisatellite italien LiciaCube a pris des photos de l'impact.

2 À 11 millions de km de la Terre, la sonde Dart a percuté Dimorphos.

3 La révolution de Dimorphos (160 m de diamètre) a été raccourcie de 32 minutes après l'impact.

4 L'astéroïde Didymos (780 m de diamètre), autour duquel gravite Dimorphos.

NASA/JOHNS HOPKINS APL

## PATRIMOINE

### Le revers de la médaille

Pour les Jeux olympiques de Paris en 2024, la Monnaie de Paris a débuté en 2021



l'édition d'une série de pièces de collection représentant chacune une figure numismatique effectuant un sport antique avec, en fond, un monument de la capitale. Certaines sont hexagonales et évoquent

la silhouette du pays. Après une Marianne sprinteuse devant la tour Eiffel, c'est au tour d'un Génie ailé qui lance le disque sur fond d'Arc de Triomphe. D'une valeur faciale de 250 euros, ces pièces en or coûtent 280 euros.

## Contrairement

à ce qu'on pensait

... parler pour ne rien dire peut être utile: d'après une étude de l'université britannique de Warwick parue dans la revue *PLOS ONE*, quatre minutes de banalités sont susceptibles de révéler des traits de la personnalité des interlocuteurs et d'influencer leurs interactions futures. Les scientifiques ont fait se rencontrer 338 volontaires, et ont réalisé qu'en bavardant seulement à propos de la pluie et du beau temps, les participants étaient capables de deviner si leur vis-à-vis était extraverti ou introverti, enjoué ou abattu, coopératif ou non.



GETTY IMAGES

## ANIMAUX

### Mais où sont les crabes des neiges d'antan?

Ce n'est pas un déclin, c'est un effondrement! En 2018, la population de crabes des neiges s'élevait à huit milliards d'individus en mer de Béring, entre la Russie et l'Alaska. Quatre ans plus tard, dans la même zone, l'espèce en serait réduite à un petit milliard d'animaux, d'après un décompte du département de la Chasse et de la Pêche d'Alaska. Où sont passés les autres? Les scientifiques affirment que la surpêche ne peut pas être la seule responsable et pointent du doigt le changement climatique. Le crabe des neiges s'épanouit dans des eaux glaciales dont la température ne dépasse pas les 2°C. Or, le réchauffement général des océans – et particulièrement dans l'Arctique, qui se réchauffe quatre fois plus vite que le reste du globe – pourrait rendre la zone inhabitable pour le crustacé.

## TECHNO

### Un robot au Parlement

**J**our historique à la Chambre des lords, à Londres: le 11 octobre, c'est un robot humanoïde qui y était entendu, dans le cadre d'une session parlementaire visant à savoir si l'intelligence artificielle menace la créativité artistique. Le robot en question, Ai-Da (à droite sur la photo), a été créé par le spécialiste en art contemporain Aidan Meller (à gauche), et est célèbre pour avoir peint des toiles et écrit des poèmes.

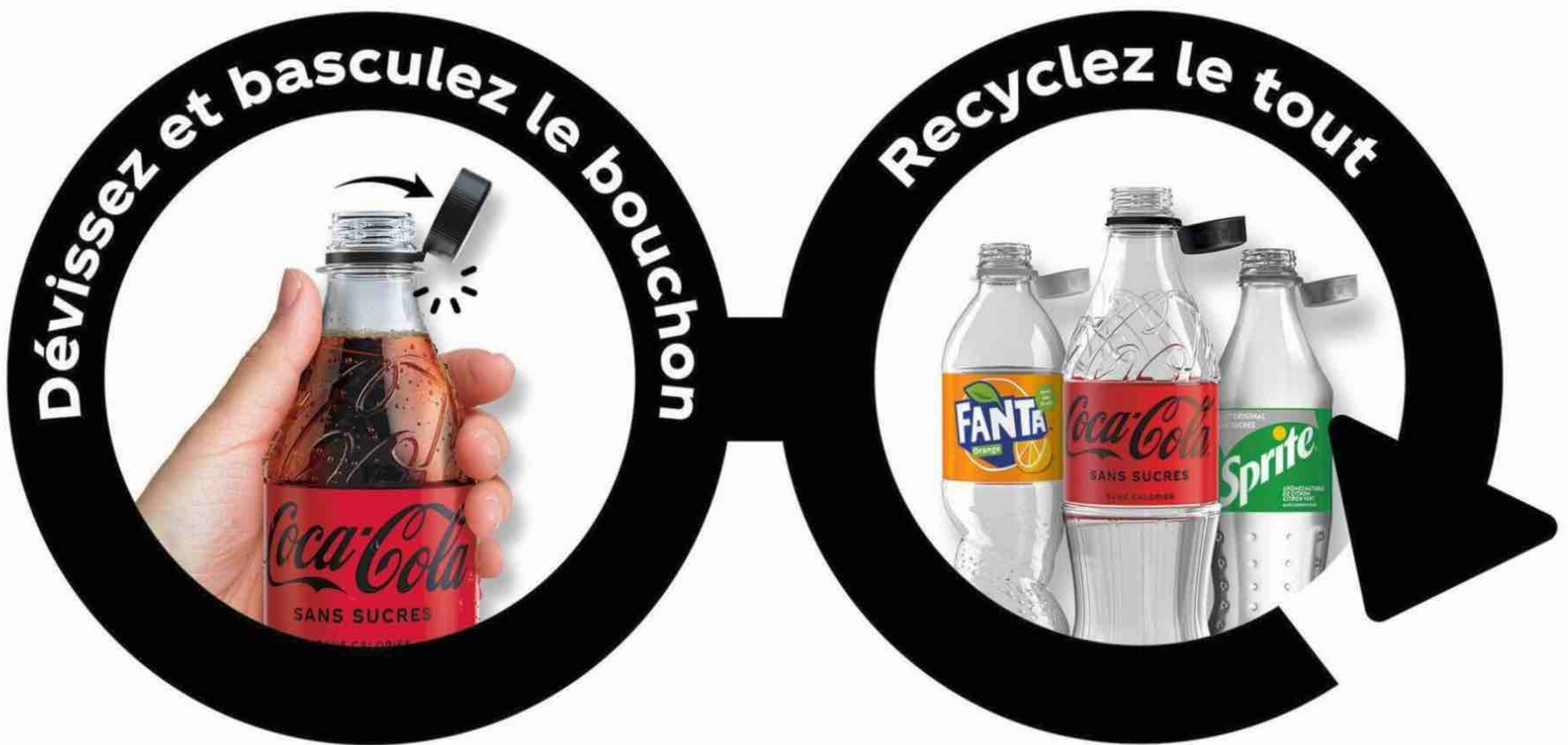


FERRARI/JLPPA



# Ensemble collectons mieux

**Bouchons attachés**  
**Collecte facilitée**  
**pour le recyclage**



**SCANNEZ  
POUR PLUS  
D'INFORMATIONS**

**Coca-Cola** EN FRANCE

POUR VOTRE SANTÉ, PRATIQUEZ UNE ACTIVITÉ PHYSIQUE RÉGULIÈRE.  
[www.mangerbouger.fr](http://www.mangerbouger.fr)





RAFAEL ALEIXO/SETEC/AFP

## BOTANIQUE

## On a trouvé le plus grand arbre d'Amazonie

Les chercheurs brésiliens connaissaient l'existence de *Dinizia excelsa* depuis 2019 grâce à des images satellite. Ils savaient qu'avec ses 88,5 mètres cet arbre était le plus haut de l'Amazonie. Ils étaient informés de son emplacement : dans le bassin de la rivière Iratapuru, dans le nord du Brésil. Mais ce n'est que mi-septembre qu'ils ont été capables d'atteindre le géant, après plusieurs essais infruc-

tuueux. En 2019, une première équipe avait dû rebrousser chemin, ses membres affamés, épuisés ou malades. Cette fois-ci, l'expédition a duré quinze jours, avec 250 kilomètres en bateau et une marche de vingt kilomètres dans la jungle. L'un des 19 membres de la mission a même été mordu par une araignée venimeuse. Des analyses établiront l'âge de l'arbre et la quantité de carbone qu'il stocke.



ISTOCK

## HISTOIRE

## Les Mayas ont fait monter le mercure

En utilisant couramment du mercure pour la décoration, l'artisanat et les rituels funéraires, les Mayas de la période classique tardive (de 600 à 900 de notre ère) ont lourdement contaminé leurs sols. Dans sept sites mayas sur dix, des archéologues nord-américains ont relevé des niveaux de mercure bien supérieurs aux normes actuelles de toxicité environnementale. À Tikal notamment (photo), les concentrations dans les sédiments sont 17,16 supérieures au seuil de toxicité autorisé.



## On garde les crabes

■ La chitine contenue dans leur carapace pourrait servir à fabriquer des batteries électriques plus résistantes et respectueuses de l'environnement. Une équipe américaine a découvert qu'associée à du zinc, cette molécule confère à une batterie une efficacité quasi inchangée (99,7%) après mille cycles de recharge, soit environ 400 heures d'utilisation.



## On se méfie des torchères

■ Des scientifiques de l'université du Michigan (États-Unis) remettent en question l'affirmation selon laquelle les torchères brûleraient 98% du méthane issu des puits de pétrole et de gaz naturel. Ce taux se situerait à 91,1%, soit, pour les États-Unis, cinq fois plus que les données officielles. Ce gaz à effet de serre est 25 fois plus puissant que le CO<sub>2</sub>.

## 20 millions d'euros

C'est l'amende record à laquelle a été condamné l'exécutif français par le Conseil d'État, le 17 octobre, pour non-respect des normes en matière de pollution de l'air.

Cette somme sera versée à des établissements publics et des associations.



ISTOCK

## Plastique recyclé : un conte de fées

■ Non, le recyclage du plastique n'est pas une solution viable, martèle Greenpeace USA, qui révèle que sur 51 millions de tonnes de déchets plastique produits en 2021 aux États-Unis, seuls 2,4 millions ont été recyclés. En cause : le coût du recyclage, sa nocivité environnementale, et le nombre infime de plastiques recyclables (le PET et le PEHD).



# Il y a mieux que faire surveiller votre maison par la voisine

orange™



**Maison Protégée**  
Alarme et Télésurveillance

**19**

€99  
/mois<sup>(1)</sup>

pendant 12 mois,  
puis 29,99€/mois pour un appartement.  
Engagement 12 mois.

- Matériel inclus, sans frais d'installation<sup>(2)</sup>
- Centre de télésurveillance 24/24
- Application mobile pour piloter à distance votre alarme<sup>(3)</sup>

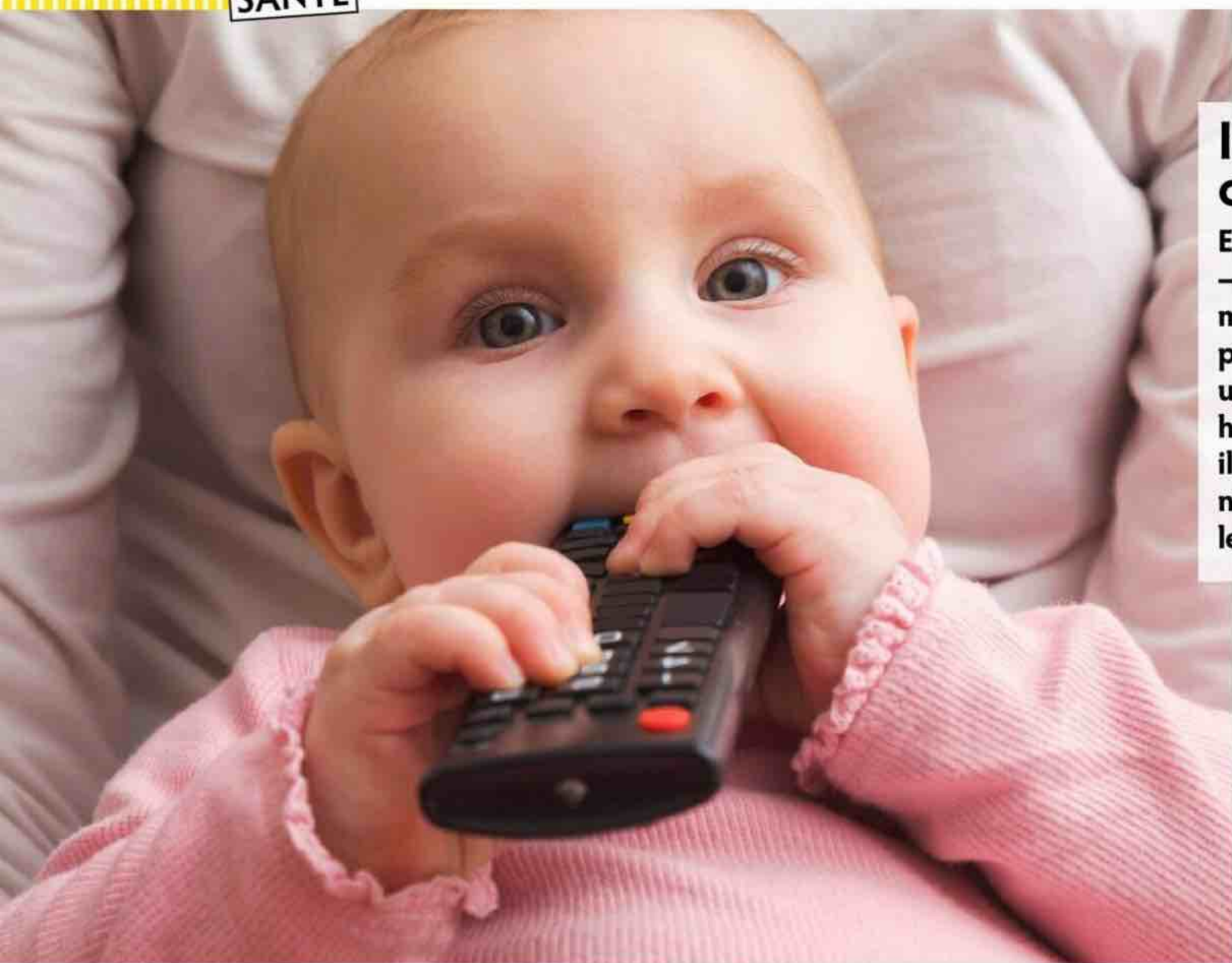
0 800 00 86 36

Service & appel  
gratuits

**Offre soumise à conditions réservée aux particuliers pour les logements en France métropolitaine et dont la valeur des biens mobiliers ne dépasse pas 100000€. Frais de résiliation de 50€. Conditions sur [telesurveillance.orange.fr](https://telesurveillance.orange.fr)**

**(1)** Tarif pour une maison : 29,99€/mois pendant 12 mois puis 39,99€/mois. Promotion valable pour toute première souscription (même titulaire et même adresse) entre le 06/10/22 et le 01/02/2023. En cas de résiliation avant la fin de la période d'engagement, les mensualités restantes sont dues (hors motif légitime). Le montant restant dû exclut les remises éventuelles. **(2)** Le technicien détermine l'emplacement des détecteurs suite au diagnostic personnalisé du logement, afin de sécuriser les axes stratégiques et les zones de valeur. Des équipements supplémentaires en option payante peuvent être nécessaires en fonction de la configuration et de la surface du logement. **(3)** Sur réseaux et mobiles compatibles. Compatibilité iOS 13.0 et +, Android 9.0 et +. Téléchargement gratuit, coût d'usage selon offre. Maison Protégée est une offre de télésurveillance proposée par Orange Télésurveillance (SASU au capital de 33 610 000€ - Siège social : 1 avenue du Président Nelson Mandela 94110 Arcueil - RCS Créteil 824 353 973), titulaire de l'autorisation d'exercer AUT-094-2117-05-16-20180654177 délivrée par le CNAPS. L'autorisation d'exercice ne confère aucune prérogative de puissance publique à l'entreprise ou aux personnes qui en bénéficient.



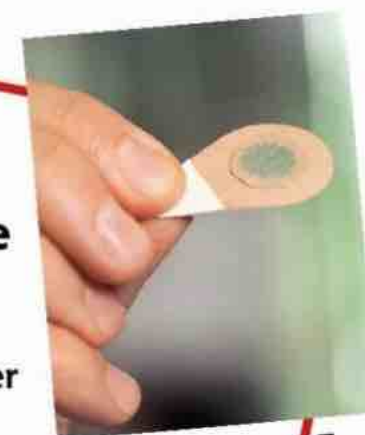


## Ingestion de pile bouton : chaque minute compte !

En vingt ans, les accidents causés par des piles boutons – que l'on trouve dans les télécommandes, les livres musicaux ou les thermomètres – ont été multipliés par quatre. Coincée dans l'œsophage étroit d'un petit, une pile ronde peut provoquer des perforations et des hémorragies. En cas d'ingestion, même supposée, il faut agir vite ! Appeler le 15, ne pas faire vomir l'enfant, ne rien lui donner à boire ni à manger et déterminer le modèle de la pile afin de renseigner l'équipe médicale.

## Tatouage médical indolore

Conçus spécifiquement pour un usage médical, ces patchs permettent de réaliser sans douleur des tatouages, permanents ou temporaires, pour masquer des cicatrices ou donner des informations vitales (par exemple une allergie à la pénicilline).



## RECHERCHE

### Un sang rare identifié

Il existe plus de 40 systèmes pour répertorier les groupes sanguins, les plus courants étant ABO et les rhésus. Ils permettent de classer les individus selon les antigènes présents sur leurs globules rouges et d'éviter les incompatibilités lors d'une transfusion. D'autres systèmes prennent en compte des antigènes plus rares. Des scientifiques ont ainsi identifié un antigène d'un nouveau type et défini un système nommé « Er ». Celui-ci devrait permettre de mieux repérer et soigner les patients concernés.



## En 3 questions

### En finir avec les idées reçues sur l'épilepsie

Vice-présidente d'Épilepsie-France, Hélène Gaudin nous éclaire sur ce trouble neurologique.

#### ► L'épilepsie entraîne-t-elle toujours des convulsions ?

Non, certaines formes de la maladie sont moins spectaculaires, ce qui rend le diagnostic parfois difficile. Certains malaises vagues, des troubles de l'attention relèvent ainsi de l'épilepsie. Les premiers à remarquer ces signes sont souvent les enseignants, qui observent, par exemple, des « trous » dans la dictée d'un enfant. Un électroencéphalogramme lèvera le doute.

#### ► Un individu qui convulse peut-il avaler sa langue ?

Non, impossible ! Et lui insérer quelque chose dans la bouche risque plutôt de lui

casser les dents. De même, il ne faut pas tenter de le contenir, mais plutôt glisser un vêtement sous sa tête et attendre que la crise soit bien entamée pour le mettre en position latérale de sécurité.

#### ► Peut-on être épileptique et mener une vie normale ?

Oui ! En cinquante ans, le nombre de médicaments est passé de deux à plus d'une vingtaine, adaptés aux différentes formes. Contrairement aux idées reçues, les malades peuvent faire du sport et même se baigner, tant qu'ils sont accompagnés. Mais il leur est déconseillé de prendre des bains, surtout porte fermée.

## Des traitements à diffusion longue

Des chercheurs ont mis au point des microsphères, dégradables dans le corps, capables de délivrer sur plusieurs jours un principe actif tel qu'un antibiotique. Cette technique va limiter le nombre de prescriptions et faciliter les interventions en ambulatoire.

## Méditer améliore la santé mentale

Une étude de l'Inserm sur la dégénérescence cérébrale a constaté qu'après dix-huit mois d'entraînement à la méditation les plus de 65 ans étaient moins déprimés et moins stressés que les groupes de contrôle.

## TEXTO

10 000 décès par an pourraient être évités en France d'ici à 2050 grâce à l'essor des transports actifs (vélo, marche). (*International Journal of Public Health*)



# DÉCOUVREZ NOS BOUILLOTTES



©Disney ©Disney/Pixar. D'après l'œuvre originale «Winnie l'Ourson» de A. A. Milne et E. H. Shepard.

Choisissez la bouillotte qui réchauffera votre hiver !



Convient dès  
la naissance



Avec noyaux  
de cerise



Bouillottes  
micro-ondables

**BIO**SYNEX

WWW.BIOSYNEX.COM

DISPONIBLES EN PHARMACIE ET PARAPHARMACIE



## MAROC

## La céramique qui fait polémique

Avec leurs jolis motifs géométriques colorés, ces maillots auraient pu être très seyants sur le torse des footballeurs de l'équipe algérienne. Mais voilà, leur dessin est inspiré d'une mosaïque traditionnelle appelée *zellige*, née au Maroc au X<sup>e</sup> siècle. Un choix esthétique qui ne passe pas chez le voisin marocain. Le gouvernement de Rabat a même mis en demeure la société Adidas de retirer sa collection destinée à la sélection nationale d'Algérie, estimant qu'elle constituait «une tentative manifeste d'appropriation

culturelle». Le journal électronique *Hespress*, qui relate l'affaire, parle d'un «geste provocateur et ignorant de l'Histoire». Les Fennecs auront-ils un tee-shirt à se mettre pour l'hiver?

► [hespress.com](https://hespress.com)



## BRÉSIL

## Du bleu plein les eaux

Mais quelle idée a eu ce couple de Brésiliens ! Pour dévoiler le sexe de leur bébé lors d'une *gender reveal party*, une fête importée des États-Unis, ils n'ont pas trouvé mieux que de déverser

du colorant bleu dans une cascade du Mato Grosso. Sans penser qu'ils risquaient ainsi de polluer le cours d'eau qui alimente la ville située en aval, Tangara da Serra, 107 000 habitants. Après enquête, aucun changement anormal de couleur ou d'odeur n'a été détecté dans la rivière, ni de mortalité chez les poissons, note le *Diario da Serra Noticias*. Les (ir)responsables de la «fête» ont toutefois écopé d'une amende de 2 000 euros.

► [diariodaserra.com.br](https://diariodaserra.com.br)



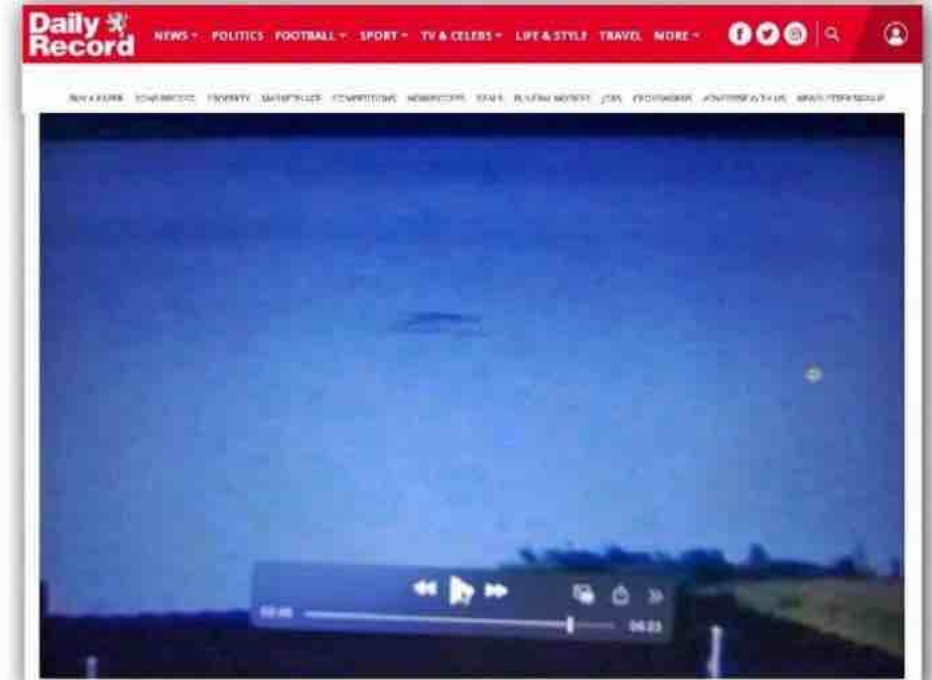
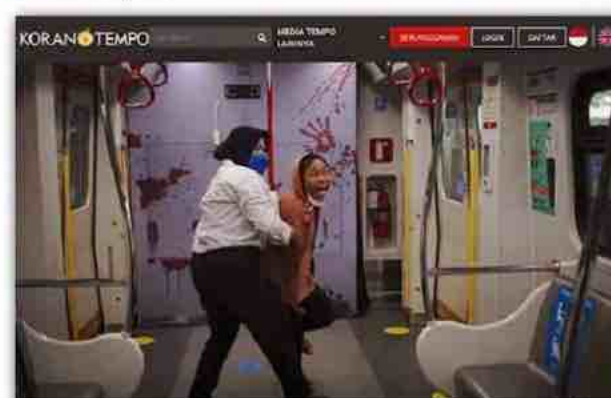
## INDONÉSIE

## Zombies dans le métro

C'est une scène d'épouvante que décrit *Kompas*: dans le métro de Jakarta, des passagers poussant des cris d'hystérie, pourchassés par des morts-vivants boitillant et couverts de sang, encadrés par des militaires en armes. Mais pas de panique ! L'événement est en fait une mise en scène, avec des acteurs jouant les zombies. Baptisé «Train pour l'Apocalypse», il était organisé par l'exploitant d'une ligne de métro pour promouvoir ce mode de transport auprès des jeunes urbains, «qui préfèrent la moto au métro», précise le journal.

Et dans un pays où le surnaturel a la cote, l'attraction ne pouvait qu'attirer les foules: 10 000 entrées en une semaine. Après cette belle frayeur, chacun est reparti «satisfait et heureux». Ouf.

► [kompas.id](https://kompas.id)



## ROYAUME-UNI

## Un monstre sous (trop) haute surveillance

Le loch Ness aurait-il perdu de son mystère ? Alors que, depuis le confinement, les rives du lac écossais sont truffées de webcams permettant de pister à distance le célèbre monstre, une pétition a été lancée pour demander que les photos ainsi récoltées soient retirées du «registre officiel» en ligne recensant les prétendues apparitions de la créature. Motif: ces images «portent préjudice au mythe de Nessie», relate le tabloïd de Glasgow *The Daily Record*. De plus, leur qualité est si pauvre qu'il est difficile d'y distinguer quoi que ce soit: récemment, certains y ont confondu des traces de la bête avec celles d'un... paddle ! Devant le tollé, les autorités en charge des caméras ont donc accepté de ne publier que les seules vues montrant des «traits faciaux nets». De quoi laisser les web-chasseurs de monstre longtemps bredouilles.

► [dailyrecord.co.uk](https://dailyrecord.co.uk)

## SUISSE

## La douche à plusieurs, c'est meilleur

En cette période de crise énergétique, il n'y a pas de petites économies. En Suisse, pour affronter un hiver incertain, le Conseil fédéral a émis une série de préconisations, dont l'une a beaucoup fait rire dans les chalets: il est demandé de «se doucher à plusieurs» afin de réduire les dépenses en énergie des foyers. Citée par le quotidien *Blick*, la ministre en charge du dossier a confirmé que la proposition était très «sérieuse». «Faire des économies tout en prenant soin de ses proches ? Cela va rendre les gens heureux !», ironise le journal.

► [blick.ch](https://blick.ch)



# Tout savoir de la sécurité sur TikTok

Sur TikTok, chacun peut s'exprimer, mais pas n'importe comment ! Et surtout pas aux dépens de vos ados. Le point sur les mesures qui permettent de leur offrir l'expérience la plus sûre et adaptée.

Nous avons très tôt fait de la protection de vos adolescents une priorité en nous engageant notamment contre le cyberharcèlement. Aux côtés d'experts de la sécurité en ligne, nous nous attachons à proposer un espace sûr et bienveillant, où chacun se sent en confiance pour exprimer pleinement sa créativité. En ce sens, nous avons élaboré des règles qui s'appliquent à tous, et qui détaillent très clairement les comportements autorisés ou non sur TikTok.

Par anticipation, nous avons aussi développé des mesures complémentaires pour protéger vos adolescents :

**Pour commencer, saviez-vous qu'il faut avoir plus de 13 ans pour ouvrir un compte TikTok ?**

Quand nos équipes détectent un utilisateur plus jeune, elles suppriment le compte, tout simplement.

**Les comptes des utilisateurs de moins de 16 ans sont paramétrés en mode « privé ».**

Cela signifie que seuls les utilisateurs qu'ils ont autorisés peuvent avoir accès à leurs vidéos et les commenter.

Personne ne peut télécharger leurs vidéos. De plus, l'accès à la messagerie directe est désactivé, comme certaines fonctionnalités de créations à plusieurs.

**Même après l'âge de 16 ans,** chacun a la possibilité à tout moment de contrôler ce qu'il partage et avec qui.

En parallèle, nous avons conçu le mode **Connexion Famille** pour permettre aux parents de se familiariser

avec l'application et de déterminer, avec leurs adolescents, le champ de leur expérience TikTok (temps d'écran, confidentialité des contenus).

**Sur TikTok, chaque utilisateur s'engage à respecter nos règles communautaires.**

L'objectif : le maintien d'un environnement sûr et positif.



**Besoin d'aide ?**

**Contactez le 3018**, c'est le numéro national gratuit, anonyme et confidentiel pour les témoins ou victimes de cyberharcèlement. Parlez-en autour de vous.

**#SaferTogether**

**Sécurité numérique, tous concernés**



Vous souhaitez vous familiariser avec notre appli ? Accompagner votre adolescent et lui parler de ses usages numériques ? **Scannez ce QR code** pour découvrir notre Guide à l'usage des parents.

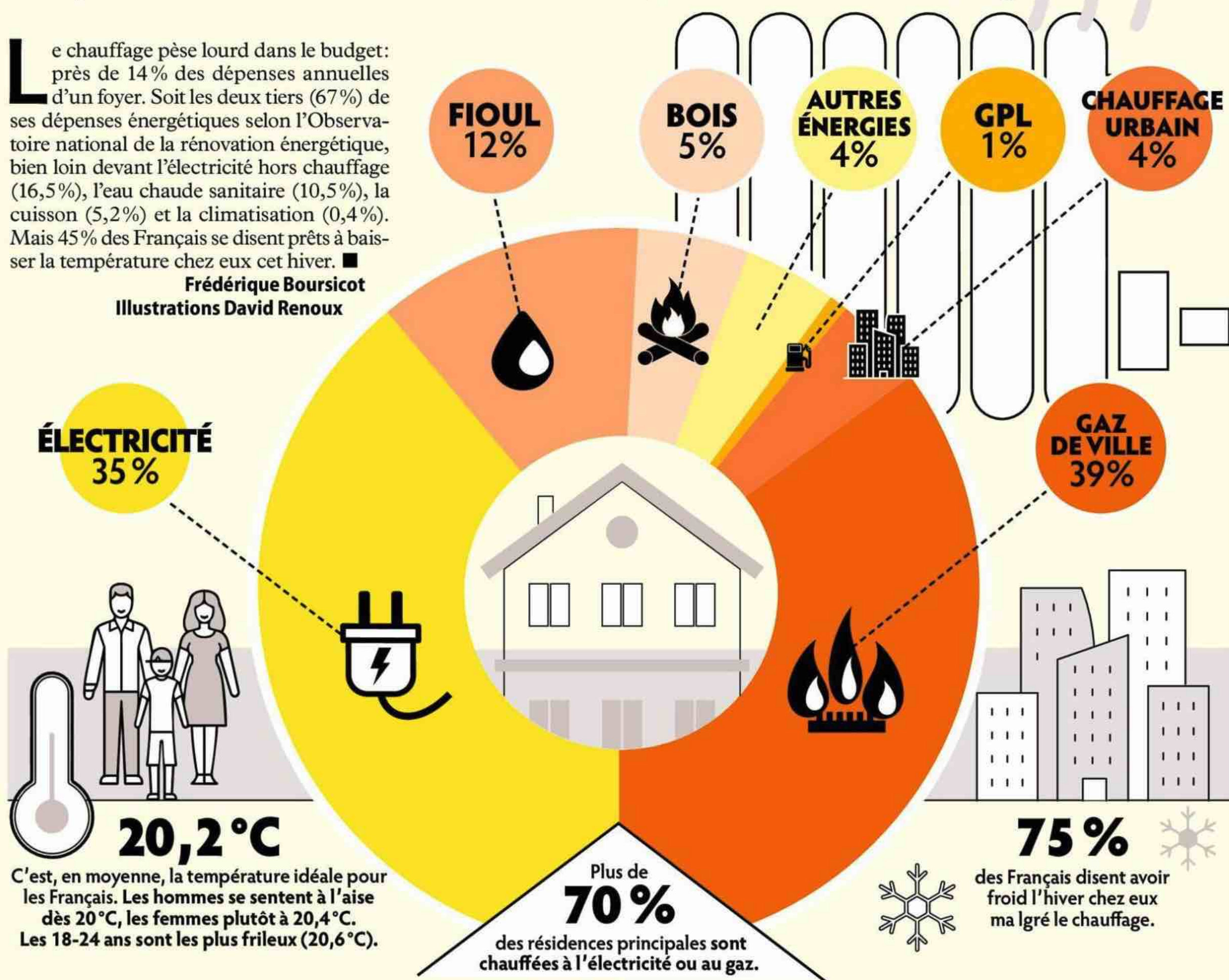


# Comment se chauffe-t-on ?

POUR FAIRE FACE À LA PÉNURIE D'ÉNERGIE, le gouvernement recommande de limiter la température en intérieur à 19°C. L'occasion de faire le point sur nos modes de chauffage.

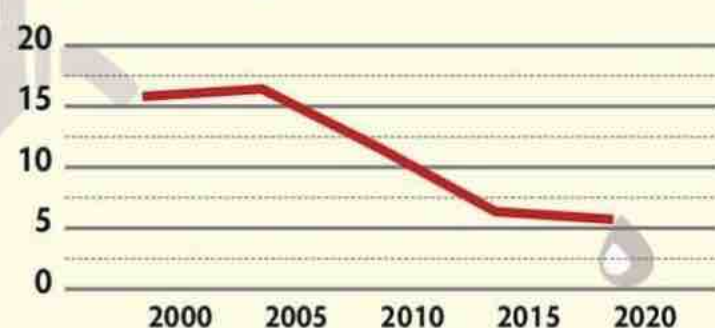
Le chauffage pèse lourd dans le budget: près de 14% des dépenses annuelles d'un foyer. Soit les deux tiers (67%) de ses dépenses énergétiques selon l'Observatoire national de la rénovation énergétique, bien loin devant l'électricité hors chauffage (16,5%), l'eau chaude sanitaire (10,5%), la cuisson (5,2%) et la climatisation (0,4%). Mais 45% des Français se disent prêts à baisser la température chez eux cet hiver. ■

Frédérique Boursicot  
Illustrations David Renoux



## DE MOINS EN MOINS DE FIOUL

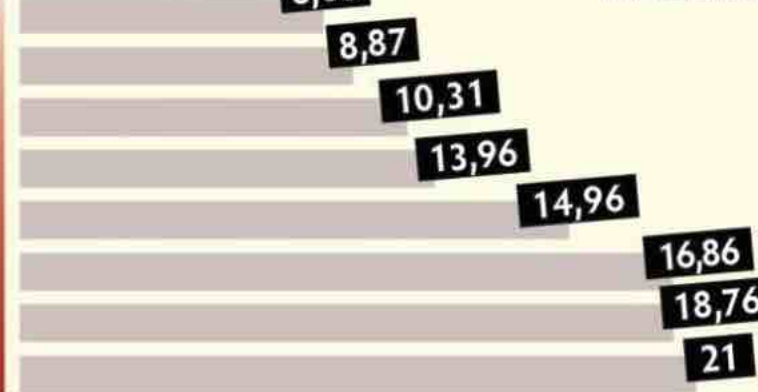
La consommation de fioul (ici en millions de tonnes) est en baisse constante depuis une vingtaine d'années.



Solaire  
Bois bûche  
Pompe à chaleur  
Gaz naturel  
Chauffage urbain  
Gaz propane  
Granulés bois  
Fioul domestique  
Électricité  
Pétrole pour poêle

## DES COÛTS TRÈS VARIABLES

Le prix du kWh\* va du simple au triple selon la source d'énergie.



\* En centimes d'euro.



