

# Vaincre la douleur

## LES NOUVELLES PISTES DES SCIENTIFIQUES

Ondes magnétiques, CBD, opioïdes, pompe antidouleur, TNM... La recherche affûte son arsenal

REWORLD BEL: 7,10 € - ESP: 7,20 € - GRC: 7,20 € - DOM S: 7,60 € - DOM A: 8,90 € - ITA: 7,20 € - LUX: 7,10 € - PORT CONT: 7,20 €  
MEDIA CAN: 10,50 CAD - MAR: 73,00 MAD - TOM S: 990,00 CFP - TOM A: 1850 CFP - CHE: 9 CHF - TUN: 15,00 TND

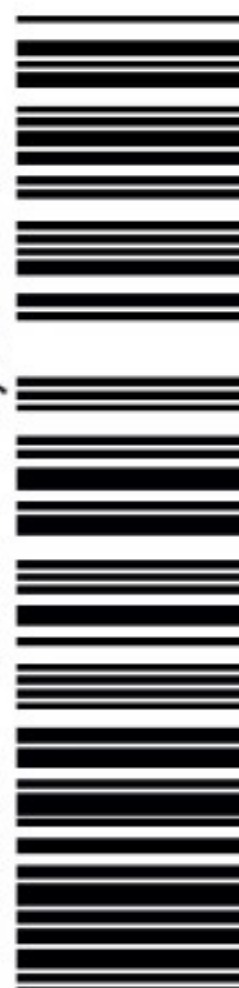


ARCHÉOLOGIE, PALÉONTOLOGIE, BIOTECHNOLOGIE...

**L'information scientifique Mise À Jour**  
*Votre rendez-vous avec l'actualité de la recherche*



L 19057 - 324 H - F: 6,90 € - RD





# CONCOURS

# SCIENCE EN VUES

Concours de photos de science avec  
*Science & Vie* et *Réponses Photo*.

## PARTICIPEZ!

## À GAGNER

**POUR LE GRAND GAGNANT  
DE CHAQUE CATÉGORIE**

• **Du matériel Canon**

- Biodiversité : un appareil photo Canon EOS R7 et son zoom transtandard\*
- Ciel nocturne : un appareil photo plein format Canon EOS R8 et un objectif grand angle\*
- Labo / recherche : un appareil photo plein format Canon EOS R8 et un objectif macro\*
- Catégorie -18 ans : une imprimante photo portable Canon SELPHY QX20\*

• **La publication de sa photo** sur différents supports :  
magazines, exposition, édition livre ou calendrier...

• **Une rencontre avec Greg Lecoœur**

**POUR LES 2<sup>e</sup> ET 3<sup>e</sup> GAGNANTS  
DE CHAQUE CATÉGORIE**

- **La publication de leur photo et un abonnement  
de 1 an au magazine de leur choix.**

\* Ou équivalent

**NOTRE PARRAIN**

*Greg Lecoœur*

*Photographe animalier  
et naturaliste*



Crédits photos : Greg Lecoœur

**3 CATÉGORIES** Biodiversité, ciel nocturne, labo / recherche + coup de cœur **Science & Vie Junior**  
**LES CRITÈRES DE SÉLECTION** Esthétisme, narration, contexte et informations scientifiques

**POUR PARTICIPER** Envoyez votre photo et ses informations  
avec vos coordonnées à [photoscience@reworldmedia.com](mailto:photoscience@reworldmedia.com)  
**avant le 10 mai 2026**



Règlement  
et informations  
via ce QR code

**SCIENCE & VIE**

**SCIENCE VIE  
JUNIOR**

**RÉPONSES  
PHOTO**

**Canon**

**muam**  
Musée des Arts et Métiers - Le Cnam

**fête de la  
Science**

**cnrs**

Reworld Media Magazines organise du 01/10/2025 au 31/12/2026 le concours « Science en vues » gratuit et sans obligation d'achat. Ce concours est ouvert à toute personne majeure, ou mineure avec une autorisation parentale, domiciliée en France métropolitaine. Les gagnants seront déterminés après leur participation selon les modalités prévues au Règlement du concours disponible gratuitement sur [www.reponsesphoto.fr](http://www.reponsesphoto.fr). La valeur des prix est communiquée à titre unitaire et indicatif. Conformément à la réglementation applicable en matière de protection des données personnelles (RGPD), les informations recueillies, font l'objet d'un traitement informatique fondé sur votre consentement, destinées à Reworld Media Magazines SAS. Les destinataires des données sont le service marketing et nos partenaires commerciaux pour vous permettre de participer au concours. Vous disposez notamment des droits d'accès, rectification, effacement, suppression de vos données, que vous pouvez exercer en écrivant à [dgd@reworldmedia.com](mailto:dgd@reworldmedia.com) ou à Reworld Media Magazines - DPD Service Juridique 40, avenue Aristide Briand - 92227 Bagneux cedex. Visuels non contractuels.





LEADING MEDIA GROUP

## ÉDITEUR

Reworld Media Magazines SAS  
Siège social: 40 avenue Aristide-Briand, 92220 Bagneux  
Directeur de la publication: Gautier Normand  
Actionnaire: Président Reworld Media France  
(RCS Nanterre 477 494 371)  
Tél. accueil: 01 41 33 55 00  
[www.science-et-vie.com](http://www.science-et-vie.com)  
SERVICE LECTEURS: [sev.lecteurs@reworldmedia.com](mailto:sev.lecteurs@reworldmedia.com)

## RÉDACTION

DIRECTRICE DE LA RÉDACTION: Danielle McCaffrey  
ASSISTANTE DES RÉDACTIONS SCIENCE & VIE ET SCIENCE & VIE  
HORS-SÉRIE: Christelle Borelli

## RÉALISATION SCIENCE &amp; VIE HORS-SÉRIE

COM'Presse, 6 rue Tarnac, 47220 Astaffort. Tél. 05 53 48 17 60

RÉDACTEUR EN CHEF: Olivier Carpentier  
RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE: Amanda Schrepf Sanz  
DIRECTEUR ARTISTIQUE: Émilien Guillon  
RÉDACTRICE PHOTO: Géraldine Lafont  
SECRÉTAIRES DE RÉDACTION:

Lita Doval, Vincent Ourso, Olivier Vignancour  
ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO: Kheira Bettayeb, Riva  
Brinet-Spiesser, Armelle Camelin, Mathias Chaillot, Adrien  
Denèle, Michael Ducouso, Lise Gougis, Coralie Hancock,  
Pascale-Emmanuelle Laperlat-Guilhaumont, Hugo Leroux,  
Céline Lison, David Marchand, Héloïse Rambert, Natacha  
Scheidhauer

## DIRECTION-ÉDITION

ÉDITEUR: Germain Périnet  
ÉDITRICE ADJOINTE: Charlotte Mignerey

## PUBLICITÉ

DIRECTRICE GÉNÉRALE: Élodie Bretaudeau-Fontelles  
DIRECTRICE DU PÔLE COMMERCIAL: Catherine Mireux (19 02)  
DIRECTRICE DE LA PUBLICITÉ: Anne Lefeuivre  
DIRECTEUR DE LA PUBLICITÉ: Fabrice Guillemain (06 16 55 55 42)  
PLANNING: Angélique Consoli (53 52), Stéphanie Guillard (53 50)  
RESPONSABLE TRAFIC: Catherine Leblanc (43 86)

## MARKETING / INTERNATIONAL

RESPONSABLE MARKETING: Giliane Douls  
DIRECTRICE DE LA COMMUNICATION: Laure Charvet

## ABONNEMENTS ET DIFFUSION

DIRECTRICE MARKETING DIRECT: Catherine Grimaud  
CHEF DE GROUPE: Davina Champaigne  
CHEF DE PRODUIT MARKETING DIRECT: Laure Letellier  
RESPONSABLE VENTES MARCHÉ: Siham Daassa

## RELATIONS CLIENTÈLE ABONNÉS

Une question sur votre abonnement? Appelez-nous au 01 46 48 48 96  
(de 9 h à 19 h, du lundi au vendredi, et le samedi de 9 h à 18 h, prix d'un  
appel local). Ou rendez-vous sur [www.serviceabomag.fr](http://www.serviceabomag.fr), dans votre  
espace client.

Vous voulez vous abonner? Rendez-vous sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com)  
Par courrier: Service abonnement Science & Vie,  
59898 LILLE Cedex 9

Prix de vente: 6,90 €

Prix de l'abonnement annuel: 61,20 € (12 numéros) ou 102,60 €  
(12 numéros + 6 hors-séries)

Pour les États-Unis et le Canada: Express Mag, 8155 rue Larrey,  
Anjou (Québec), H1J 2L5. Tél. 1 800 363-1310 (français)  
et 1 877 363-1310 (anglais); fax (514) 355-3332.  
Pour la Suisse: Edigroup Suisse, 022 860 84 50  
[reworld@edigroup.ch](mailto:reworld@edigroup.ch)  
Pour la Belgique: Edigroup Belgique, 070 233 304  
[reworld@edigroup.be](mailto:reworld@edigroup.be)  
Autres pays: nous consulter.  
Commande d'anciens numéros et de reliures au 01 46 48 48 83

## FABRICATION

DIRECTION DES OPÉRATIONS INDUSTRIELLES: Bruno Matillat  
CREATOPRINT

## PRÉPRESSE

RESPONSABLE DE SERVICE: Sylvain Boularand  
Imprimeur: Maury - France  
N°ISSN: 1966-9437  
N°de commission paritaire: 1025 K 79977  
Dépôt légal: février 2026



FR



PEFC

10-21-1282

Certifié PEFC

Ce produit est issu de

forêts gérées

durablement et de

manières responsables

[www.pefc-france.org](http://www.pefc-france.org)

# Ça fait moins mal en musique

*“La musique adoucit les mœurs”, estimaient les Anciens. “Le rythme et l’harmonie sont propres à pénétrer dans l’âme, et à la toucher fortement”, écrit Platon dans sa République. Eh bien, c’est encore plus vrai quand on est souffrant. Ainsi les mélodies d’Orphée ont-elles le pouvoir d’apaiser les âmes endolories. La Bible rapporte comment David guérit Saül de ses tourments grâce à sa lyre. Rien de légendaire là-dedans : les chercheurs ont démontré l’efficacité de la musique dans la lutte que praticiens et patients livrent contre la souffrance, qu’elle soit psychique ou physique. Donc, ne nous en privons pas ! La vaincre reste l’un des grands combats de la médecine d’aujourd’hui – les douleurs chroniques, à elles seules, affligent 12 millions de Français. À l’aide de la musique donc... mais pas n’importe laquelle : celle que l’on aime – l’intimité de la douleur rejoint ici le goût musical. Si l’écoute de mélodies familières réduit la nociception, c’est d’abord parce qu’elle stimule notre cerveau et détourne ainsi notre attention des signaux douloureux. Adapté au rythme biologique d’un individu, comme ses battements de cœur, un bon tempo fait des miracles analgésiques. En complément d’un traitement médicamenteux, bien sûr. La Haute Autorité de santé recommande ainsi l’usage de “Music Care”, application capable de synchroniser les fréquences cardio-respiratoires et le rythme d’une sélection de mélodies. Mais le recours à la musique présente un autre avantage : il rapproche patients et soignants, là où les premiers reprochent parfois leur indifférence aux seconds ; et il intime persévérance, endurance, voire obéissance aux souffrants, facilitant d’autant les soins prodigués. Ulysse lui-même le constate dans l’Odyssée, lorsque le chant des sirènes “remplit le cœur du désir d’écouter”. Quitte à oublier un instant ce soignant qui, changeant vos pansements, vous fait un mal de chien !*

Olivier Carpentier



## AVANT-PROPOS

## 06 "Personnaliser les traitements contre la douleur"

Pourquoi la douleur persiste-t-elle parfois malgré les soins ? La chercheuse Myriam Antri et le médecin psychiatre Éric Serra expliquent pourquoi cette expérience, à la fois biologique et psychologique, impose aujourd'hui une prise en charge globale et individualisée des patients.