# QUAND ON AIME, ON SE RESSERT



PLUS DE  
**9**  
**PERSO**  
**PERSONNES**  
**SUR 10**  
AYANT GOÛTÉ LES  
CHOCOLATS ALDI  
SE SONT RESSERVIES\*

**2€**  
**99**  
200 g  
(14,95 € le kg)

ISAURA®  
ROCHERS  
CŒUR DE  
NOISETTE



**PLACE AU NOUVEAU  
CONSOMMATEUR**

\* Test réalisé sur 4 produits (saumon fumé, foie gras, Pont-l'Évêque, chocolats), par Ipsos France, en septembre 2022, auprès de 600 consommateurs (150 par produit), âgés de 18 à 65 ans, consommateurs et amateurs de la catégorie et acheteurs en grande et moyenne surface. Offre valable jusqu'à épuisement des stocks. Le label Rainforest Alliance représente un futur meilleur pour l'humain et la nature. [www.ra.org](http://www.ra.org)  
ALDI Centrale d'achat et Cie - RCS Meaux 378 569 040 00041, Dammarville-en-Goële.

POUR VOTRE SANTÉ, ÉVITEZ DE GRIGNOTER ENTRE LES REPAS. [WWW.MANGERBOUGER.FR](http://WWW.MANGERBOUGER.FR)



Avec ses sept kilomètres, la mer de Glace, sous laquelle est creusée la cavité, est le plus long glacier de France. Il y a trente ans, il était plus épais de 100 mètres et atteignait le niveau des sapins, visibles sur cette photo.

# Sous la mer de Glace... la



## Une glace en perpétuel renouvellement

Pendant longtemps, la mer de Glace avançait de 30 mètres par an au niveau de l'hôtel du Montenvers. Aujourd'hui, le glacier a perdu trop d'épaisseur et ne progresse plus que de quelques centimètres par an.



AU PIED DU MONT BLANC, cette étonnante cavité, creusée par une même famille depuis 1946, se visite. Mais son avenir est compromis.

**O**n entre dans la grotte de glace comme dans une église : on est saisi par la fraîcheur ambiante, on ralentit le pas, on parle à voix basse, on jette de prudents regards autour de soi. De part et d'autre d'un long corridor aux parois bleutées, des formes sont taillées dans la glace, sur lesquelles on passe le plat de la main comme on le ferait sur le marbre d'un bénitier. On en retire des gouttes d'eau au bout des doigts. Et c'est alors qu'on s'en rend compte : partout, les murs suintent ; l'eau s'écoule du plafond comme d'un robinet laissé ouvert ; à l'entrée, une statue d'ours a perdu ses détails et son expression ; plus loin, deux trônes ne sont plus que de vagues assises émergeant du mur. On évolue dans un monde en liquéfaction.

**Chaque année, 350 000 personnes venues du monde entier la visitent**

La chose n'étonne pas Benjamin Claret qui, en cette fin septembre, assiste aux dernières visites de sa grotte. Il sait que l'arrivée de l'automne sonne le glas de cette construction éphémère, condamnée par la chaleur de l'été. À quelques mètres de l'entrée, les comparses de Benjamin sont déjà en train de préparer une nouvelle cavité pour l'année prochaine. Ils ont réussi à aplanir une piste pour permettre à la foreuse d'avancer jusqu'au ►►

# grotte !







### Travail fait main

L'utilisation d'une foreuse (à droite) n'empêche pas les « grottus » de continuer à travailler à la pioche, au piolet et à la pelle. Il leur faut cinq mois pour creuser entièrement une grotte.

## « Il va durer combien de temps, le glacier ? » La question est sur toutes les lèvres

► flanc du glacier. Agrippé au volant de la machine montée sur chenilles, Jacques porte les premiers coups à la muraille blanche recouverte d'une poussière de roche grise, tandis que Sébastien évacue les déblais. En janvier commencera le vrai percement de la galerie, et les travaux dureront jusqu'en mai. Entre-temps, la grotte actuelle aura été remise en état en profitant des températures hivernales, et maintenue en exploitation jusqu'à sa fermeture définitive, en juin prochain, date de l'ouverture de la future nouvelle grotte. Une gymnastique qui peut sembler embrouillée, mais à laquelle les « grottus » sont habitués depuis près de quatre-vingts ans.

Les « grottus », c'est le surnom donné aux artisans de la grotte de la mer de Glace, l'une des attractions-phares au-dessus de Chamonix (Haute-Savoie). Chaque année, en toutes saisons, environ 350 000 visiteurs de toutes nationalités s'y rendent, ce qui en fait l'un des sites les plus courus du département. Un succès qui repose sur les épaules d'une seule

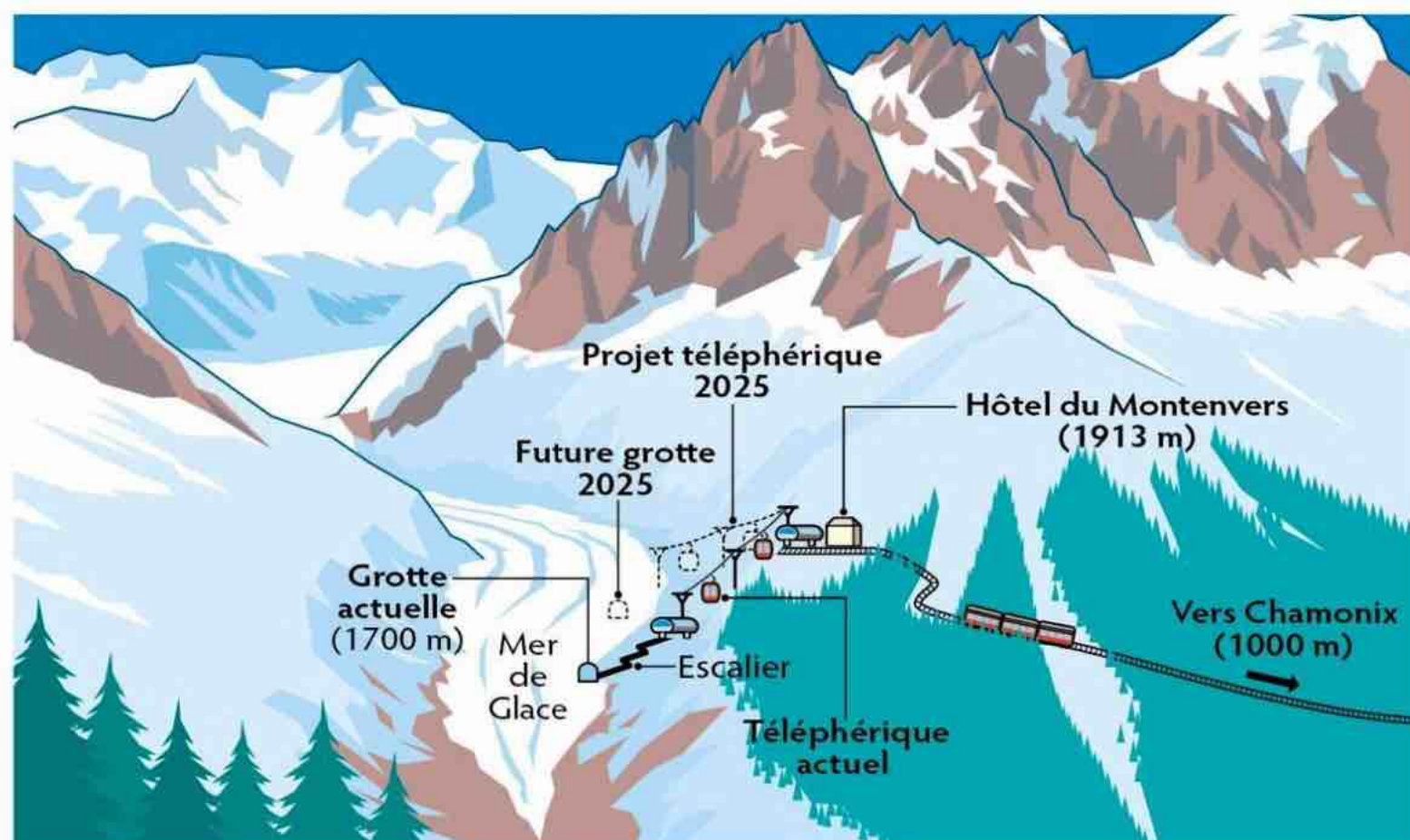
famille d'ouvriers-sapeurs : les Claret. À l'origine, il y a Georges, le grand-père. Au sortir de la Seconde Guerre mondiale, il travaille au captage d'eau sous la mer de Glace. Émerveillé par ce monde sous-glaciaire, il a l'idée d'y conduire des touristes. Pour cela, il faut aménager une cavité. Après avoir reçu l'accord de la mairie de Chamonix, il s'arme d'une pelle et d'une pioche et se met à l'ouvrage. On est en 1946 et la toute première grotte attire déjà 5 000 curieux.

Au milieu des années 1970, Georges passe le flambeau à son fils Jean-Marie. Ce dernier prend très tôt l'habitude d'emmener son propre fils, Benjamin, encore enfant : « Pendant les vacances de février, je l'accompagnais dormir là-haut avec lui, se souvient Benjamin. Et dès mes 12-13 ans, je l'aidais à creuser durant l'été. » En 2018, Benjamin se retrouve à son tour « grottu » en chef. Aujourd'hui, à 28 ans, il dirige une équipe de six rudes gaillards aux mains calleuses.

Les méthodes n'ont pas beaucoup changé depuis l'époque du grand-père. Certes, la foreuse facilite le percement du tunnel. Mais les finitions, le polissage et les sculptures de glace sont toujours réalisés à la pioche, au

### Périple en haute montagne

Depuis Chamonix, il faut monter en train jusqu'à l'hôtel du Montenvers, puis plonger de 145 mètres en téléphérique. Une volée de 580 marches complète la descente pour rejoindre la mer de Glace. En 2025, un nouveau téléphérique permettra d'éviter d'emprunter ce long escalier.



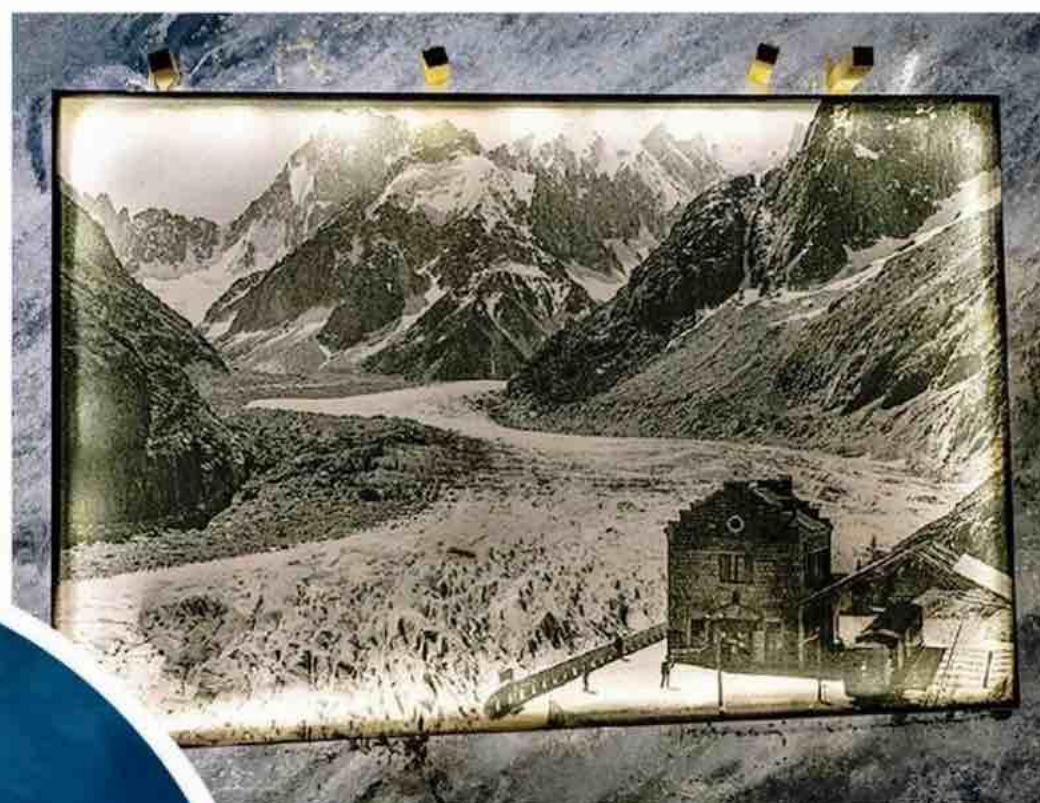
ANTOINE LEVESQUE





## 1200 visiteurs par jour

Avec la montée en téléphérique à l'aiguille du Midi, la visite de la grotte de la mer de Glace est l'une des attractions les plus prisées dans la vallée de Chamonix. Pour de nombreux touristes, c'est la seule occasion de mettre un pied sur un glacier.



## Une fonte inexorable

Le glacier a perdu 2,5 kilomètres de longueur depuis 1830. Début XX<sup>e</sup>, il atteignait l'hôtel du Montenvers. Aujourd'hui, il faut descendre en téléphérique puis, à pied, 580 marches.



piolet et à la pelle. « Ça nous va bien de travailler à l'ancienne », commente sobrement Benjamin. La tâche n'a rien perdu de sa rudesse. Parfois, en creusant, les ouvriers crèvent une poche d'eau retenue prisonnière des entrailles du glacier. « Quand ça se produit à 7 heures du matin, que c'est l'hiver, et qu'on se retrouve trempés d'une eau à 2 ou 3°C, on est vite énervés ! » sourit Benjamin.

## Tous les jours, chaque « grottu » déblaie 15 mètres cubes de glace

Il arrive aussi qu'en hiver les « grottus » enchaînent plusieurs journées de travail sans prendre le temps de redescendre à Chamonix. Dans ces cas-là, ils s'entassent dans un dortoir à l'hôtel du Montenvers, 200 mètres au-dessus de la mer de Glace. Certes, c'est moins spartiate qu'à l'époque du grand-père, lorsque celui-ci dormait parfois seize semaines d'affilée là-haut, dans une écurie, avec une meule de fromage et de l'eau qu'il obtenait en faisant fondre de la neige. Au moins les ouvriers d'aujourd'hui ont-ils l'eau courante et l'électricité. Mais la promiscuité d'un séjour prolongé à six dans une chambrette, et en vase clos, en décourage plus d'un. Notamment les femmes. « Je ne reçois aucune candidature féminine », lâche Benjamin sur le ton de l'évidence.

Les « grottus » paient de leur personne, mais le résultat force le respect : la grotte fait 150 mètres de long, 2,50 de large et 2,50 de haut, soit 1 100 mètres cubes de glace excavée. Benjamin a fait le calcul : « Ça représente 15 mètres cubes de glace pelletée par

## Des statues de glace

Un ours, un bar, deux trônes, une cheminée, une façade de maison : les « grottus » ne se contentent pas de percer. Ils aiment aussi tailler des formes qu'ils éclairent savamment.

bonhomme et par jour. » Aux visiteurs qui s'inquiètent de savoir si cette ponction annuelle endommage le glacier, les « grottus » répondent qu'il s'agit d'une goutte d'eau dans la mer de Glace, dont le volume est estimé à quatre milliards de mètres cubes. Ils sont moins à l'aise, en revanche, face à l'autre question qu'on leur pose à longueur de journée : « Il va durer combien de temps, le glacier ? » Car nombre des touristes qui arpentent le corridor bleuté sont déjà venus au moins une fois il y a plusieurs années, et tous sont frappés par le recul du géant. Du reste, l'ensemble de l'itinéraire pour se rendre à la surface de la mer de Glace invite à une douloureuse prise de conscience. Depuis la gare du Montenvers – où s'arrête le petit train à crémaillère qui part de Chamonix –, il faut d'abord plonger de 145 mètres à bord d'un téléphérique (voir carte page de gauche). Jusqu'en 1986, ces cabines suffisaient pour pouvoir poser le pied sur le glacier. Plus maintenant : d'année en année, il a tellement

fondu qu'il a fallu rajouter des marches métalliques pour aller plus bas. On en compte aujourd'hui 580. À intervalles réguliers au cours de la descente, des panneaux cloués dans la roche indiquent : « Niveau du glacier 1990 », « 2001 », « 2005 »... Le dernier date de 2018. « Depuis le mois de mai dernier seulement, le glacier a fondu de 12 mètres au niveau de la grotte », affirme le glaciologue chamoniard Luc Moreau, qui le surveille de près depuis de nombreuses années. Conséquence logique : « L'année prochaine, il faudra encore rajouter une quinzaine de marches », constate Jacques, le doyen des « grottus ».

Alors : combien de temps encore ? D'après une étude suisse de 2019, les glaciers alpins auront perdu entre 60 et 100 % de leur masse d'ici à 2100. Consciente de la difficulté consistant à prolonger chaque année l'escalier menant à la mer de Glace, la Compagnie du Mont-Blanc, qui gère désormais le flux touristique vers la grotte, a décidé de démonter le téléphérique pour en construire un nouveau, qui déposera les visiteurs directement sur le glacier, 580 mètres en amont du terminus actuel. Les futures grottes seront creusées là. Les autorités touristiques s'offrent ainsi quelques dizaines d'années de sursis. Quant aux « grottus », ils ne se font guère d'illusions : « La fonte du glacier, c'est une réalité qu'on se prend en pleine gueule quand on commence ce boulot », lâche Benjamin. Après, ça devient une fatalité. On subit et on s'habitue à subir. Au fond de nous, on sait tous que ça ne durera pas éternellement. En ce qui me concerne, je me donne quinze ans. » ■

Cyril Azouvi

Photos Monica Dalmasso/Hemis





**En  
couverture**

**p. 32**

## **Les organes**

On sait désormais greffer  
un visage ou un utérus.  
Mais éviter le rejet  
reste un défi.

**p. 36**

## **Les 5 sens**

Implants, ultrasons et même  
algues viennent à la rescousse  
de nos sens. Et permettent  
à des aveugles de lire  
à nouveau.

**p. 42**

## **La marche**

Les nouvelles prothèses  
intelligentes aident  
les patients handicapés  
à retrouver  
leur autonomie.



# **Tout ce qu'on peut réparer chez**

# **L'HUMAIN**



p.44

## Les cellules

Diabète, Parkinson, DMLA...  
Grâce aux cellules souches,  
de nouveaux traitements  
pourraient voir le jour.



**CŒUR ARTIFICIEL, œil bionique...** La recherche promet de restaurer ou de remplacer ce qui ne fonctionne plus. Des prouesses incroyables dont bénéficient déjà des patients.

**U**n orteil en bois tenu par une lanière en cuir. Cette prothèse égyptienne, qui date d'environ 900 avant J.-C., serait la plus ancienne de l'Histoire. Entre cet objet et les bras robotisés commandés par la pensée, actuellement en cours de test, un point commun : la volonté de contourner le handicap. Depuis quelques décennies, les scientifiques repoussent les limites du possible : cette année, 20 patients atteints de dégénérescence visuelle ont retrouvé la vue grâce à un implant à base de protéine de peau de porc. Autre prouesse : depuis 2018, un chirurgien français a greffé sur plusieurs patients une aorte (le plus grand canal sanguin du corps) qui s'est transformée en... trachée (conduit du système respiratoire),

montrant les extraordinaires pouvoirs de régénération du corps humain. De plus en plus, les chercheurs développent des interfaces cerveau-machine, donnant l'espoir de rendre un peu d'autonomie à des personnes tétraplégiques. Certains se prennent à rêver que ces recherches permettront d'augmenter nos capacités physiques ou cognitives, voire de prolonger la vie. « Nous luttons contre la maladie, pas contre le vieillissement », martèle pourtant Marc Peschanski, spécialiste des cellules souches.

### Les progrès révolutionnaires de la médecine régénérative

Si la recherche bouillonne, de nombreuses innovations ne sont pas encore sorties des laboratoires. Et il reste un long chemin à par-

courir pour rendre les technologies simples d'utilisation et adaptées aux besoins des patients. Les découvertes donnent tellement d'espoir qu'elles entraînent aussi des dérives. « Dans certains pays d'Europe et aux États-Unis – pas en France car c'est très encadré – des cliniques peu scrupuleuses promettent de soigner la mucoviscidose ou la SLA [maladie de Charcot qui se traduit par une paralysie progressive à l'issue fatale, ndlr] avec des cellules souches, ce qui est impossible », regrette Marc Peschanski.

La médecine régénérative sera-t-elle aussi révolutionnaire qu'on l'a parfois annoncé ? Difficile à savoir mais elle pourrait au moins, changer la vie de nombreux patients. ■

**Dossier coordonné par Caroline Péneau, avec Cécile Coumau et Sophie Cousin**

## C'EST VOTRE AVIS

**Voici les réponses de notre panel\* de lecteurs aux questions suivantes :**

► Après votre décès, seriez-vous d'accord pour donner vos organes ?	Ensemble 224
Oui, tous	52 %
Oui, certains	17 %
Non, aucun	11 %
Ne sais pas	20 %

► Si vous aviez besoin d'une greffe, accepteriez-vous l'organe d'un donneur inconnu ?	Ensemble 224
Oui	80 %
Non	6 %
Ne sais pas	14 %

► De votre vivant, seriez-vous prêt(e) à donner un organe à...	Ensemble 224
Un de vos enfants	77 %
Votre conjoint-e	69 %
Un de vos parents (frère, sœur, cousin)	59 %
Un des vos amis	31 %
Un inconnu	17 %
Non, je ne le souhaite pas	13 %

\* Enquête réalisée du 22 au 27 septembre 2022, auprès de 224 lecteurs de Ça m'intéresse





Au CHU de Bordeaux (Gironde), l'équipe médicale prélève le rein d'un donneur vivant pour le greffer à un membre de sa famille. En 2021, sur 3 251 greffes de rein, 502 ont été réalisées avec un donneur vivant.

# GREFFES

## Peut-on tout remplacer ?

**REIN, CŒUR, UTÉRUS ET MÊME ARTÈRES :** on ne sait pas tout transplanter, mais la médecine progresse. Des obstacles subsistent, notamment le risque de rejet du greffon par le receveur.

**L**es greffes sont-elles l'innovation la plus importante des cinquante dernières années ? En 2014, c'est ce que déclaraient 70 % des Européens lors d'une enquête Ifop pour l'Inserm, les plaçant devant l'imagerie médicale et la thérapie génique. Il est vrai que, depuis l'an 2000, de grandes premières ont été réalisées : la greffe de visage en 2005, celle de l'utérus en 2015. Et l'on a connu aussi des avancées, certes moins spectaculaires, mais qui pourtant sauvent la vie de nombreux patients. Par exemple, les médecins savent désormais greffer des artères (aorte et artère fémorale), notamment lorsqu'elles sont menacées de se rompre (anévrisme).

### ■ Quels sont les organes les plus greffés ?

Le rein a toujours été l'organe le plus greffé, suivi par le foie, le cœur, le poumon et le pancréas (voir infographie à droite). Pour les autres organes ou tissus (cœur et poumons, intestins, visage, mains, utérus), les transplantations restent exceptionnelles. Avant ces prouesses, les chirurgiens ont fait de nombreuses tentatives, d'abord sur des animaux (première greffe de rein sur une chienne en 1908 en France), puis sur les humains. Ainsi, en 1952, un jeune homme de 16 ans reçoit un rein de sa mère. Malgré la réussite de l'opération, le patient décède vingt et un jours

après, à cause du rejet. C'est la première d'une longue série de greffes rénales. Dans les années 1970, l'apparition des traitements immunosuppresseurs – qui bloquent le rejet du greffon par l'organisme – marque un tournant. « Avant la découverte de l'intérêt de la ciclosporine [médicament antirejet] en 1972, 80 % des personnes greffées rechutaient ou décédaient les mois suivants », rappelle le Pr Laurent Lantieri, chirurgien plasticien à l'hôpital européen Georges-Pompidou, à Paris. Aujourd'hui, la survie à cinq ans d'un patient greffé du rein atteint 85 %.

### ■ Quelles sont les transplantations les plus complexes ?

Utérus, visage, mains : ce sont les greffes dites « vascularisées », impliquant la greffe de plusieurs sortes de tissus différents et la reconnexion de tout petits vaisseaux. « Pour le visage par exemple, les chirurgiens greffent des

BURGER/PHANIE



bouts de peau, de tissus mous, de muscles, mais aussi d'os et de langue, ce qui rend l'intervention très délicate», détaille le Pr Michel Tsimaratos, directeur général adjoint chargé de la politique médicale et scientifique à l'Agence de biomédecine et néphrologue. Plus routinière, celle du foie reste complexe en raison du grand nombre de vaisseaux rendant l'opération très hémorragique.

## ■ De quand date la première greffe d'utérus ?

«Jusque-là, toutes les greffes visaient à remplacer un organe vital. Or ne pas avoir d'utérus n'empêche pas de vivre. Ce qui est en jeu ici est le désir de grossesse, et l'innovation dépasse le cadre médical», pointe le Pr Tsimaratos. La première greffe d'utérus française s'est déroulée en 2019. La receveuse était atteinte d'un syndrome rare accompagné d'une absence d'utérus, maladie touchant une femme sur 4 500. Des femmes ayant subi, jeunes, un cancer et une ablation de l'utérus ou une hémorragie après un accouchement pourraient aussi en bénéficier. Avant de réaliser cette prouesse – l'intervention a duré dix-huit heures – l'équipe du Pr Jean-Marc Ayoubi, à l'hôpital Foch (Hauts-de-Seine), a fait plus de dix ans de recherche et réalisé une cinquantaine de transplantations chez la brebis. Après un an d'attente pour s'assurer de l'absence de rejet, le transfert d'embryon s'est très bien déroulé. Une petite Misha est née en février 2021 et la patiente attend un deuxième enfant. La même équipe a réussi une nouvelle greffe d'utérus en septembre dernier.

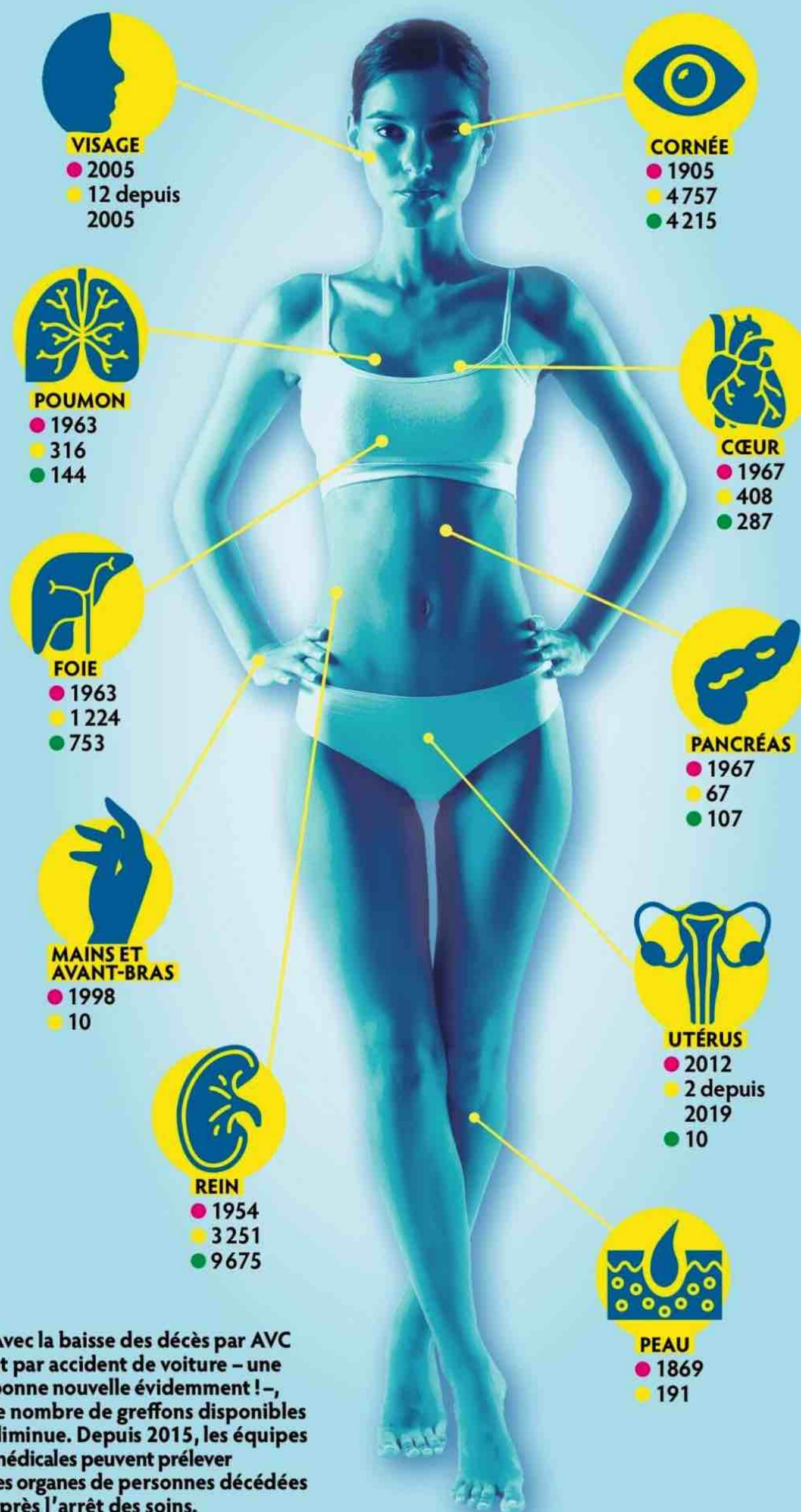
## ■ Comment gagne-t-on du temps pour ne pas abîmer le greffon ?

Un greffon se dégrade rapidement lorsqu'il n'est plus alimenté en sang. Un cœur ou un poumon doivent être transplantés dans les quatre à cinq heures suivant leur prélèvement, et un foie dans les six heures. C'est le rein qui tolère le plus l'ischémie (arrêt de la circulation sanguine dans un organe, qui le prive des apports en oxygène et entraîne un risque de nécrose) : il peut être greffé dans les vingt-quatre à quarante-huit heures. Les greffons se conservent de mieux en mieux, par exemple grâce à une machine permettant de les perfuser et de les garder «vivants». Plus insolite : un produit obtenu à partir de l'hémoglobine d'un ver marin (Hemo2life) a été homologué en septembre 2022 par l'UE. ►►

# 5 273 transplantations en 2021

EN FRANCE, PLUS DE 66 000 PERSONNES vivent grâce à un organe greffé. Cependant, le nombre d'opérations n'a pas retrouvé le niveau d'avant la crise sanitaire.

● Date de la première mondiale ● Nombre de greffes en France en 2021  
● Patients en liste d'attente (le 1<sup>er</sup> janvier 2022)



Avec la baisse des décès par AVC et par accident de voiture – une bonne nouvelle évidemment ! –, le nombre de greffons disponibles diminue. Depuis 2015, les équipes médicales peuvent prélever les organes de personnes décédées après l'arrêt des soins.



► Ce ver arénicole transporte quarante fois plus d'oxygène que l'hémoglobine humaine. Grâce à cette innovation, un homme de 34 ans a été double greffé des avant-bras en Inde, en 2021 : une première mondiale.

Du côté de la logistique, des logiciels facilitent le timing pour les équipes. « Ils intègrent les différentes formes de transport possibles et calculent la durée de trajet du greffon. Les soignants savent en temps réel où il se trouve et gagnent du temps sur l'endormissement et la préparation du patient au bloc », expose le Pr Tsimaratos. Aujourd'hui véhiculés en ambulance ou en avion, les greffons pourraient bientôt rejoindre l'hôpital en hélicoptère ou par drone. Ils pourraient ainsi arriver de trente minutes à une heure plus tôt, selon les simulations de l'Agence de biomédecine, qui prévoit les premiers vols en 2025. À Toronto et Baltimore, un poumon et un rein ont ainsi été livrés par drone en 2019 et 2021, sur des distances de moins de cinq kilomètres.

## ■ Sera-t-il possible un jour de greffer tous les organes ?

Non, car certaines greffes impliqueraient de reconnecter de minuscules vaisseaux, une tâche irréalisable. « La greffe totale d'œil ne

Grâce à cette machine, les greffons, ventilés et perfusés se conservent plus longtemps : douze heures, au lieu de six pour le poumon quand il est conservé à 4 °C dans une glacière.

sera sans doute jamais possible, car on ne peut pas suturer le nerf optique du receveur avec l'œil du donneur [en revanche, la greffe de cornée est pratiquée, ndlr]. La prothèse oculaire prend le relais : elle ressemble à un vrai œil, mais la vision n'est pas restaurée », explique le Pr Tsimaratos. Impossible aussi de transplanter la moelle épinière ou le cerveau, car les neurones ne supportent pas l'ischémie. Par ailleurs, certaines greffes techniquement faisables restent rares à cause du taux d'échec trop élevé. C'est le cas pour la greffe d'intestin, qui impose au patient des traitements immunosuppresseurs très lourds.

Dans d'autres cas comme pour les membres inférieurs (jambes, pieds), les médecins n'optent pas pour la greffe car la prothèse offre une meilleure qualité de vie au receveur.



ARNAUD DUMONTIER/PHOTO POR/LE PARISIEN/MAXPPP

## L'homme aux trois visages

À l'intérieur, je suis le même », témoignait Jérôme Hamon en 2019 à France Info. C'est le seul homme au monde à avoir été greffé deux fois du visage. Il souffre depuis l'enfance de neurofibromatose, une maladie génétique qui, dans 1 % des cas, provoque l'affaïssement des traits

Après sa première greffe, Jérôme Hamon trouvait qu'il avait les traits figés. Il a tout de suite adopté son nouveau visage, qu'il trouve plus élastique.

du visage. En 2010, le Pr Lantieri l'opère. Une intervention spectaculaire et complexe, où il a fallu relier vaisseaux et artères et redonner vie, pas à pas, à l'anatomie d'un visage. Hélas, en 2017, après un traitement antibiotique incompatible avec son traitement immunosuppresseur suite à une infection banale, un rejet s'est produit : sa greffe de visage s'est nécrosée et a dû être retirée. Il a passé deux mois en réanimation puis a été à nouveau greffé par

le même chirurgien en janvier 2018. Pour conserver le greffon, les médecins utilisent l'additif Hemo2life, à base de sang de vers arénicoles. « Sur mes neuf patients greffés de la face, la plupart vont très bien et mènent une vie normale depuis plus de dix ans, pointe Laurent Lantieri. En revanche, à la suite d'une regreffe, nous ne sommes pas à l'abri de nouvelles complications. La deuxième greffe tient rarement plus longtemps que la première. »



## ■ D'où vient la réaction de rejet ?

L'introduction dans le corps d'un organe prélevé chez une autre personne déclenche immédiatement une réaction immunitaire parce qu'il s'agit d'un corps étranger : c'est le rejet dit « aigu ». Il ne se produit plus que dans 10 % des cas aujourd'hui, grâce aux grands progrès des traitements immunosuppresseurs qui, donnés d'emblée, diminuent l'immunité du receveur. Mais, même si la greffe semble acceptée au cours des premiers mois, il arrive que les réactions de rejet apparaissent plusieurs années après. Ce rejet « chronique » – il touche par exemple 50 % des greffés cardiaques dans les sept ans suivant la transplantation – donne du fil à retordre aux patients et à leurs médecins. Il est le plus souvent dû à l'apparition d'anticorps dirigés contre les antigènes (substances que le système immunitaire reconnaît comme étrangères) du donneur. « À cause de ce vieillissement précoce du greffon, l'organe peut ne plus fonctionner au bout de quelques années. Certains patients devront être greffés deux, trois ou quatre fois au cours de leur vie », relève le Pr Lantieri. Pour contrer ce risque permanent, la personne greffée doit prendre des traitements immunosuppresseurs à vie.