## POURQUOI ON A MAL

## 16 C'est quoi la douleur ?

Phénomène universel mais profondément subjectif, la douleur mobilise le corps, le cerveau et les émotions dans un enchevêtrement complexe.

## 22 Huit milliards de "Aïe !"

Des chercheurs montrent comment jurons, sons et expressions du visage modulent notre perception de la douleur... et révèlent ce qu'elle a d'universel autant que de culturel.

## 24 Quel genre, ta douleur ?

Les femmes ressentent-elles la douleur différemment des hommes ? Décryptage des

## 28 Comment l'évaluer ?

Les échelles cliniques, comportementales et numériques aident les soignants à mieux mesurer la douleur.

## 30 Pourquoi devient-elle chronique ?

Quand le système nerveux se dérègle, il transforme un signal d'alarme en maladie durable, mais des pistes thérapeutiques se mettent en place pour l'enrayer.

## 34 La nature, ça pique !

Quels sont les mécanismes par lesquels plantes et animaux transforment le contact ou la piqûre en signal de douleur redoutablement efficace ?

mécanismes biologiques et des biais sociaux qui expliquent cette inégalité.



Recevez Science & Vie  
et ses Hors-Série

Votre bulletin d'abonnement  
se trouve en p. 100. Pour commander  
d'anciens numéros, rendez-vous  
sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com)

Vous pouvez aussi vous abonner  
par téléphone au 01 46 48 47 08  
ou par internet sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com)





## DANS LES LABOS

- 38 Douleur psychique, ce mal dans la tête**  
Diffuse, intime et invisible... Les chercheurs tentent d'en cerner les mécanismes, les effets délétères et les pistes possibles pour enfin la soulager.
- 42 Des ondes pour soulager le cerveau**  
La stimulation magnétique transcrânienne répétitive s'impose comme une piste sérieuse pour soulager les douleurs neuropathiques résistantes aux médicaments.
- 44 Migraine, un mal bien féminin**  
Longtemps réduite à un mal de tête, elle est aujourd'hui reconnue comme une maladie neurologique complexe, qui touche trois fois plus de femmes que d'hommes.
- 48 Exosquelettes, le labeur sans la douleur**
- Entre gains mesurés, contraintes d'usage et nécessité d'une approche globale du travail, ces "armures" modernes ne sont pas une solution miracle.
- 50 De nouvelles armes contre l'arthrose**  
Chercheurs et cliniciens explorent des pistes inédites pour soulager, enfin, des millions de patients.
- 54 La pompe antidouleur**  
Puissante, personnalisable et encore trop peu proposée, l'analgésie intrathécale pourrait changer la prise en charge de douleurs sévères, notamment en cancérologie.
- 56 Covid, des douleurs à n'en plus finir**  
Le Covid long touche près de 2 millions de Français et s'accompagne souvent de douleurs diffuses, parfois invalidantes, mais des solutions existent.

## PENSER LA DOULEUR

- 80 Quand la douleur déraile**  
Membre fantôme, allodynie, fibromyalgie... La douleur ne suit pas toujours les règles attendues.
- 84 Very bad web**  
Humiliations, violences et souffrance mises en scène en direct : l'extrême streaming transforme la douleur en spectacle rentable.
- 86 Traumas collectifs, comment s'en sortir ?**  
Quand un attentat ou une guerre frappe une société entière, la douleur
- psychique déborde le cadre individuel et s'inscrit dans la mémoire collective.
- 90 À l'école de la souffrance**  
Évaluer la douleur, la soulager, mais aussi écouter et faire preuve d'empathie : soigner la douleur ne s'improvise pas.
- 92 "La douleur est un puissant agent de métamorphose"**  
L'historienne Joanna Bourke et le sociologue David Le Breton retracent la façon dont les sociétés, de l'Antiquité au christianisme, ont façonné notre rapport à la souffrance.
- 98 Bibliographie**

## LES REMÈDES

- 62 Que valent les thérapies non médicamenteuses ?**  
Elles séduisent de plus en plus de patients en quête de solutions, à condition de bien distinguer les approches réellement utiles de celles à éviter.
- 68 La chimie au banc d'essai**  
Mode d'action, efficacité réelle, risques et idées reçues : un tour d'horizon pour mieux comprendre ce que contiennent – et ce que font vraiment – nos armoires à pharmacie.
- 76 Quand faut-il opérer ?**  
Prothèses, décompression nerveuse, arthroscopie : quelles interventions soulagent vraiment, pour quels patients, et avec quels résultats ?



PAGE 101

**"MÀJ" COMME MISE À JOUR**

Où se trouve la boussole des pigeons ? Les NTG autorisés par l'Europe ? La matière peut-elle répéter son motif dans le temps ? Douze pages d'actualité scientifique et de questions-réponses pour faire le point sur vos thématiques favorites.



# “L’objectif, c’est de personnaliser les traitements contre la douleur”

Après l’avoir longtemps ignorée, le corps médical prône désormais une approche multimodale de la douleur. Explications de Myriam Antri\*, chercheuse, et Éric Serra\*\*, psychiatre et médecin de la douleur.

PAR RIVA BRINET-SPIESSER



**SVHS :** Vous avez fait de la douleur votre métier, Myriam Antri comme chercheuse ; Éric Serra en tant que clinicien. Pourquoi ?

**Myriam Antri :** Je suis sensible à la dimension universelle de la douleur. C’est un symptôme – un ressenti – qui concerne toutes les maladies. La douleur est comme un lien qui relie les pathologies les unes aux autres. Et puis, sans douleur, les citoyens n’iraient pas consulter leur médecin, ils ne seraient pas soignés. Cela montre la puissance du phénomène.

**Éric Serra :** Ce qui m’intéresse, c’est de comprendre la relation entre la souffrance du corps et celle de l’esprit. Et elle n’est pas simple. Il y a des douleurs dont on arrive à soigner la cause physiologique, sans que le patient se sente mieux. À l’inverse, certaines douleurs présentent des déterminants psychologiques, mais les traiter ne suffit pas nécessairement à les supprimer.







Il existe aujourd'hui divers types d'orthèses pour soigner et atténuer la douleur en fonction de la gravité ou de la caractéristique du traumatisme. Ici, la cheville ligamentaire permet le maintien de la cheville, en position anatomique, grâce à des bandes élastiques.

Contrairement à d'autres champs médicaux, la médecine de la douleur ne peut pas reposer uniquement sur une approche étiologique, c'est-à-dire sur la recherche de causes. Elle est complexe et nous oblige donc à une certaine modestie.

**SVHS : Existe-t-il une définition de la douleur ?**

**M. A. :** L'Association internationale pour l'étude de la douleur la définit comme une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable, associée à une lésion tissulaire réelle ou potentielle. Cette définition révèle que la douleur est multifactorielle et fait appel à plusieurs composantes. Il y a notamment la composante sensorielle

dite "discriminative" : elle renseigne sur la localisation, la nature et l'intensité de la douleur (c'est la douleur du corps dont parlait précédemment le Dr Serra). Et également la composante émotionnelle : il s'agit de l'aspect subjectif de la douleur, de l'affect désagréable qu'elle génère chez le malade – que l'on pourrait associer à la douleur de l'esprit.





**E. S. :** Cette définition médicale est importante, car elle nous permet de bien cerner l'objet d'étude qu'est la douleur et de la distinguer des autres souffrances humaines. La douleur est une agression physiologique qui est intégrée au niveau du cerveau, mais pas uniquement. Elle est intégrée aussi dans l'histoire du patient, dans sa façon de vivre, de ressentir les choses. C'est pour cela que certaines personnes

arrivent à faire face à la douleur et à maintenir leur activité, quand d'autres, au contraire, se sentent totalement débordées, envahies par des pensées négatives du type "de toute façon, rien ne marche". Ces conséquences psychologiques et comportementales de la douleur nourrissent la douleur elle-même.

**SVHS :** Dans ces cas-là, la fonction protectrice de la douleur, qui sert

**de signal d'alarme, est en quelque sorte pervertie ?**

**M. A. :** Il faut bien distinguer deux types de douleur. D'abord, la douleur aiguë, qui est localisée et s'exprime sur un temps défini. C'est elle, effectivement, qui agit comme signal d'alarme. Elle permet par exemple de retirer sa main du feu lorsqu'on se brûle. Elle est initiée dans notre système nerveux périphérique par des récepteurs à la douleur





À l'Hôpital des nounours, un dispositif géré par l'Association nationale des étudiants en médecine, des enfants suivent une peluche dans un parcours de soins qui prend en compte la mesure de la douleur.

appelés "nocicepteurs", puis un message remonte par les nerfs jusqu'au système nerveux central. L'information sera ensuite dispatchée par le thalamus dans différentes régions corticales, certaines pour nous informer de la localisation et de l'intensité de cette douleur, d'autres pour

## *L'effet placebo est capable de diminuer la douleur avec un certain niveau d'efficacité*

nous faire ressentir l'expérience comme désagréable. Lorsque la douleur se prolonge au-delà de la guérison, on parle alors de douleur chronique, qui est une pathologie en tant que telle. Elle est liée à une hypersensibilité des neurones qui s'installe dans le temps et qui transforme une petite stimulation, normalement anodine, en sensation douloureuse.

**E. S. :** On parle de douleurs chroniques lorsque la douleur dure plus de trois mois. Notre organisme perçoit alors comme douloureux des événements qui ne l'étaient pas auparavant, à cause d'une faillite des systèmes de contrôle, comme l'a expliqué Myriam Antri, mais aussi parce que nous avons une vision altérée de la douleur. Une personne ayant une lombalgie souffre, certes, de douleurs en bas du dos, mais souvent elle arrête ses activités à cause de la douleur. Ses muscles s'affaiblissent, ses articulations deviennent plus raides et tout mouvement devient inconfortable. Les malades sont pris dans le piège de la douleur.

**SVHS :** On comprend que nous ne sommes pas tous égaux face à la douleur. Quels sont les terrains propices ?

**M. A. :** Il y a d'abord des facteurs génétiques. Des études récentes dévoilent que les gènes impliqués dans la douleur s'expriment de manière différente selon les individus. Par exemple, nous n'avons pas tous la même quantité de nocicepteurs, ces récepteurs sensoriels à la douleur : l'intensité du message douloureux sera donc variable d'une personne à l'autre. Certaines personnes ont aussi une surexpression des canaux ioniques impliqués dans la transmission de la douleur au niveau des neurones, ce qui entraîne une hypersensibilité à la douleur. D'autres, au contraire, ont une sous-expression de ces canaux et sont donc plus "résistants". Sans oublier les différences entre hommes et femmes. On observe en général une plus grande prévalence des douleurs chroniques chez la femme, comme c'est le cas dans la migraine ou la fibromyalgie. Cette différence s'explique, bien sûr, par l'influence des hormones sexuelles. Mais nous découvrons aussi, grâce à des modèles d'étude sur animaux, que les voies de la douleur et son activation cellulaire et moléculaire peuvent être différentes selon le sexe. Par exemple, pour certaines douleurs



## “ Les recherches actuelles visent à développer des antidouleurs spécifiques à certaines pathologies ”

inflammatoires, on observe une dérégulation de canaux ioniques dans certaines cellules gliales du système nerveux central chez les mâles, mais pas chez les femelles.

**E. S. :** Sur le terrain psychocomportemental, les études ont montré que les patients en souffrance, avec des formes plus ou moins caractérisées d'anxiété ou de dépression, ressentent plus facilement la douleur et l'expriment davantage. On observe aussi que les personnes sédentaires sont moins aptes à réagir aux événements difficiles de la vie, dont la douleur fait partie.

**SVHS :** *L'époque où l'on s'entendait dire "souffre en silence" ou "c'est dans la tête" semble bien loin. Comment expliquez-vous les progrès dans la prise en compte de la douleur par le corps médical ?*

**E. S. :** Le point de bascule a lieu au milieu du <sup>xx</sup>e siècle, lorsque René Leriche, inventeur de la chirurgie vasculaire, observant que des personnes pouvaient guérir de leurs maladies tout en souffrant encore, décrit la douleur comme une pathologie à part entière. Ensuite, le changement vient de la croisée de deux dynamiques. D'un côté

une science qui progresse à grands pas avec le développement de médicaments antalgiques puissants, au premier rang desquels la morphine. De l'autre, une forme de révolte de la part des citoyens qui demandent que ces innovations soient mises à leur disposition pour vivre plus confortablement. Ce qui s'est passé dans les années 2000, lors des premiers états généraux du cancer en France, est à ce titre assez marquant. Les patients se sont adressés aux cancérologues en disant, en substance : *"Nous avons conscience d'avoir une médecine de très haut niveau, mais s'il vous plaît, soyez attentifs à nos souffrances."* Beaucoup de médecins l'ont mal pris : ils sauvaient des vies, mais les patients demandaient plus encore. Plus d'attention et d'humanité. Enfin, l'instauration de nouvelles lois, et notamment celle de 2002, qui obligent les établissements et les médecins à prodiguer *"des soins visant à soulager la douleur"*, a permis une meilleure écoute des chercheurs et des personnels soignants. On dispose en France de nombreuses structures spécifiques qui prennent en charge la douleur, et de quelques-unes des meilleures équipes de physiologie



Porté par Xavier Bertrand, alors ministre de la Santé et des Solidarités (à gauche), le Plan Douleur 2006-2010 se voulait un "5<sup>e</sup> signe vital" pour renforcer la prise en charge, améliorer l'accès aux traitements et développer l'information des patients.

de la douleur au monde. Le sujet a réellement "pénétré" le champ de la santé.

**M. A. :** Certes, nous bénéficions, aujourd'hui, de financements plus avantageux pour soutenir la recherche sur la douleur. C'est indispensable, mais ce n'est pas tout. Je pense que la société aussi a changé. Les gens osent davantage exprimer leur douleur, que ce soient les hommes – pour qui





c'était perçu comme un signe de faiblesse – ou les femmes qui, lorsqu'elles souffraient de migraines ou de douleurs de règles, s'entendaient dire : *"Ce n'est pas grave, c'est hormonal."*

**SVHS :** *Sur le plan des traitements, les progrès semblent moins fulgurants, avec un nombre limité de nouveaux antidouleurs. Pour quelles raisons ?*

**M. A. :** Je ne suis pas tout à fait d'accord, il y a de nouvelles molécules, comme la suzetrigine qui,

face à la crise des opioïdes, pourrait permettre de traiter la douleur aiguë sans dépendance (elle n'est pour le moment autorisée qu'aux États-Unis). Mais surtout, notre approche évolue : les recherches actuelles visent à développer des antidouleurs spécifiques à certaines pathologies, comme c'est le cas pour la migraine chronique avec l'arrivée des anticorps monoclonaux anti-CGRP. Cette approche ciblée est indispensable, car nous savons qu'un même symptôme – comme

un mal de tête – peut avoir différentes causes (une migraine, des céphalées de tension, un choc) et donc différents mécanismes. Ensuite, il arrive que l'on identifie des molécules efficaces lors des études précliniques sur animaux, mais qui le deviennent beaucoup moins dans les essais sur volontaires, où leur efficacité est comparée avec celle d'un placebo. Le mécanisme de la douleur a cela de spécifique : l'effet placebo est capable de diminuer la douleur avec un



certain niveau d'efficacité, ce qui rend l'innovation thérapeutique plus difficile.

**E. S. :** J'ajouterais que le progrès ne se cantonne pas à la découverte de nouvelles molécules, aussi fascinante soit-elle. Dans la médecine de la douleur, les progrès viennent aussi de notre capacité à améliorer la prise en charge globale du malade, en combinant différents traitements et en intégrant dans les soins des composantes comportementales et psychologiques.

**SVHS :** *Quel regard portez-vous sur les traitements non médicamenteux, que ce soit la neurostimulation, ou des méthodes plus émergentes comme l'hypnose ou l'acupuncture ?*

**E. S. :** Les traitements non médicamenteux jouissent d'une très bonne image sociétale, mais il convient d'y aller pas à pas, car nous manquons encore d'études scientifiques qui valident leur efficacité. Ces traitements fonctionnent au

cas par cas : l'acupuncture n'agit que dans certaines indications. L'hypnose peut merveilleusement contrôler les douleurs aiguës, mais cela ne marche pas chez tous les patients. Il ne faut donc pas s'en priver lorsque des patients disent *"Ça marche mieux que tous les médicaments que j'ai pris jusque-là"*, mais continuer à prescrire des antidouleurs s'il le faut. Ces méthodes offrent en revanche un bénéfice essentiel : elles permettent une implication du citoyen dans sa prise en charge, que l'on ne retrouve pas dans la prise de médicaments. Pour certains types de patients, ceux qui vont de l'avant, qui cherchent à coopérer avec les médecins, ces stratégies thérapeutiques sont encore plus utiles, mais doivent rester encadrées.

**SVHS :** *Comment, demain, améliorer encore la connaissance et la prise en charge de la douleur ?*

**E. S. :** Avec la Société française d'étude et de traitement de la douleur que

je préside, nous souhaitons soutenir la formation des médecins à la prise en charge de la douleur et renforcer les structures douleur chronique, qui offrent des réponses novatrices et prennent en compte le profil et l'histoire de chaque patient. Nous devons aussi mettre l'accent sur l'accompagnement de certains types de population,

Les traitements des cancers sont désormais accompagnés d'une prise en charge globale qui comprend des traitements médicamenteux, mais aussi des soins de support non médicamenteux comme l'hypnose, la psychothérapie ou l'acupuncture.

*“ Les traitements non médicamenteux jouissent d'une très bonne image sociétale, mais nous manquons encore d'études scientifiques qui valident leur efficacité ”*



comme les enfants, les personnes âgées, les personnes souffrant de troubles du développement ou de troubles mentaux chroniques.

**M. A. :** Il est primordial d'approfondir la connaissance des différents mécanismes de la douleur et d'identifier des marqueurs spécifiques à chaque pathologie, car, in fine, l'objectif est d'arriver

à personnaliser les traitements. Pour cela, j'espère que nous pourrons continuer sans frein à mener des études cliniques et précliniques, sur les modèles animaux et humains, car rien ne pourra remplacer le vivant. ■

*\* Myriam Antri est enseignante-chercheuse au laboratoire Neuro-Dol de l'Inserm et de l'université*

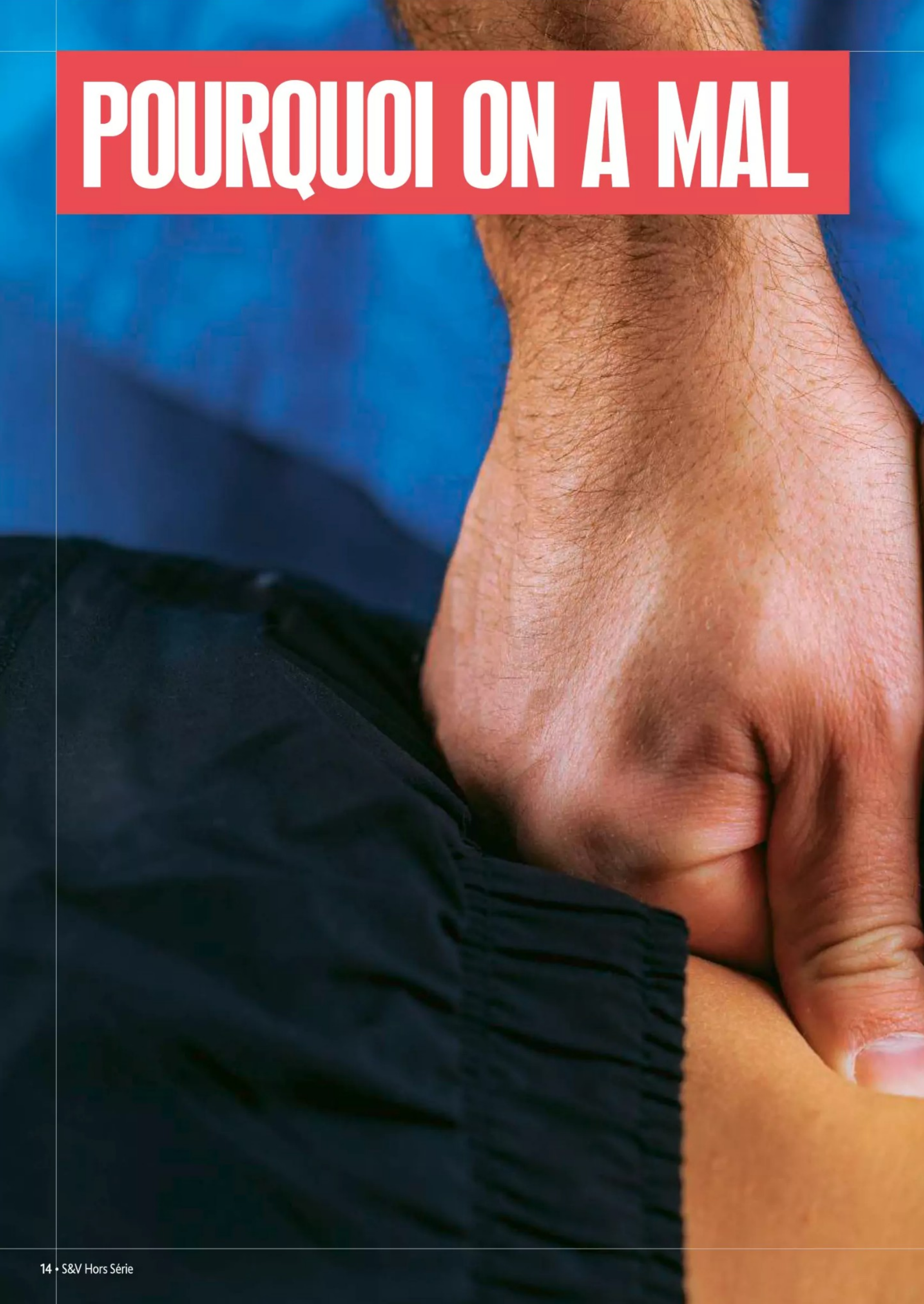
*Clermont Auvergne.*

*\*\* Éric Serra est psychiatre et médecin de la douleur, professeur en médecine de la douleur à l'université de Picardie Jules-Verne, chef de service du centre d'étude et de traitement de la douleur au CHU d'Amiens, président de la Société française d'étude et de traitement de la douleur.*





# POURQUOI ON A MAL





Massage dorsal appuyé  
sur un patient affligé  
d'une hernie discale.