## ■ Peut-on améliorer les traitements immunosuppresseurs ?

Depuis les années 1990, l'une des molécules les plus utilisées est le tacrolimus, immunosuppresseur 10 à 100 fois plus puissant que la ciclosporine, à prendre deux fois par jour. Associé à d'autres molécules, dont des corticoïdes, il permet une excellente survie des greffons à un an. Mais il n'empêche toujours pas le rejet à long terme. Autre limite de ces traitements : à cause de la baisse de l'immunité, les greffés peuvent développer des infections et un cancer, notamment celui du sang, le lymphome : un risque qui atteint 10 % après une greffe de poumon, 8 % après une greffe de cœur. Les chercheurs planchent donc sur d'autres pistes. On peut ainsi perfuser à un patient en attente d'un rein des cellules de moelle osseuse de son futur donneur. Les lymphocytes T du receveur qui détectent ces nouvelles cellules HLA étrangères (reconnues comme « non-soi ») sont progressivement éliminés dans le thymus (organe du système immunitaire situé à la base du cou). Cette préparation permet ensuite une greffe avec le même donneur, sans risque de rejet. Quelques dizaines de personnes dans le monde ont pu bénéficier de ce procédé expérimental et se passer après de traitement immunosuppresseur. ■ S.C.

# Face au manque de greffons, quelles sont **LES ALTERNATIVES ?**

LES CHERCHEURS EXPLORENT d'autres pistes : les greffes d'organes d'origine animale ou encore les implants artificiels.

**D**epuis la loi de 2017, nous sommes en théorie tous donneurs d'organes, sauf les 30 % des Français ayant exprimé leur refus. Mais il manque toujours beaucoup d'organes. En moyenne, seuls 25 % des patients en attente sont transplantés chaque année. Les chercheurs travaillent donc sur d'autres pistes, comme les xénogreffes, issues d'espèces animales. En janvier 2022, une équipe américaine a greffé le cœur d'un porc génétiquement modifié à un homme de 57 ans.

En amont, plusieurs gènes du tissu porcin, contre lesquels nous possédons des anticorps, ont été neutralisés, et des gènes humains ont été insérés pour éviter le rejet. Si le patient est décédé deux mois plus tard, cette opération a néanmoins été considérée comme une prouesse. « Pour le moment, les organes d'origine animale ont toujours été rejetés par le receveur, mais il y a un vrai intérêt à continuer la recherche », souligne le Pr Gilles Blanco, président de la Société francophone de transplantation. À une condition : rester très vigilant sur les virus animaux qui pourraient infecter les patients.

## Le rein artificiel suscite l'espoir

Autre piste prometteuse : les organes artificiels. Le cœur artificiel Carmat imite un cœur humain avec deux ventricules connectés aux artères du patient qui font circuler le sang, et des capteurs qui permettent d'adapter le rythme aux besoins (effort physique...). Commercialisé en juillet 2021 en Europe après treize ans de recherche, il a au total été implanté à sept patients allemands et italiens en insuffisance cardiaque terminale, qui n'ont survécu que quelques semaines ou mois. Fin 2021, la société a annoncé qu'elle suspendait les poses plusieurs mois, en raison de problèmes de qualité de composants. Moins sophistiqué, le cœur SynCardia, porté dans le monde par 2 000 patients, n'est que temporaire, dans l'attente d'une transplantation.

Du côté du rein, une équipe de Californie a réussi à implanter un prototype bioartificiel en septembre 2021. De la taille d'un smartphone, il est équipé d'un hémofiltre, qui élimine les déchets du sang, et d'un bioréacteur régulant des fonctions métaboliques. Au stade de la recherche, ce prototype soulève de grands espoirs pour les patients qui ont besoin d'une dialyse régulière ou attendent une greffe. Quant à l'utérus artificiel, souvent annoncé,



Le cœur Carmat, qui pèse 900 grammes, est composé de tissus animaux traités chimiquement afin d'éviter le rejet.

il n'est pas encore au point. Certes, en 2021, en Israël, des embryons de souris se sont développés durant six jours ex utero, dans des tubes transformés en utérus artificiel, mais il reste un long chemin avant de parvenir à faire grandir un embryon en dehors du corps d'une femme.

Dernière voie à suivre avec attention : les expériences sur les organoïdes, qui visent, à terme, à reconstituer des organes. « Le développement des organoïdes, ces amas de cellules dérivées de cellules souches, permet par exemple de reconstruire un morceau d'os. À partir de cette matrice artificielle, les cellules humaines reviennent la coloniser et fabriquent à nouveau de l'os en quelques années », illustre le Pr Tsimaratos.



# LES 5 SENS

## Retrouver son autonomie

IMPLANTS, THÉRAPIES GÉNIQUES, prothèses sophistiquées... Les découvertes se multiplient, donnant le grand espoir de redonner un jour la vue ou le toucher aux personnes en situation de handicap.



### Le toucher Bras bionique et peau artificielle pour recouvrer mouvement et sensations

À la suite d'une amputation ou d'une blessure, le toucher peut être affecté. La restauration de ce sens mobilise plusieurs équipes de recherche dans le monde. Tour d'horizon.

#### ■ Des prothèses plus sensibles

Pour le porteur d'une prothèse de la main, attraper une tasse représente déjà une victoire. Sentir la température de la boisson qu'elle contient en serait une autre. Les concepteurs des mains bioniques déploient des efforts pour que la robotique n'exclue pas la sensibilité. Par exemple, le patient peut désormais récupérer certaines sensations quand on relie une prothèse de la main munie de capteurs aux nerfs périphériques du haut de son bras encore valides. Un ordinateur se charge de la traduction du signal afin d'envoyer un retour sensoriel. Avec la LifeHand2 mise au point en Suisse et en Italie, les amputés peuvent distinguer la rigidité d'un objet dans les trois secondes qui suivent son contact. Un modèle similaire, testé en Suède par quatre volontaires pendant trois à sept ans, prodigue des sensations moins riches. Ancré dans l'humérus, il se commande par la pensée : une prouesse rendue possible grâce à des électrodes connectées aux muscles résiduels (biceps et triceps). Les patients ont pu faire du ski et réparer une voiture !



VLADIMIR CERDO/TASS/SIPA

Un athlète muni de prothèses se prépare pour une épreuve de dextérité lors du Cybathlon 2020, une compétition pour les personnes handicapées appareillées qui promeut les technologies de réparation du corps.

#### ■ Un capteur sous l'épiderme

Un minuscule capteur implanté n'importe où dans le corps, par exemple sous le bout d'un doigt sectionné, tel est le pari audacieux relevé par une équipe israélienne. Le capteur, testé jusqu'à présent sur des rats, se connecte à un nerf qui fonctionne correctement et redonne une sensation tactile au nerf blessé. Des animaux dont

les pattes étaient privées du toucher ont réussi à marcher normalement grâce à cet implant de 0,5 sur 0,5 centimètre.

#### ■ De la peau électronique

Des chercheurs de l'université de Singapour ont fabriqué une membrane qui détecte les touches 1 000 fois plus vite que le système nerveux humain. Il identifie la forme, la texture et la dureté des objets en dix millisecondes, soit dix fois plus vite qu'un clignement d'œil. Résistante à l'eau, elle s'autorépare ! Mais ce n'est encore qu'un prototype...

**Les prothèses de main vont enfin pouvoir être commandées par le cerveau**

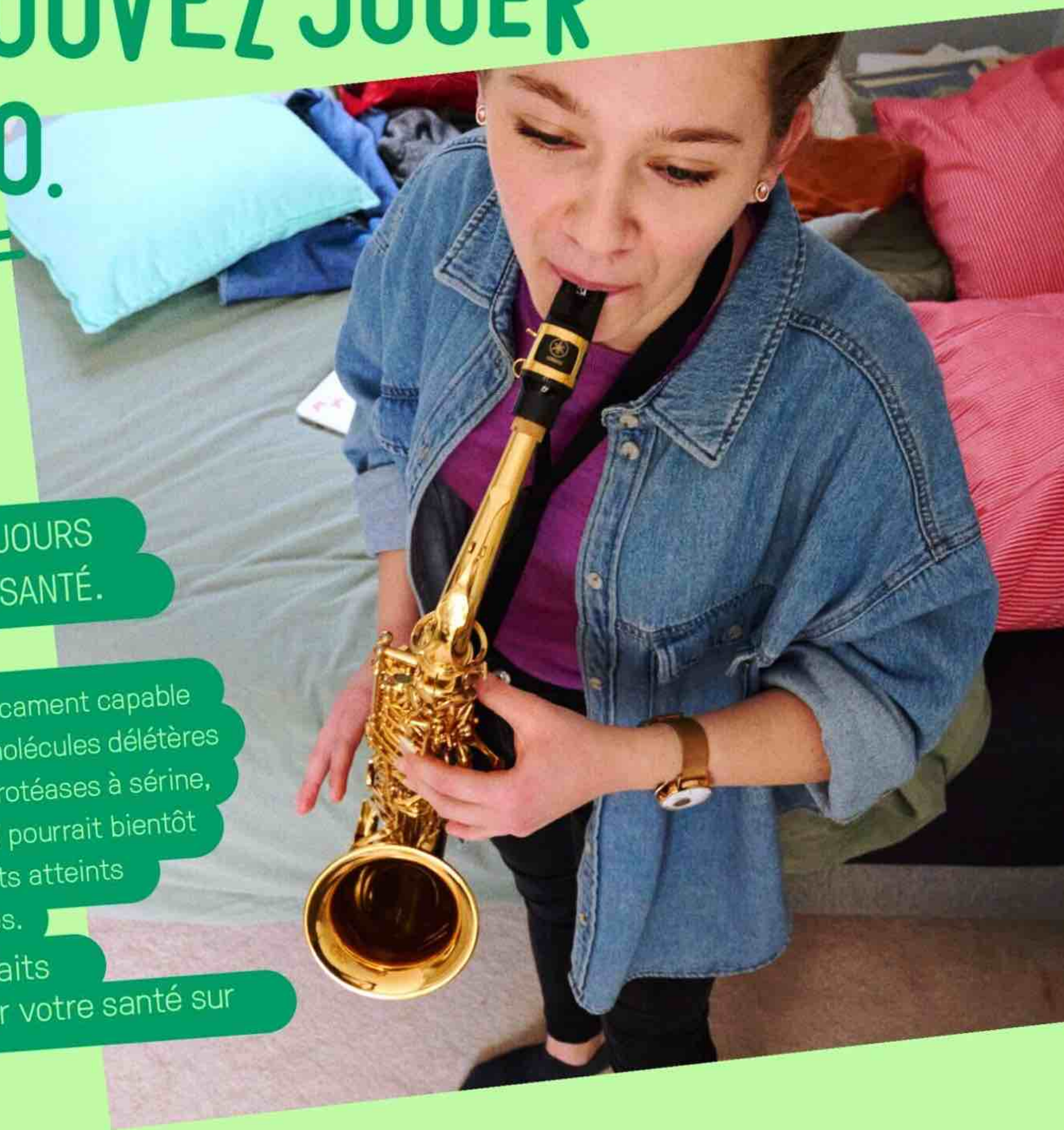


# ! L'AVANTAGE D'AGIR SUR DES PROTÉASES À SÉRINE C'EST QUE VOUS POUVEZ JOUER DU SAXO.

ON GAGNE TOUS LES JOURS  
À S'INTÉRESSER À LA SANTÉ.

Grâce à l'Inserm, un médicament capable  
de bloquer l'activité de molécules délétères  
pour les poumons, des protéases à sérine,  
est en développement. Il pourrait bientôt  
changer la vie de patients atteints  
de maladies respiratoires.

Découvrez les bienfaits  
de la recherche pour votre santé sur  
→ [inserm.fr](https://inserm.fr)







## Quatre techniques permettent de restaurer la vue

**L**e diabète, le glaucome, la cataracte ou encore la dégénérescence maculaire (DMLA) : ces maladies sont les principales causes de cécité. Pour la cataracte (opacification du cristallin), le traitement a été trouvé : il suffit d'inciser le sac cristallin sur deux millimètres et d'y introduire une sonde à ultrasons qui aspire son contenu, dont les dépôts opaques. Pour les autres pathologies, plusieurs innovations se profilent, mais elles nécessitent toutes une rééducation : le cerveau doit réapprendre à voir.

### ■ Un implant rétinien

Dans certaines maladies comme la DMLA, ce sont les photorécepteurs (cellules qui captent les signaux lumineux) de la rétine qui disparaissent peu à peu. Un implant permet de les suppléer. Le patient porte des lunettes dont la caméra trans-

met les images à un micro-ordinateur placé dans la poche : ce dernier convertit les informations visuelles en signaux électriques et les communique par ondes radio à une puce à la surface de la rétine. Celle-ci transmet ces signaux à des cellules nerveuses qui les relaient au cerveau. En France, quelques patients ont déjà bénéficié de l'implant Prima et « ont récupéré environ 1/20<sup>e</sup> de leur acuité visuelle. C'est peu mais, comme il s'agit de la partie centrale, ils peuvent lire », indique le Pr Serge Picaud, directeur de l'Institut de la vision.

### ■ Une algue pour sortir du noir

Un patient souffrant de rétinopathie pigmentaire, aveugle depuis quinze ans, a récupéré partiellement la vue en 2021. Une révolution due à la thérapie optogénétique : les chercheurs ont injecté dans un de ses yeux un virus inoffensif transportant l'ADN d'une protéine d'algue sensible à la lumière. Certaines cellules de la rétine ont alors pu fabriquer cette protéine et détecter à nouveau la lumière. « Les patients doivent porter des lunettes spéciales car, sinon, ils ne peuvent voir que lorsque la lumière est très intense, »

**Une puce placée dans la rétine permet aux aveugles de réussir à lire**



Ces lunettes équipées d'une caméra reliée à un implant rétinien permettent à des aveugles de récupérer 1/20<sup>e</sup> de l'acuité visuelle.

GILLES ROLLE/REA

indique le Pr Serge Picaud. Le premier patient traité par optogénétique peut localiser, compter et toucher des objets.

### ■ La thérapie génique

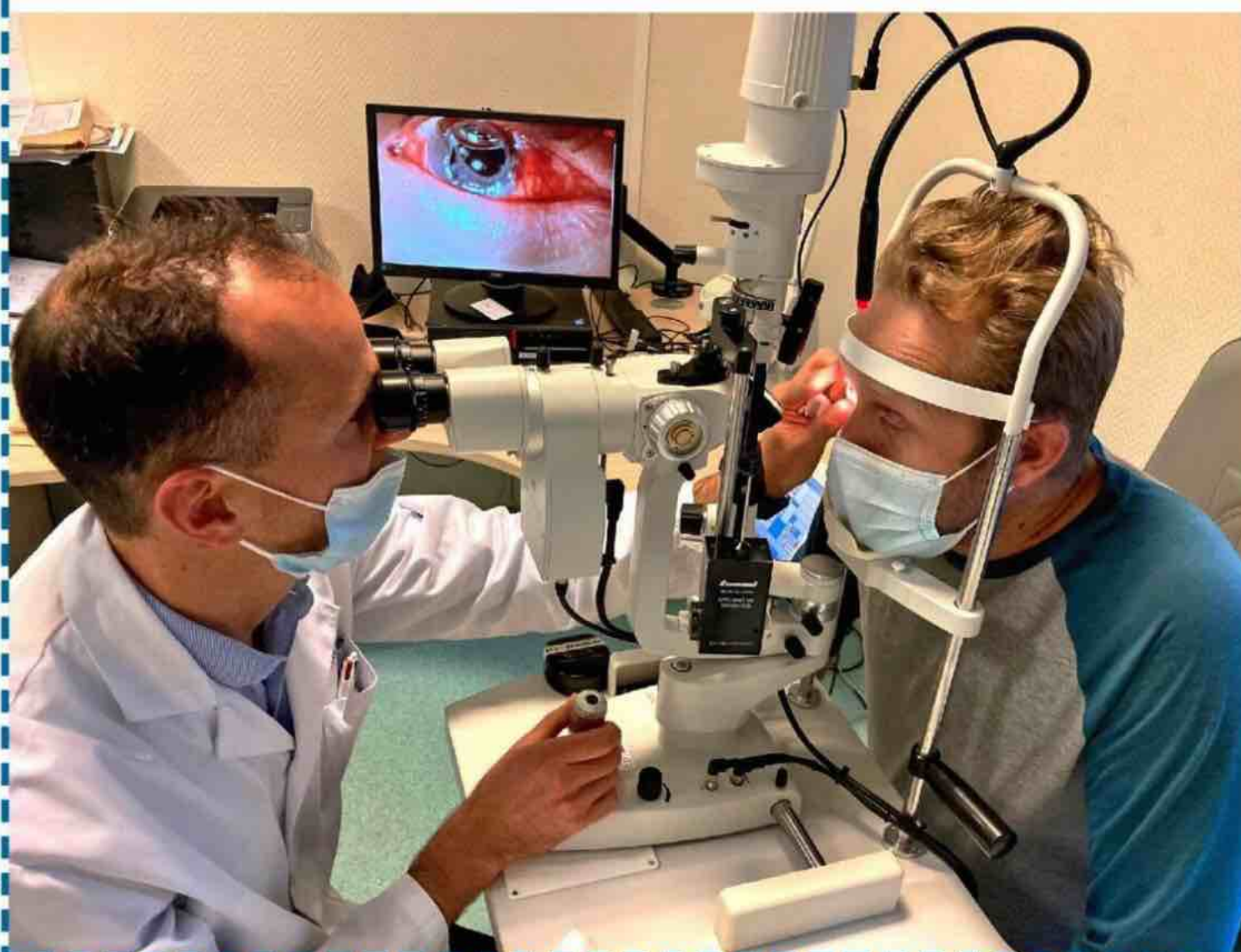
La dystrophie rétinienne, une maladie orpheline, est causée par la mutation d'un gène qui conduit à la cécité. Or on sait désormais injecter une copie fonctionnelle de ce gène dans la rétine, ce qui permet de réparer les photorécepteurs abîmés. Pris en charge par la Sécurité sociale, ce traitement est accessible dans quatre centres en France. Mais chacune des deux injections nécessaires coûte 300 000 euros. Les chercheurs planchent sur d'autres thérapies géniques qui permettraient de traiter la rétinopathie pigmentaire quelle que soit la mutation génétique à l'origine de la maladie. Et il y en a 65 ! Un espoir pour les 40 000 personnes en souffrant en France.

### ■ La piste des ultrasons


La thérapie dite « sonogénétique » consiste à utiliser des ondes ultrasonores pour activer des neurones et manipuler les fonctions d'autres. Appliquée à la vision, cette technique non invasive permet de stimuler des zones du cortex cérébral en lien avec la vision. Les essais chez l'humain sont prévus dans cinq ans.

En 2021 à Montpellier (Hérault), un patient, a retrouvé la vue grâce à une cornée artificielle (la cinquième dans le monde).

CHU MONTPELLIER







je suis rien qu'un petit con \*

**\*À force d'entendre qu'on ne vaut rien, on finit par le croire.**



À Apprentis d'Auteuil, nous voyons le meilleur en chacun des 30000 jeunes<sup>(1)</sup> que nous accompagnons jour après jour dans nos 300 établissements et dispositifs. Aidez-les à construire leur avenir.

**LA CONFIANCE PEUT SAUVER L'AVENIR**

---

**FAITES UN DON** sur [www.apprentis-auteuil.org](http://www.apprentis-auteuil.org)

---





## L'ouïe : les solutions pour sortir du monde du silence

**L'**oreille est un organe extrêmement complexe. » Jean-Luc Puel, chercheur à l'Inserm, annonce tout de suite la couleur. S'il s'agit de réparer les facultés de transmission des vibrations jusqu'à la cochlée, « nous savons faire ». Greffe de tympan, osselets artificiels, orthèse dans le conduit, ces techniques sont au point. En revanche, quand l'audition baisse parce que les cellules ciliées meurent, nous sommes plus dépourvus. Ces cellules de la cochlée, chargées de transformer les vibrations en signaux électriques et de les transmettre jusqu'au cerveau, sont sensibles au vieillissement, au bruit, à certains médicaments... Résultat : à 65 ans, 65% de la population souffre de presbycusie

(baisse progressive de l'audition). Pour protéger ces précieuses cellules, de nouveaux médicaments sont dans les tuyaux : des antioxydants ou encore des « anti-apoptotiques », qui empêchent la mort des cellules. Mais l'espoir vient aussi de solutions plus ou moins futuristes.

### ■ L'implant cochléaire

Les implants cochléaires qui stimulent les fibres du nerf auditif permettent déjà à des sourds profonds de retrouver des capacités auditives (1 500 personnes par an en France). Ainsi, des enfants parviennent à apprendre à parler. Cependant, participer à une conversation dans le bruit reste difficile. L'optogénétique pourrait améliorer

ces implants. Au lieu de stimuler le nerf auditif électriquement, l'implant utiliserait la lumière. « C'est un signal plus précis », précise Jean-Luc Puel. Par conséquent, cette nouvelle génération d'implants ne serait plus équipée d'électrodes mais de 200 diodes lumineuses. Cependant, comme les neurones auditifs ne répondent pas naturellement à la lumière, les chercheurs mènent des travaux – d'abord chez l'animal – pour qu'ils expriment des récepteurs à la lumière. Des essais cliniques chez l'homme sont prévus en 2025.

### ■ Remplacer un gène défectueux

Un enfant sur 700 naît avec une surdité profonde. Quelque 200 gènes ont été identifiés comme responsables des formes de surdité congénitale. Pour le moment, les prothèses auditives constituent la seule option, et elles sont insatisfaisantes, notamment parce qu'elles distinguent mal le bruit ambiant de la parole. « Mais la thérapie génique commence à donner des résultats, indique Jean-Luc Puel. Selon les cas, nous pouvons remplacer le gène défectueux, bloquer son expression dans la cellule grâce aux ciseaux génétiques CRISPR... ».

**On peut désormais bloquer le gène responsable de la surdité**





HANNAH GAL/SPL/SUCRÉ SALÉ

Le micro de l'implant cochléaire capte les sons **1**. Une fois transformés en signaux électriques par un processeur **2**, ils sont transmis sous forme d'ondes, via l'antenne **3** aimantée, à la partie interne de l'implant. Grâce à des électrodes glissées dans la cochlée, les impulsions électriques stimulent le nerf auditif.

Des souriceaux atteints d'une forme de surdité appelée le syndrome d'Usher ont pu réentendre à nouveau (un son faible comme un léger murmure) grâce à une seule injection du gène sain. Cependant, passer de l'animal à l'homme s'avère complexe car « introduire un virus vecteur du gène dans l'oreille n'est pas sans risque », souligne Jean-Luc Puel. De plus, chaque mutation génétique nécessite une stratégie particulière. Et cette médecine personnalisée risque fort de prendre du temps.

### ■ Greffer des cellules ciliées

Pourquoi ne pas greffer des cellules ciliées dans la cochlée? C'est encore hors d'atteinte: l'accès est trop difficile et le liquide dans la cochlée, trop riche en potassium, tue les cellules. Les chercheurs souhaitent donc implanter des cellules souches embryonnaires (des cellules prélevées sur l'embryon entre le cinquième et le septième jour, voir page 44) qui ont la capacité de se transformer en neurones auditifs. Ces derniers se reconnectent alors à des cellules ciliées. Chez le rongeur, l'amélioration de l'audition approche les 50%.

## ET L'ODORAT dans tout ça ?

REDONNER À UNE PERSONNE la capacité de humer un plat qui mijote ou les fleurs de son jardin reste une gageure.

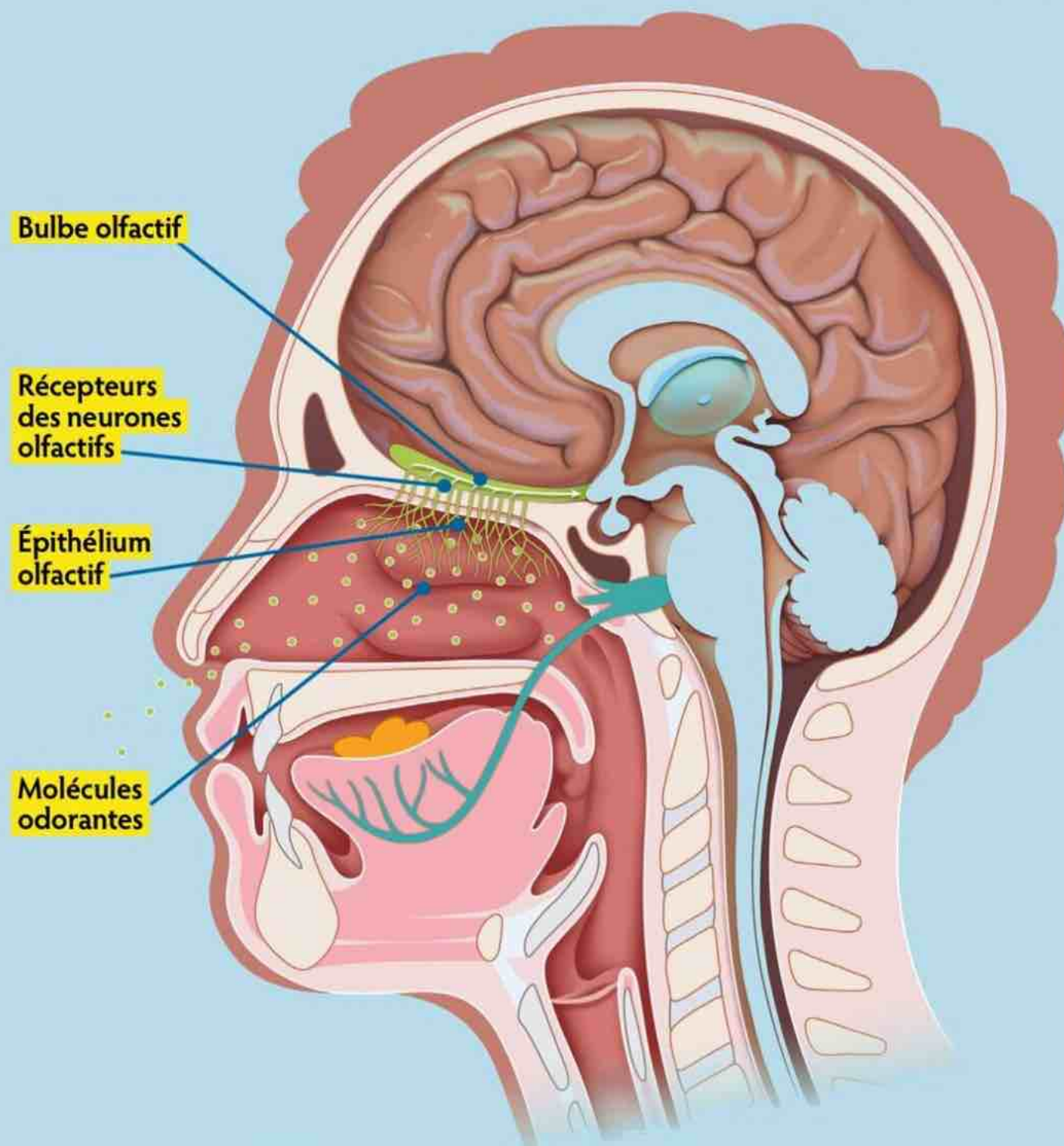
**B**eaucoup ont expérimenté la perte de ce sens à cause du Covid. En fait, l'anosmie (perte totale de l'odorat) touche environ 5 % de la population. Or, selon une étude de l'Inserm, un odorat en panne affecte le plaisir de manger, les relations sociales et expose à des risques d'accidents domestiques. La recherche reste très embryonnaire. Des scientifiques américains ont mis au point un implant nasal qui stimule électriquement les nerfs du bulbe olfactif grâce à des électrodes placées dans les cavités des sinus. Sur cinq personnes testées (à l'odorat intact), trois ont

réussi à sentir des odeurs (oignon, antiseptique, arômes acides et fruités). Autre piste: l'injection de cellules souches dans le nez. Chez la souris, cette thérapie cellulaire a permis de créer des neurones sensoriels olfactifs qui se connectent au bulbe olfactif. Le passage aux essais chez l'humain n'est pas pour tout de suite... Le CEA et la start-up française Aryballe planchent, eux, sur un nez électronique. Cette prothèse combine des capteurs d'odeurs miniatures et des stimulateurs neuronaux. Ce nez artificiel reconnaît environ 500 odeurs...

contre 1 000 milliards pour notre nez. Destiné à l'industrie du parfum, ce dispositif fait l'objet d'un projet de recherche qui doit mener, à terme, à la création d'une prothèse olfactive pour les personnes souffrant de perte d'odorat.

### Le système olfactif

Au fond de la cavité nasale, dans l'épithélium olfactif, les récepteurs des neurones olfactifs sont stimulés par les molécules odorantes. Ces neurones envoient l'information dans le bulbe olfactif. Ce dernier code l'information et la réexpédie aux structures supérieures du cerveau.



DELPHINE BAILLY



Grâce à une stimulation de la moelle épinière, des paraplégiques ont pu marcher quelques centaines de mètres après plusieurs mois de rééducation.



# REMARCHER

## Un rêve devenu réalité

DES PARAPLÉGIQUES SONT PARVENUS à faire quelques pas grâce à un implant. Et les prothèses deviennent de plus en plus sophistiquées.

**S**ur le long terme, je suis certain que l'on pourra retrouver l'usage complet de son corps», déclarait le milliardaire Elon Musk en 2020. Il présentait alors une puce implantable dans le cerveau, qui pourrait permettre, entre autres, aux paraplégiques de marcher à nouveau. La communauté scientifique se montre sceptique mais elle court après le même lièvre. Au-delà des exosquelettes qui suppléent les fonctions motrices, réparer les lésions de la moelle épinière constitue l'objectif ultime. «Si la lésion est

extrêmement sévère, nous sommes à des années-lumière de faire remarcher normalement des paraplégiques», prévient le Pr Grégoire Courtine, neuroscientifique à l'École polytechnique fédérale de Lausanne (EPFL), en Suisse. Mais tenir debout, faire quelques pas, c'est possible. Et cela améliore toute la physiologie. Il a réussi cette prouesse grâce à des implants stimulant électriquement la région de la moelle épinière, qui contrôle les muscles du tronc et des jambes, et à un logiciel intégrant de l'intelligence artificielle. «Pour reproduire la symphonie

de la marche, il faut que l'endroit et le timing de la stimulation soient d'une précision d'horloger suisse», ironise Grégoire Courtine. Neuf patients ont déjà été implantés, et un essai sur 70 personnes est prévu. L'équipe de l'EPFL a déjà démontré, chez l'animal, que si la lésion ne remonte pas à plus de trois ans, la stimulation électrique fait repousser les nerfs.

Pour viser la guérison, Grégoire Courtine, comme d'autres chercheurs, parie cependant sur la thérapie cellulaire. Une équipe israélienne a par exemple tenté de faire remarcher des souris grâce à un implant composé d'un hydrogel et de cellules souches pluripotentes reprogrammées, après avoir été prélevées sur le patient (voir explications p. 35). Aucun risque de rejet! Les



Cette prothèse mécatronique, mise au point par la société française Proteor, coordonne la cheville et le genou, et aide à limiter les chutes.





L'athlète suisse Silke Pan a perdu l'usage de ses jambes après un accident de trapèze. Équipée d'un exosquelette de 14 kilos, elle peut marcher et monter les escaliers.

Surnommées « cheetah » car elles s'inspirent des pattes de guépard, l'animal le plus rapide du monde, ces lames destinées à la course ne sont pas utilisées au quotidien.



résultats rendus publics en juillet dernier ont montré que 100% des souris blessées ont retrouvé leur capacité de marche. Ce résultat a ouvert la voie à un premier essai clinique chez l'homme, prévu pour 2024.

## Les prothèses bioniques s'adaptent à leurs utilisateurs

Les victimes d'une amputation d'un membre inférieur, elles, peuvent aujourd'hui être appareillées de prothèses de plus en plus sophistiquées, fabriquées dans des matériaux à la fois légers et résistants. Contrairement à une prothèse passive qui demande beaucoup d'efforts pour pallier l'absence de propulsion, une prothèse bionique s'adapte en temps réel à la marche de l'utilisateur. Pour cela, il existe différents dispositifs intelligents. Par exemple, dans celui mis au point par des chercheurs suisses, la voûte plantaire est équipée de capteurs pour remplacer les ressentis du pied. Des électrodes implantées dans les nerfs de la cuisse

reçoivent les informations émises par les capteurs et contractent la jambe en conséquence. Les patients qui l'ont testée montent plus facilement les escaliers, évitent les obstacles et fournissent moins d'efforts. De plus, la prothèse atténue la sensation de « membre fantôme », ces douleurs ressenties dans le membre perdu. Une entreprise française, Proteor, a aussi conçu, après sept ans de recherche, un ensemble bionique genou-cheville-pied léger (trois kilos), qui évite de devoir porter plusieurs prothèses.

Certaines prothèses reviennent très cher, à l'image de celle de la jambe du skipper Fabrice Payen, qui a pris le départ de la Route du Rhum en novembre. Bardée de capteurs, d'un accéléromètre, d'un compas gyroscopique pour indiquer à son genou dans quelle position il se trouve, elle a coûté 100 000 euros. Mais au-delà du prix, les prothèses sophistiquées ne conviennent pas à tout le monde. Et quelle que soit la technologie utilisée, remarcher exige des heures et des heures de rééducation et une volonté de fer. ■ C.C.

## Plus vite, plus haut, plus fort ?

Depuis 2013, le Brésilien Alan Oliveira détient le record du 100 mètres handisport : 10 s 57. Soit une seconde de plus qu'Usain Bolt, le sprinter le plus rapide à ce jour. Une prouesse rendue possible par le port de lames en fibres de carbone en forme de J. Ces dernières soulèvent le débat depuis 2012 : donnent-elles un avantage aux athlètes qui courent aux côtés des valides ? Oui, répond la Fédération internationale d'athlétisme. Non, répliquent des scientifiques, dans une étude publiée en 2022 dans la revue *Royal Society Open Science*. Selon eux, les athlètes amputés sont 40 % plus lents que les valides à la sortie des blocs de départ.



# RÉGÉNÉRATION

## Quand le corps s'autorépare

LA MÉDECINE RÉGÉNÉRATIVE promet de réparer les organes et tissus lésés grâce aux cellules souches, des cellules qui se multiplient à l'infini. Une piste prometteuse même s'il reste des obstacles.

**E**t si, comme chez les salamandres, nos organes pouvaient se réparer tout seuls ? Notre corps s'en montre déjà capable : si on prélève une partie du foie, par exemple, les cellules hépatiques se multiplient et l'organe retrouve sa taille normale. Mais les cellules du cœur, du cerveau, etc., ne s'autorégénèrent pas. Les recherches sur les cellules souches changent la donne. Il s'agit de cellules non spécialisées, qui peuvent se multiplier à l'infini et se différencier en n'importe quel type de cellule.

Parmi elles, les cellules souches embryonnaires sont prélevées entre le cinquième et le septième jour sur des embryons surnuméraires issus d'une FIV. Les cellules pluripotentes induites, elles, sont issues de cellules adultes (peau, muscles...) reprogrammées en laboratoire. Leur potentiel semble infini. Les essais foisonnent, par exemple pour traiter la dégénérescence maculaire ou le diabète de type 1 (les cellules productrices d'insuline du pancréas sont détruites par le système immunitaire). « Des cellules embryonnaires ont été transformées en cellules bêta pancréatiques et réinjectées chez plusieurs patients », explique Marc Peschanski, directeur scientifique d'I-Stem, labo dédié au développement de médicaments de thérapie cellulaire créé par l'AFM-Téléthon. Un patient a ainsi pu se passer d'insuline pendant un an.

### Des essais cliniques pour traiter la maladie de Parkinson sont en cours

Autre chantier : traiter la maladie de Parkinson. Chez l'animal, il a été montré que si l'on injecte de nouveaux neurones issus de cellules souches dans le striatum, des connexions se créent entre cette région du cerveau et la substance noire (zone où les neurones dopaminergiques sont détruits). Deux essais cliniques chez l'homme menés aux États-Unis et au Japon ont commencé cette année. Les chercheurs travaillent aussi sur la régénéra-

tion de la peau. Chez I-Stem, une équipe va greffer un épiderme de peau dérivé de cellules souches sur des patients souffrant de drépanocytose (qui provoque des ulcères de jambe). Marc Peschanski reste prudent. « On assiste à un bouillonnement d'essais. D'ici cinq ans nous aurons des résultats, mais il est difficile de dire dans quelles indications. D'autres traitements se développent – comme la thérapie génique –, donc la thérapie cellulaire ne sera pas forcément la plus indiquée pour toutes les pathologies étudiées. »

Certains essais se soldent par des déceptions. « Il y a eu des travaux sur le cœur, pour le réparer après un infarctus, souligne Marc Peschanski. Mais les contractions du cœur fragilisaient les cellules greffées. » Les équipes se dirigent plutôt vers l'injection de molécules sécrétées par les cellules souches. Il reste aussi des défis à relever. À commencer par l'énorme quantité de cellules à produire. Pour certaines pathologies, il en faut un million, voire un

milliard pour une insuffisance hépatique. Les entreprises impliquées savent fabriquer des cellules souches de qualité en grande quantité. « En une semaine, nous obtenons 15 milliards de cellules pluripotentes à partir de 50 millions de cellules souches », explique Maxime Feyeux, cofondateur de TreeFrog, qui prévoit un essai sur Parkinson en 2024.