# C'est quoi la douleur ?

C'est un phénomène protéiforme, tellement personnel et subjectif que le définir est une réelle gageure. Chercheurs et professionnels du soin cherchent à en percer les mécanismes. PAR CÉLINE LISON





**S**i chacun d'entre nous a expérimenté "la" douleur dans sa chair, définir celle-ci s'avère compliqué tant elle peut prendre des visages différents en fonction de notre biologie, de notre vécu, de notre culture, de notre environnement social, de l'état de nos émotions, du sens qu'elle a pour nous... En 2020, l'Association internationale pour l'étude de la douleur, l'autorité de référence sur la question, s'est échinée à en délimiter les contours.

## Souffrance aiguë

Dans cette scène baroque, le peintre flamand Theodoor Rombouts met en lumière la douleur aiguë d'un patient soumis à une extraction dentaire sans anesthésie. Au XVII<sup>e</sup> siècle, à l'époque où ce tableau est peint, les barbiers-chirurgiens s'improvisaient souvent dentistes. Les spectateurs montrent un mélange de fascination et d'angoisse, témoignant d'une peur collective.

La douleur est désormais décrite comme *"une expérience sensorielle et émotionnelle désagréable associée à, ou ressemblant à celle associée à, une lésion tissulaire réelle ou*



“ *Les plantes ne peuvent pas partir. Elles n'ont donc pas la nécessité de ressentir cette alarme qu'est la douleur* ”

*potentielle.*” Une formulation tortueuse, mais qui a le mérite de n'oublier aucun méandre de la notion.

Aussi désagréable soit-elle, la douleur a son utilité : elle sert de signal d'alarme. Une main posée sur une plaque encore chaude et le corps réagit avant que l'on comprenne ce qu'il se passe. Certaines douleurs, comme celle liée à un tatouage, sont assumées et supportables. D'autres le sont moins et peuvent conduire à consulter, mais, globalement, nos sociétés sont outillées pour soulager les douleurs réversibles. En revanche, lorsque la douleur s'installe plus de trois mois, passe du stade aigu à une phase chronique, les choses se compliquent. Depuis 2019, l'OMS reconnaît la douleur chronique comme une maladie à part entière.

### EXPÉRIENCE CONSCIENTE

Pour mieux comprendre ces phénomènes, les scientifiques ont cherché à comprendre comment le signal initial était transmis et décrypté par le cerveau. Aujourd'hui, on connaît bien la nociception, c'est-à-dire la machinerie qui capte un signal d'alerte en périphérie et le

transmet au cerveau. Ainsi, une stimulation (un choc, une variation de pH...) est d'abord détectée par des nocicepteurs (neurones sensoriels), situés au niveau de la peau, des viscères ou des muscles. Le message prend la forme d'un potentiel d'action, transite alors par la moelle épinière ou le tronc cérébral avant d'arriver simultanément dans plusieurs zones du système nerveux central. *“C'est seulement à ce stade, lorsque l'expérience devient consciente, qu'il y a douleur,* souligne Luis Garcia-Larrea, directeur de recherche à l'Inserm et président de la Fédération européenne de la douleur. *Mais il n'y a pas UN centre de la douleur dans le cerveau. L'influx nociceptif arrive à la fois dans une région sensorielle (l'insula postérieure), une zone liée au contrôle moteur (le gyrus cingulaire) et*

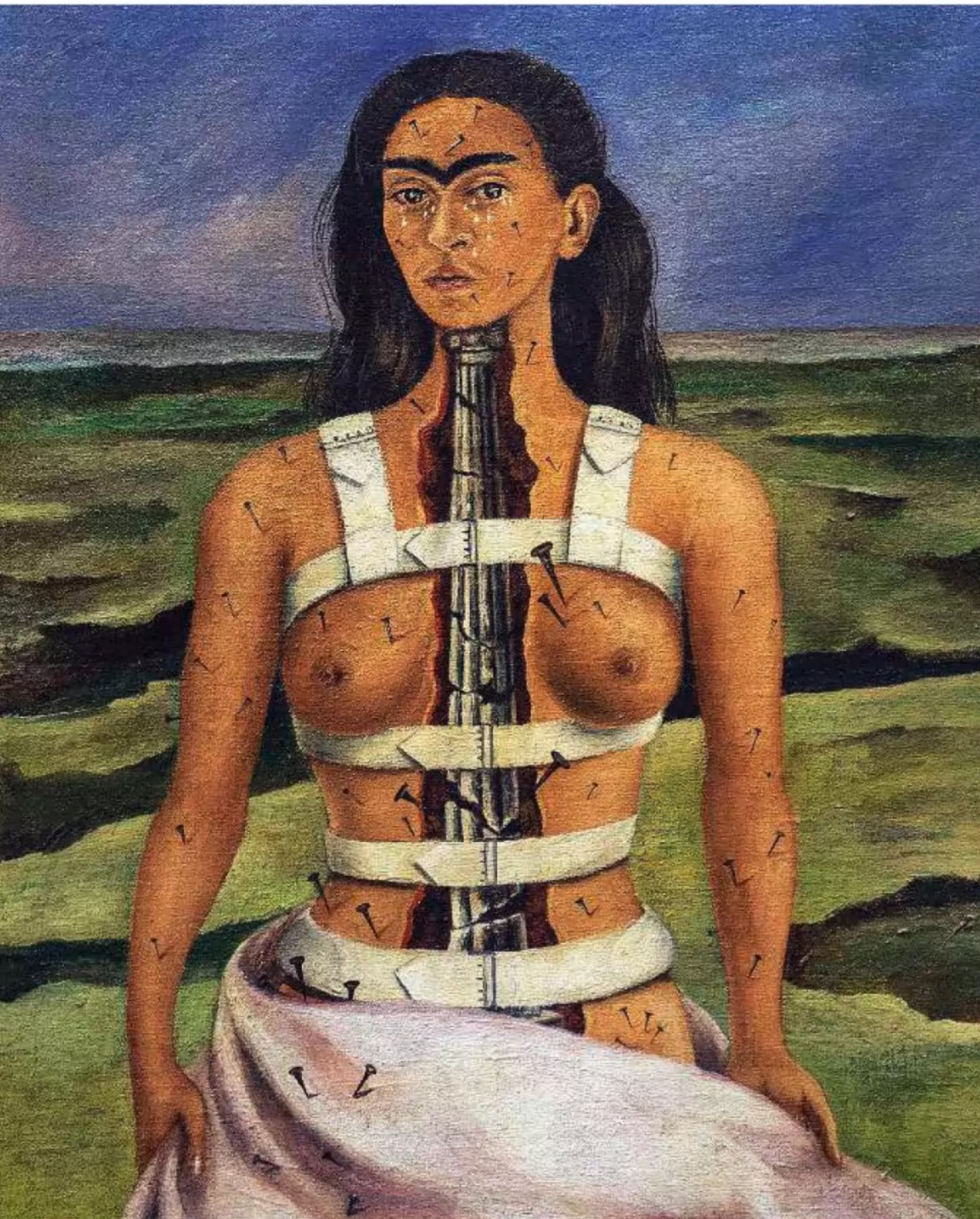


## Trauma psychique

### JUDITH DÉCAPITANT HOLOPHERNE

Artemisia Gentileschi exprime la douleur aiguë d'Holoferne mourant. Mais dans le geste de Judith et de sa servante, dans la tension musculaire intense et le jaillissement du sang, on peut aussi lire la violence du trauma psychique vécu par l'artiste, violée quelques années plus tôt par le peintre Agostino Tassi.





## Douleur chronique

### LA COLONNE BRISÉE

Ce tableau de Frida Kahlo incarne la douleur à la fois chronique et psychique, survenue après un accident de tramway. La colonne vertébrale morcelée de l'artiste est remplacée par une structure métallique, des clous transpercent son corps, ses larmes coulent, mais son regard reste bien vivant. Frida Kahlo écrit dans son journal : *"Je ne suis pas malade. Je suis brisée. Mais je serai heureuse de vivre aussi longtemps que je pourrai peindre."*

une autre, spécialisée dans le traitement des informations émotionnelles (l'amygdale). Ces multiples réseaux contribuent à nourrir différents aspects de la douleur et se mettent en marche à la fois en parallèle et en séquentiel." La transmission de l'information douloureuse se poursuit alors dans d'autres régions du cerveau, alimentant la mémoire, le contrôle des émotions, celui des comportements et la comparaison avec ce qui est déjà connu par l'organisme. Des boucles de régulation sont également activées pour ajuster la fréquence cardiaque, la respiration, la pression artérielle et pour moduler la réponse douloureuse qui va naître (mouvement, verbalisation, pleurs, expressions faciales, sudation...). En tout,

entre l'arrivée du signal nociceptif et la réponse de l'organisme, il s'écoule entre 200 et 300 millisecondes. Et pourtant, dans ce laps de temps, la douleur peut prendre une infinité de formes ! "Le nombre de structures cérébrales impliquées dans ce processus est tellement important que cela peut expliquer la complexité des réponses observées, que ce soit sur le plan sensoriel, émotionnel, cognitif ou comportemental", souligne le directeur de l'École universitaire de recherche interdisciplinaire sur la douleur, Pierrick Poisbeau, dans l'ouvrage de référence qu'il a codirigé, *Médecine de la douleur* (éd. Dunod, 2025). En effet, l'intensité du signal ne va pas forcément de pair avec celle de la douleur finalement perçue. L'expérience



# Nociception, une si longue histoire...

Dans l'évolution, le système de nociception est bien antérieur à la capacité d'un organisme à souffrir. Une plante peut ainsi réagir à une attaque en bougeant ses feuilles, *"mais on ne peut faire le lien entre ses réactions et la douleur, précise Lucia Sylvain Bonfanti, coautrice de l'ouvrage Sensibles par nature (éd. Ulmer). Les plantes peuvent être sensibles sans avoir mal. Contrairement à nous, elles ne peuvent pas partir. Elles n'ont donc pas la nécessité de ressentir cette alarme qu'est la douleur."*

Côté animal, des études ont montré qu'un nématode (*C. elegans*) avait un comportement de fuite face à un

stimulus thermique et donc une forme de nociception. Même chose chez des insectes qui, eux, possèdent des nocicepteurs. Toutefois, ces animaux ne peuvent pas vraiment ressentir de douleur, faute d'être dotés de structures neuronales capables de traiter et de stocker de telles informations et donc de ressentir consciemment la douleur.

En ce qui concerne les poissons, les céphalopodes (poulpes, calamars) et les crustacés, la communauté scientifique n'a pas tranché la question. D'autant qu'il n'existe pas de test universel de mesure de la douleur.

*"Pour pouvoir la traiter, il est important d'essayer de lui attribuer un grade,*

explique Karine Portier, chercheuse et professeure d'anesthésie et d'algésie à VetAgro Sup (campus vétérinaire de Lyon). *On établit ainsi des échelles faciales de mesure chez différents animaux. Chez le cheval, on mesure la dilatation de la pupille, le plissement de l'œil, la rétraction des naseaux ou la position des oreilles..."*

Plus évolués, les chimpanzés, bonobos, dauphins, éléphants ont une conscience d'eux-mêmes qui les fait accéder à la conscience de la douleur, et donc à la souffrance, comme nous. *"L'expression de la douleur est très semblable entre l'homme et l'animal",* précise Karine Portier.

consciente de la douleur dépend aussi de notre faculté à en percevoir sa nature (brûlure, piqûre...), son intensité et sa localisation. La douleur comporte aussi une composante cognitive : lorsqu'on souffre, on en cherche les causes, on compare avec ce qu'on a déjà vécu et on peut ainsi donner un sens à notre ressenti, le comprendre davantage. Notre état émotionnel va lui aussi influencer notre perception. Une personne anxieuse aura un seuil de tolérance à la souffrance plus faible que quelqu'un dont le moral est bon.

## DIFFÉRENTS TYPES DE DOULEURS

Pour mieux cerner les douleurs, les sociétés savantes les distinguent également en fonction des mécanismes qui les sous-tendent. La douleur nociceptive est déclenchée, on l'a vu, par une agression de l'organisme captée par les nocicepteurs, ce qui provoque une inflammation. Dans cette catégorie, on retrouve pêle-mêle l'arthrose, les douleurs articulaires ou la lombalgie... Les douleurs neuropathiques, elles, concernent une lésion du système nerveux lui-même (nerfs, moelle épinière, cerveau) : ce sont les douleurs associées au zona, à l'AVC, au diabète, à la sclérose en plaques, à une amputation, etc. Elles surviennent après une opération, un coincement de nerf ou suite aux effets secondaires

d'un traitement. Très handicapantes, elles sont aussi plus difficiles à traiter. Les douleurs du 3<sup>e</sup> type sont dites nociplastiques (fibromyalgie, endométriose, syndrome de l'intestin irritable, certaines migraines...) : *"On ne voit ni inflammation ni lésion du système nerveux central. Pourtant, ce dernier modifie ses circuits et va fabriquer de la douleur, explique Pierrick Poisbeau. C'est un peu comme si on rencontrait quelqu'un juste après un accident qui n'aurait pas abîmé sa voiture. Le conducteur, pourtant, n'est plus le même."*

Lorsqu'elle n'est qu'un symptôme d'une maladie, la douleur alerte et a toute son utilité. En revanche, devenue chronique, elle entraîne des modifications cérébrales et a des conséquences sur l'organisme tout entier. Elle doit alors être traitée comme ce qu'elle est : une maladie à part entière. ■

## Surcharge mentale

### MAL DE TÊTE

Au XIX<sup>e</sup> siècle, la migraine était considérée comme un trouble complexe, en partie neurologique. Ainsi, la douleur illustrée par Honoré Daumier dans ce *Mal de tête* (publié dans *Charivari* le 23 avril 1833) n'est pas seulement physique : elle symbolise aussi une perturbation du système nerveux, une surcharge mentale où le corps et l'esprit sont envahis par des "visions" ou des hallucinations.







# HUIT MILLIARDS DE "AÏE!"

Jurons, interjections, expressions du visage... Quels sont les mécanismes d'expression de la douleur ? Et quelle est leur part d'universalité ?

PAR NATACHA SCHEIDHAUER

**V**ous lâchez des jurons à chaque fois que vous cognez votre petit orteil dans le pied du canapé ? Ou votre tibia dans la porte laissée ouverte du lave-vaisselle ? Sachez que

c'est une bonne stratégie pour diminuer la douleur ressentie ! Plusieurs études\* ont démontré l'efficacité des jurons dans la modulation de la douleur aiguë. Elles font l'hypothèse que jurer mobiliserait le système nerveux autonome, le même qui nous prépare à réagir en cas d'attaque, et engagerait d'autres réponses comme l'émotion, l'humour, la distraction, l'agressivité, la désinhibition, le flux psychologique, les comportements à risque et la confiance en soi. Le tout provoquant un effet analgésique. Mais les mécanismes restent encore à comprendre. Les chercheurs voudraient notamment explorer si la dose, l'intensité et le choix des jurons modulent l'effet analgésique.

Une autre équipe internationale a ainsi cherché à savoir dans quelle mesure ces interjections verbales sont liées à des vocalisations non linguistiques – des cris ou des gémissements. Dans leurs travaux, publiés dans *The Journal of the Acoustical Society of America* en novembre 2024, les chercheurs ont collecté et comparé les interjections de douleur, de dégoût et de joie proférées dans 131 langues d'Afrique, d'Europe, d'Asie et d'Australie. Après en avoir comparé plus de 500, ils ont relevé que celles liées à

la douleur comportent statistiquement plus de voyelles ouvertes comme "a" et plus de diphtongues, par exemple le "ai" de "aïe" et le "aou" du "ouch" anglais, que les interjections de dégoût et de joie, ou que tout autre mot. Ces voyelles ne semblent pas être choisies au hasard, mais bien dériver des sons non linguistiques associés à la douleur dont la dimension cruciale pourrait susciter *"des réactions physiologiques et émotionnelles puissantes, peut-être au point d'influencer la forme de certains mots utilisés pour l'exprimer"*.

## VARIATIONS CULTURELLES

D'autres chercheurs se sont penchés sur l'universalité de l'interprétation de la douleur sur le visage d'autrui. En 2023, une équipe de l'université du Québec en Outaouais a publié des travaux menés sur une cohorte constituée de participants chinois et canadiens, choisis pour représenter les cultures plus larges de





l'Asie de l'Est et de l'Occident. Les résultats suggèrent un effet culturel selon l'origine du souffrant... mais aussi de l'observateur. Si ce dernier est originaire d'Asie, il pourra avoir besoin de signaux plus forts sur un visage pour réagir. Par ailleurs, le visage d'une personne noire devra montrer des signaux de plus forte intensité pour que sa douleur soit détectée, et cela, que l'observateur soit un Noir ou un Blanc. Des conclusions à confirmer.

Les signaux pourraient donc être plus ou moins bien reconnus en contexte multiculturel, ce qui peut mener à des interprétations erronées et à des conséquences parfois graves dans la prise en charge de la douleur. La chercheuse qui a dirigé l'étude précise

qu'on en est seulement à la détection de ces phénomènes. Pour mieux en comprendre la cause, son équipe a interrogé des participants issus de 47 pays à propos de 7000 scénarios décrivant une situation de douleur la plus universelle possible. L'idée? Produire une mappemonde de l'expérience de la douleur. ■

*\* F@# \$ pain! A mini-review of the hypoalgesic effects of swearing, Carlie M. Hay et al., Frontiers in Psychology, juin 2024.*





Chez la femme, les nocicepteurs – neurones qui captent la douleur – sont sensibles à la prolactine, une hormone responsable de la lactation et du développement mammaire qui atteint son apogée lors de l'accouchement.

# Quel genre, ta douleur?

Contrairement aux idées reçues, les femmes sont plus sensibles que les hommes à la douleur. En cause? Des mécanismes biologiques, mais aussi des biais sociaux. PAR LISE GOUGIS





**O**n l'a tous déjà entendu : les hommes seraient plus doux-lets que les femmes, incapables d'endurer les douleurs de l'accouchement et des menstruations... *“Non, il s'agit d'une légende urbaine. En fait, c'est tout le contraire, balaye Yannick Goumon, neuroscientifique à l'Inserm. Dans les études expérimentales où l'on compare des groupes d'hommes et de femmes strictement équivalents, on observe que le seuil de douleur atteint par les femmes est plus bas : elles ressentent plus vite et tolèrent moins bien une stimulation électrique ou un test de pression.”* Surtout, les chiffres de prévalence sont édifiants : 37 % de la population féminine souffrirait de douleurs chroniques, autrement dit des maux qui durent plus de trois mois, contre 28 % des hommes. *“Les femmes surpassent les hommes dans presque tous les syndromes douloureux : migraine, troubles temporo-mandibulaires, syndrome du côlon irritable, fibromyalgie..., constate Frank Porreca, professeur en pharmacologie à l'université d'Arizona aux États-Unis. Sans compter les nombreuses affections douloureuses exclusivement féminines, comme la dysménorrhée, l'endométriose et la vulvodynie [inconfort vulvaire chronique à type de brûlure, NDLR]. D'autant qu'elles se cumulent souvent. Par exemple, les femmes atteintes d'endométriose ont deux fois plus de risques de souffrir de migraines.”*

Comment expliquer une telle inégalité ? D'abord par des différences biologiques dans le circuit de l'information douloureuse. En

*“ La testostérone, présente en plus grande quantité chez les hommes, posséderait des effets analgésiques ”*



2024, Frank Porreca et son équipe ont découvert que les nocicepteurs, ces neurones qui captent la douleur dans la moelle épinière, sont activés différemment en fonction du sexe. Ceux des femmes sont sensibles à la prolactine, une hormone responsable entre autres de la lactation et du développement mammaire, tandis que les nocicepteurs masculins réagissent uniquement aux orexines, des neurotransmetteurs qui régulent l'appétit et l'éveil. *"Autrement dit, les mécanismes fondamentaux qui sous-tendent la perception de la douleur ne sont pas les mêmes"*, résume le chercheur.

D'autres travaux vont dans le même sens. En 2015, des chercheurs canadiens ont montré que la transmission de la douleur chez les souris femelles ne passait pas par des cellules nerveuses appelées microglies – contrairement aux mâles –, mais par les lymphocytes T, des cellules immunitaires.

Plusieurs études pointent aussi du doigt le rôle potentiel des hormones sexuelles : *"La testostérone, présente en plus grande quantité chez les hommes, posséderait des effets analgésiques, ce qui pourrait expliquer pourquoi ils sont moins sensibles à la douleur"*, révèle Yannick Goumon.

Du moins en partie. *"Car en plus de cet aspect biologique, il faut aussi prendre en compte les facteurs sociaux : c'est un cumul des deux, affirme Caroline De Pauw, sociologue associée au Centre lillois d'études et de recherches en sociologie et économie. Les femmes intériorisent souvent l'idée que souffrir fait partie de leur condition, notamment au moment de l'apparition de leurs règles, alors que ça n'est pas normal."* Résultat : elles minimisent leur douleur, l'expriment moins facilement que les hommes et la relèguent au second plan. *"On retrouve la même chose que pour le renoncement aux*

L'ultrasensibilité à l'humeur du bébé s'accroît chez la mère après l'accouchement. Les femmes priorisent la santé de leurs enfants, quitte à minimiser leur propre souffrance.