### Le nouveau défi : éviter les réactions de rejet chez le receveur

Si les traitements se généralisaient, il faudrait donc passer à une échelle industrielle. Par ailleurs, pour l'instant, une injection de cellules souches s'accompagne d'un traitement immunosuppresseur afin d'éviter le rejet. « L'idéal serait de prélever des cellules souches du receveur, de les reprogrammer et de les réinjecter au même patient, note Marc Peschanski. C'est possible, mais extrêmement coûteux. » Il faudrait donc produire des lignées cellulaires que le système immunitaire ne voit pas, grâce à une modification génétique, ce qui peut poser d'autres problèmes, comme le manque de contrôle par l'organisme receveur. Malgré les espoirs soulevés par ces thérapies, la recherche doit encore faire ses preuves. ■

## LA RÉVOLUTION de la 3D

POUR FABRIQUER DES PROTHÈSES, l'impression en relief s'est imposée. Celle de tissus vivants progresse.

**U**n crâne, une vertèbre, un implant dentaire... « L'impression 3D permet de produire des pièces en série à moindre coût, mais aussi des pièces sur mesure, conformes à l'anatomie du patient », souligne Jean-Christophe Fricain, directeur de l'ART BioPrint à Bordeaux (Gironde).

Imprimer des prothèses de hanche ou de genou en titane ou en céramique sur mesure est devenu courant. En août dernier, une mâchoire en titane a été greffée à un patient. Et en 2014, aux Pays-Bas, des médecins ont remplacé le crâne d'une patiente de 22 ans, dont les os qui

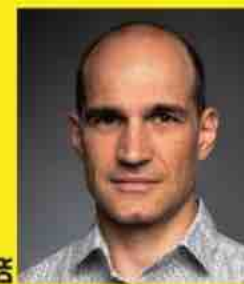
s'épaississaient comprimaient le cerveau, par un modèle en plexiglas. Depuis une quinzaine d'années, les scientifiques déclinent cette technique sur des tissus vivants, imprimés par une machine laser ou à jet d'encre, avec, en guise d'encre, une solution de cellules. Mais beaucoup





Chez TreeFrog Therapeutics, une société bordelaise, les cellules souches se multiplient dans des bioréacteurs de dix litres.

## « Il faut réfléchir aux enjeux éthiques »



Éric Fourneter, maître de conférences en philosophie, laboratoire Ethics à l'Université catholique de Lille. Il a publié *Le Cerveau implanté* (éd. Hermann).

**On parle « d'humain réparé », mais souvent il s'agit plus d'une compensation que d'une réparation...**

Éric Fourneter: En effet, de nombreuses techniques compensent la perte d'une fonction. C'est le cas des prothèses de bras ou de jambes, mais aussi des implants cérébraux, par exemple des neuroprothèses de la parole: des scientifiques testent des implants introduits dans le cerveau pour capter l'activité des neurones liés à la parole, puis une intelligence artificielle reconstitue une voix de synthèse, permettant à des personnes paralysées de communiquer. Mais quand on retire le dispositif artificiel, la personne retrouve son handicap.

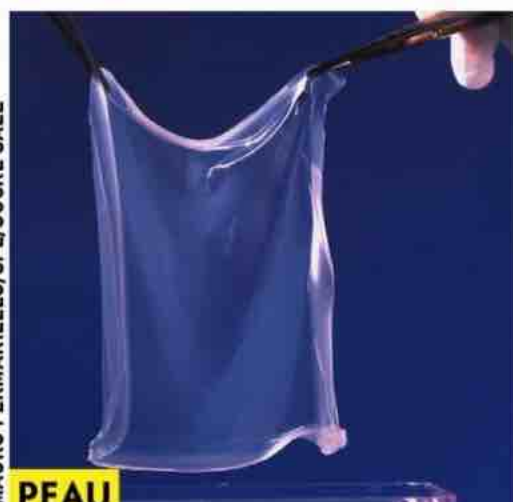
**Doit-on craindre que ces dispositifs ne soient plus réservés aux handicapés, et que l'on aille vers « l'homme amélioré » ?**

La chirurgie esthétique, qui visait à l'origine à réparer les gueules cassées de Verdun, est aujourd'hui aussi destinée à des personnes sans trouble particulier mais qui vivent mal avec une partie de leur visage ou de leur corps. Qui peut se prononcer sur la légitimité de leur demande ? En ce qui concerne les implants cérébraux: qui sera juge du mal-être d'une personne ne se sentant pas assez intelligente ou qui voudrait avoir plus de mémoire ? Moralement, la question se pose. Les transhumanistes, eux, pensent qu'au nom de la liberté individuelle personne n'a le droit de dire à autrui que faire de son corps. Il y a donc une réflexion à mener. C'est là le rôle, entre autres, de la philosophie.

**Un débat éthique est nécessaire...**

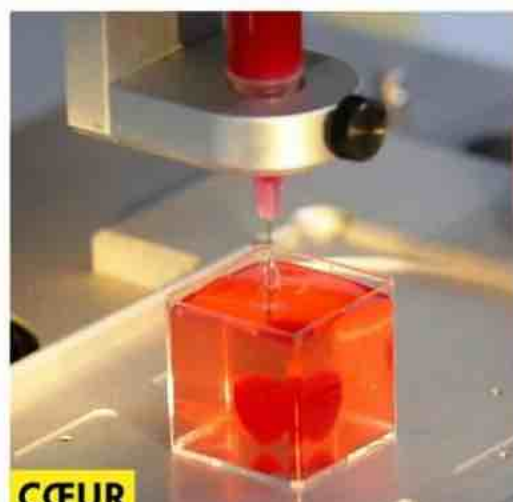
C'est d'autant plus crucial que les implants sont introduits dans le cerveau, siège de notre conscience, de notre personnalité et plus globalement de l'identité humaine. Qu'est-ce qu'être humain quand une partie de soi est composée d'un artifice comme un implant cérébral ? Il faut réfléchir aux enjeux dès la conception des dispositifs: par exemple, pour les neuroprothèses, le patient doit garder le contrôle sur la machine. Il faut recueillir l'avis des concernés: de quelles technologies ont-ils besoin pour mieux vivre ?

MAURO FERMARIELLO/SPL/SUCRÉ SALÉ



**PEAU**

Cette bande d'épiderme, obtenue à partir de cellules souches modifiées génétiquement permet de traiter des dermatoses.



**CŒUR**

À l'université de Tel-Aviv (Israël), un cœur de deux centimètres, avec ses vaisseaux sanguins a été imprimé en 3D.



**L'AVENIR ?**

Si la bio impression représente un espoir, nous sommes très loin de savoir fabriquer des organes fonctionnels.

JACK GUEZ/AFP

FRANÇOIS GUENET

de fantasmes entourent ces techniques. « Il est actuellement impossible d'imprimer des organes fonctionnels, insiste Jean-Christophe Fricain. Dans un tissu vivant, on trouve un réseau de vaisseaux sanguins de diamètres variés et aux propriétés différentes. C'est difficile à reproduire techniquement. »

La bio-impression a fait ses preuves pour des tissus non vascularisés, comme le cartilage ou la peau – pour cette dernière, un essai clinique est en cours à

Marseille afin d'en implanter chez des patients. « L'avantage par rapport à la greffe, c'est qu'on l'obtient rapidement, à partir d'un tout petit échantillon de peau du patient », note Jean-Christophe Fricain.

En attendant des résultats, la bio-impression sert surtout à fabriquer des amas de cellules pour tester des médicaments, ou des avatars de tumeurs afin d'observer comment les cellules s'y multiplient.



UMC UTRECHT

Ce crâne en plexiglas, implanté chez une patiente néerlandaise a été imprimé en 3D.



# LES CHAMPIGNONS





# sortent du bois

CES ORGANISMES battent tous les records – taille, poids, longévité –, et présentent une incroyable diversité. La preuve par l'image avec cette étonnante sélection d'espèces qui poussent sur des troncs d'arbres morts ou vivants.



## PÉZIZE

### En coupe réglée

Les pézizes sont de petits champignons à la forme caractéristique de coupe. Celle-ci contient les spores utiles à leur reproduction. Les pézizes, comme ces *Cookeina tricholoma*, que l'on trouve en Guyane ou en Martinique, ont pour cousines les morilles et les truffes, recherchées des gastronomes.





HYDNE HÉRISSE

## Utilisé pour tonifier la mémoire

Cette boule a inspiré les naturalistes. Rare en France, *Hericium erinaceus* se traduit par « hydne hérisson ». D'autres évoquent une crinière de lion, tandis que les Chinois y voient une tête de singe. On lui prête des vertus pour tonifier la mémoire et lutter contre les effets du vieillissement, et il est cultivé au Japon et en Chine.

HENNY VAN EGDON/MINDEN PICTURES/BIOSPHOTO

## COUPE D'ELFE

### Un bijou dans la forêt

*Chlorociboria aeruginascens* se signale par sa couleur bleue qui déteint sur son bois hôte, autrefois utilisé en marqueterie. Ce champignon, baptisé « coupe d'elfe » verte par les Anglo-Saxons, se rencontre dès la fin du printemps et jusqu'au début de l'hiver.







YVES LANCEAU/BIOSPHOTO

CISCA CASTELLJNS/MINDEN PICTURES/BIOSPHOTO



#### POLYPORE SOUFRE

### On passe à table

*Laetiporus sulphureus* s'arrime à un tronc et s'étale en déployant des couches superposées. Il se cuisine comme un filet de poulet et dégage une forte odeur de champignon de Paris. Il ne faut surtout pas le goûter cru ou vieux.

## Un champignon est l'appareil reproducteur d'un organisme souterrain, le mycélium

#### MARASME CANDIDE

### Un parachute dans le jardin

N'est-il pas joli, ce bouquet de *Marasmiellus candidus* ?

Même desséchés, ces champignons peuvent se réhydrater et libérer leurs spores pendant plusieurs semaines. Non comestibles, ils intéressent le secteur des levures industrielles.



BERNARD DUBREUIL/BIOSPHOTO

#### PORES D'ORANGE

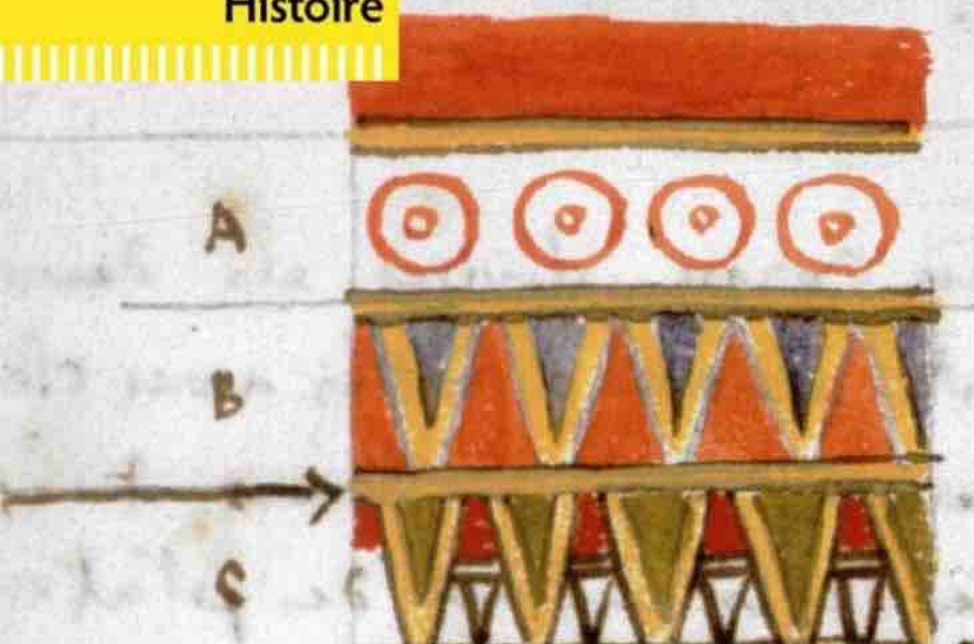
### Couleur miel

Les pores alvéolés de ce *Favolashia* lui ont donné son nom, issu du latin *favus*, qui signifie « rayon de miel ». Découvert à Madagascar au XIX<sup>e</sup> siècle, ce champignon à pores d'orange, comme on l'appelle aussi, s'est répandu partout sur la planète, jusqu'à devenir désormais invasif dans certaines régions.



CREDIT PHOTO





Détails du collier de la Momie n°1

Une grande exposition lui est consacrée au musée

# La face cachée

ON LE REPRÉSENTE en savant couvert d'honneurs. Mais on sait moins qu'il a étudié le chinois ou n'a découvert l'Égypte qu'à la fin de sa vie.

Jusqu'au début du XIX<sup>e</sup> siècle, l'Égypte restait un mystère. Ses vestiges étaient somptueux, mais muets – puisque personne ne pouvait lire les inscriptions qui les accompagnaient. Et puis, voici deux siècles, en 1822, Jean-François Champollion a réussi à percer le secret des hiéroglyphes. Il a rendu leur langue aux Égyptiens, nous permettant d'accéder enfin à leur civilisation. Cette prouesse a fait, presque immédiatement, sa gloire : il a été nommé à la tête du Musée égyptien au Louvre, créé en 1827, puis au Collège de France, à Paris. Mais en dehors de ce haut fait, on connaît mal ce savant. Qui était-il vraiment ? Sait-on qu'il a étudié le chinois, qu'il a attendu plus de vingt ans avant de pouvoir se rendre en Égypte, ou que c'est lui qui a choisi l'obélisque dressé place de la Concorde ? Voici quelques aspects méconnus de la vie de ce génie. ■

Jean-Marie Bretagne

## Son portrait post mortem

Ce tableau, pas forcément ressemblant, a été peint deux ans après la mort de Jean-François, en 1834, par Léon Cogniet. Le savant se tient devant une Égypte imaginaire, la Légion d'honneur à la boutonnière.

MICHEL URTADO/RMN-GP/LOUVRE LENS



## Ce surdoué fut aussi un cancre

Avant d'être un savant glorieux, Jean-François Champollion est un écolier inconstant. À Figeac (Lot), dans le sud-ouest de la France où il est né en 1790, un prêtre, l'abbé Calmet, lui donne ses premiers cours. Mais l'enfant est mauvais en maths et néglige l'orthographe. Dans une lettre à Jacques-Joseph, son frère aîné parti gagner sa vie à Grenoble (Isère), le religieux se plaint de la « négligence »

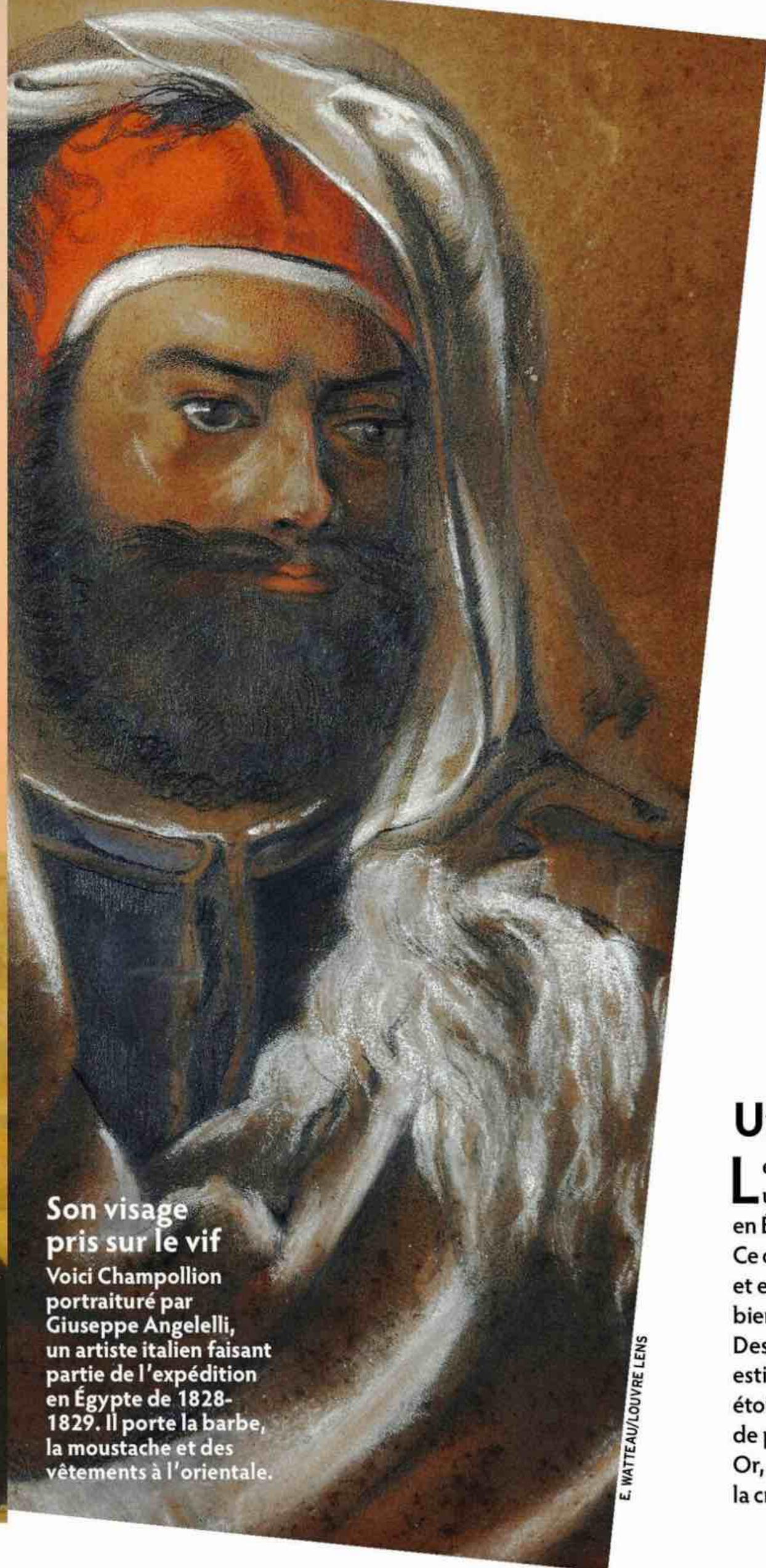
du petit Jean-François. « Il y a des jours où il paraît vouloir tout apprendre, d'autres où il ne ferait rien ! » se désole Dom Calmet. Cependant, il comprend rapidement que ce gamin fantasque a aussi des dons hors du commun. Ainsi, Jean-François se passionne dès l'enfance pour les langues orientales – dont il découvre peut-être des rudiments dans la librairie que tient son père à Figeac.



bleu.

du Louvre-Lens

# de Champollion



**Son visage pris sur le vif**  
Voici Champollion portraituré par Giuseppe Angelelli, un artiste italien faisant partie de l'expédition en Égypte de 1828-1829. Il porte la barbe, la moustache et des vêtements à l'orientale.

E. WATTEAU/LOUVRE LENS

THE TRUSTEES OF THE BRITISH MUSEUM



## Il déchiffre les hiéroglyphes... puis perd connaissance

14 septembre 1822. Jean-François Champollion entre dans le bureau de son frère, à Paris, et lui lance : « Je tiens l'affaire ! » Il vient de déchiffrer des inscriptions provenant d'un temple d'Abou Simbel qui contenaient, en hiéroglyphes, les noms des souverains Ramsès et Toutoumôsis. Selon le récit qu'en fera Aimé Champollion, son neveu, Jean-François est tellement bouleversé qu'il s'évanouit d'émotion. Deux semaines plus tard, il stupéfie la communauté scientifique en annonçant le résultat de ses travaux.

## Un anticlérical soutenu par le pape

**L**e *Zodiaque de Dendérah* est un plafond sculpté découvert en Égypte figurant la voûte céleste. Ce chef-d'œuvre est apporté en France et exposé en 1822 à Paris. Il provoque bientôt une controverse passionnée. Des érudits férus d'astronomie estiment, d'après la configuration des étoiles représentées, qu'il est vieux de plusieurs milliers d'années. Or, selon la tradition chrétienne, la création du monde remonte

à 4000 ans avant Jésus-Christ – il ne faudrait pas que le *Zodiaque* invalide ce récit ! Champollion, auréolé par ses travaux sur les hiéroglyphes, s'appuie sur les noms d'empereurs gravés sur le bas-relief et conclut, pour sa part, que ce décor a été sculpté vers le début de notre ère. Excellente nouvelle pour le pape Léon XII, qui félicite chaleureusement Jean-François ! Un comble, puisque ce dernier était un anticlérical convaincu. ►►







## Son frère, ce héros de l'ombre

À chaque étape de la vie et de la carrière de Champollion, son frère aîné Jacques-Joseph fait figure d'ange gardien. Ainsi, quand Jean-François a une dizaine d'années, il le fait venir à Grenoble et entrer en pension au lycée impérial de la ville. C'est lui aussi qui nourrit sa passion des langues orientales en lui donnant divers livres, comme un dictionnaire d'hébreu, un précis de grammaire éthiopienne... Il lui fait rencontrer Joseph Fourier, préfet de l'Isère et savant qui a accompagné Bonaparte en Égypte en 1798 – de quoi stimuler l'imagination du jeune surdoué. Ensuite, il le pousse à poursuivre ses études à Paris auprès des meilleurs professeurs, notamment au Collège de France. Et c'est encore Jacques-Joseph qui l'incite inlassablement à déchiffrer les hiéroglyphes.

## Il a été assigné à résidence pendant un an et demi

Le 1<sup>er</sup> mars 1815, Napoléon s'échappe de l'île d'Elbe et revient en France. Une semaine plus tard, il entre dans Grenoble. Un homme se met immédiatement à son service : Jacques-Joseph Champollion. Comme son frère cadet, il est farouchement antiroyaliste. Malheureusement pour eux, Napoléon est défait à Waterloo en juin 1815. La réaction royaliste est féroce : les Champollion sont chassés des postes qu'ils occupaient à la bibliothèque de Grenoble, et assignés pendant un an et demi à résidence à Figeac.

## C'est lui qui a choisi l'obélisque de la Concorde

L'obélisque de la place de la Concorde doit beaucoup à Jean-François Champollion. Initialement, le vice-roi d'Égypte Méhémet Ali voulait offrir à notre pays les deux obélisques d'un temple d'Alexandrie. Mais Champollion conseille à Charles X de demander ceux de Louxor, plus intéressants car ornés de hiéroglyphes. C'est aussi lui qui choisit lequel de ces monuments doit être transporté le premier jusqu'en France : celui qui est à la droite du temple, car l'autre est fracturé à sa base. Là encore, ses conseils seront suivis : c'est bien cet obélisque dit « occidental » que nous pouvons admirer à Paris.



# LA PIERRE DE ROSETTE

## La clé des hiéroglyphes

### ■ Découverte par les Français

Été 1799 : des soldats de l'armée de Bonaparte découvrent en Égypte, dans la ville de Rachid (Rosette, en français), une stèle de granodiorite. Datant du II<sup>e</sup> siècle avant J.-C., elle porte une inscription en trois langues : des hiéroglyphes, du démotique – version simplifiée des hiéroglyphes utilisée dans l'Égypte antique –, et du grec. Aussitôt naît un fol espoir : et si, grâce au grec, on pouvait déchiffrer les deux langues égyptiennes ?

### ■ Saisie par les Anglais

Défaits par les Anglais, les Français capitulent à Alexandrie en 1801. Ils leur abandonnent leurs trésors... et notamment la pierre de Rosette. Elle rejoint le British Museum, à Londres, où elle est encore exposée aujourd'hui.

### ■ Déchiffrée par un Anglais et – surtout – un Français

Plusieurs copies de la pierre circulent en Europe. En 1818, Thomas Young, à Londres, parvient à isoler quelques signes et à « deviner » un nom, celui de Ptolémée, dans une inscription de la pierre. Quatre ans plus tard, Champollion va beaucoup plus loin et expose le fonctionnement général des hiéroglyphes. Le savant anglais applaudit ses travaux, mais lui demande d'admettre qu'il s'est aidé des siens. Ce que Champollion nie formellement.





## Son arme secrète, le copte

Parmi les langues que Jean-François apprend – notamment le chinois ! –, il en est une qui le passionne car il pressent qu'elle peut l'aider à percer le mystère des hiéroglyphes. C'est le copte, langue liturgique des chrétiens d'Égypte, issue de l'ancien égyptien. Aussi s'entraîne-t-il à penser en copte, à rêver en copte... « Sur cette langue sera basé mon grand travail sur les papyrus égyptiens », écrit-il en 1809 à son frère. De fait, c'est bien grâce au copte qu'il comprend en 1822 que certains hiéroglyphes ont une valeur phonétique – une clé de leur déchiffrement.



Sur ce tableau, Champollion est assis, de face, au milieu des membres de l'expédition franco-toscane. À côté de lui, l'égyptologue Ippolito Rosellini (pantalon rouge).

BRIDGEMAN

## Il découvre l'Égypte à la fin de sa vie

En 1806, alors qu'il n'a pas 16 ans, l'Égypte devient la passion de Champollion, son unique horizon. « Je veux faire de cette antique nation une étude approfondie et continue », écrit-il cette année-là à ses parents. Mais il lui faudra patienter plus de vingt ans avant de découvrir la terre des pharaons. Longtemps, il se contente d'admirer, depuis la France, des reproductions de ses chefs-d'œuvre. Il les trouve notamment dans la *Description de l'Égypte*, un ouvrage monumental réalisé par les savants qui accompagnaient Bonaparte lors de sa campagne de 1798. Cependant, Champollion suspecte ce livre d'être bourré d'erreurs – « ses dessins sont fort beaux », écrit-il à son frère, mais les explications qui les accompagnent sont « de l'eau de boudin » ! Il brûle de voir les œuvres originales, à Louxor ou Alexandrie. En 1828, il parvient à constituer une expédition franco-italienne, avec le soutien du roi Charles X et du grand-duc de Toscane. Cette campagne sera un éblouissement. Il en rapporte des centaines de pièces antiques et 1 500 dessins représentant des temples, des statues, des bas-reliefs... Ainsi qu'un exemplaire de la *Description de l'Égypte* sur lequel il a corrigé toutes les fautes identifiées pendant son voyage ! Il meurt brutalement à 41 ans, deux ans après son retour d'Égypte.

### POUR EN SAVOIR PLUS

#### À voir

**Champollion. La voie des hiéroglyphes**, exposition au Louvre-Lens (Pas-de-Calais) jusqu'au 16 janvier 2023.

**Dans le secret des hiéroglyphes**, un film de Jacques Plaisant, à découvrir sur arte.tv ou YouTube.

« **Champollion, courir contre le temps** », un podcast en cinq épisodes d'Emmanuel Suarez. Sur [radiofrance.fr](http://radiofrance.fr)

## Un décret de Ptolémée V

Le texte inscrit sur la pierre de Rosette est un décret de -196 instituant le culte du pharaon Ptolémée V. Il est écrit dans deux versions égyptiennes (sous forme démotique et hiéroglyphique) et en grec, car l'Égypte est, de -332 à -30, sous domination hellénique.

THE TRUSTEES OF THE BRITISH MUSEUM



Le radiotélescope du plateau de Bure est pleinement opérationnel

# Douze antennes pointées vers le ciel

DANS LE MASSIF ALPIN DU DÉVOLUY, près de Grenoble, l'observatoire de radioastronomie Noema est aujourd'hui le plus puissant radiotélescope de l'hémisphère nord.

**E**n matière d'observation astronomique, la France n'avait pas vraiment de raisons de pavoiser : les principaux télescopes terrestres de la planète sont tous installés hors de ses frontières, qu'il s'agisse du Very Large Telescope (VLT) au Chili, du télescope Keck à Hawaï ou encore du radiotélescope Fast dans le sud de la

Chine. Mais ça, c'était avant. Avant le 30 septembre dernier, jour de l'inauguration des douze antennes du radiotélescope Noema, au sommet du plateau de Bure, dans le massif alpin du Dévoluy (Hautes-Alpes). Noema, mélodieux acronyme d'une appellation obscure : NOrthern Extended Millimeter Array. La traduction littérale aurait peu ►►







### Trente-deux ans de travaux

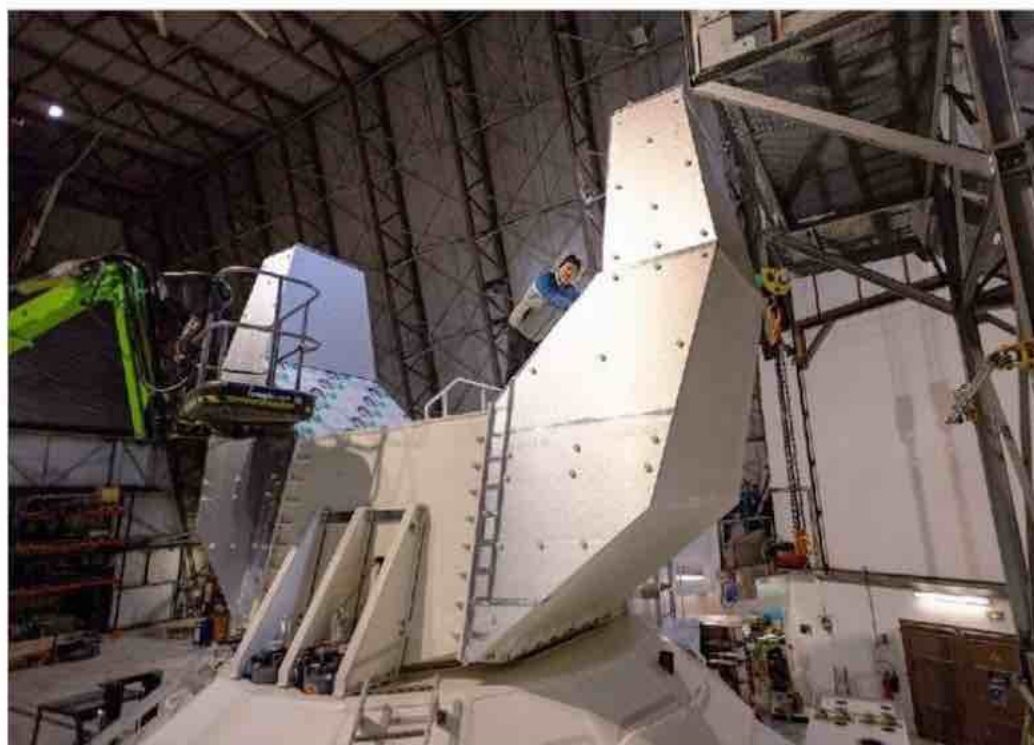
La construction de l'observatoire a commencé en 1990. On ne comptait au départ que trois antennes. Trente-deux ans plus tard, la douzième vient d'être inaugurée. Les données récoltées sont analysées à l'Institut de radioastronomie millimétrique (Iram), à Grenoble (Isère).





L'observatoire, à 2 550 mètres d'altitude, est difficile d'accès. En attendant l'ouverture d'un téléphérique, on y monte à pied par un couloir raide qui, l'hiver, nécessite du matériel d'alpinisme.

Chaque parabole repose sur une monture altazimutale qui s'oriente selon un axe vertical (hauteur) et un axe horizontal (azimut). Elle peut être pointée avec une précision d'une seconde d'arc dans les deux plans.



► de sens pour le profane. Ce qu'il faut comprendre, c'est qu'avec Noema la France vient de se doter du plus puissant radiotélescope millimétrique de l'hémisphère nord.

Des télescopes, il y en a de deux grandes sortes. Des télescopes optiques, d'abord. Ceux-là scrutent le ciel dans le domaine des longueurs d'onde visibles, de l'ultraviolet proche et de l'infrarouge proche. Dans cette catégorie, on compte le VLT du Chili, un certain nombre d'autres instruments terrestres, mais aussi le télescope spatial Hubble et son fameux successeur, le James-Webb Space Telescope, qui, tous deux, orbitent autour de notre planète.

### Ici, on observe ce qui s'est passé juste après le Big Bang

L'autre grand groupe est celui des radiotélescopes. Basés à terre, ces engins explorent l'Univers dans une autre gamme d'ondes, celle des ondes radio. Ils accèdent à un niveau de détails que les télescopes optiques ne peuvent atteindre. «Les paraboles

## Les antennes de l'observatoire peuvent zoomer et distinguer un objet de la taille d'un smartphone à plus de 500 kilomètres

de Noema peuvent analyser la composition chimique d'objets cosmiques proches, les comètes par exemple», décrypte Roberto Neri, le responsable scientifique de l'Institut de radioastronomie millimétrique (Iram), l'organisme qui a développé Noema. «Elles sont aussi particulièrement indiquées pour observer le gaz interstellaire froid, ainsi que les galaxies les plus lointaines, les premières à s'être formées après le Big Bang. Leurs molécules sont riches d'informations sur leur naissance. Car chaque molécule possède sa propre signature électromagnétique, que nos instruments détecteront et qui permettra de l'identifier.»

Les instruments en question, ce sont donc ces 12 paraboles de 15 mètres de diamètre

chacune. Lorsqu'elles sont mises en réseau, les signaux qu'elles reçoivent sont combinés grâce à un superordinateur. Elles peuvent ainsi capter des sources astronomiques encore plus lointaines que si elles agissaient chacune dans leur coin. Ce n'est pas tout : conçues pour pouvoir être déplacées le long de deux rails dont le plus long mesure 1,7 kilomètre, elles augmentent d'autant leur capacité à zoomer sur un objet astronomique pour en observer ses détails. Dans leur configuration la plus étendue, les 12 antennes de Noema pourraient distinguer un objet de la taille d'un smartphone à plus de 500 kilomètres. Les ingénieurs de l'Iram ne comptent pas en rester là : «On envisage de placer des antennes dans une dizaine de grandes stations de ski







En 2021, Noema réussissait à produire cette image de la galaxie spirale IC342 dans la constellation de la Girafe, à 11,4 millions d'années-lumière de la Voie lactée. Prise dans le domaine des ondes radio, l'image prouve la présence de gaz moléculaire au long des « bras » de la spirale, révélant l'existence de régions de formation intense d'étoiles.

IRAM/VLA/MAYALL/DSS2/A. SCHRUBA

des Alpes, disséminées sur une surface d'environ 5000 kilomètres carrés, explique Roberto Neri. En mettant toutes nos antennes en réseau, on obtiendra l'équivalent d'une antenne géante avec une parabole virtuelle de 80 kilomètres de diamètre.»

## Noema a mesuré la température des débuts de l'Univers

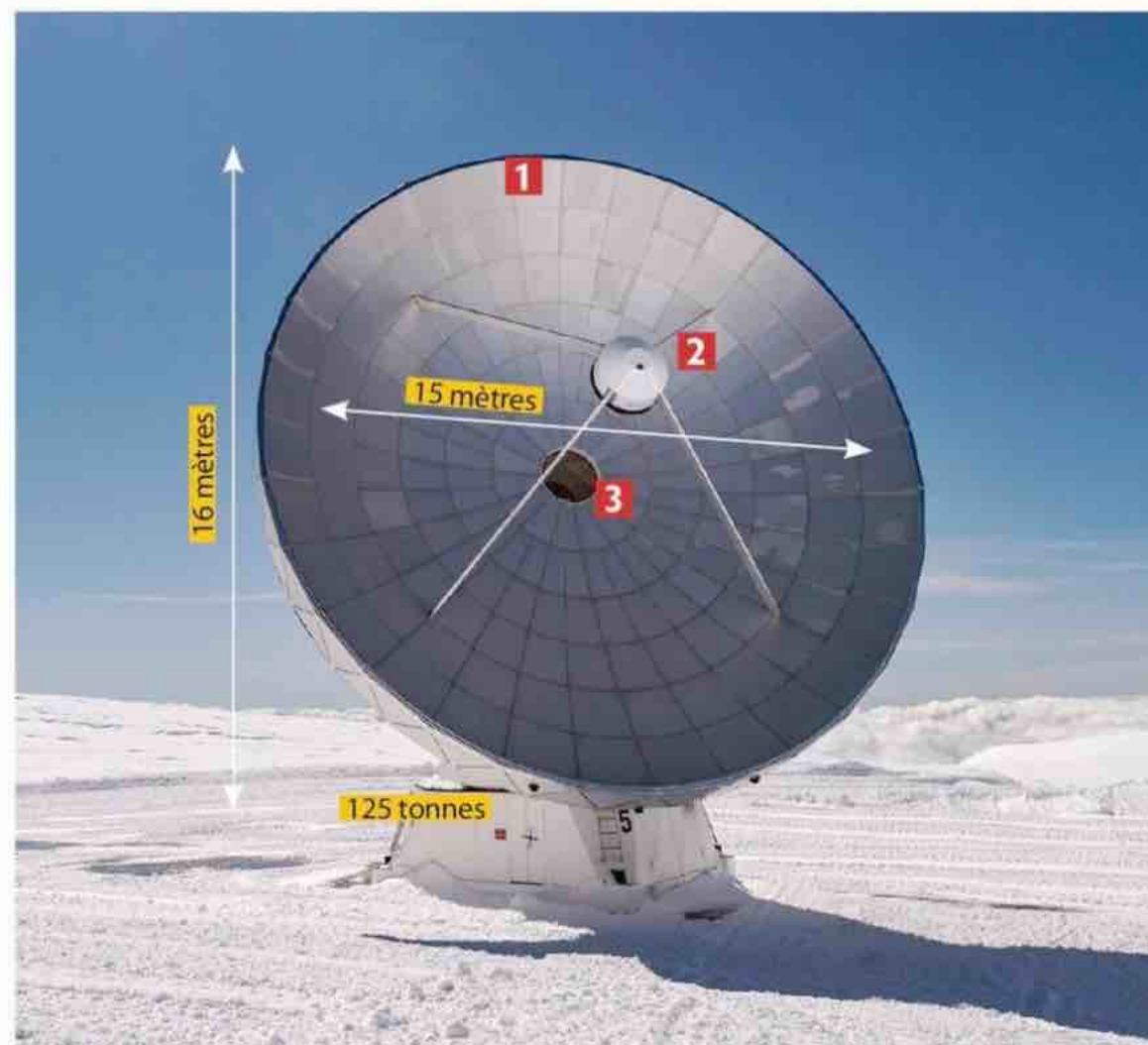
Si cette opération pharaonique voyait le jour, elle hisserait peut-être Noema au premier rang mondial des observatoires de sa catégorie. Mais le projet ne devrait pas aboutir avant au moins une vingtaine d'années. Pour l'instant, dans la série des radiotélescopes millimétriques, c'est Alma qui occupe le haut du podium. Mais cet ensemble de 66 antennes perché à 5000 mètres d'altitude dans le désert d'Atacama, au Chili, est partagé par toute la communauté scientifique internationale. Dès lors, «la France ne bénéficie que d'une petite fraction du temps d'observation, reprend Roberto Neri. Noema, en

revanche, est financé par la France, l'Allemagne et l'Espagne: ces trois pays sont donc largement bénéficiaires du temps d'observation alloué. Autrement dit, la France dispose d'environ un tiers du temps d'observation total». Pour autant, Alma et Noema ne sont pas en compétition. Tous deux participent à l'ambitieux projet mondial baptisé Event Horizon Telescope, consistant à mettre en réseau huit radiotélescopes implantés autour du globe et permettant de créer un télescope virtuel au diamètre équivalent à celui de la Terre. C'est grâce à cette collaboration que, début 2021, les premières images dynamiques du trou noir supermassif au centre de notre

## Des monstres de précision

Comme tous les télescopes de type Cassegrain, ceux de Noema sont conçus autour d'un miroir primaire concave et parabolique **1** destiné à recevoir le flux d'ondes. Ce flux est ensuite renvoyé vers le miroir secondaire convexe **2**, lequel concentre enfin le flux vers l'intérieur de la parabole, dans le récepteur **3**. Grâce à des résistances, la surface de la parabole est maintenue à une température juste au-dessus du point de rosée pour éviter l'humidité (la vapeur d'eau faisant écran aux ondes radio). Le récepteur, lui, est maintenu

à 4 degrés kelvin (-269°C). Car l'énergie des ondes radio captées est si faible (elles sont extrêmement « froides ») qu'il faut un environnement très froid pour les détecter. Chaque antenne du télescope Noema est placée sur des rails qui lui permettent d'avancer ou de reculer en fonction de la distance à laquelle se trouve l'objet astronomique visé. Sur deux grands axes, dont le plus long mesure 1,7 kilomètre, les antennes se déplacent à la vitesse d'un mètre par seconde.



galaxie, Sagittarius A\*, ont pu être réalisées. Elles devraient être publiées courant 2023.

De son côté, l'observatoire a déjà engrangé de beaux résultats, avant même l'inauguration de sa douzième antenne. En février dernier, il mesurait, pour la première fois, la température du «fond diffus cosmologique» – ce résidu de l'énergie libérée après le Big Bang. Résultat: l'univers des origines baignait dans un rayonnement cosmique d'une température de 20 kelvins (-253,1°C), sept fois plus que celle de l'univers actuel. Nul doute que Noema réserve bien d'autres découvertes à la communauté scientifique. ■

Cyril Azouvi - Photos Pierre Witt/Hemis.fr



UNE EXPOSITION RÉUNIT, au musée de l'Homme, plus de 90 œuvres venues de la nuit des temps et de toutes les régions du monde. Voici quelques-uns de ces trésors.



### Hommage aux rondeurs

Le ventre volumineux et porté très bas semble évoquer une femme sur le point d'accoucher. Comme toutes les « Dames » du gravettien (de -34000 à -26000), la sculpture présente des formes très arrondies. Façonnée dans de la calcite brune translucide, elle a été exhumée dans l'abri du Facteur, à Tursac (Dordogne), en 1959.

RMN-GRAND PALAIS - MAN - JEAN-GILLES BERIZZI

MNHN - J.-C. DOMENECH (3)

# LES CHEFS-D'ŒUVRE

### Une jeune fille sculptée pour l'éternité

La netteté de la fente vulvaire valut à cette figurine, trouvée, en 1863 dans l'abri de Laugerie-Basse (à moins d'un kilomètre de celui de Pataud), le surnom de *Vénus impudique*. Elle représente sans doute une fillette. Au magdalénien (-21000 à -14000), culture qui succède au gravettien, les rondeurs s'atténuent et les formes s'étirent.







### Une muse à contempler sous tous les angles

Pablo Picasso vit dans cette *Dame de Lespugue* la « quintessence des formes féminines, l'origine de tout ». Bien que fracturée par un coup de pioche lors de sa découverte en 1922 en Haute-Garonne, elle présente des figures féminines variées selon l'angle du regard : une jeune fille, une femme enceinte et, si on la retourne, une femme à la longue chevelure.

### Une belle Dame en relief

Occupé régulièrement durant quinze mille ans, l'abri Pataud, en Dordogne, a révélé des squelettes humains, des parures en ivoire, un biface néandertalien et cette figure féminine. La *Vénus de Pataud* a été découverte fortuitement en retournant un bloc de calcaire jugé sans intérêt.



# DE LA PRÉHISTOIRE



**D**es milliers d'années nous séparent des artistes qui ont réalisé les 90 merveilles (et les centaines de peintures et de gravures au format numérique) présentées dans l'exposition Arts et Préhistoire, tout juste inaugurée au musée de l'Homme, à Paris. Les créateurs et créatrices de ces œuvres du paléolithique et du néolithique, datant pour les plus anciennes d'il y a 40 000 ans, avaient-ils une intention artistique en façonnant ces statuettes ou en gravant ces tablettes ? « Si la validité du terme "art" peut encore être discutée pour des périodes si lointaines, celle du mot artiste est assurée », explique Éric Robert, archéologue, préhistorien et commissaire de l'exposition avec Patrick Paillet. « En effet, non seulement la puissance esthétique de ces objets et de ces images parvient

toujours à nous émouvoir, mais la dimension gestuelle et technique démontre l'existence d'un apprentissage, de règles, de pratiques. »

### **Sapiens décorait les parois des grottes, mais aussi les objets du quotidien**

Notre ancêtre *Sapiens* a exprimé sa créativité sur les parois des grottes, mais aussi sur des défenses de mammouths, des os d'animaux, des blocs de calcaire ou des bois de renne. Il a créé des fresques et des objets aux fonctions mystérieuses, et même enjolivé ses outils. On verra par exemple au musée de l'Homme un lisseur, orné d'un grand ongulé, et des propulseurs (supports d'armes de jet) décorés pour l'un d'un faon et l'autre de bouquetins. ■

**Frédérique Boursicot**



## Des troupes et leurs bergers

Ovins et caprins sont largement représentés dans l'art rupestre. Dans cet abri du Gilf el-Kebir, bergers et bergères font aussi partie du tableau. Cette association atteste sans doute d'une activité pastorale sur ce plateau montagneux du sud-ouest de l'Égypte entre 6 000 et 3 500 avant notre ère.



## De mystérieux humanoïdes

Les figures thérianthropes, c'est-à-dire mi-humaines, mi-animales, sont très répandues dans les arts préhistoriques, comme ici dans cet abri-sous-roche situé à Clarens, en Afrique du Sud. Souvent interprétés comme un groupe de chamanes, ces êtres hybrides (non datés) pourraient aussi représenter des créatures mythiques ou des esprits.







Sur les parois des grottes, hommes et femmes préhistoriques ont réalisé des fresques saisissantes, inspirées par leurs mythes ou leur imaginaire

### L'autre pays de la préhistoire

La nation arc-en-ciel compte des milliers de sites d'art rupestre. Cette antilope, dont l'artiste a estompé le pelage, orne la grotte de Burley en Afrique du Sud, où a aussi été trouvé le plus ancien dessin au crayon, tracé il y a 73 000 ans avec une fine pointe d'ocre.



### La chapelle Sixtine de la préhistoire

Ikône de l'art pariétal, le *Panneau des Chevaux* de la grotte Chauvet (Ardèche) a été réalisé au charbon de bois il y a 36 000 ans ! La superposition des tracés précise l'ordre d'exécution : d'abord les rhinocéros en bas, puis les aurochs et enfin les chevaux, dont le dernier se situe en plein centre de l'image, ce qui ne doit sans doute rien au hasard.





### Un petit cheval caché dans une fissure

À 200 mètres de la grotte dite « des apparitions », à Lourdes (Hautes-Pyrénées), c'est un autre miracle qui attendait Léon Nelli en 1886 quand il décela dans une anfruosité de la grotte des Espélugues ce cheval très réaliste. Datée de -13 000, cette statuette en ivoire de 5 à 6 centimètres de long a été taillée dans une défense de mammoth, un matériau très rare à l'époque.

RMN-GRAND PALAIS - MAN - LOIC HAMON

Technique dominante des arts préhistoriques, la gravure traverse les millénaires sans s'altérer



### Une rarissime gravure d'insecte

Quatre ailes, deux pattes repliées, la sauterelle gravée sur ce fragment d'os (en haut, au milieu) semble prête à bondir. Retrouvé dans la grotte d'Enlène, dans les Pyrénées ariégeoises, ce dessin est la représentation la plus détaillée d'un insecte de tout l'art paléolithique. Il indique que, malgré les températures glaciales du magdalénien, cette espèce persistait dans la région.

MINHN - J.-C. DOMENECH (2)





NICOLAS NAUDINOT, UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR CNRS CEPAM,  
PROPRIÉTÉ DU CONSEIL DÉPARTEMENTAL DU FINISTÈRE

## Une merveille dévoilée par un coup de vent

En 1987, une tempête déracine un pin à Plougastel-Daoulas (Finistère) et révèle les traces d'un site archéologique. Parmi les trésors déterrés, cet *Aurochs* rayonnant. Gravé sur une plaque de schiste il y a 14 000 ans, une époque où la rade de Brest était une vaste plaine. Cet objet est présenté pour la première fois au public.



## Le bestiaire remarquable du bâton de Montgaudier

Surnommé le *Bâton de commandement*, ce bois percé de 37 centimètres de long a été retrouvé sous le porche d'un abri de Montgaudier, en Charente, en 1886. Il y a 17 000 ans, une ou plusieurs mains ont gravé finement sur ce bois de renne du magdalénien un saumon, deux serpents, des bouquetins et deux phoques. Pour quel usage ? Nul ne le sait.

## POUR EN SAVOIR PLUS



**À voir**  
Arts et Préhistoire, exposition au musée de l'Homme, à Paris, jusqu'au 22 mai 2023.



Les programmes spatiaux à destination de notre satellite se multiplient

# Pourquoi veut-on retourner sur LA LUNE ?

LES ÉTATS SONT AU COUDE-À-COUDE pour fonder une base lunaire. L'objectif ? Prendre la tête de la conquête spatiale et exploiter les richesses du sol de notre astre.



## ÇA FAIT L'ACTU

► Début septembre 2022, la Chine a annoncé avoir découvert, dans les échantillons rapportés de la surface lunaire fin 2020 par la mission Chang'e 5 (en photo), un minéral de phosphate inconnu jusqu'alors. Les scientifiques l'ont nommé Changesite-(Y).

► Le 14 novembre dernier, à 6h07 heure de Paris, était programmé le décollage du Space Launch System (SLS), fusée la plus puissante jamais construite par la Nasa, depuis le Centre spatial Kennedy (Floride). Il a ainsi donné le coup d'envoi de la première mission Artemis I. Mais, à l'heure où nous imprimons, impossible de savoir si l'entreprise a été couronnée de succès !

**F**ly me to the Moon, chantait Frank Sinatra en 1964. Cinq ans plus tard, ce rêve, qui était aussi et surtout celui du jeune président Kennedy, devenait réalité avec les premiers pas d'Armstrong sur la Lune. Une belle revanche de l'Amérique sur les Soviétiques, qui avaient effrontément envoyé un engin, *Spoutnik*, et un homme, Youri Gagarine, dans l'espace bien avant elle. Après quatre années de conquête lunaire, le programme Apollo, jugé trop onéreux et dangereux (la mission Apollo 13 faillit coûter la vie à tout l'équipage) est abandonné. « La Nasa va alors se focaliser sur le projet d'une station spatiale en orbite basse, prémices de l'ISS, la Station spatiale internationale, qui sera lancée en 1998 », explique Paul Wohrer, chargé de recherche à la Fondation pour la recherche stratégique. Si plusieurs programmes lunaires sont de nouveau élaborés dès la fin des années 1980, tous ont avorté faute de soutien politique et international, et en raison de leur coût démesuré. Mais voilà que cinquante ans après Apollo 17, les humains s'apprêtent à retourner sur le sol sélène, sous l'égide des États-Unis et de ses partenaires des missions Artemis. Objectif Lune en 2025.

## 1 Une course à la puissance

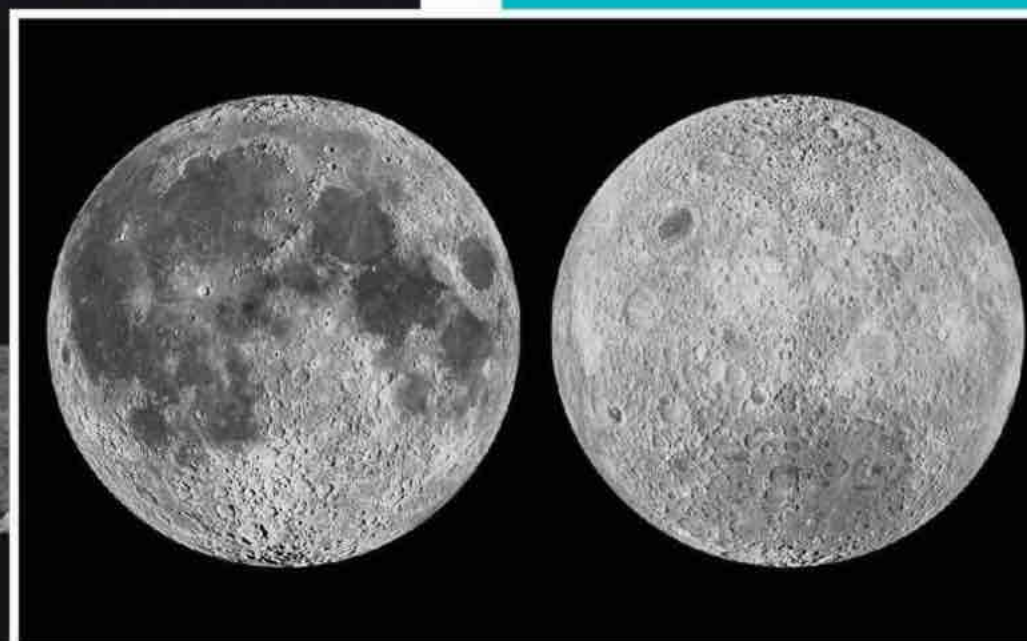
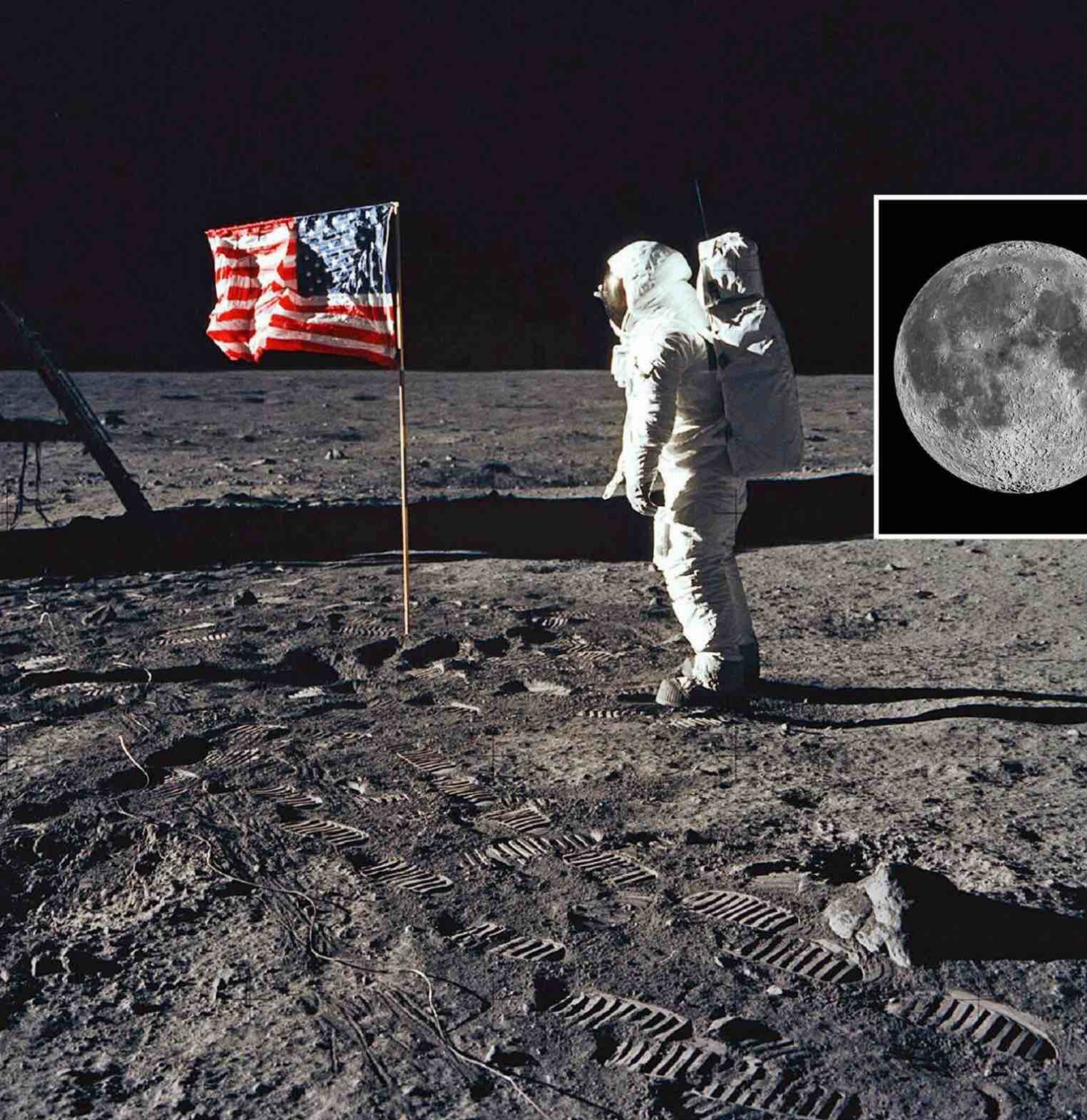
« Artemis a été décidé sous Donald Trump, explique le chercheur. Mais, contrairement aux programmes précé-

dents, il n'a pas été remis en cause par l'administration de Joe Biden. » L'ISS arrivant en bout de course, le programme spatial Artemis de la Nasa visant à emmener un équipage sur le sol lunaire a aussi pu voir le jour grâce au soutien des Occidentaux qui « ont à cœur de trouver un nouveau symbole de coopération internationale », poursuit Paul Wohrer.

En face, la Chine n'a jamais masqué ses propres ambitions, injectant des milliards dans son programme spatial depuis des décennies. « Si elle ne prétend pas surpasser les États-Unis sur ce terrain, elle met au point ses propres compétences spatiales, à son rythme, et rattrape petit à petit son retard technologique », souligne Isabelle Sourbès-Verger, directrice de recherche au CNRS, spécialisée dans l'occupation de l'espace extra-atmosphérique. En 2019, l'empire du Milieu était ainsi la première nation à faire alunir un module sur la face cachée de l'astre. Un an plus tard, sa sonde Chang'e 5 rapportait des échantillons lunaires sur Terre, exploit réalisés seulement par les États-Unis et l'Union soviétique.

D'où l'impression d'une compétition latente entre les Chinois, associés aux Russes dans le cadre de leur projet International Lunar Research Station, et les Américains. Une nouvelle course à la Lune qui, au regard du défi climatique auquel est confrontée l'humanité, peut paraître aberrante. « Sachant que les activités humaines aux États-Unis émettent en moyenne 210 tonnes de CO<sub>2</sub> par million de dollars dépensé, on peut estimer qu'Artemis, chiffré à 93 milliards de dollars (4% du PIB de la France) représenterait environ 19,5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> », indique François Graner, directeur de recherche CNRS à l'université Paris-Diderot. Soit environ 16% des émissions de la France en 2019.





## La face cachée de notre satellite

En raison de sa rotation synchrone avec la Terre, la Lune nous présente toujours la même face (photo de gauche). Les programmes spatiaux s'intéressent à sa face cachée, car cette dernière pourrait accueillir un radiotélescope pour observer l'espace, sans interférences de la Terre. Ce secteur abriterait aussi de fortes concentrations d'hélium 3.

## 2 Le vrai objectif, c'est Mars

Mais à ce stade, rien ne semble ébranler les partisans de la conquête lunaire. « Ce n'est pas la Lune pour la Lune, mais la Lune pour Mars, la Nasa l'a toujours présentée ainsi », rappelle l'astrophysicien Francis Rocard, en charge des programmes d'exploration du système solaire au Centre national d'études spatiales (Cnes). En témoigne ce volet du programme Artemis, qui vise à construire, en coopération notamment avec l'Agence spatiale européenne (ESA) qui développe deux de ses modules, une station spatiale en orbite autour de la Lune, la Lunar Gateway, pouvant faire office de station-service sur la route vers la planète rouge.

Concevoir une base lunaire impliquera en outre de développer des modules et des systèmes qui seront peu ou prou

réutilisables sur Mars. Quant aux astronautes, ils pourront apprendre à travailler de manière autonome dans l'espace lointain, au-delà de la protection du champ magnétique terrestre dont bénéficie encore l'ISS, tout en restant dans des conditions relativement sûres. « Si les communications depuis la Lune arrivent sur Terre en quelques secondes, contre quinze à trente minutes depuis Mars, il n'y aura toutefois pas la possibilité d'envoyer un véhicule dans les vingt-quatre heures comme sur l'ISS, tempère Francis Rocard. Réussir l'étape lunaire ne garantira pas le succès des futures missions martiennes qui seront cent fois plus longues (700-900 jours) ». Sans compter que la réalisation d'une base lunaire prendra environ deux décennies et repoussera le début des missions vers Mars, faute de fonds suffisants pour financer les deux programmes en parallèle. ►►

## La conquête de la Lune est relancée

De 1969 à 1972, les États-Unis ont envoyé 12 hommes (ici Buzz Aldrin, en 1969) se poser sur la Lune : une victoire technologique, mais aussi symbolique vis-à-vis de leur adversaire de l'époque : l'Union soviétique. À l'heure où la course pour la Lune est relancée, le premier drapeau planté dans le sol de notre satellite sera-t-il américain ou chinois ?

# 21

C'est le nombre de missions annoncées d'ici à 2030 par des agences gouvernementales et des sociétés privées issues de différents pays, dont les Émirats arabes unis, le Japon, ou encore l'Inde.

## 24 milliards de dollars

C'est le budget annuel de la Nasa. Contre 6,49 milliards d'euros pour l'ESA, l'Agence spatiale européenne.

## 150 millions de dollars

C'est le prix que coûtera un survol de la Lune à bord d'un vaisseau Soyouz proposé par la société Space Adventures.



### » 3 Des gisements miniers à portée de fusée

Pour envoyer un jour des femmes et des hommes sur Mars, encore faudra-t-il disposer de ressources suffisantes pour satisfaire la gloutonnerie des engins spatiaux. Là encore, la Lune a une carte à jouer. Les observations effectuées ces dernières années (notamment par les sondes américaine LRO et indienne Chandrayaan-1) ont démontré la présence de grandes quantités de glace, qui pourraient fournir l'eau potable, des réserves d'air et de l'hydrogène pour propulser les vaisseaux spatiaux.

Autre ressource potentiellement abondante : l'hélium 3. Cet isotope a la particularité d'être le carburant idéal pour la fusion nucléaire, qui permettrait de produire des quantités considérables d'énergie décarbonée et sans déchets radioactifs. « Une solution possible aux problèmes énergétiques terrestres, indique l'historien des sciences Jacques Arnould dans son ouvrage *Oublier la Terre? La Conquête spatiale 2.0* (éd. Le Pommier, 2018). Deux cents tonnes pourraient en effet satisfaire les besoins énergétiques des États-Unis et de

## « Il faudrait mettre l'ambition lunaire au service de la préservation de notre planète »

l'Union européenne durant une année, pour un coût estimé à un cinquième de son équivalent pétrolier. » Problème : on est encore loin de maîtriser la fusion nucléaire, actuellement explorée dans le cadre du projet ITER, réacteur expérimental en construction depuis 2010 à Cadarache, en France (voir *Ça M'intéresse* n° 491). « On est dans une vision à très long terme, confirme Francis Rocard. L'exploitation de l'hélium 3 ne sera envisageable qu'au cours de la deuxième moitié de ce siècle, pas avant. »

### 4 Des progrès scientifiques et technologiques

L'un des arguments souvent avancés pour justifier les investissements spatiaux repose sur les éventuelles retombées technologiques issues des recherches spatiales. « On a coutume de dire que l'informatique et les télécommunications ont reçu avec Apollo une impulsion extra-

ordinaire. Cela n'est pas tout à fait exact, nuance le physicien Jacques Villain dans son ouvrage *Irons-nous vraiment un jour sur Mars?* (éd. Vuibert, 2011). Les dépenses du Pentagone pour tout ce qui concerne le guidage et la propulsion des fusées, les calculateurs et les télécommunications sont incomparablement plus importantes que celles de la Nasa pour Apollo. Elles ont aussi eu un impact plus notable sur l'avancement général de ces technologies. » Il n'empêche : Apollo a quand même permis d'accélérer les innovations technologiques, notamment dans les domaines de l'isolation thermique, de l'IRM, de la gestion des piles à combustible ou encore des panneaux solaires. « Il s'agirait cette fois de mettre l'ambition lunaire au service de la préservation de notre planète, autrement dit de rêver en responsabilité, insiste Clarisse Angelier, directrice générale de l'Association nationale de la recherche et de la technologie (ANRT). Chercher à faire vivre des gens sur la Lune, c'est éprouver la circularité en matière d'habitat ou d'agronomie, penser énergie et gestion durable des ressources, et développer la robotique au service de l'humain. » De quoi répondre en même temps aux problématiques terrestres. « A-t-on besoin d'aller sur la Lune pour ça ? s'interroge de son côté Isabelle Sourbès-Verger. Non. Mais personne ne donnera de l'argent pour le faire sur Terre. Il faut donc être opportuniste ! »

Par ailleurs, la Nasa a présenté en décembre 2020 une liste de sept objectifs scientifiques de la mission habitée Artemis III. Parmi eux : mieux comprendre les systèmes planétaires, l'environnement astronomique, et étudier l'histoire du système Terre-Lune, qui a conduit à la formation de notre satellite.

En outre, protégée de la pollution électromagnétique causée par les Terriens et dépourvue d'atmosphère, la face cachée de la Lune serait, d'après le cosmologue anglais Joseph Silk, l'endroit idéal pour établir un radiotélescope afin de détecter certaines empreintes faibles laissées par le Big Bang sur le cosmos, et ainsi en apprendre davantage sur la naissance de l'Univers. « La conquête spatiale perpétue la croyance selon laquelle les humains n'ont pas de limite et qu'ils doivent aller toujours plus loin dans la connaissance, souligne Frédéric Boone, enseignant-chercheur en astrophysique



Au cœur du programme Artemis (la déesse Artémis est la sœur jumelle d'Apollon) : le lanceur spatial Space Launch System (SLS), qui peut emporter 50 tonnes de matériel.



à l'université Toulouse III et membre de l'Atelier d'écologie politique (Atecopol). Mais nous n'avons aucune raison de penser que l'on arrivera un jour à la connaissance absolue de ce qu'est l'Univers. Il est peut-être temps de se questionner sur nos attentes et les moyens que l'on est prêts à mettre pour les satisfaire.»

## 5 Une formidable aubaine économique ?

En attendant, la Lune représente un fantastique levier pour l'emploi et la croissance. Dans le but de diminuer les coûts des programmes spatiaux, les pouvoirs publics américains ont ainsi largement encouragé et soutenu le développement de tout un écosystème d'entreprises privées dédiées de près ou de loin au développement d'une colonie lunaire (habitats, laboratoires, systèmes de communication, véhicules...). Une étude commanditée par le Cnes recensait ainsi 330 entreprises de ce que l'on appelle le New Space aux États-Unis en 2021. Parmi elles, les mastodontes Blue Origin et SpaceX, mandatés directement par la Nasa pour certaines parties du programme et auxquels l'agence délègue même des choix technologiques : SpaceX est par exemple en train de développer le vaisseau *Starship* qui déposera un équipage sur la Lune en 2025.

La France, de son côté, ne compte qu'une petite trentaine d'entreprises du New Space, au grand dam de l'ANRT. Dans son livre blanc *L'Ambition lunaire*, l'association milite pour que les Européens prennent davantage part à la conquête lunaire. Elle suggère de cibler « quelques secteurs technologiques spécifiques et à haute valeur ajoutée », comme l'intelligence artificielle, la data, la robotique, la sécurité ou l'e-santé, dans lesquels la France et l'Europe « sauront faire peser leur vision ». Les choses commencent à bouger : Toulouse a ainsi récemment inauguré TechTheMoon, un incubateur destiné à faire émerger des projets utiles à une implantation permanente sur la Lune. Parmi les cinq premières start-up à intégrer le dispositif, figure la jeune société provençale Spartan Space, dont le projet est de mettre en œuvre un concept d'habitat lunaire gonflable et mobile, également adaptable à l'exploration de Mars.

Demeure une interrogation : une fois l'humanité bien installée sur le sol sélène, quelles voies assureront une exploitation



L'exploration spatiale suscite des vocations. Après le retour sur Terre de l'astronaute italienne Samantha Cristoforetti (ici, la Barbie à son effigie), les inscriptions de femmes en filières scientifiques ont crû de 50 % en Italie !

économique durable de la Lune, préalable indispensable à une colonisation sur le long terme ? C'est la question à laquelle a tenté de répondre le think tank Zenon Research dans son rapport intitulé « Retourner sur la Lune pour y rester ». Parmi les hypothèses soulevées figurent le tourisme spatial, le tournage in situ de films, l'organisation d'événements capables d'exploiter la faible gravité, ou encore la revente de pierres lunaires. De là à imaginer un nouveau Far West sur la Lune, il n'y a qu'un pas ! À l'heure actuelle, l'activité spatiale reste heureusement régie par un certain nombre de principes cherchant à éviter des comportements risqués pour le futur. Le traité de l'espace de 1967 interdit ainsi de s'arroger une ressource stellaire ou d'utiliser la Lune à des fins militaires. Ainsi, même Elon Musk, le PDG de SpaceX, doit se conformer à la législation internationale et obtenir une autorisation auprès de son pays de rattachement pour toute activité dans l'espace. Reste à savoir si cet ultime garde-fou tiendra le choc à mesure des avancées de la reconquête lunaire... ■

Axelle Szczygiel

### CE QU'IL FAUT RETENIR

- Nouveaux exploits, découvertes scientifiques ou débouchés économiques : la Lune offre de multiples opportunités.
- Notre satellite dispose de ressources minières et énergétiques : de l'hélium 3, des métaux, mais aussi de l'eau et de l'oxygène.
- La Lune serait un port de départ pour Mars. Les missions lunaires visent donc à tester le matériel en vue d'une exploration de la planète rouge.
- De nombreuses découvertes scientifiques et technologiques pourraient découler de ces programmes spacieux.

### POUR EN SAVOIR PLUS



**Lune, épisode II**, Cité de l'espace de Toulouse. Une exposition immersive jusqu'à fin décembre 2022.

**Lune, le huitième continent**, de Véronique Préault. Enquête qui revient sur les étapes-clés de la conquête lunaire et ses enjeux. Sur Dailymotion et Arte Boutique.





# À quoi ressemblera

MÉTAUX, MINÉRAUX, GLACE... Les agences spatiales envisagent d'utiliser les ressources présentes sur notre satellite pour y bâtir une base permanente et permettre à des astronautes d'y séjourner.

## Horizon : 2034 ou 2050

**F**ini la simple visite touristique. Désormais, les agences spatiales ambitionnent de s'installer durablement sur la Lune afin d'en exploiter les richesses— dès 2034 pour la Nasa, plutôt 2050 en ce qui concerne l'Agence européenne (ESA). Les projets de bases lunaires deviennent peu à peu réalité. Or la Lune reste un lieu hostile : pas d'atmosphère ni d'eau liquide, des températures extrêmes (de -248° à 123 °C), un bombardement continu de météorites (environ 180 nouveaux cratères par an) et de radiations cosmiques... Le coût de l'acheminement des éléments nécessaires à la survie des équipes implique de pouvoir produire sur place une très grande partie des matériaux mais aussi de l'oxygène, de l'eau liquide et de l'énergie. Cette vue d'artiste du projet de village lunaire de l'ESA donne un aperçu de la future première ville non terrienne. ■

Frédérique Boursicot

### Des bâtiments imprimés en 3D

Les matériaux nécessaires à la construction des habitats, voire des fusées, pourraient être fabriqués sur place en impression 3D à partir de régolithe lunaire (une poussière qui recouvre la surface de l'astre). Dès 2013, la société britannique Foster and Partners a testé, pour l'ESA, la faisabilité de ce projet en utilisant la roche basaltique d'un volcan italien, similaire au sol lunaire à 99,8 %.

### L'exploitation de richesses minières

Le manteau lunaire contient, selon la Nasa, des quantités prodigieuses de titane et d'oxyde de fer. Ces matériaux serviraient à construire la base ou seraient exportés vers la Terre. Notre satellite est également riche en hélium 3, un gaz déposé à sa surface par les vents solaires. Très rare sur la Terre, il excite les convoitises car il offrirait une source d'énergie décarbonée et sans déchets radioactifs.