*soins. Les femmes vont prioriser la santé de leurs enfants et de leur famille. Les enquêtes révèlent qu'en cas d'infarctus ou d'AVC, elles appellent moins vite les secours pour elles-mêmes que pour leurs proches, à symptômes égaux", poursuit la chercheuse – ce qui affecte malheureusement leur prise en charge. "Cela contribue à une grande errance thérapeutique pour les femmes souffrant d'endométriose. Bien souvent, elles ne sont diagnostiquées que quand viennent s'ajouter un désir d'enfant et des problèmes de stérilité, alors que la douleur aurait déjà dû les alerter", insiste Caroline De Pauw.*

### DOSAGE MAL ADAPTÉ

D'autant que les soignants eux-mêmes ne sont pas exempts de biais sociaux. C'est ce qu'a illustré une expérience menée en 2024 par des chercheurs de l'université de Montpellier : plus de 1 500 médecins

ou infirmiers devaient évaluer la douleur thoracique de faux patients arrivant aux urgences et présentant des profils similaires. Seul leur sexe changeait. Résultat : la douleur était évaluée en moyenne à 5,4 sur une échelle de 0 à 10 pour les femmes, contre 6 pour les hommes, perçus comme des cas plus graves. *"Les études montrent aussi que les médecins prescrivent plus d'antalgiques aux hommes, et davantage de tranquillisants aux femmes",* pointe Yannick Goumon.

Et même quand elles reçoivent des antidouleurs, le dosage ne serait en réalité pas adapté. C'est ce que suggèrent les travaux publiés par Yannick Goumon et son équipe en 2022. *"Quand on injecte de la morphine à des souris puis qu'on teste leur sensibilité à la douleur, on se rend compte que les femelles ont besoin d'une dose significativement plus élevée que les mâles pour avoir le même effet analgésique",* révèle le chercheur. Ce n'est pas tout : la tolérance à l'opiacé varie aussi selon le sexe. Quand la morphine est injectée pendant neuf jours, les femelles y deviennent insensibles deux fois plus rapidement que les mâles. En cause ? Une différence dans la manière dont la molécule est dégradée par des enzymes, dans le foie, en un métabolite, la M3G, qui augmente la sensibilité à la douleur. *"Trente minutes après une injection, on a constaté qu'il y avait deux fois moins de morphine dans les zones cérébrales importantes de la douleur, comme l'amygdale, chez les femelles par rapport aux mâles, et beaucoup plus de M3G",* souligne Yannick Goumon.

D'où l'importance de tester les traitements sur les deux sexes. *"Le problème, c'est qu'historiquement, 80 % des études précliniques sur la douleur ont été menées uniquement sur des sujets mâles, note Jeffrey Mogil, chercheur à l'université McGill, au Canada. En 2019, ce chiffre est passé à 50 %. C'est mieux, mais pas encore suffisant."* Car si les femmes ressentent la douleur plus intensément et différemment, pourquoi continuer à les prendre en charge de la même manière ? *"Tout l'enjeu sera de développer des antidouleurs spécifiques pour chaque sexe",* estime Jeffrey Mogil. Et que chacun soit entendu quand il ou elle dit : *"J'ai mal."* ■







# COMMENT L'ÉVALUER?

Depuis le premier Plan français de lutte contre la douleur, en 1998, celle-ci doit être systématiquement évaluée en milieu médical. Mais toutes ne se mesurent pas de la même façon. PAR MATHIAS CHAILLOT

**A** chaque douleur son échelle. *“Selon qu'elle est aiguë, chronique, nociceptive, neuropathique ou nociplastique, on choisira une échelle adaptée, unidimensionnelle ou multidimensionnelle, qui prend par exemple en compte les composantes sensorielles et affectives”*, explique Anne Perroteau, du Centre national ressources douleur (CNRD). *“Pour la douleur aiguë, l'évaluation repose surtout sur l'intensité”*, poursuit-elle.

L'échelle visuelle analogique (EVA) consiste à reporter son ressenti sur une réglette graduée, et l'échelle numérique (EN) à donner une note de 0 à 10. Sur le même principe, l'échelle verbale simple (EVS) va de “douleur absente” à “extrêmement intense”. Des échelles adaptées dès l'âge de 6 ans, auxquelles s'ajoute l'échelle de visages FPS-R, avec laquelle l'enfant doit désigner un visage correspondant à sa douleur.

Aux âges extrêmes de la vie, les capacités de communication limitent l'autoévaluation. Pour l'enfant de 0 à 7 ans, des échelles d'hétéroévaluation permettent de s'adapter. L'Edin, par exemple, mesure cinq items comportementaux des nouveau-nés (visage, corps, sommeil, relation, réconfort) et convient aux douleurs prolongées, mais nécessite une observation

sur plusieurs heures. L'Evendol, plus globale, note l'expression vocale, la mimique, la posture ou les mouvements pour tout type de douleur.

En gériatrie, l'Algoplus dépiste la douleur aiguë en cinq observations simples : *“C'est celle qui s'impose pour le sujet âgé dyscommunicant”*, complète Frédéric Maillard du CNRD. Plus complexe, Doloplus explore dix critères somatiques (plaintes, positions, etc.), psychomoteurs (toilette, mouvements) et psychosociaux (vie sociale, troubles du comportement, etc.) pour dépister, quantifier et suivre l'évolution des douleurs chroniques.

Une série d'échelles comportementales a aussi été développée pour des publics lourdement handicapés. *“Certaines sont plus complexes à utiliser, mais répondent à des situations moins fréquentes et plus spécifiques”*, développe Frédéric Maillard. La DESS (Douleur enfant San Salvador) a été validée dans le suivi de personnes polyhandicapées.

Sur cette échelle comparative, chaque visage correspond à un degré croissant de douleur : des sensations très légères et tolérables (bleu et vert), à une douleur modérée perturbant les activités (orange), jusqu'aux formes sévères (rouge).



*Elle permet  
de comparer  
toute situation sus-  
pecte à une évaluation de*

*base.*” Pour les adultes, l’EDAAP (Évaluation douleur adulte adolescent polyhandicapé) se base sur l’analyse d’un retentissement somatique d’un côté (plainte, sommeil, etc.) et psychomoteur et corporel de l’autre (tonus, interactions, communication, etc.). Les outils numériques complètent aujourd’hui la panoplie. Le Body Chart numérique, hérité des schémas corporels sur papier, permet au patient de localiser sa douleur via une silhouette dessinée sur tablette. *“Utilisé en consultation de douleur chronique, il ne renseigne ni l’intensité ni le type de douleur”,* précise Anne Perroteau.

Enfin, l’IA com-  
mence à être mise  
à profit via des travaux  
de recherche. PainChek pro-

pose d’analyser les expressions faciales via smartphone alors qu’EmoPain y ajoute le suivi de mouvements et la détection des comportements de protection. *“Les résultats sont perfectibles au regard de la complexité des composantes de la douleur, reconnaît Anne Perroteau, bien que de tels outils permettent de réduire les biais d’interprétation.”* Mais attention aux mirages : *“Le soignant qui interroge son patient introduit une didactique essentielle à l’alliance thérapeutique qui ne pourra pas être remplacée par l’IA !”* ■



# Pourquoi devient-elle chronique ?

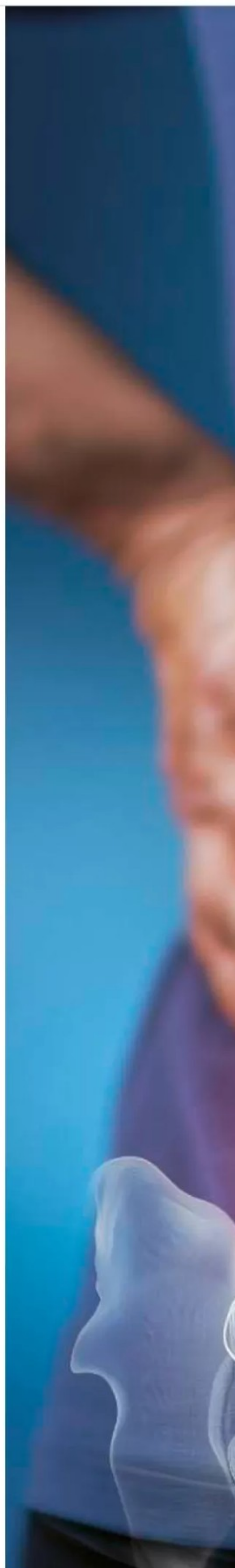
La douleur chronique touche environ une personne sur cinq dans le monde, et la tendance est à la hausse. Les chercheurs sont au front pour tenter de contrer le mouvement. PAR CÉLINE LISON

**D**epuis 2019, l'OMS la reconnaît comme une maladie à part entière. Et pour cause : une douleur chronique, c'est l'alarme incendie de l'organisme qui reste bloquée malgré le départ des pompiers. C'est alors tout un cercle vicieux qui risque de se mettre en place : anxiété, dépression, isolement social, perte du travail... Les "foyers" de départ sont connus. Parfois, c'est un mal de dos ou des crampes lancinantes d'un côlon irrité qui s'éternisent. Après une opération chirurgicale pourtant bien cicatrisée, 5 à 20 % des patients ressentent une douleur persistante. Pourquoi, en dépit d'un traitement bien suivi, le tourment s'installe-t-il au-delà du délai "normal" (trois mois en moyenne) sans qu'il y ait de raison objective ? Pourquoi certains y échappent et pas d'autres ? Les chercheurs mettent en avant plusieurs facteurs : la génétique, le sexe, le microbiote et le vécu de la personne... À l'échelle du système nerveux, *"on constate à la fois une augmentation de l'irritabilité du système nerveux central et un*

*déficit des circuits d'inhibition de la douleur,* explique le neuroscientifique Pierrick Poisbeau (Unistra/CNRS/Inserm). *Avec la douleur chronique, c'est comme si le système nerveux était figé dans un état d'excitation : il génère alors de la douleur sans raison apparente. Les médicaments utilisés pour la douleur aiguë ne fonctionnent plus, car les circuits nerveux ne sont plus les mêmes. L'enjeu est donc de redonner de la souplesse au système nerveux pour qu'il parvienne à se reconfigurer 'dans le bon sens'. Soit grâce à des molécules, soit via l'épigénétique."*

## NOUVELLES VOIES

Pour l'heure, la plupart des traitements médicamenteux – antidépresseurs, antiépileptiques ou opioïdes – agissent à un autre niveau en coupant l'influx nerveux codant pour la douleur, afin de l'empêcher d'arriver à destination. Toutefois, même lorsque la stratégie fonctionne, elle finit par s'éroder : une résistance s'installe et le soulagement disparaît. Pour trouver d'autres voies,







La lombalgie devient chronique quand la douleur persiste au-delà de trois mois. La Haute autorité de santé estime qu'elle représente 10 % des maux de dos.





© sebastienboudot.com

plusieurs équipes traquent les multiples zones de “dérégulation” du signal de la douleur. Tout récemment, en octobre 2025, des chercheurs américains ont annoncé dans *Nature* avoir repéré chez la souris un sous-ensemble de neurones – localisés dans une région du cerveau baptisée noyau parabrachial – qui s’activent en cas de douleur persistante. Cette découverte pourrait ouvrir de nouvelles

possibilités de régulation de la douleur. Les canaux ioniques font également partie des cibles, car ils sont directement impliqués à la fois dans la transduction, la transmission et la modulation de la douleur.

Les voies découlant de la “théorie du portillon” sont également explorées. Dans la douleur nociceptive aiguë, si on se cogne le genou par exemple, la sensation disparaît rapidement si on frotte ou si on applique une légère pression sur la zone. Activées, des fibres de gros diamètre stimulent en effet des neurones inhibiteurs du portillon situés dans la corne dorsale de la moelle épinière. Ces neurones empêchent temporairement les signaux nociceptifs d’atteindre les voies de la douleur, bloquant ainsi la sensation désagréable.

#### PORTE OUVERTE

En revanche, lorsque le corps subit une véritable lésion (un coup de soleil, une chirurgie ou un traitement chimiothérapeutique, par exemple), celle-ci provoque un déséquilibre dans la corne dorsale, avec une perte du

*“ C’est comme s’il y avait un court-circuit : les neurones se réorganisent et se connectent autrement. Les médicaments utilisés contre la douleur aiguë ne fonctionnent plus ”*





Chez Tafalgie Therapeutics, une société de biotechnologie issue du CNRS, les scientifiques travaillent sur le développement de médicaments non opioïdes, grâce aux effets antalgiques de la protéine Tafa4, naturellement sécrétée par l'organisme.

de Tafalgie Therapeutics, Aziz Moqrich s'intéresse aux mécanismes moléculaires et cellulaires de la douleur. En travaillant sur des souris génétiquement modifiées, son équipe et lui ont découvert un gène qui, lorsqu'il est inactivé, induit une douleur prolongée chez l'animal. Ce gène sécrète une petite protéine, baptisée Tafa4. *“Lorsqu'on réinjecte Tafa4 chez une souris ayant subi une lésion nerveuse, cette protéine rétablit le fonctionnement des neurones du portillon, explique Aziz Moqrich qui vient de recevoir la médaille de l'innovation 2025 du CNRS. Elle contribue à la fermeture de la 'porte' qui restaure l'activité antidouleur normale au niveau spinal. L'effet dure jusqu'à quatre heures.”* En 2024, l'équipe met en évidence qu'une dysbiose du microbiote intestinal prédispose les souris à développer des douleurs chroniques. De nouveaux tests sont alors entrepris sur ces animaux et révèlent que chez ceux qui ont été prétraités avec Tafa4, la douleur aiguë ne se transforme pas en douleur chronique !

Reste à en connaître les effets sur des patients humains. En mai 2025, Tafalgie Therapeutics développe des peptides dérivés de Tafa4 et lance les premiers essais cliniques chez l'homme. Leur sécurité vérifiée, les peptides vont être testés chez des patients chirurgicaux afin d'évaluer leur effet antalgique. Cette fois, l'intention est double : soulager la douleur aiguë postopératoire et prévenir la chronicisation chez les patients prédisposés. *“Si la molécule montre une efficacité antalgique, on pourra l'utiliser rapidement : en prévention avant une opération ou dès le début d'un zona, par exemple”,* précise le chercheur. Tafa4 pourrait également, espère-t-il, améliorer le bien-être des patients souffrant de douleurs chroniques : *“La douleur chronique ne se guérit pas, mais l'atténuer de moitié serait déjà énorme. Cela protégerait l'organisme des troubles secondaires, comme la dépression ou l'anxiété, et limiterait les modifications cérébrales associées.”* ■

tonus inhibiteur des neurones du portillon. Cette perte d'inhibition entraîne alors une amplification des stimulations nocives. À tel point qu'un stimulus normalement anodin, comme le toucher, devient douloureux. Normalement, les neurones du portillon empêchent le toucher d'activer les voies de la douleur, mais cette “porte” peut rester ouverte dans certaines conditions, conduisant à la chronicisation post-lésionnelle de la douleur.

Plusieurs stratégies visent déjà à moduler la douleur en s'appuyant sur cette théorie. On peut stimuler les fibres de gros diamètre via des impulsions électriques nerveuses transcutanées (TENS) ou le faire grâce à des implants et une neurostimulation. Côté épigénétique, des techniques de relaxation, de gestion du stress ou des thérapies comportementales et cognitives cherchent également à limiter la perception de la douleur en fermant le portillon.

Mais il y a mieux. Directeur du Laboratoire douleur chronique à l'Institut de biologie du développement de Marseille (CNRS/AMU) et cofondateur et directeur scientifique



# LA NATURE, ÇA PIQUE!

Oui, mais comment ?

De la méduse au scorpion,  
zoom sur quatre mécanismes  
de défense ou de prédation  
développés par la sélection  
naturelle.

PAR KHEIRA BETTAYEB



## VIPÈRE : ÇA GONFLE

En général, ce reptile ne mord l'humain que pour se défendre si l'on approche de trop près. Dans 50 % des morsures, la victime ressent uniquement un fort impact, comme si on l'avait frappée avec un marteau ; puis plus rien. *"Cette douleur est liée à la pénétration des deux crochets de l'animal [dents longues reliées à deux glandes à venin, NDLR] dans la peau et parfois dans un muscle ou un petit nerf. Mais dans ce cas, il n'y a pas d'injection de venin. C'est une morsure dite 'blanche'",* explique Magali Labadie, médecin toxicologue au CHU de Bordeaux. Quand l'animal injecte son venin, *"la victime ressent également une brûlure, puis surviennent un gonflement et une sensation de chaleur ; des symptômes liés directement aux toxines contenues dans le venin".*

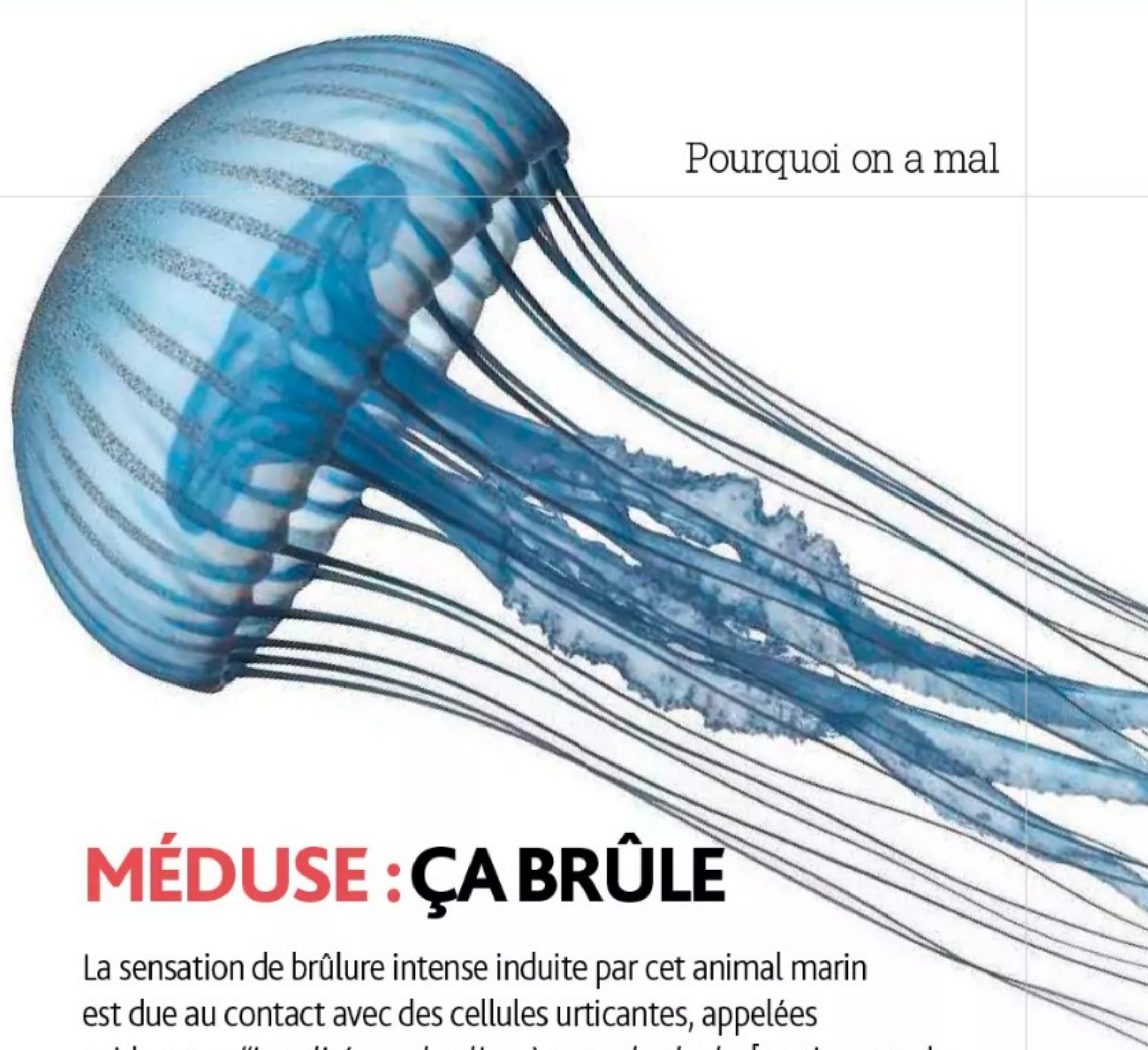






## ORTIE : ÇA GRATTE

Souvent bénins, mais très désagréables, les picotements, démangeaisons et sensations de brûlure ressentis au contact de cette plante vivace de la famille des Urticacées (du latin *urere* : brûler) sont liés *"aux fins poils qui recouvrent ses feuilles et ses tiges"*, explique Magali Labadie. Constituant un système de défense efficace à peine visible à l'œil nu, ces poils appelés trichomes sont très fragiles. Au moindre contact, leur extrémité s'enfonce dans la peau, se casse et libère un "venin" riche en substances irritantes, dont l'histamine.



## MÉDUSE : ÇA BRÛLE

La sensation de brûlure intense induite par cet animal marin est due au contact avec des cellules urticantes, appelées cnidocytes. *"Localisées, selon l'espèce, sur la cloche [partie centrale de l'animal, NDLR], les quatre bras buccaux ou lèvres [prolongement central de la cloche, NDLR] ou les tentacules, ces cellules sont surmontées d'un filament sensoriel, le cnidocil"*, détaille Delphine Thibault, spécialiste des méduses à Aix-Marseille Université. *"Quand ce cil entre en contact avec une proie, un prédateur ou un nageur, il déclenche la projection du cnidocyte, doté d'une sorte de harpon."* Ce dernier perce alors la peau et y instille du poison. Et ce sont les toxines de ce poison qui font mal, *"pas les cnidocytes, 45 fois plus petits que la plus fine aiguille médicale"*.