### Des potagers pour des denrées fraîches

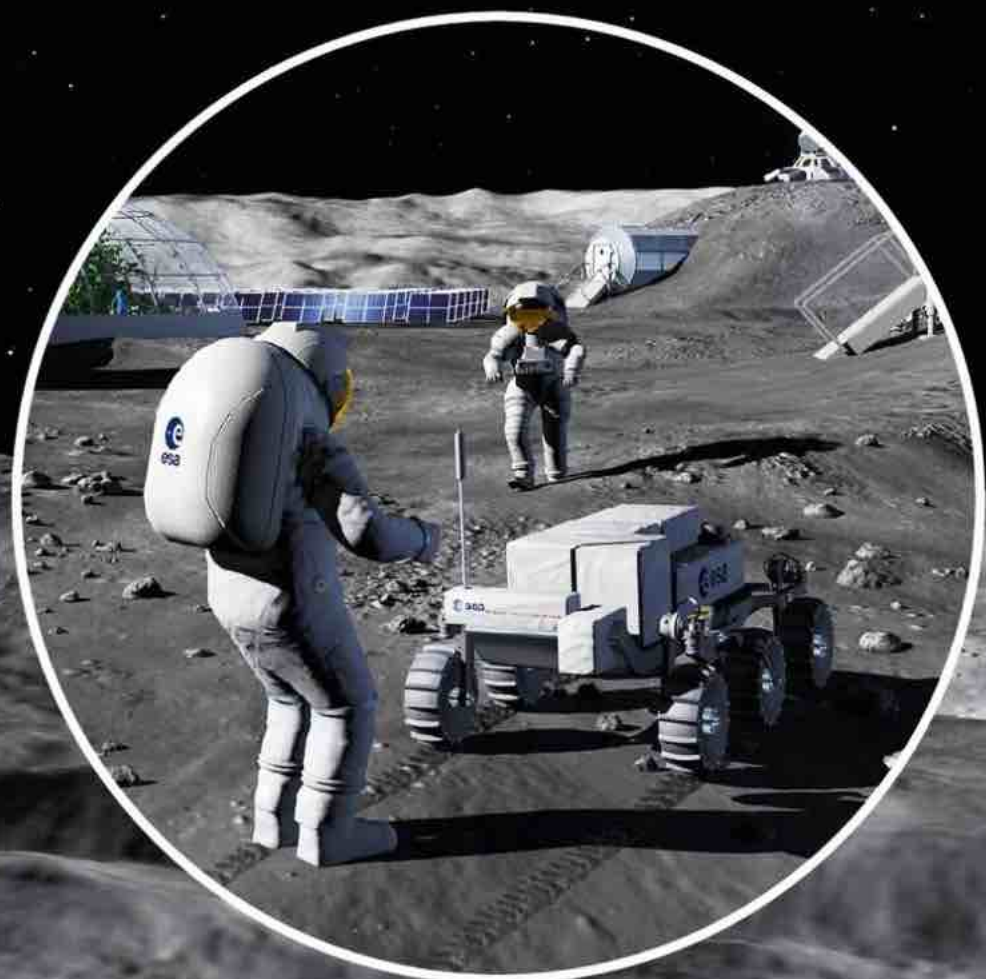
Des scientifiques américains sont parvenus à faire germer des plantes dans des échantillons de sol lunaire. Cela donne l'espoir de pouvoir compléter l'alimentation des occupants de la station avec des produits frais. Parmi les végétaux envisagés : le chou frisé, très riche en vitamines.



# un village lunaire?

## Des abris enterrés

La Lune est soumise à un feu nourri de météorites et de radiations cosmiques. Afin de protéger les humains sur place, les modules d'habitation devront sans doute être enterrés. Ils pourraient être placés dans des tubes de lave naturels situés à proximité des gisements de minerais et des ressources en eau, ou bien au fond des cratères avant d'être recouverts de régolithe.



Les contraintes de l'environnement rendront la collaboration entre les robots et les humains plus étroite que jamais.

## De l'énergie solaire pour l'eau et l'électricité

Des panneaux photovoltaïques, installés sur des « pics de lumière éternelle » – c'est-à-dire illuminés en permanence par le Soleil –, alimenteront la base en électricité. La chaleur de notre étoile pourrait être utilisée pour faire fondre la glace découverte aux pôles et au fond des cratères. Selon Bernard Foing, de l'ESA, la Lune recèlerait un milliard de tonnes d'eau.

## De l'oxygène produit localement

Étonnamment, l'oxygène est l'élément le plus abondant dans le sol lunaire ! Il représente en effet 42 % de la composition du régolithe. Des chercheurs écossais ont découvert que l'on pouvait efficacement l'extraire grâce à un procédé nommé « électrolyse de sel fondu ».







## Pelage immaculée pour décors enneigés

Chez certains animaux des régions montagneuses ou polaires, le pelage blanc relève de la stratégie de camouflage. C'est le cas du bien nommé « lièvre variable ». Ce mammifère change de poils au fil des saisons : il troque sa livrée brune contre une fourrure blanche propre à le dissimuler aux yeux des prédateurs (aigles, renards ou hermines) quand vient l'hiver. Le processus de métamorphose n'est pas déclenché par le froid, mais par le raccourcissement de la durée des jours. Autre champion du mimétisme : le renard arctique, qui voit aussi sa fourrure passer du gris-brun au blanc.

TESNI WARD/BIOPHOTO

# Des histoires cousues

CONTRAIREMENT À UNE IDÉE REÇUE, le blanc est une couleur à part entière. Elle

## Un blanc bien encadré

**A**vant d'être un drapeau, notre emblème tricolore fut une simple cocarde, donnée par La Fayette à Louis XVI trois jours après la prise de la Bastille, en 1789. La réunion des trois couleurs (le blanc de la monarchie, le bleu et le rouge de Paris) symbolisait « l'alliance auguste et éternelle entre le monarque et le peuple ». Les premiers drapeaux (rouge, blanc, bleu) fleurirent en 1790 sur les navires de guerre et de commerce français, avant que la version bleu, blanc, rouge actuelle, s'impose en 1794.



LOOK AND LEARN/BRIDGEMAN

## Des cheveux qui virent au blanc en une nuit

Un grand choc émotionnel peut engendrer un blanchissement accéléré de la chevelure. Baptisé « canitie subite » (la « canitie » désignant la décoloration du système pileux), ce phénomène rare est une réaction immunitaire qui entraîne la chute des cheveux contenant de la mélanine, le pigment qui leur donne leur couleur. En réalité, les cheveux bruns ne deviennent pas blancs : ils tombent. Ne subsistent alors que ceux déjà blancs.



ISTOCK



Des matrones antiques aux aristocrates du XVIII<sup>e</sup> siècle, les femmes ont eu recours au blanc de céruse (une poudre toxique à base de plomb) afin d'afficher un teint plus pâle.



LIAM DANIEL - FOCUS  
FEATURES - WORKING TITLE  
FILMS / COLL. CHRISTOPHEL

## Maquillages sans frontières

■ Les Karos, une tribu d'éleveurs du sud-ouest de la vallée de l'Omo, en Éthiopie, sont des adeptes des peintures corporelles. Ces dessins tracés à la craie – points, lignes ou motifs animaliers – ont pour fonction d'embellir leur visage et leur corps, mais sont aussi un symbole de courage face à leurs ennemis.



■ Incarnation de l'idéal de beauté et de raffinement japonais, les geishas couvrent leur visage et leur nuque d'une fine couche de poudre de riz. En Occident, l'importance attachée au teint laiteux remonte au X<sup>e</sup> siècle. Depuis cette époque, cette caractéristique est une marque de pureté, également associée à l'aristocratie.



■ En Inde, les *sadhus*, des ascètes itinérants adorateurs de Shiva ou de Vishnu, sont reconnaissables à leur tunique orange ou jaune, à leurs longs cheveux mais surtout à leur corps blanchâtre, recouvert de cendres. Un rite qui rappelle leur détachement du monde.



ISTOCK (3)

# de fil blanc

est en outre riche en symboles et en anecdotes. Marie-Amélie Carpio

## Échec et mat ! Les rouges perdent face aux noirs... et aux blancs

En Europe, les échiquiers n'ont pas toujours arboré des pièces blanches et noires : celles-ci ont d'abord été rouges et noires, posées sur des cases de même couleur. Ce code chromatique était un héritage de l'Inde du Nord, berceau des échecs au VI<sup>e</sup> siècle, et du monde arabe, qui a diffusé le jeu. Dans la culture orientale comme dans les pays musulmans, le noir et le rouge représentent traditionnellement un couple de contraires. Mais cette opposition n'a guère de sens en Occident. Aussi, à partir du XI<sup>e</sup> siècle, les jeux européens font s'opposer des pièces blanches et des pièces rouges. Puis le rouge a cédé sa place au noir dès le XIV<sup>e</sup> siècle. En Orient en revanche, le pourpre et le noir se font toujours face aujourd'hui sur les échiquiers.



## Un faussaire trahi par son blanc

Le Néerlandais Han Van Meegeren est l'un des plus célèbres faussaires de l'Histoire. Ses faux Vermeer, peints au début du XX<sup>e</sup> siècle, ont dupé le monde de l'art. Même la vaste collection du maréchal nazi Goering, constituée à la faveur des pillages de la guerre, contenait l'une de ses œuvres. L'analyse du blanc présent dans les toiles du faussaire a toutefois révélé la supercherie. Comme les autres artistes du XVII<sup>e</sup> siècle, Vermeer utilisait de la céruse, un blanc de plomb contenant de l'antimoine. Or,

le pigment des tableaux reproduits par Van Meegeren en était dépourvu, trahissant l'usage de céruse moderne. ►►



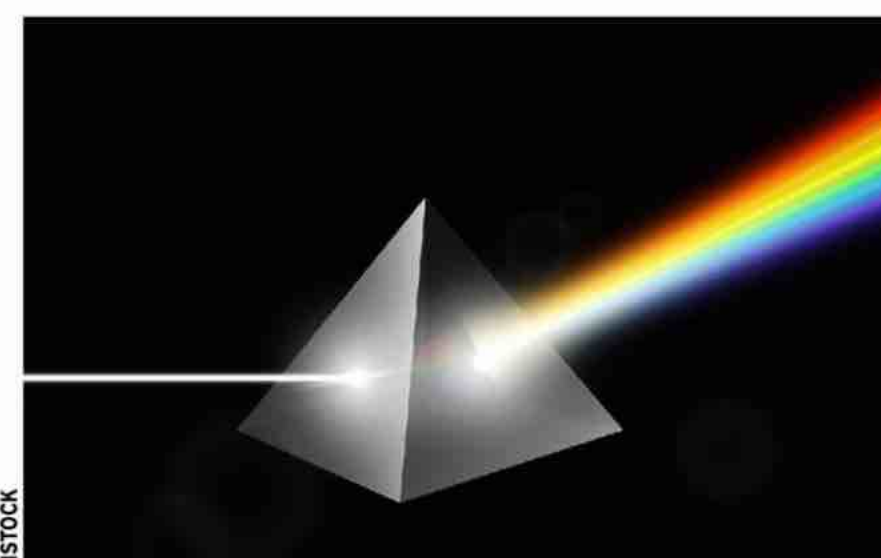
PHOTOIZ/ALAMY/IGL ARCHIVE





## C'est quoi « plus blanc que blanc » ?

**L**a fameuse promesse d'une marque de lessive repose sur l'usage d'azurants optiques. Ces agents chimiques absorbent en effet le rayonnement ultraviolet et réémettent de la lumière dans la gamme bleue du spectre, rendant le blanc plus éclatant à l'œil. L'association du blanc à la propreté représente, elle, une variation récente de la symbolique de pureté – qui lui est attachée depuis des temps immémoriaux. La propreté s'est greffée sur cette représentation à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, avec l'apparition de l'eau de Javel et ses propriétés blanchissantes. L'hygiène corporelle s'est parallèlement développée comme une vertu morale et sociale.



## Ce que cache la lumière blanche

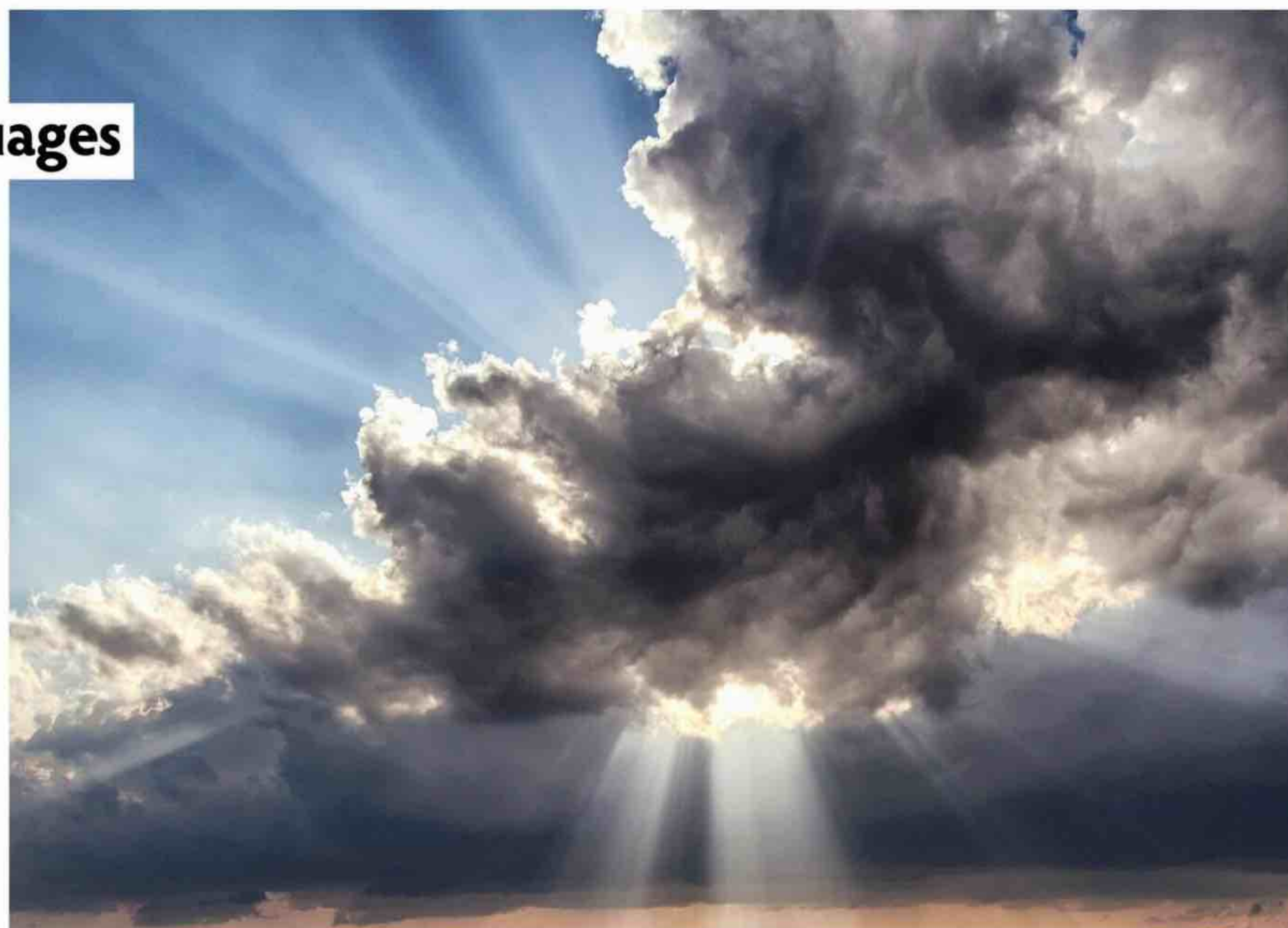
**C'**est au physicien anglais Isaac Newton que l'on doit la découverte de la vraie nature de la lumière blanche. Il s'agit en fait d'une illusion d'optique. En 1666, au cours d'une expérience, le savant fait passer la lumière du soleil dans un prisme de verre, décomposant ainsi celle-ci en une multitude de rayons colorés. Pas de blanc ni de noir dans ce spectre, mais un continuum de couleurs résumées par convention et ésotérisme aux sept teintes de l'arc-en-ciel : le violet, l'indigo, le bleu, le vert, le jaune, l'orange et le rouge.

## 421 façons de dire « neige »

Un dialecte écossais compte un nombre record de 421 mots pour évoquer la neige, selon sa consistance, sa teinte ou la manière dont elle tombe.

## Les 50 nuances de blanc des nuages

**B**lanche, gris clair ou gris foncé, la couleur des nuages dépend de leur épaisseur. Lorsque la lumière du soleil pénètre dans l'atmosphère, elle rencontre différents obstacles, tels les nuages. Les gouttes d'eau et les cristaux de glace qui les constituent diffusent cette lumière dans toutes les directions. Lorsqu'ils sont de petite taille, ils nous apparaissent blancs, comme elle. Mais quand elle traverse des cumulonimbus (qui peuvent atteindre une altitude de 15 kilomètres et sont souvent à l'origine d'orages), elle est absorbée par la partie haute de ces nuages. C'est pourquoi leur base reste grise, et parfois presque noire.





# PRIMAGAZ EST PRÉSENTE **DEPUIS 80 ANS PARMİ VOUS !** ET POUR DE NOMBREUSES ANNÉES ENCORE...



Implantée au cœur des territoires français depuis plus de 80 ans, Primagaz vous apporte en toute sécurité, l'énergie indispensable à votre quotidien.

**L'énergie est notre avenir, économisons-la !**



**PRIMAGAZ**



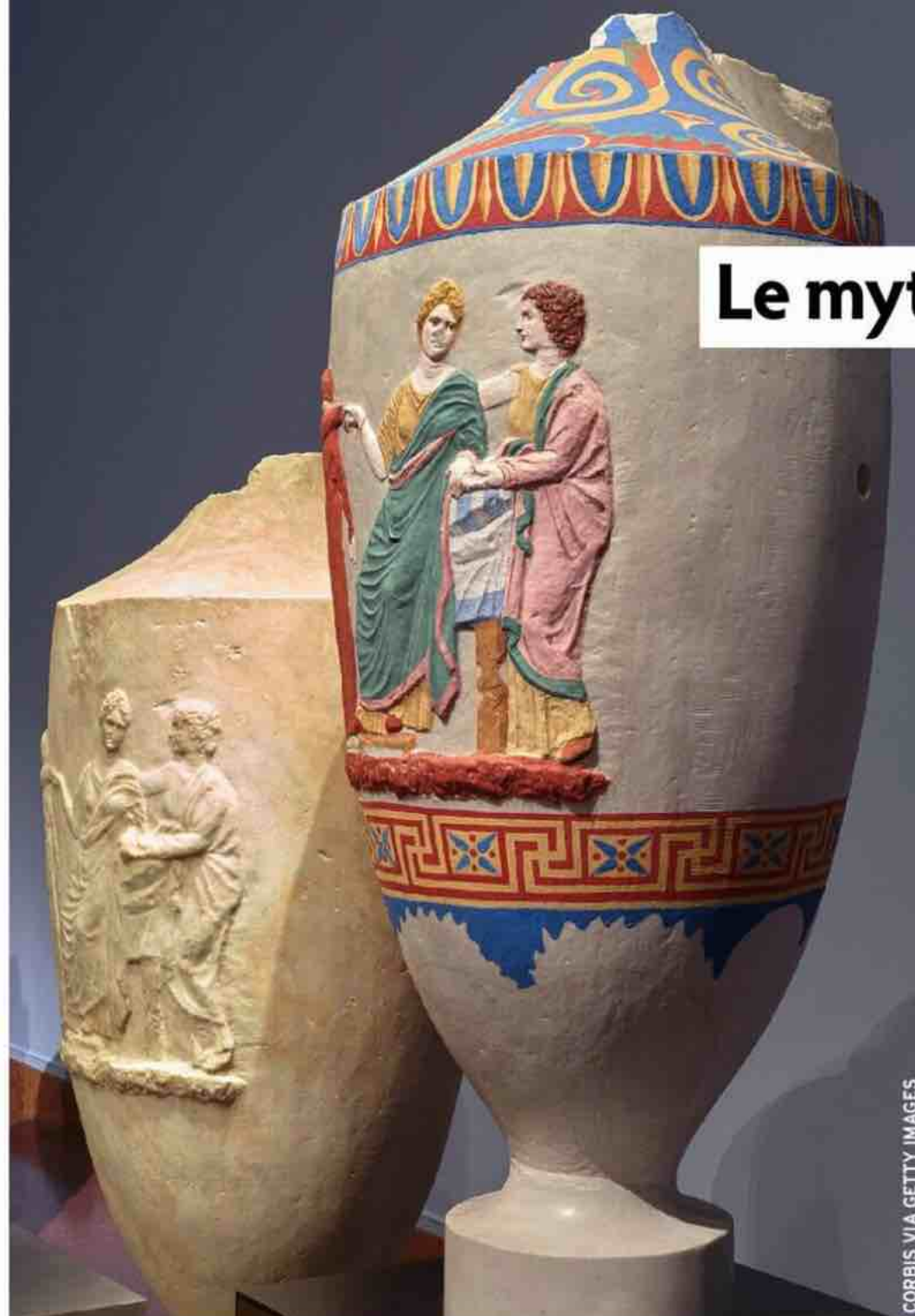
## Un oiseau symbole d'espoir

L'association de la colombe à la paix et à l'espérance est issu du récit du Déluge. L'oiseau apporte à Noé un rameau d'olivier pour lui annoncer le reflux des eaux. Il s'oppose, par sa couleur, au corbeau, qui se repaît des pendus et des noyés. La colombe représente aussi, dans l'Antiquité, l'âme du défunt montant au ciel.



## La peinture de tous les records

Des scientifiques de l'université Purdue, aux États-Unis, ont mis au point la peinture la plus blanche jamais créée. Grâce à sa grande concentration en sulfate de baryum, elle reflète 98,1 % de la lumière du soleil, contre 95,5 % pour le pigment qui était jusqu'à présent le plus clair. Cette nouvelle substance, qui a nécessité six ans de recherche, vise à améliorer l'isolation des bâtiments : son pouvoir réfléchissant rejette la chaleur solaire et garde fraîches les parois qu'elle recouvre. Des tests ont montré qu'elle permet d'abaisser la température de ces surfaces d'environ 10 °C la nuit par rapport à l'air ambiant, et de 5 °C sous le soleil de midi.



CORBIS VIA GETTY IMAGES

## Le mythe d'une Grèce immaculée

Si les statues grecques qui ont traversé les siècles sont généralement toutes blanches, elles le doivent plus au passage du temps qu'aux conventions artistiques de l'époque. Dès le XIX<sup>e</sup> siècle, des fouilles en Grèce ont mis au jour des vestiges polychromes, en particulier sur les korès (statues de jeunes filles) de l'Acropole. Plus récemment, les nouvelles technologies ont permis de confirmer que les temples comme les édifices publics et les sculptures étaient peints ou dorés. Ce sont les Romains qui ont répandu l'idée d'une statuaire sans couleur, notamment via des copies de statues grecques en marbre blanc.

## Les veuves ne s'habillaient pas en noir

En Occident, le noir n'a pas toujours été la couleur du deuil. Du début du XIV<sup>e</sup> siècle à la fin du XVI<sup>e</sup> siècle, il était d'usage de porter du blanc dans les cours européennes pour incarner la douleur de la perte. D'où l'essor des « reines blanches », surnom donné à ces souveraines devenues veuves. Ainsi, Blanche

de Navarre, épouse du roi Philippe VI, porta le deuil en blanc durant près d'un demi-siècle à la suite du décès de son époux six mois seulement après leurs noces. Louise de Lorraine, veuve d'Henri III en 1589, fit de même jusqu'à sa mort en 1601. De nos jours, le blanc reste la couleur du deuil dans une grande partie de l'Afrique et de l'Asie.



GETTY IMAGES

## Teinte toxique

Le blanc de céruse a été le pigment blanc le plus utilisé par les artistes en Europe, de l'Antiquité au XIX<sup>e</sup> siècle. Mais comme tous les dérivés à base de plomb, le carbonate de ce métal est extrêmement toxique. Cette substance était pourtant très prisée par les peintres pour son caractère couvrant et sa stabilité à la lumière. Elle était en outre très bon marché. Des historiens de l'art avancent que des artistes célèbres, tels le Caravage, Van Gogh et Goya, pourraient avoir succombé à une intoxication au plomb. Utilisée à grande échelle dans le secteur du bâtiment au début du XIX<sup>e</sup> siècle, cette poudre a fait des ravages parmi les ouvriers.

## POUR EN SAVOIR PLUS


**Livre**

**Blanc. Histoire d'une couleur**, Michel Pastoureau, éd. du Seuil, 2022. L'auteur s'intéresse à tous les aspects du blanc, des pratiques sociales aux symboles en passant par la science ou la création artistique.



# Offrez un cadeau pour toute l'année avec



## 4 mois offerts

- ✓ J'éveille et nourris ma curiosité
- ✓ J'apprends et je partage au quotidien



12 NUMÉROS/AN

## BON D'ABONNEMENT RÉSERVÉ AUX LECTEURS DE ÇA M'INTERESSE

ABONNEMENT DE 12 MOIS (12N<sup>OS</sup> PAR AN)

### 39€90

au lieu de 58,60€  
soit 18,70€ d'économie

## 4 mois offerts

Retrouvez toutes nos offres  
d'abonnement sur  
[www.prismashop.fr](http://www.prismashop.fr)

Je choisis mon mode de paiement :



EN LIGNE SUR PRISMASHOP

**-5%** supplémentaires

Directement via l'url suivante :

[www.prismashop.fr/CAMSN5N2](http://www.prismashop.fr/CAMSN5N2)



**Traitement immédiat  
de votre commande**



**Un paiement  
sécurisé**



**Version digitale offerte  
+ ses archives**



PAR COURRIER

☐ M<sup>me</sup> ☐ M. (Obligatoire\*\*)

Nom\*\* : .....

Prénom\*\* : .....

Adresse\*\* : .....

CP\*\* : [ ] [ ] [ ] [ ] [ ] Ville\*\* : .....

Je joins un chèque de 39,90€ à l'ordre de Ça M'intéresse à renvoyer sous enveloppe affranchie à :

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



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) Abonnement automatiquement reconduit à l'échéance. Le Client peut ne pas reconduire l'abonnement. 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. À 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. Les informations recueillies font l'objet d'un traitement informatique par PRISMA MEDIA à des fins de gestion des abonnements, fidélisation, études statistiques et prospection commerciale. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978 modifiée, vous pouvez consulter les mentions légales concernant vos droits sur les CGV de prismashop.fr ou par email à dpo@prismamedia.com. Offre réservée aux nouveaux abonnés de France métropolitaine. Photos non contractuelles. Les archives numériques sont accessibles durant la totalité de votre abonnement.



CAMSN5N2



# Les jeux vidéo

## en 10 idées reçues

TOUS ÂGES CONFONDUS, trois Français sur quatre pratiquent ce loisir au moins de temps en temps. Cette activité suscite pourtant craintes et conflits au sein des familles.

### 1 C'est surtout pour les ados

**VRAI et FAUX** Le jeu vidéo est un loisir absolument central chez les moins de 18 ans, plus que dans toutes les autres classes d'âge. Mais le public s'est élargi, et la majorité des adultes en ont aujourd'hui une pratique au moins occasionnelle. Dans *La Fin du game?*, un ouvrage collectif de chercheurs en sciences sociales (éd. Rabelais, 2021), les auteurs notent que le développement des jeux sur smartphone a fait émerger un nouveau profil, celui de l'adulte qui joue dans les transports et durant les moments d'attente.

### 2 Ils sont mauvais pour la vue

**VRAI** «Parce qu'ils sollicitent particulièrement la vision de près et réduisent l'exposition à la lumière naturelle, les jeux vidéo ont une part de responsabilité dans l'apparition de la myopie, une affection de plus en plus fréquente», souligne le Pr Nicolas Leveziel, chef du service d'ophtalmologie du CHU de Poitiers (Vienne). De plus, face à un écran, on cligne trois fois moins des paupières, ce qui à la longue expose à la sécheresse oculaire et à la kératite, une infection de la cornée.

### 3 Ils favorisent les comportements violents

**FAUX** Tous les jeux ne mettent pas en scène de la violence. La signalétique PEGI (pour Pan European Game Information) les classe selon cinq catégories d'âge, et des symboles précisent leur contenu (violence, sexe, drogue, vulgarité...). Même chez les adeptes quotidiens de parties de tir ou d'arènes de bataille en ligne, les nombreux travaux scientifiques n'ont pas mis en évidence de lien de causalité directe entre

jeu vidéo et comportement violent. Ces mêmes études témoignent en revanche d'une plus grande fréquence du phénomène psychologique de désensibilisation – les images brutales issues de jeux ou de médias ne déclenchent plus ou peu d'émotions négatives – et d'une hausse temporaire de l'agressivité juste après l'interruption de la partie, comme un sas de décompression. Certains joueurs excessifs vont jusqu'au passage à l'acte violent contre des objets ou des personnes en cas de déconnexion forcée.

### 4 Jouer trop longtemps perturbe le sommeil

**VRAI** Le jeu excessif est associé, dans plusieurs études sur des *gamers* de nationalités et d'âges différents, à une durée réduite et une moindre qualité de sommeil, ainsi qu'à davantage de somnolence diurne et d'insomnie. Mais les petits joueurs (dès une à deux heures quotidiennes) semblent aussi sujets à des troubles du sommeil plus fréquents. En cause notamment, l'exposition prolongée à la lumière bleue de l'écran et l'effort cognitif d'attention demandé par le jeu, deux facteurs qui perturbent l'endormissement.

### 5 C'est un loisir masculin et sexiste

**VRAI et FAUX** À ses débuts, dans les années 1980, le monde du jeu vidéo était très masculin, tant du côté des concepteurs que des joueurs. Les rares personnages féminins étaient pour le moins caricaturaux : princesse en détresse ou guerrière hypersexualisée. Aujourd'hui, 47% des pratiquants réguliers en France sont des femmes, ce qui est à la fois le signe et le moteur d'une évolution. L'association Women in Games France souligne le recul des

stéréotypes : la part de femmes œuvrant dans les studios est passée de 10% en 2014 à 22% en 2021, tandis que la proportion de personnages féminins dans les nouveautés présentées au salon annuel américain E3 a bondi de 2% en 2016 à 18% en 2020.

### 6 Ils nuisent à la scolarité

**VRAI et FAUX** Lorsque l'activité vidéoludique empiète sur le travail scolaire et le sommeil, les conséquences sur les notes et l'investissement en classe peuvent être importantes. Mais l'étude Pisa de l'OCDE a montré en 2015 que les élèves jouant entre une fois par mois et presque tous les jours obtenaient en moyenne de meilleurs résultats en mathématiques, en compréhension de l'écrit, en sciences et en résolution de problèmes que ceux qui y jouent tous les jours et ceux qui ne pratiquent jamais. Probablement, selon les spécialistes en sciences de l'éducation, parce que le jeu stimule un mécanisme crucial pour le cerveau : l'apprentissage par essai et erreur.

### 7 On peut devenir dépendant à ces jeux

**VRAI** Depuis juin 2018, le «trouble du jeu vidéo» est entré dans la classification internationale des maladies. L'Organisation mondiale de la santé le définit, au même titre qu'une addiction à une substance, comme «une perte de contrôle sur le jeu au point que celui-ci prenne le pas sur d'autres centres d'intérêt et activités quotidiennes, et par la poursuite ou la pratique croissante en dépit de répercussions dommageables». Mais le psychiatre Bruno Rocher, coauteur de *Mon enfant est-il accro aux jeux vidéo?* (éd. John Libbey-Eurotext, 2020), souligne que seuls 0,5% à 1% des utilisateurs seraient concernés par





**1 Français sur 2**  
joue régulièrement aux jeux vidéo

ISTOCK (2)

l'addiction et 10% par l'excès. Tout changement de pratique (dissimulée, nocturne...) ou de comportement (repli sur soi...) doivent alerter, surtout si le jeune homme – le profil le plus courant – est amateur de jeux qui ont un haut potentiel addictif. C'est le cas de ceux de tir à la première personne comme *Call of Duty*, des *battles* en ligne type *Fortnite*, où l'objectif est de rester le dernier survivant. Autres univers addictifs, les jeux de rôle en ligne multijoueurs comme *World of Warcraft* ou *Final Fantasy*, dans lesquels le monde ludique continue de «vivre» lorsque le joueur est déconnecté.

## **8** Ils rendent asocial

**FAUX** Les études sociologiques montrent que l'on est souvent à la fois adepte de consoles et de jeux de rôle et de société. Les occupations ludiques sont au cœur des relations sociales, notamment chez les adolescents et les jeunes adultes. Le jeu vidéo est le ciment de nombreuses communautés, réelles et virtuelles, qui partagent des centres d'intérêt plus larges. Ainsi la plateforme de jeu en ligne Twitch, lancée en 2011, est en passe de devenir un véritable média diffusant ses propres contenus, liés ou non au jeu vidéo.

## **9** Ce ne sont que des jeux futiles

**FAUX** C'est désormais une industrie majeure, qui génère plus de 12000 emplois (chiffre 2018 de la Direction générale des entreprises) et un marché de 5,6 milliards d'euros en France en 2021. Par ailleurs, les marathons de jeu en streaming révolutionnent le secteur caritatif. Le ZEvent 2022 a récolté en septembre plus de 10 millions d'euros pour cinq associations de protection de l'environnement.

## **10** C'est une activité sédentaire

**VRAI** et **FAUX** Certes les jeux d'exercice physique ne sont pas les plus répandus, mais les joueurs réguliers ne sont pas moins sportifs que la moyenne. Au contraire, ils sont 64% à pratiquer une activité sportive régulière, contre 60% des internautes d'âge comparable (étude Médiamétrie-Syndicat des éditeurs de logiciels de loisirs, 2021). Par ailleurs, 2,7 millions de Français font des parties classées de jeux vidéo (on parle de «e-sport loisir»), et 1,5 million participent à des compétitions. En 2021, ces dernières ont attiré 5,2 millions de spectateurs en France. ■

**Afsané Sabouhi**



Tout a commencé avec cette première « table à coraux ». À 16 ans, Titouan pose au fond du lagon de Moorea une cage en fer, sur laquelle il accroche des fragments de différents coraux. Ici, on le voit quelques années plus tard contempler son œuvre : les boutures ont bien grandi.







Ils multiplient les interventions, sur les réseaux sociaux ou à l'ONU

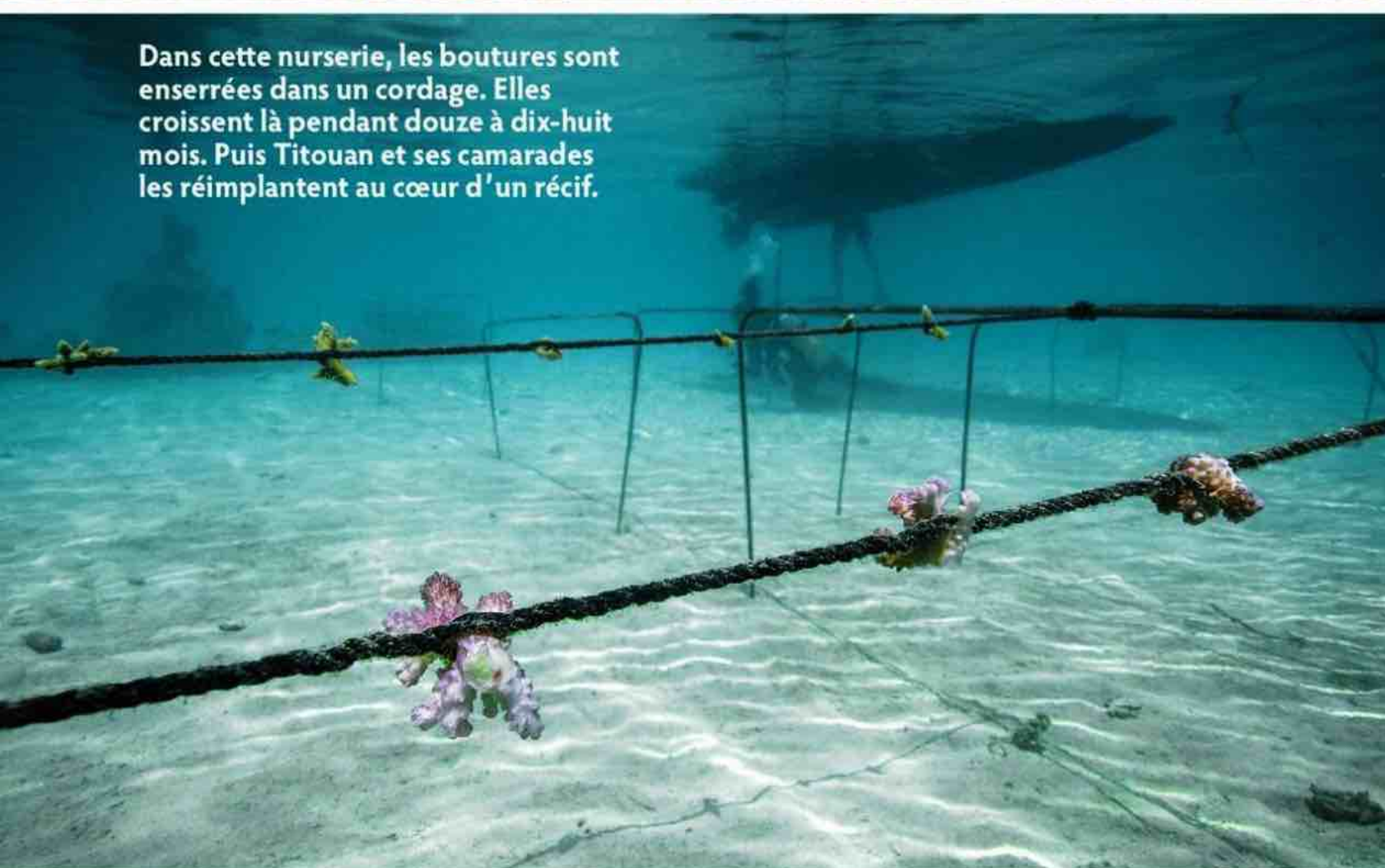
# Les anges gardiens des coraux

DÉVASTÉ PAR LE BLANCHISSEMENT MASSIF des récifs coralliens, un jeune Polynésien a créé une association dédiée à leur défense et à leur sauvegarde. Cinq ans plus tard, les résultats sont là.





Cette colonie de coraux a blanchi sous l'effet d'un stress. Lorsque celui-ci dure trop longtemps, le corail meurt.



Dans cette nurserie, les boutures sont enserrées dans un cordage. Elles croissent là pendant douze à dix-huit mois. Puis Titouan et ses camarades les réimplantent au cœur d'un récif.



À Moorea, sur cet « arbre à coraux », les scientifiques évaluent la résistance d'individus de différentes espèces aux variations de l'eau.



Cette bouée connectée, reliée à des capteurs et à une caméra, permet de surveiller en temps réel les pépinières des Coral Gardeners et leur environnement.

**L**es récifs coralliens doivent être sauvés! Ces écosystèmes regorgent de vie marine et protègent les îles de l'érosion en brisant les vagues. De la Martinique à la Polynésie, de l'Australie au Belize, ces fragiles trésors sous-marins sont partout menacés. En cause: l'élévation des températures des océans, les pollutions, la pêche destructive – sans compter les crèmes solaires et certaines étoiles de mer venimeuses qui prolifèrent et s'en nourrissent... Depuis quarante ans, entre 40 et 50% des coraux ont péri et, à l'horizon 2050, près de 90% des colonies coralliennes pourraient disparaître, selon les estimations scientifiques. Face à cette catastrophe écologique annoncée, des laboratoires et de nombreux particuliers cherchent à agir. Titouan Bernicot est l'un des plus actifs. Ce jeune Polynésien de 24 ans a passé du temps à glisser sur les eaux transparentes du Pacifique. C'est ainsi qu'il a vu, sous sa planche de surf, les coraux blanchir et souvent mourir. En 2016, un blanchissement massif dévaste 50% du récif de Moorea, devenu en quelques mois un cimetière corallien. Un an plus tard, à 18 ans, Titouan renonce à ses études de commerce à Bordeaux (Gironde) et retourne sur son île, face à Tahiti, pour y fonder une association dédiée à la sauvegarde des coraux.

## Ils sensibilisent les groupes scolaires à l'importance des coraux

Les Coral Gardeners, ou « jardiniers du corail », s'inspirent d'expérimentations réussies. Ils élèvent, dans des nurseries installées à quelques mètres de profondeur, des fragments prélevés sur des coraux robustes. L'idée est de laisser grandir, puis de « greffer » ces boutures sur le récif afin d'aider ceux-ci à se refaire une santé. En cinq ans, les Gardeners ont replanté plus de 15 000 coraux! Doués pour la communication, ils racontent leur histoire sur les réseaux, où ils sont suivis par des centaines de milliers de personnes à travers le monde. Rapidement, cette communauté a adopté des boutures moyennant un don de 29 dollars (29,50 euros) par corail. Le succès est là: plus de 30 000 adoptions ont déjà eu lieu. D'autres actions (capteurs qui surveillent les pépinières en temps réel, groupes scolaires polynésiens accueillis et sensibilisés à l'importance de préserver les récifs) sont financées. Les efforts de Titouan Bernicot lui ont valu d'être reçu aux Nations unies, à Genève, en 2021, en compagnie de cinq autres « green citizens » œuvrant pour le développement durable. Les coraux ont trouvé un ambassadeur, qui compte bien essaimer d'autres nurseries loin de Moorea. ■

**Alexie Valois et Jean-Marie Bretagne**  
Photos Julien Girardot





Après un an ou plus de croissance dans la nurserie, les coraux sont réimplantés sur un récif. Un plongeur fixe, à l'aide de trois points de ciment-colle, une bouture à un substrat qu'il a nettoyé des algues qui s'y trouvaient.



**En cinq ans, ces jardiniers-plongeurs ont replanté plus de 15 000 coraux en Polynésie, redonnant vie à la biodiversité dans les récifs**

Ici, un plongeur photographie une jeune bouture de corail – il enverra le cliché au donateur l'ayant « adoptée ». L'association se finance en proposant de parrainer les coraux qu'elle élève.



### Gros plan sur une espèce précieuse

Les coraux sont des animaux. Ils vivent en symbiose avec des algues qui apportent oxygène et nutriments. Ils se nourrissent aussi avec les minuscules tentacules (polypes), que l'on voit sur l'image du haut. En bas, un crabe, l'une des innombrables espèces prospérant dans l'écosystème des récifs coralliens.



**Johann Heinrich Füssli**  
 Le Rêve de la reine Catherine (1781)

# Les songes secrets d'un Suisse fou

FASCINÉ PAR LE SURNATUREL et le fantastique, Füssli, un peintre suisse installé en Angleterre, était habité par le théâtre de William Shakespeare... et par une sexualité débridée.

**N**é en 1741 dans une famille puritaine de Zürich (Suisse), Johann Heinrich Füssli se consacre sagement à la théologie, avant d'être ordonné pasteur en 1761. Puis il découvre la poésie de Dante, les récits d'Homère et les pièces de Shakespeare. Il abandonne son engagement religieux pour des ambitions littéraires et s'exile à Londres. Dans la capitale anglaise, qui compte plus de 500 théâtres, Füssli n'aspire qu'à une chose : assister à des représentations tous les soirs ! À la lueur des chandelles, il croque les expressions des acteurs évoluant sur scène. Car, depuis l'enfance, il dessine en secret. En 1768, son ami Joshua Reynolds, président de la Royal Academy, institution artistique tout juste

fondée, l'encourage à devenir peintre. Direction Rome, où il restera huit ans, pour parfaire sa technique.

De retour à Londres, il frappe un grand coup. En 1782, son *Cauchemar* dévoile une femme étendue inconsciente, avec un incube (un démon mâle) accroupi sur son ventre. Le public reste bouche bée devant cette toile aussi effrayante que fascinante. Sa carrière est lancée ! Füssli reçoit de nombreuses commandes, dont celles d'une galerie dédiée à Shakespeare. L'artiste peint neuf tableaux, chefs-d'œuvre d'onirisme et de réalisme mêlés, consacrés aux pièces du dramaturge. Ils lui ont valu les surnoms de « peintre de Shakespeare » mais aussi de « Suisse fou » ! ■

**Malika Bauwens**



Füssli. Entre rêve et fantastique est la première rétrospective consacrée au peintre depuis 1975, une exposition proposée au musée Jacquemart-André, à Paris, jusqu'au 23 janvier 2023.

## L'histoire d'un homme à femmes

■ Peint en 1781, ce tableau est inspiré de la pièce *Henri VIII*, de William Shakespeare, un drame historique relatant les relations conjugales tumultueuses de ce souverain anglais qui a eu six épouses ! Catherine d'Aragon est la première d'entre elles. Prétextant l'absence d'un héritier mâle, il la répudie pour épouser Anne Boleyn, une demoiselle d'honneur de la reine, dont il est fou amoureux. Ce drame privé est aussi un cataclysme politique et religieux : il provoque la rupture du roi d'Angleterre avec le pape, celui-ci ayant refusé d'annuler son premier mariage, et annonce la création de l'Église anglicane.

## UNE TOILE HORRIBLEMENT BELLE

■ Ce que nous dévoile ce tableau, c'est le dernier songe de Catherine sur son lit de mort, alors qu'elle vient d'être répudiée. Observez ces femmes nues qui répandent la lumière autour d'elles, telles des fées : elles représentent les visions de la reine. Le peintre adore ce genre de personnages surnaturels. Il les puise dans la mythologie grecque, les légendes nordiques et, bien sûr, les pièces de Shakespeare. Cet imaginaire relève d'une notion alors naissante au milieu du XVIII<sup>e</sup> siècle : le sublime. « Tout ce qui est propre à exciter les idées de la douleur et du danger, tout ce qui est en quelque sorte terrible est source du sublime »,

écrit en 1757 le philosophe anglais Edmund Burke. La peinture de Füssli, avec son univers macabre traversé par les forces occultes, s'inscrit dans cette esthétique. Voyez, par exemple, comme les draps entourant les jambes de la reine ressemblent à un linceul, à l'image de la mort qui s'empare littéralement d'elle !







## PLACE AU MERVEILLEUX ET À LA FÉERIE

■ Avec l'œuvre de Shakespeare, Füssli a trouvé une magnifique source d'inspiration. Le merveilleux, très présent dans les écrits de l'écrivain anglais, permet au peintre toutes les extravagances. Cette toile, qui reprend précisément la scène 2 de l'acte IV de *Henri VIII*, est fidèle au texte qui décrit les visions de la reine. Mais l'artiste apporte des touches très personnelles : il met en scène, au-dessus de Catherine étendue sur son lit de mort, une nuée d'esprits virevoltant dans une intense lumière blanche qui contraste avec le rideau grenat, rajoutant à la dramaturgie. Et il imagine l'une de ces créatures tendant une couronne dorée à la reine répudiée. Cette invention qui ne figure pas dans la pièce est tout à fait digne de l'univers shakespearien.



HERITAGE IMAGES/FINE ART IMAGES/AGG-IMAGES

## Deux fidèles veillent Catherine sur son lit de mort

■ Dans la partie gauche du tableau, on devine un gentilhomme assis derrière un clavecin, dans la pénombre. Sans doute accompagne-t-il d'une mélodie le repos de Catherine, comme pour la bercer ou l'arracher à son tourment... Ce détail est une invention de Füssli : dans la pièce de Shakespeare, cet homme se contente de parler avec la reine. Le second personnage



est Patience, la femme de chambre de Catherine. Accroupie au pied du lit, elle assiste impuissante à l'agonie de sa maîtresse.

## UNE COLONNE PAS SI BIEN CACHÉE

■ Füssli fait régulièrement surgir des colonnes aux formes phalliques sur ses toiles. Celle représentée ici est en prime surmontée d'une figure drapée, aussi mystérieuse qu'érotique. L'artiste, ancien pasteur, ne cache rien de ses obsessions sexuelles, dans sa peinture... comme dans la vie ! À Londres il est un habitué des lieux de plaisir et réalise volontiers des dessins pornographiques prisés des collectionneurs. Triolisme, sadomasochisme... Füssli, bisexuel, ose toutes les expériences. Jusqu'à fétichiser sous son trait de crayon la chevelure de son épouse Sophia Rawlins, de vingt-neuf ans sa cadette. Mais la femme qui le tourmente

le plus, c'est Anna Landolt, la nièce d'un théologien suisse qui s'est refusée à lui. Pour se venger, l'artiste la persécute à coups de pinceau. Ainsi, dans les quatre versions du *Cauchemar*, c'est elle l'héroïne endormie veillée par un démon. L'imaginaire du peintre est décidément sans limites.





# Pourquoi certains ANIMAUX vivent si longtemps ?

L'HUMANITÉ RÊVE D'IMMORTALITÉ depuis toujours. Aujourd'hui, les scientifiques s'inspirent de la nature pour étudier les mystères du vieillissement.

**L**e vieillissement humain est exponentiel : après la puberté, le risque de mourir est multiplié par deux tous les huit ans environ. Si ce déclin est commun à la plupart des animaux, il n'est pas une fatalité pour tous. Ainsi, l'évolution a-t-elle permis à quelques espèces de développer d'étonnantes stratégies pour retarder ou contourner l'inévitable...

## Quelques êtres vivants meurent sans avoir vieilli

Le plus vieux vertébré du monde retrouvé vivant est un requin du Groenland : *Somniosus microcephalus*, littéralement « somnambule au cerveau minuscule ». Ce carnivore géant des eaux polaires profondes, long de quatre à sept mètres et d'une lenteur impressionnante, ne parcourt que trois kilomètres par heure au maximum et n'atteint sa maturité sexuelle que vers 150 ans. *Chi va piano va sano*, semble-t-il, car on estime qu'il peut vivre ainsi plus de quatre cents ans. Sa longévité s'explique par la lenteur de sa croissance, puisqu'il ne grandit au mieux que d'un centimètre par an. Et comme sa chair contient une redoutable neurotoxine,

il n'a aucun prédateur. Mais, dans la nature, on peut trouver des espérances de vie plus grandes encore. Ainsi, en 1964 dans le Nevada, Prometheus, un pin de Bristlecone, a été abattu. On s'est ensuite aperçu qu'il avait plus de 4800 ans. Et dans l'Utah, un super-organisme végétal de 6000 tonnes, composé de 47 000 peupliers tous issus d'un seul individu surnommé Pando, serait âgé de 80 000 ans. Vertigineux.

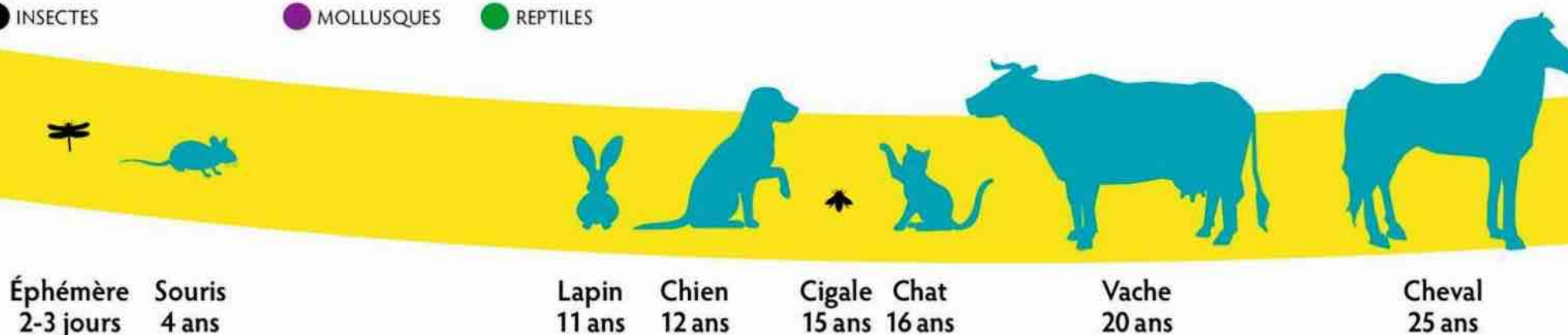
Certains êtres vivants, eux, meurent sans avoir vieilli : le homard grandit en muant et ne trépassé que de complications dues à sa taille. De même, le crocodile croît jusqu'à ce que son poids trop imposant l'empêche de se nourrir suffisamment et qu'il meure de faim. À l'inverse, la survie d'autres organismes transcende l'individu et privilégie les générations successives. La longévité des spécimens est alors supplantée par celle de l'espèce. Ce phénomène de reproduction unique est appelé « sémelparité » : par exemple, après avoir pondu, les pieuvres femelles cessent de se nourrir et meurent quelques jours après éclosion de leurs œufs. Un éternel recommencement plutôt que l'éternité. ■

Véronique Chalmet

## Échelle de longévité du monde animal

Les animaux, comme les hommes, ne sont pas tous égaux face à la mort. Si la gracieuse éphémère ne vit que quelques jours, la petite méduse *Turritopsis nutricula*, elle, est quasi éternelle.

● CNIDAIRES/MÉTAZOAIRES ● MAMMIFÈRES ● OISEAUX  
● INSECTES ● MOLLUSQUES ● REPTILES



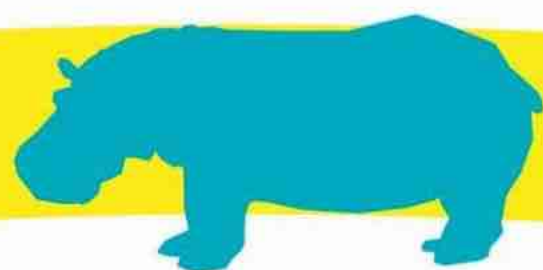




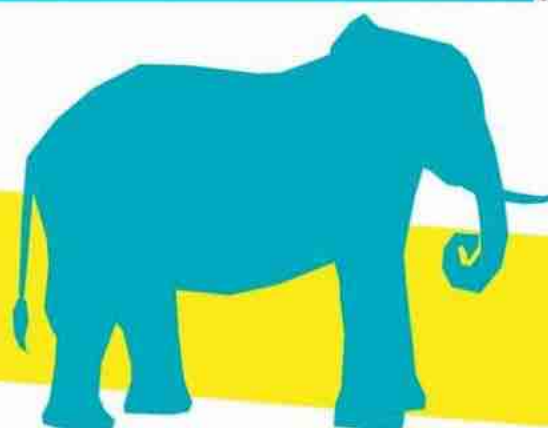
## LEUR TAILLE LES PROTÈGE

**E**n mer du Groenland, la baleine boréale, longue d'environ 18 mètres, était jadis décimée pour sa graisse – utilisée dans les lampes à huile. C'est aujourd'hui une espèce protégée. Seuls les Inuits de l'Alaska sont toujours autorisés à la chasser pour se nourrir. On a retrouvé d'anciennes pointes de harpon plantées dans la chair de baleines ayant échappé à leurs ancêtres voici plus de deux cents ans... soit l'espérance de vie la plus longue chez les mammifères. Leur secret de longévité ? C'est la taille qui compte ! En matière d'évolution, être grand protège des prédateurs et permet une maturation lente, une progéniture peu nombreuse élevée sur une longue période, et un métabolisme plus lent donc plus pérenne.

KELVIN AITKEN/VWPICS/SIPA



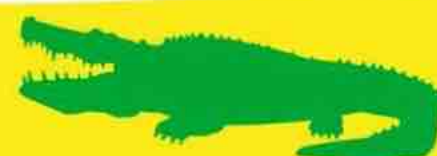
Hippopotame  
40 ans



Éléphant d'Afrique  
50 ans



Perroquet cacatoès  
60 ans



Crocodile  
70 ans



ISTOCK

## ILS PRENNENT LEUR TEMPS

**P**our vivre vieux, vivons lentement. Jonathan, tortue géante des Seychelles en captivité sur l'île britannique de Sainte-Hélène (Atlantique sud), est né vers 1832. À 190 ans, il est le plus vieil animal terrestre de la planète. Comme chez tous les reptiles de l'ordre des chéloniens, les activités de son organisme se font très lentement : respirer, manger, se déplacer. Jonathan mène donc une vie paisible et sans stress. Ses principales occupations consistent à dormir et manger frugalement – concombres, carottes, laitues et fruits de saison. Mais Jonathan sait aussi conserver une libido au top et on le voit régulièrement s'accoupler.



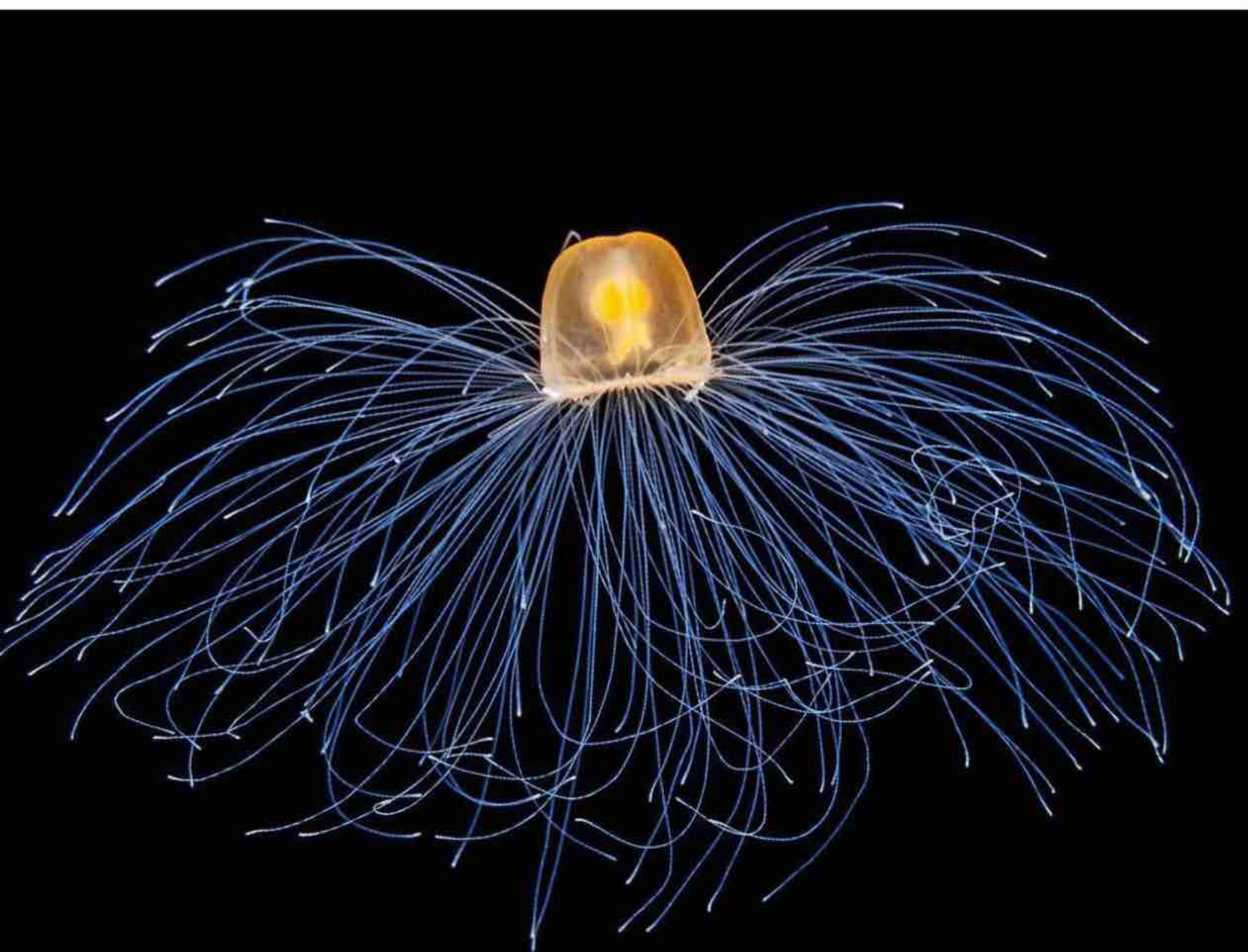
## Le sauvage versus le domestique

Le patrimoine génétique des chiens et des loups est identique à 99,9%. Leurs espérances de vie devraient donc être proches. Pourtant, si les loups en captivité vivent jusqu'à 15, voire 20 ans, les chiens de gros gabarit vont rarement au-delà de 10-12 ans. La cause reste incertaine... Autre mystère : les petits chiens vivent en moyenne deux fois plus longtemps que les plus gros.

ISTOCK (2)



# L'évolution a permis à des espèces de développer des stratégies pour retarder l'inévitable



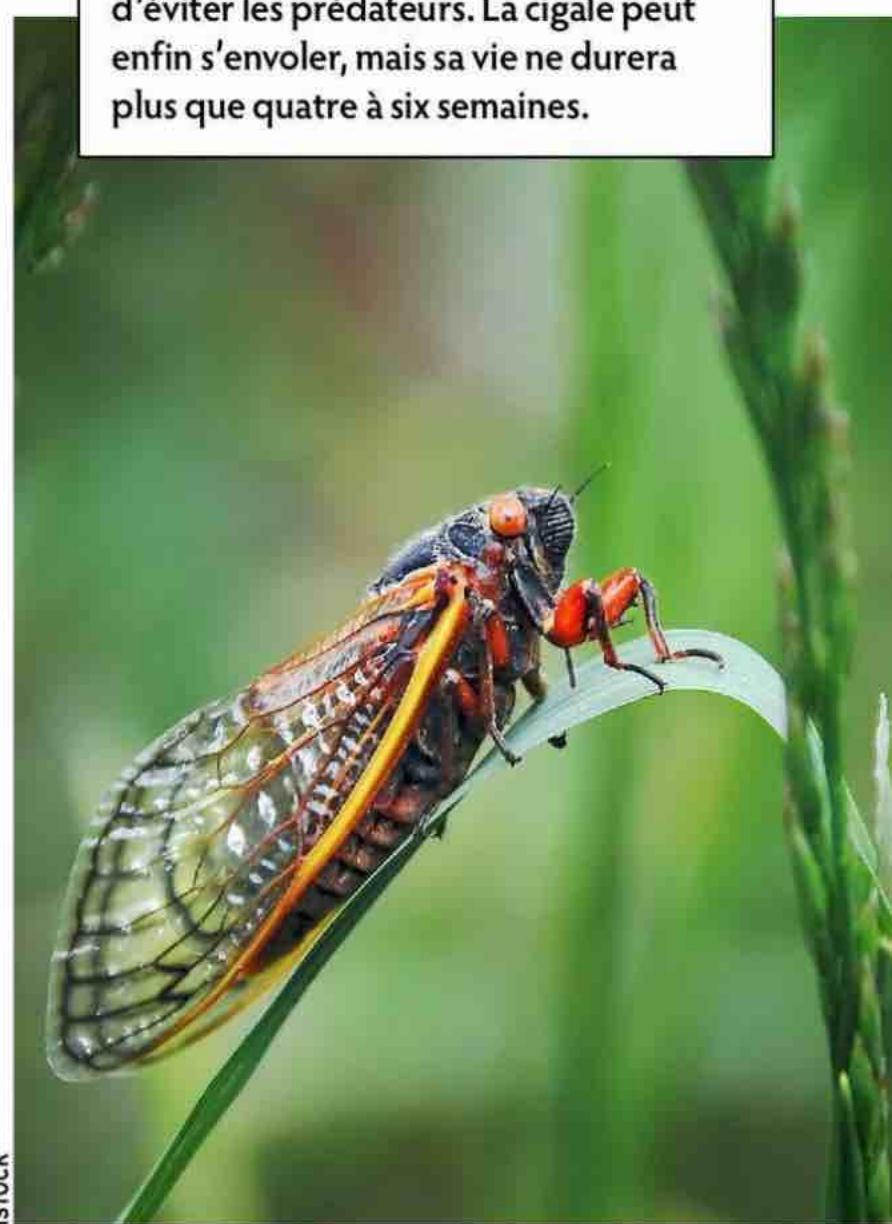
## ILS RÉGÈNÈRENT LEURS CELLULES

Cette méduse de la classe des hydrozoaires originaire des Caraïbes démarre sa vie à l'état de polype (corps tubulaire couronné d'une bouche avec des tentacules). *Turritopsis nutricula* devient ensuite une minuscule méduse (4 à 5 millimètres) en grandissant. Mais lorsqu'elle est blessée, en manque de nourriture ou en état de stress intense, elle peut activer un processus appelé « transdifférenciation » : ses cellules sont capables de se régénérer au point d'inverser le processus de vieillissement. Comme si un vieillard redevenait bébé ! Elle peut même répéter l'opération, ce qui en fait le seul animal connu à être biologiquement immortel. Seuls la maladie, la prédation ou un accident peuvent provoquer sa mort.

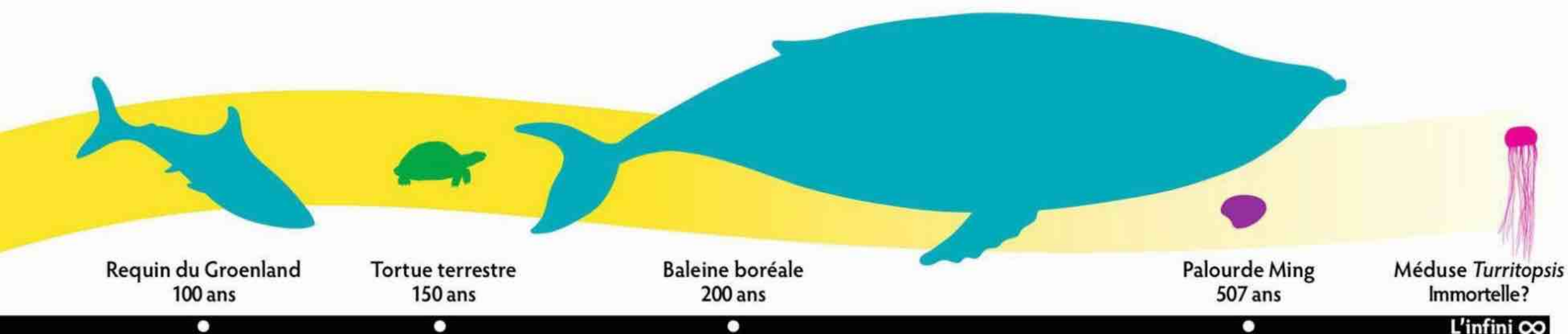
FABIEN MICHENET/BIOSPHOTO

## ILS SE TRANSFORMENT

Après l'accouplement, les femelles cigales déposent leurs œufs gros comme des grains de riz dans l'écorce d'arbres. Ils éclosent au bout d'un mois. En sortent des larves qui se laissent tomber au sol et creusent la terre pour s'y enfoncer. Elles subissent plusieurs mues avant de se transformer en adultes en s'extrayant de leur vieille « peau ». Selon les espèces, cette métamorphose peut durer jusqu'à dix-sept ans. La jeune cigale sort ensuite de terre en grimpant sur un arbre avec ses griffes. L'émergence a lieu la nuit, pour permettre à l'insecte d'éviter les prédateurs. La cigale peut enfin s'envoler, mais sa vie ne durera plus que quatre à six semaines.



ISTOCK







## ILS SONT MALINS

L'ara bleu (*Ara ararauna*), également appelé « ara bleu et jaune », vit en couple à l'intérieur de groupes d'une vingtaine d'individus. Sa longévité dépasse souvent plus de soixante ans : en Angleterre, le record est monté à 104 ans pour un spécimen en captivité. Dans la nature, en dehors de grands rapaces tels que la harpie, son principal prédateur est l'être humain, à travers la déforestation et le braconnage. L'oiseau déjoue cette menace en étant assez intelligent pour nous éviter. Idem pour les chauves-souris, qui vivent trois fois et demie plus longtemps que les mammifères de taille similaire cloués au sol.

ISTOCK

## Mort pour la science à 507 ans !

Pas de chance pour l'animal le plus vieux au monde... En 2006, un mollusque bivalve *Arctica islandica* meurt alors que des paléoclimatologues l'examinent pour déterminer son âge grâce aux stries de sa coquille. À 507 ans, le mollusque baptisé Ming (dynastie chinoise contemporaine de sa naissance, en 1499) n'aurait pas supporté son passage au réfrigérateur et l'ouverture forcée de sa coquille.

## POUR EN SAVOIR PLUS



**Livre**

*Pourquoi les méduses ne vieillissent pas*, de Nicklas Brendborg, éd. Leduc, 2022.



musée des  
confluences

**GALERIE  
DE GÉOLOGIE  
& DE MINÉRALOGIE**


# mini monstres

Exposition 22 oct. 2022 — 23 avril 2023

Jardin des Plantes — Paris 5<sup>e</sup> — Réservation en ligne conseillée







En septembre 2022, en Poméranie-Occidentale, dans le nord de l'Allemagne, un technicien de la fonderie Mecklenburger Metallguss (MMG), spécialiste en ingénierie maritime, peaufine une hélice de grande taille destinée à un cargo.

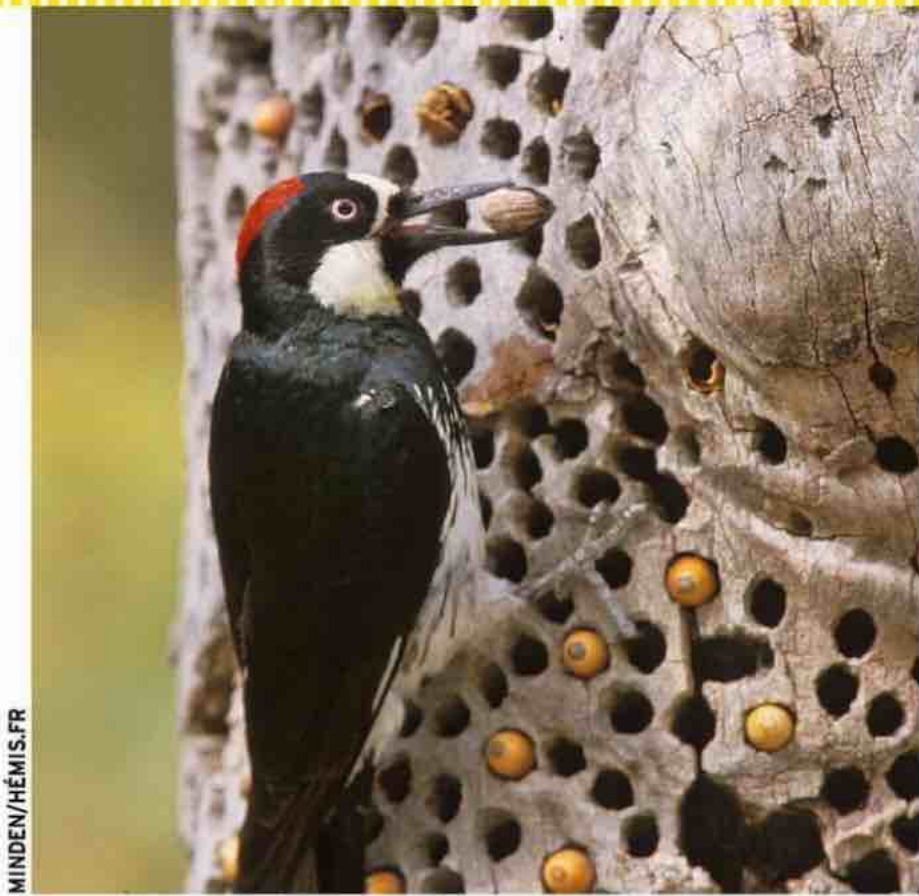
## Comment fabrique-t-on une hélice géante ?

Cette énorme pièce mécanique coûte plusieurs centaines de milliers d'euros, car elle est extrêmement complexe à réaliser. Les études préalables prennent en compte le type de navire – cargo, paquebot ou navire, bateau militaire – et les caractéristiques désirées, comme la vitesse ou le bruit. La conception théorique – taille, nombre, courbures des pales... – demande des milliers d'heures de calculs par ordinateur. La pièce d'un seul tenant est conçue pour résister à des millions

de kilomètres de navigation, mais la moindre erreur peut se traduire par la fragilisation et la destruction de l'hélice. Les résultats permettent alors de créer un moule en terre dans lequel on coule un alliage composé de cuivre, de nickel, de fer, d'aluminium et de zinc. Les dizaines de tonnes de métaux mettent presque une semaine pour refroidir. Le moule est alors brisé et l'hélice brute est taillée au dixième de millimètre près par une fraiseuse numérique. Enfin, le polissage final exige deux semaines supplémentaires.

JENS BTTNER/DPA/ABACA





MINDEN/HÉMIS.FR

## Tous les animaux font-ils des provisions pour l'hiver ?

**P**as tous, mais de nombreuses espèces. À commencer par les oiseaux. Ce pic glandivore américain (photo) est célèbre pour son habitude de creuser des centaines de petits trous où il stocke les glands dont il se nourrit. Les geais bleus ou les corneilles disposent aussi de nombreuses caches. Les carnivores ne sont pas en reste : la chouette peut cacher ses proies dans un pli de branche ou au fond de cavités d'arbre. Mais c'est chez les mammifères, comme les belettes ou les lynx, que l'on trouve le plus d'espèces qui font des provisions. Les maîtres dans cet art restent les rongeurs, et notamment les écureuils. Quant au grand hamster d'Alsace, il stocke jusqu'à 12 kilos de graines dans l'attente du printemps. Au total, selon une étude canadienne, 90 % des réserves seront consommées... pas toujours par leur propriétaire !



## Pourquoi dit-on...

### ... « une levée de boucliers » ?

**A**ujourd'hui, cette expression décrit l'opposition forte et unanime d'un groupe à une décision ou une personne. La locution remonterait à l'Antiquité, lorsque les soldats romains affichaient leur mécontentement face aux ordres d'un chef en levant leur bouclier. Mais, selon l'historien romain Tacite (I<sup>er</sup> siècle), cette habitude est issue des

mœurs des Germains. Le bouclier revêtait une symbolique militaire très forte. Les guerriers frappaient dessus avec leur lance ou leur épée pour exprimer leur joie ou leur accord. À l'inverse, pour donner plus de poids à leurs cris de guerre ou de désapprobation, ils montaient leur bouclier devant leur bouche. La formule s'est ensuite francisée au XV<sup>e</sup> siècle.

## Saint Nicolas a-t-il existé ?

Fêté le 6 décembre dans le nord de la France, ce personnage est né en Anatolie (Turquie) au III<sup>e</sup> siècle. Devenu évêque de la ville de Myre, il veillait à la protection des enfants, auxquels il distribuait des cadeaux. Il est l'inspirateur du Père Noël.

## Comment font les guirlandes pour changer de couleur ?

**L**es LED, en français DEL (pour diode électroluminescente), qui changent de couleur sont constituées de trois types de LED. L'une émet de la lumière rouge, une autre de la lumière verte, et la dernière de la lumière bleue. Quand les trois fonctionnent en même temps, cela donne de la lumière blanche. Ces LED sont équipées d'un microprocesseur qui peut faire varier la tension électrique passant dans chacune d'elles. Le dispositif électroluminescent fonctionne, lui, avec un semi-conducteur sensible à la tension. Résultat, si cette dernière varie, deux des LED de couleur cessent de fonctionner. Si c'est le rouge et le bleu qui s'arrêtent, la diode multicolore devient verte, et ainsi de suite.



BORDIER S./ANDIA.FR

## VRAI OU FAUX ?

### Les deux sexes voient les teintes différemment

**C'est vrai.** Des études menées par des neurobiologistes montrent que la perception des couleurs et l'acuité visuelle des femmes et des hommes diffèrent. Les hommes voient avec un léger décalage de longueur d'onde par rapport aux femmes. Pour eux, le rouge est légèrement orange, l'orange est plus jaune, etc. Ils sont aussi plus doués pour identifier des tracés plus fins en mouvement sur un écran.

## Pourquoi rire fait du bien ?

**O**n connaît depuis longtemps l'impact positif du rire sur le mental. Dans une salle de classe, par exemple, provoquer le rire permet de mieux capter l'attention de l'auditoire. À l'université de Paris-Nanterre, une équipe a aussi mis en évidence que des enfants de 18 mois apprennent mieux et plus vite quand on les fait rire. Mais le rire est également bon pour notre santé, car il libère des endorphines (hormones) qui ont un effet anxiolytique et antidépresseur. Il aurait de plus une action anesthésique, ce qui permettrait d'être plus productif, plus longtemps. Physiquement, le rire activerait près de 400 muscles, depuis le visage jusqu'aux abdominaux. Un fou rire de dix minutes offrirait ainsi un relâchement musculaire et un bien-être physique de plus d'une heure.



ISTOCK



Chez moi tous les mois ?  
**JE M'ABONNE P. 94**



# Comment on S'APPROVISIONNE EN GAZ

LA CRISE ÉNERGÉTIQUE et les explosions survenues sur le gazoduc Nord Stream ont mis les livraisons de gaz sur le devant de la scène. En France, les ports méthaniers permettent de diversifier les importations.

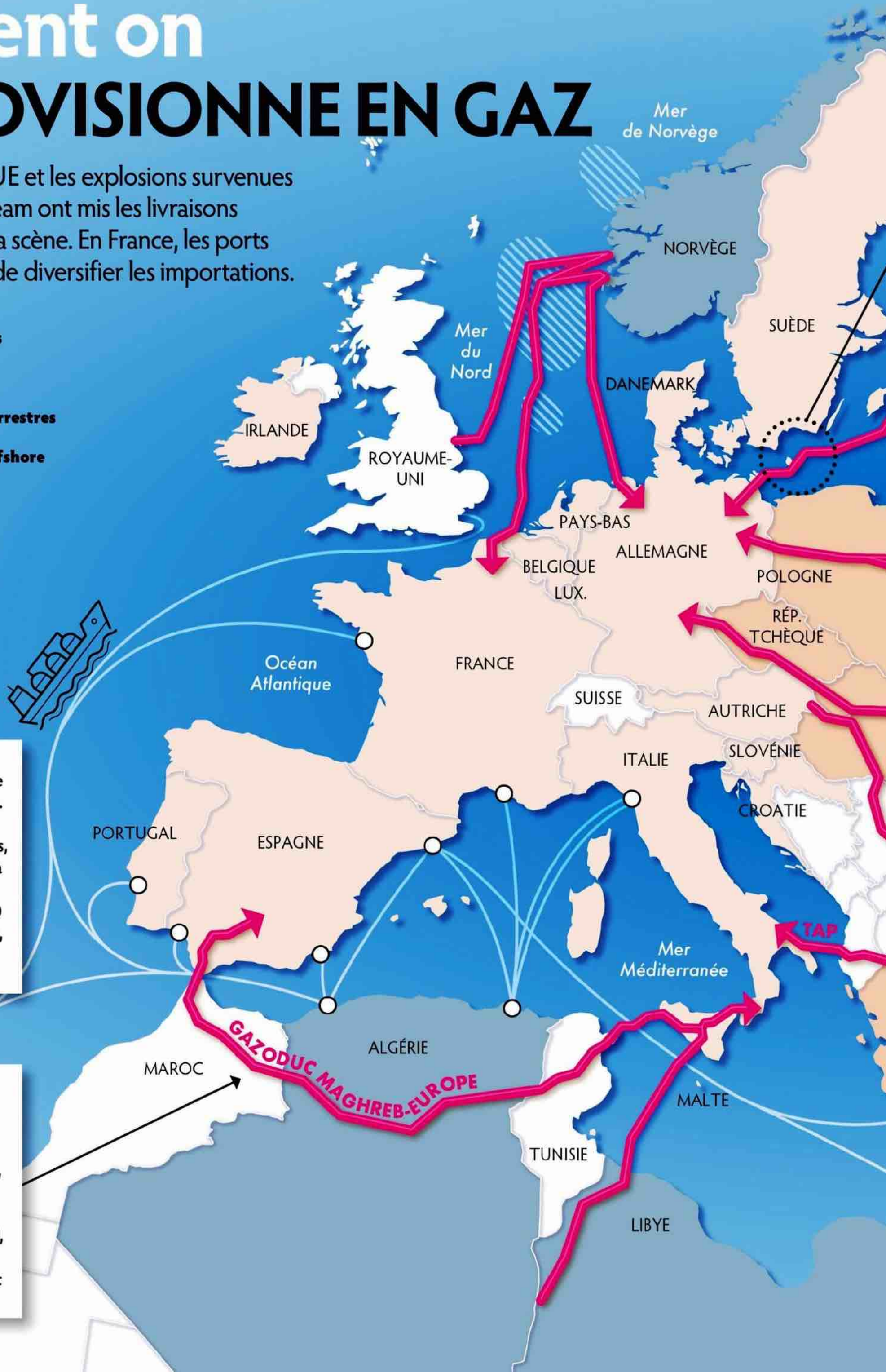
- Trajets des méthaniers
- Gazoducs
- ▨ Sites de production terrestres
- ▨ Sites de production offshore

## PAR BATEAU

■ Plus de 40% du gaz importé arrive en France via quatre ports méthaniers. Le gaz naturel liquéfié (GNL) est transporté à bord d'énormes navires, les méthaniers, qui mesurent jusqu'à 345 mètres de long, 54 mètres de large, et ont une capacité de 266 000 mètres cubes de GNL. À son arrivée, le GNL est regazéifié puis distribué par gazoduc.

## PAR GAZODUC

■ Près de 60% du gaz importé nous parvient par gazoduc (plus de 50% de notre gaz est européen). Propriétés des compagnies gazières, ces pipelines sont exploités par des gestionnaires indépendants. À l'air libre, sous l'eau ou en sous-sol, ils acheminent le gaz sous haute pression, ce qui réduit son volume et accélère la vitesse de transport.





## Nord Stream, un gazoduc à l'arrêt

■ Le 26 septembre, quatre fuites ont été détectées sur les gazoducs Nord Stream 1 et 2 (1 222 kilomètres), exploités par le groupe russe Gazprom pour livrer du gaz à l'Allemagne. Après deux explosions survenues à quelques heures d'intervalle, deux fuites ont été localisées dans la zone économique de la Suède, deux dans celle du Danemark. Les dommages constatés laissaient envisager un sabotage.

## En chiffres

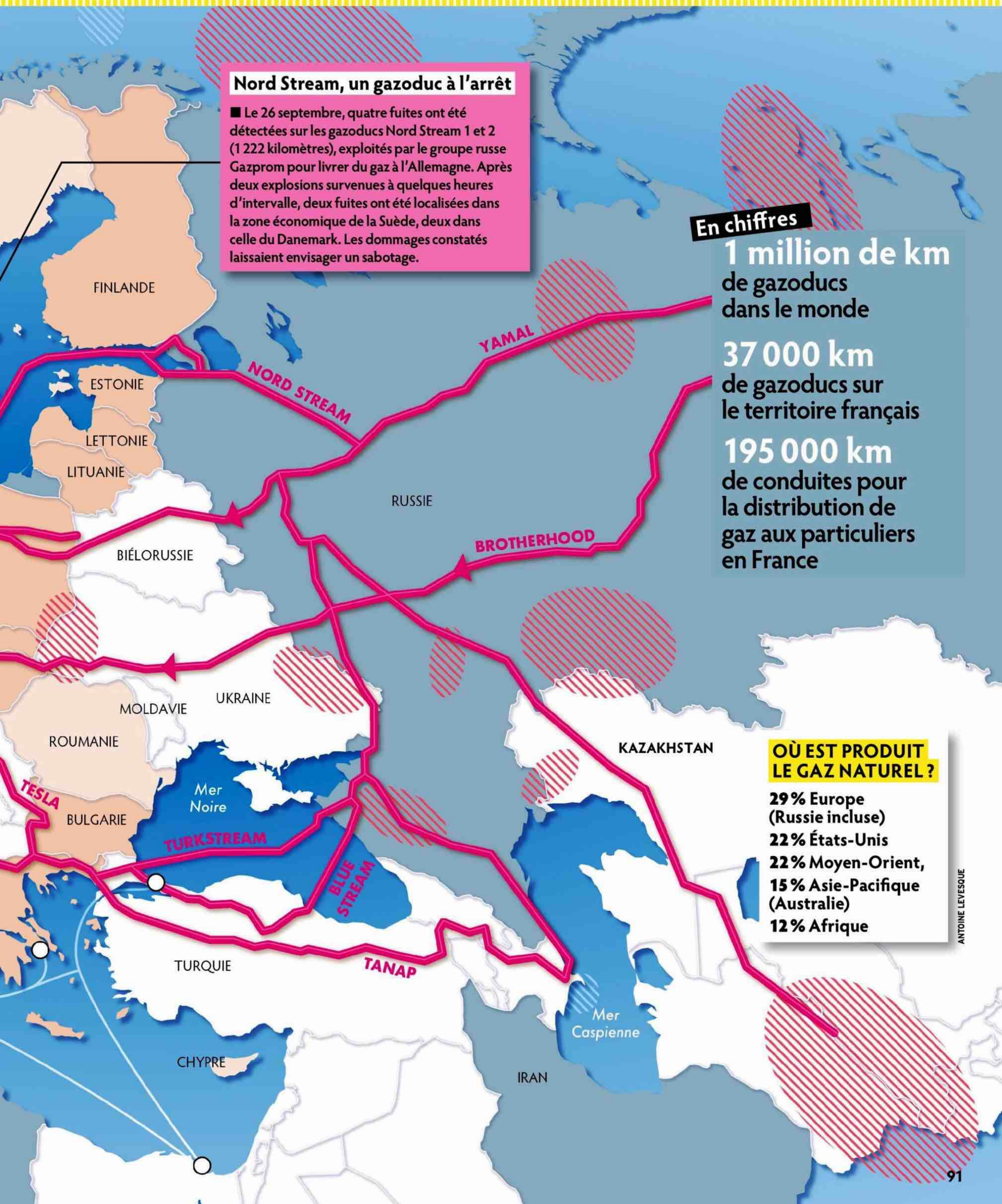
**1 million de km**  
de gazoducs  
dans le monde

**37 000 km**  
de gazoducs sur  
le territoire français

**195 000 km**  
de conduites pour  
la distribution de  
gaz aux particuliers  
en France

## OÙ EST PRODUIT LE GAZ NATUREL ?

**29 % Europe**  
(Russie incluse)  
**22 % États-Unis**  
**22 % Moyen-Orient,**  
**15 % Asie-Pacifique**  
(Australie)  
**12 % Afrique**





## C'est quoi ça ?

**1** D'anciens moules en terre cuite vernissée destinés à égoutter des faisselles.

**2** Des percussions utilisées lors de cérémonies traditionnelles par les Indiens creeks.

**3** Des diffuseurs de parfum retrouvés sur un chantier de fouilles en Amérique latine.



ERIK S. LESSER/EPA/MAXPPP



CHARLES PLATIAU/REUTERS

## C'est à qui ?

À l'aide des quatre indices suivants, devinez à qui appartenait cette épée :

**1** Le 13 avril 1944, elle est déportée avec sa mère et sa sœur vers le camp d'Auschwitz-Birkenau.

**2** En 1956, elle obtient le concours de la magistrature et commence sa carrière au sein de l'administration pénitentiaire.

**3** Le 26 novembre 1974, elle présente son projet de loi sur la dépénalisation de l'avortement.

**4** En 2008, elle est élue à l'Académie française. Son fauteuil, le numéro 13, fut celui de Jean Racine, Paul Claudel et Pierre Loti.



ALI HAIDER/EPA/MAXPPP

## Que font-ils donc ?

**1** Ces activistes écologistes bloquent, avant leur enfouissement, des conduits de déversement de produits dangereux.

**2** Des agents de maintenance nettoient les buses du système de propulsion de canons à neige.

**3** Des concurrents participent à une épreuve sportive dans une station de ski indoor.

## Les réponses

**Que font-ils donc ?**  
au Panthéon le 1<sup>er</sup> juillet 2018.  
et la paix. Simone Veil est entrée  
ils ont escaladé un mur de glace,  
Par une température de -4 degrés,  
ont attiré de nombreux participants.  
station de sports d'hiver d'intérieur,  
Warrior Challenge au Ski Dubai, une  
Réponse 3. Les épreuves du 13<sup>e</sup> Ice

**C'est à qui ?**  
Simone Veil (1927-2017). Élu en  
2008, Simone Veil a fait son entrée à  
l'Académie française le 18 mars 2010.  
Elle a choisi une lame du XIX<sup>e</sup> siècle,  
où les devises de l'Europe et de  
la France – « Union dans la diversité »  
et « Liberté, égalité, fraternité » –  
sont gravées. Y figurent également  
son numéro de déportée, 78651, et  
les flammes des fours crématoires.  
Sur l'attache du fourreau, un visage  
souriant de femme représente sa  
mère. Sur la garde, le nom du camp  
d'extermination de Birkenau. Sur le  
pommeau, une carapace de tortue,  
symbole de longévité. Sur la fusée,  
deux mains enlacées évoquent  
la réconciliation entre les peuples,  
et des branches d'olivier, la vie  
et la paix. Simone Veil est entrée  
au Panthéon le 1<sup>er</sup> juillet 2018.

**C'est quoi ça ?**  
Réponse 2. C'est au parc historique  
national d'Ocmulgee Mounds,  
en Géorgie (États-Unis), que  
s'est déroulée la 30<sup>e</sup> célébration  
autochtone annuelle de la nation  
Muscogee (Creek). Ici, des danseurs  
portent des bruiteurs, des instruments  
de percussion fabriqués à partir  
de carapaces de tortues, censées  
leur procurer une énergie spirituelle.  
**C'est à qui ?**  
Simone Veil (1927-2017). Élu en  
2008, Simone Veil a fait son entrée à  
l'Académie française le 18 mars 2010.  
Elle a choisi une lame du XIX<sup>e</sup> siècle,  
où les devises de l'Europe et de  
la France – « Union dans la diversité »  
et « Liberté, égalité, fraternité » –  
sont gravées. Y figurent également  
son numéro de déportée, 78651, et  
les flammes des fours crématoires.





# LA BOUCLE DU RECYCLAGE DES PAPIERS

20 kg : c'est le poids moyen des papiers triés par habitant et par an. Cahiers, papiers brouillon, catalogues, enveloppes, magazines... tous les papiers se recyclent. Pour leur donner une nouvelle vie, il suffit de bien les trier. Découvrez les grandes étapes de la boucle de recyclage des papiers.

## 1. LE TRI

À la maison, au bureau, en vacances, nous déposons tous nos papiers dans le bac ou le point de collecte le plus proche. Pas besoin de les froisser, de les déchirer, ni d'enlever les agrafes ou les spirales.



Près de 3 millions de tonnes de papiers graphiques sont commercialisées en France, fabriquées à partir de pâte à papier vierge ou de papiers recyclés.

## 5. L'IMPRIMERIE

Le papier recyclé est utilisé notamment pour fabriquer de nouveaux supports : journaux, livres, cahiers...



## 4. L'USINE PAPETIÈRE

En les mélangeant à de l'eau, les papiers deviennent de la pâte à papier. Nettoyée, étalée puis séchée, cette pâte est transformée en feuille géante de papier recyclé et enroulée en bobine.



## 2. LA COLLECTE

Les papiers et les emballages recyclables sont collectés par les ripeurs et transportés jusqu'au centre de tri le plus proche.



## 3. LE CENTRE DE TRI

Les papiers sont séparés des emballages recyclables manuellement et à l'aide de machines qui détectent les différents matériaux.





# Offrez un cadeau pour toute l'année avec



## Décryptez notre époque



## Comprenez le monde qui nous entoure



## Interrogez-vous sur des sujets étonnants



**6 mois offerts**



12 NUMÉROS/AN



8 HORS SÉRIE/AN



**AVANTAGES**

**QUELS SONT LES AVANTAGES DE L'ABONNEMENT EN LIGNE SUR PRISMASHOP.FR**



Version digitale offerte + ses archives



Paiement immédiat et sécurisé



Votre magazine plus rapidement chez vous



La curiosité,

**Ca**

se cultive,

étonne,

se partage,

détend



La version  
digitale  
est **offerte**  
en vous abonnant en ligne !

# BON D'ABONNEMENT RÉSERVÉ AUX LECTEURS DE



ABONNEMENT DE 12 MOIS (12N<sup>OS</sup> PAR AN)


**69€90**

au lieu de 112,20€  
soit 42,30€ d'économie

**6 mois  
offerts**

Retrouvez toutes nos offres d'abonnement sur  
**www.prismashop.fr**

Je choisis mon mode de paiement :

 **EN LIGNE SUR PRISMASHOP**

**-5%**  
supplémentaires

Directement via l'url suivante :

**www.prismashop.fr/CAMD5N2**

 **PAR COURRIER**

**1** Je renseigne mes coordonnées\*\* ☐ M<sup>me</sup> ☐ M.

Nom\*\* : .....

Prénom\*\* : .....

Adresse\*\* : .....

CP\*\* :

Ville\*\* : .....

**2** Je joins un chèque de 69€90 à l'ordre de Ça M'intéresse à renvoyer sous enveloppe affranchie à :  
Ça M'intéresse - Service Abonnement - 62066 ARRAS CEDEX 9

 **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) Abonnement automatiquement reconduit à l'échéance. Le Client peut ne pas reconduire l'abonnement. 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. À 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. Les informations recueillies font l'objet d'un traitement informatique par PRISMA MEDIA à des fins de gestion des abonnements, fidélisation, études statistiques et prospection commerciale. Conformément à la loi informatique et libertés du 6 janvier 1978 modifiée, vous pouvez consulter les mentions légales concernant vos droits sur les CGV de prismashop.fr ou par email à dpo@prismamedia.com. Offre réservée aux nouveaux abonnés de France métropolitaine. Photos non contractuelles. Les archives numériques sont accessibles durant la totalité de votre abonnement.

CAMD5N2





## Le savez-vous ?

**1** Conséquence du réchauffement climatique, l'archipel des Tuvalu sera submergé par l'océan d'ici à 2100. Pour subsister, cet État polynésien a prévu de :

- ☐ **a** Construire un modèle réduit détaillé de ses neuf atolls et l'exposer au siège de l'ONU, à New York.
- ☐ **b** Se dupliquer dans le métavers.
- ☐ **c** Reconstituer sa capitale, Funafuti, sur une île déserte.



**2** Après avoir longuement étudié les araignées sauteuses (*Evarcha arcuata*) de son jardin pendant les confinements successifs, une biologiste allemande a conclu que ces arachnides présentent un surprenant point commun avec les êtres humains :

- ☐ **a** Elles rêvent.
- ☐ **b** Elles nouent des liens amicaux avec leurs congénères.
- ☐ **c** Elles font des petits mouvements de la tête quand elles entendent de la musique.

**3** En 2021, la France était le premier exportateur mondial de produits de beauté. Les Japonaises et Japonais raffolent de ces

articles, même s'il en est un type qu'ils n'achètent que très peu, au grand dam des marques françaises...

- ☐ **a** Les parfums.
- ☐ **b** Les crèmes pour le visage et pour le corps.
- ☐ **c** Les lotions capillaires et coiffantes.

**4** Les chèvres qui grandissent et vivent dans un même groupe partagent souvent un trait comportemental. Lequel ?

- ☐ **a** Elles ont peur des autres troupeaux.
- ☐ **b** Elles bêlent avec les mêmes intonations.
- ☐ **c** Elles ont des préférences alimentaires semblables.

## Les réponses

**1** Pour que les générations futures sachent « qu'il y a eu un pays appelé Tuvalu », mais aussi pour maintenir sa souveraineté et ses droits sur ses eaux territoriales, le gouvernement de l'archipel envisage de créer un jumeau numérique. Il appelle aussi ses voisins, tout particulièrement l'Australie et la Nouvelle-Zélande, à accueillir les Tuvaluans.

**2** Cette biologiste a observé les araignées durant leurs phases de repos à l'aide d'une caméra de vision nocturne. Elle a relevé des contractions soudaines des pattes ainsi que des mouvements rapides de la rétine. Selon elle, ces deux réactions, typiques du sommeil paradoxal, pourraient témoigner d'une activité de plus en plus au fil du temps.

**3** Dans ce pays profondément marqué par la culture du bain, l'élégance ne consiste pas à sentir bon, mais à ne pas sentir du tout. Exhaler une odeur, c'est exposer son intimité, ce qui est très mal vu. Les parfumeurs développent donc des fragrances plus fraîches et légères, et ciblent les jeunes générations.

**4** Comme des humains vivant dans une même région, les troupeaux de chèvres développent un même accent. Leurs cris de contact, qui leur servent à se reconnaître en cas de séparation, ne sont pas seulement déterminés par la génétique mais se ressemblent de plus en plus au fil du temps.

**1** Pour que les générations futures sachent « qu'il y a eu un pays appelé Tuvalu », mais aussi pour maintenir sa souveraineté et ses droits sur ses eaux territoriales, le gouvernement de l'archipel envisage de créer un jumeau numérique. Il appelle aussi ses voisins, tout particulièrement l'Australie et la Nouvelle-Zélande, à accueillir les Tuvaluans.

**2** Cette biologiste a observé les araignées durant leurs phases de repos à l'aide d'une caméra de vision nocturne. Elle a relevé des contractions soudaines des pattes ainsi que des mouvements rapides de la rétine. Selon elle, ces deux réactions, typiques du sommeil paradoxal, pourraient témoigner d'une activité de plus en plus au fil du temps.

**3** Dans ce pays profondément marqué par la culture du bain, l'élégance ne consiste pas à sentir bon, mais à ne pas sentir du tout. Exhaler une odeur, c'est exposer son intimité, ce qui est très mal vu. Les parfumeurs développent donc des fragrances plus fraîches et légères, et ciblent les jeunes générations.

**4** Comme des humains vivant dans une même région, les troupeaux de chèvres développent un même accent. Leurs cris de contact, qui leur servent à se reconnaître en cas de séparation, ne sont pas seulement déterminés par la génétique mais se ressemblent de plus en plus au fil du temps.



# Actualités commerciales

## NOUVEAUTÉS

### Andros

Une grosse envie de gourmandise en voyant ce dessert ? On vous comprend ! C'est bien plus qu'une crème dessert, c'est un délice ! En plus, il est 100% végétal et préparé avec du bon lait d'amandes, qui proviennent de méditerranée ! Avec un bon gout de chocolat ou de vanille et en format x4, ce délice Andros Gourmand & Végétal ravira tous les gourmands autour de la table !

PMC recommandé : 2,65 € /UC



### Les restos du cœur

Cette année, ce sont 136 millions de repas qui ont été distribués par les Restos du cœur. Parce qu'un repas ne suffit pas, les bénévoles des Restos du cœur se mobilisent chaque année pour proposer de nombreuses aides de réinsertion aux

personnes accueillies afin de leur permettre de retrouver leur autonomie, notamment en facilitant leur retour à l'emploi et à la formation. Pour que cela puisse continuer, votre soutien est indispensable.

Faites votre don sur [www.restosducoeur.org](http://www.restosducoeur.org)



### Propolis

Pour contrer les rhumes et autres petits maux de l'hiver, ce nouveau cocktail spécialement développé pour les plus petits booste l'immunité grâce à sa teneur en extrait concentré de Propolis bio, en extrait et jus d'Echinacée bio et de Gelée Royale, titrée à hauteur de 192mg par dose de 5ml recommandée. Il procure aussi un coup de fouet bienvenu grâce à la Poudre d'Hibiscus bio et l'indispensable Acérola bio.

Défenses & Vitalité Propolis Enfant Ladrôme Laboratoire - Flacon 100ml, 11,90 €



### Lehning

Pour aider à soulager vos dents ou gencives sensibles, ou pour apporter de l'éclat à votre sourire, vous trouverez votre bonheur dans la nouvelle gamme rafraîchissante de dentifrice des Laboratoires Lehning :

- Gencives sensibles : propolis, thé vert, huile essentielle de menthe poivrée.
- Sensibilité dentaire : gingembre, huile essentielle de menthe poivrée.
- Blancheur : mélisse, huile essentielle d'eucalyptus.

COSMOS ORGANIC - Prix public conseillé : 5,95 €

Disponibles en pharmacie et sur [www.lehning.com](http://www.lehning.com)

### Gamarde Eau Thermale

Riche en soufre, l'Eau Thermale de Gamarde-les-Bains se distingue par sa composition singulière, dont on apprécie les propriétés apaisantes et anti-irritantes pour les peaux de toute la famille. On l'adopte sous la forme pratique d'un spray qu'on utilisera tantôt comme un simple brumisateurs rafraîchissant, tantôt pour parfaire le démaquillage ou encore pour soulager les épidermes sensibles. Un indispensable qu'on appréciera tout au long de l'année.

Eau Thermale de Gamarde  
Spray 250ml, 6,20 €





# LE MOIS PROCHAIN

EN KIOSQUE LE 22 DÉCEMBRE

## DOSSIER

### Les plus grandes énigmes de l'histoire

Le cheval de Troie a-t-il existé?  
Et si oui, sous quelle forme? Le Saint-Suaire est-il un linceul authentique?  
Où est passé l'or des nazis?  
Et le tombeau de Gengis Khan?  
À quoi servaient vraiment les alignements de Carnac?  
Autant de mystères qui passionnent ou divisent les historiens.



EVERETT/AURIMAGES

**Santé**  
Que vaut la médecine anti-âge?

### NATURE À la découverte des îles interdites

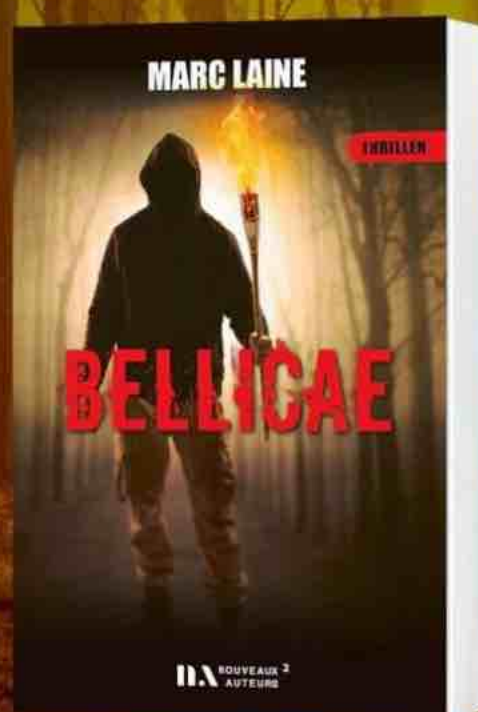
Pour des raisons écologiques ou économiques, on ne peut pas les visiter.

### ENVIRONNEMENT Comment élève-t-on une forêt?

Notre reporter est allée enquêter dans la forêt de Tronçais (Allier).

### INSOLITE Les arrêtés municipaux les plus incroyables

Ces interdictions et autorisations sont complètement farfelues.



**UN THRILLER TÉNÉBREUX**,  
qui nous emmène dans un road-trip  
palpitant !

DISPONIBLE EN LIBRAIRIE ET EN VERSION EBOOK



Le prix

LIDL

Deluxe

**Passez de bonnes fêtes avec Lidl et Deluxe !** Avis aux gourmands et aux impatients ! Lidl compte bien vous combler avec sa sélection de produits raffinés. Proposés à prix Lidl, ils vont illuminer votre fin d'année.

Entrée



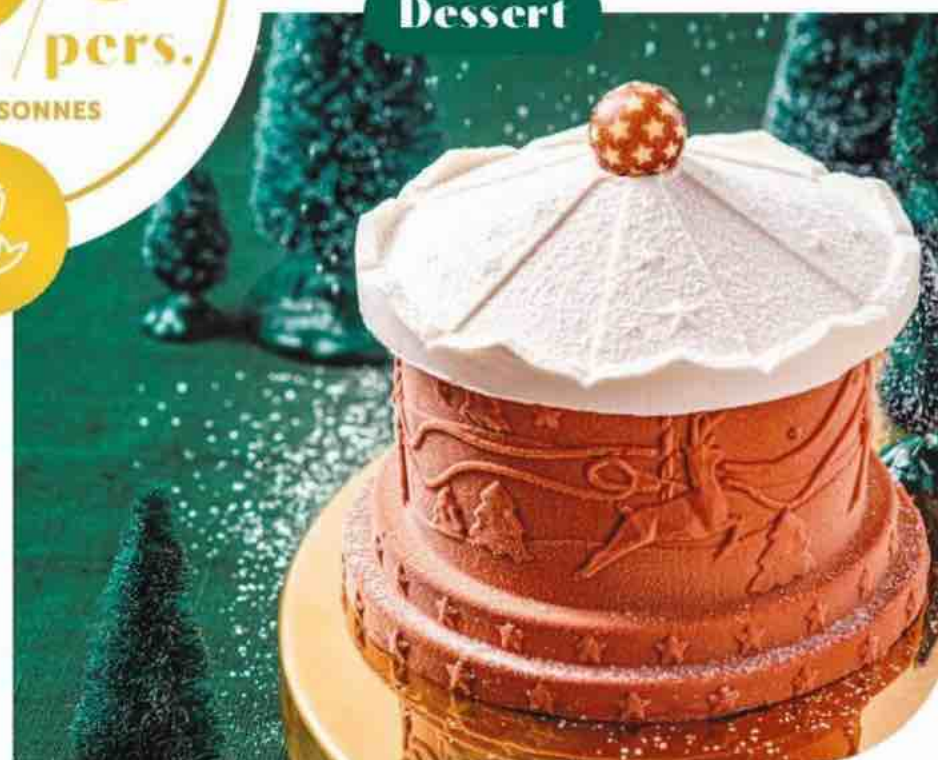
Plat



Accompagnement



Dessert



Le  
**Menu**  
de la mer  
à **10€**  
pers.

4 PERSONNES



GRAVLAX DE TRUITE - 8,79 € 300 g (1 kg = 29,30 €) - Transformé au DANEMARK **mercredi 7 décembre** - CASSOLETTE AU COLIN D'ALASKA, NOIX DE SAINT-JACQUES ET CREVETTES SAUCE CITRONNÉE - 7,49 € 600 g (1 kg = 12,48 €) **Du mercredi 2 novembre au samedi 31 décembre** - 4 MINI GRATINS AUX PATATES DOUCES - 2,99 € 400 g (1 kg = 7,48 €) **mercredi 7 décembre** - LE MANÈGE DE NOËL - 6/8 personnes - 9,99 € 600 g (1 kg = 16,65 €) **mercredi 14 décembre**

Le menu de la mer pour 10 euros par personne : 2 gravlax de truite + 1 cassiolette au colin d'Alaska + 2 paquets de mini gratins aux patates douces + le Manège de Noël



**Le nouveau numéro de Lidl Le Mag est arrivé !**  
L'occasion de découvrir **en supermarchés**  
**et sur lidl.fr** des recettes festives exclusives  
et des produits gourmands, toujours à prix Lidl.



• Le vrai prix •  
des bonnes choses

Tous les produits de cette page sont disponibles au rayon surgelé sauf le gravlax de truite.

**POUR VOTRE SANTÉ, ÉVITEZ DE GRIGNOTER ENTRE LES REPAS. [www.mangerbouger.fr](http://www.mangerbouger.fr)**



# UN NOËL COUP DE CŒUR LISEUSES KOBO BY FNAC



Couverture © Sofà Iskova / EyeEm

- ✓ Des milliers de titres accessibles partout et tout le temps<sup>(2)</sup>
- ✓ Aussi léger qu'un livre de poche, lisez de jour comme de nuit
- ✓ Inclus l'abonnement ebooks<sup>(3)</sup> avec 14 jours d'essai gratuit puis 9,99€/mois (sans engagement)

À PARTIR DE  
**99€99<sup>(4)</sup>**

**fnac**  
**.com**

(1) Le titre « Le bar était désert » d'Agnès Martin-Lugand offert dans votre bibliothèque pour toute activation d'une liseuse Kobo by Fnac entre le 18/11/2022 et le 15/01/2023. (2) Ebooks vendus séparément. (3) Informations disponibles sur <https://www.fnac.com/abo-ebooks> L'utilisation du service d'abonnement Kobo Plus by Fnac est soumise aux règles de service définies dans les conditions d'utilisation et dont Kobo se garde le droit de modifier à tout moment. Tous les détails sont disponibles <https://authorize.kobo.com/terms/termsofuse>. (4) Premier prix sur la liseuse Kobo Nia.