## SCORPION : ÇA SE COUE

Très redoutée, la piqûre de cet arachnide entraîne une douleur intense surtout occasionnée par les toxines contenues dans le venin injecté par l'aiguillon. *"Situé à l'extrémité de la queue, cet aiguillon acéré est connecté à une glande venimeuse et pourvu de deux micro-orifices*

*par où sort le venin. L'animal l'utilise strictement pour se défendre, quand il se sent menacé par une main ou un pied, posé accidentellement sur lui"*, expose Wilson Lourenço, spécialiste des scorpions au Muséum national d'histoire naturelle de Paris. Sur 2 800 à 2 900 espèces connues,

*"presque la moitié sont trop petites pour arriver à percer la peau humaine avec leur aiguillon; et moins de 10 % possèdent des toxines vraiment actives sur un humain"*.





# DANS LES LABOS









# Douleur psychique, ce mal dans la tête

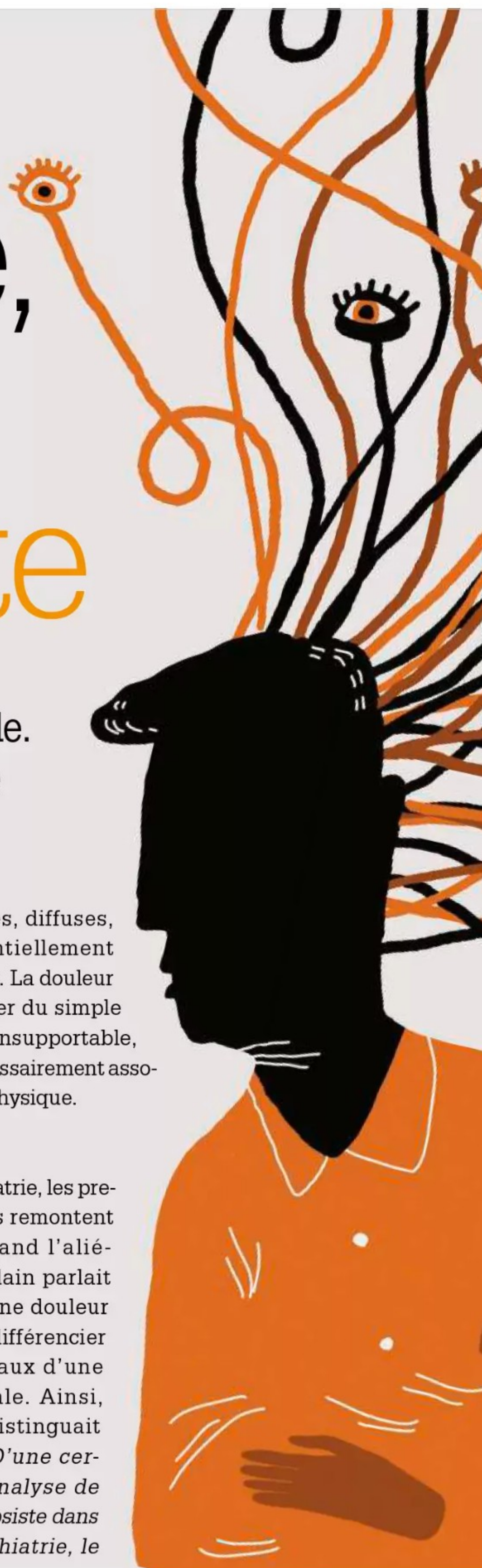
Diffuse et subjective, elle s'insinue dans le quotidien jusqu'à devenir insupportable. Des chercheurs tentent de la comprendre pour la soigner. PAR AMANDA SCHREPF SANZ

**L**orsque, en 2020, Astrid Chevance, psychiatre et maîtresse de conférences en santé publique à l'université Paris-Cité, a demandé à des personnes atteintes de dépression ce qui était, pour elles, le plus difficile à vivre, 20 % ont parlé des idées suicidaires, 18 % de l'anxiété et 17 % ont exprimé une "douleur psychique"\*. Si les deux premières sont bien connues du registre médical, ce n'est pas le cas de la dernière. *"La douleur psychique est absente de la nosographie psychiatrique contemporaine. Elle n'est pas très étudiée, contrairement à d'autres symptômes comme l'anhédonie [la perte de la capacité à ressentir le plaisir, NDLR] ou la dépression"*, souligne Astrid Chevance. Pourtant, il s'agit d'un phénomène que l'on semble retrouver aussi bien dans les troubles psychiques que dans le quotidien. Une vexation, une insulte, une frustration, une rupture, un deuil... Autant

de douleurs intimes, diffuses, subjectives, essentiellement vécues dans l'esprit. La douleur psychique peut aller du simple inconfort à un mal insupportable, et elle n'est pas nécessairement associée à une douleur physique.

## EFFET DÉLÉTÈRE

Du côté de la psychiatrie, les premières descriptions remontent au XIX<sup>e</sup> siècle, quand l'aliéniste Joseph Guislain parlait de "psychalgie", une douleur qui permettait de différencier les troubles mentaux d'une expérience normale. Ainsi, la mélancolie se distinguait de la tristesse. *"D'une certaine manière, l'analyse de Joseph Guislain subsiste dans le manuel de psychiatrie, le*







DSM-5, où le critère de la souffrance clinique significative (significant clinical distress) est un critère diagnostique commun à toutes les entités nosographiques : c'est l'intensité de la souffrance qui permet de poser le diagnostic et autorise une intervention thérapeutique", note Astrid Chevance.

L'émergence de la suicidologie, à la fin des années 1990, portée par le psychologue clinicien Edwin Shneidman, permet d'en saisir l'effet délétère. En analysant des centaines de lettres de

personnes s'étant donné la mort, il comprend que la douleur psychique – *psychache*, en anglais –, décrite comme "insupportable", est le moteur du passage à l'acte. D'où l'urgence à la traiter efficacement.

### ABSENCE DE DÉFINITION

Le problème commence par la nature même de ce que l'on tente de nommer. En 2022, la psychiatre Camille Charvet a publié dans *Evidence-Based Mental Health* une revue systématique des mesures standardisées publiées sur la douleur psychique par discipline scientifique. Elle montre la coexistence de dix échelles de mesure différentes, sans définition partagée ni cadre théorique unifié.



Néanmoins, il apparaît que *“la douleur psychique n’est pas une douleur physique causée par un mécanisme psychologique. Ce n’est pas non plus l’étude des bases neurales de la douleur”*, insiste Astrid Chevance. Elle relève, certes, d’un registre subjectif, mais les praticiens l’identifient facilement dans la manière dont le malade est entravé et dans sa durée. Reste que faute d’outils formalisés, *“beaucoup de cliniciens l’emploient intuitivement, mais sans définition claire”*, confirme le psychiatre Etienne Duranté, chercheur au sein du laboratoire Methods du centre de recherche en épidémiologie et statistiques, à l’Inserm. Il a dirigé une revue méthodologique des études biologiques sur la douleur psychique\*\* et constaté que *“82 % des études ne mesurent pas directement la douleur psychique. Elles reposent sur des tâches artificielles – exclusion sociale, images désagréables... –, loin du vécu réel des patients”*. Quelques pistes, issues de l’imagerie cérébrale, émergent toutefois : l’activation de l’insula, du cortex cingulaire antérieur et l’implication du système opioïde qui module la perception de la douleur. *“Certaines voies semblent communes à la douleur physique, mais ce n’est pas une équivalence”*, rappelle le chercheur.

### RÔLE D’ALARME

En novembre, une synthèse qualitative internationale, dirigée par Samy Kozlowitz, a été publiée dans *Psychotherapy and Psychosomatics*. Ce psychiatre chercheur

à l’Université libre de Bruxelles, s’est intéressé à la description de la douleur psychique faite par les personnes qui en sont atteintes pour en dégager les caractéristiques principales. Les chercheurs ont analysé 49 études menées auprès de 1 467 participants dans le monde et constaté que la douleur psychique possède cinq caractéristiques : elle a une valence négative (du déplaisir à l’insupportable), elle est immédiate, perturbatrice du sens de soi, invisible, et souvent perçue comme pire qu’une douleur physique. Les personnes interrogées la décrivent comme poignante, difficile à exprimer, envahissante et altérant le sentiment même d’être soi. Un cercle vicieux se met parfois en place :  
la douleur

## Une cohorte dédiée aux personnes dépressives

En 2023, Astrid Chevance a lancé sur la plateforme ComPaRe Dépression la première cohorte francophone dédiée à la dépression, afin de mieux comprendre le vécu de cette maladie, identifier de nouveaux outils diagnostiques, thérapeutiques ou de prévention, et éclairer les politiques de santé. Les personnes ayant vécu ou vivant un épisode de dépression (unique ou récurrent) ou un trouble bipolaire peuvent s’inscrire sur le site [www.compare.aphp.fr/depression](http://www.compare.aphp.fr/depression) et répondre à un questionnaire en ligne, une fois par mois. Aujourd’hui, 7 500 personnes sont suivies.





# La dépression modifie l'activité génétique

Des chercheurs de l'université McGill et de l'Institut Douglas, à Montréal, ont identifié des altérations moléculaires dans deux types de cellules cérébrales chez des personnes souffrant de dépression. L'étude, publiée en 2025 dans *Nature Genetics*, s'appuie sur

l'analyse d'échantillons post-mortem provenant de 59 individus ayant souffert de dépression et de 41 témoins sans antécédent psychiatrique. En examinant l'ARN et l'ADN, les scientifiques ont mis en évidence une modification de l'activité génétique dans un type de neurones excitateurs impliqués

dans la régulation de l'humeur et du stress, ainsi que dans un sous-type de microglies, cellules essentielles au contrôle de l'inflammation. L'étude confirme que ce trouble n'est pas seulement émotionnel: il s'accompagne de changements mesurables et ciblés dans le cerveau.

isole, l'isolement l'intensifie. Cette douleur immédiate, qui surgit comme une douleur physique, jouerait un rôle d'alarme, protecteur. *"La douleur psychique pourrait émerger pour signaler une perte d'intégrité, du sens de soi, dans ses multiples dimensions : sens du*

*soi corporel à l'occasion de blessures, de maladie ; sens du soi social, à l'occasion de violences physiques ou psychologiques ; sens du soi existentiel face à la conscience de sa propre condition, etc."*, résume Astrid Chevance.

## BESOIN DE TRAITEMENTS

Mais le constat est abrupt : *"À ce jour, nous ne pouvons pas recommander de traitement pour la douleur psychique, car il n'existe pas d'études dédiées sur ce sujet"*, affirme Astrid Chevance. Les antidépresseurs réduisent la souffrance liée à une dépression, mais seulement après plusieurs semaines. Les anxiolytiques apaisent l'angoisse, pas la douleur elle-même. Alors que faire ? Laisser passer la tempête en attendant que les traitements agissent sur la maladie elle-même ? C'est un pis-aller que les chercheurs jugent discutable. *"Lorsque quelqu'un consulte pour une douleur physique, on traite la maladie, mais on propose aussi des soins pour soulager la douleur le temps que la maladie guérisse"*, abonde Astrid Chevance. Une chose est certaine : la douleur psychique est un phénomène à part entière, profondément humain, dont la science ne fait qu'effleurer la complexité. ■

*\* Identifying outcomes for depression that matter to patients, informal caregivers, and health-care professionals: qualitative content analysis of a large international online survey, Astrid Chevance et al., The Lancet Psychiatry, août 2020.*

*\*\* Biological research on mental pain, social pain and other pains not primarily felt in the body: methodological systematic review, Etienne Duranté et al., The British Journal of Psychiatry, mars 2025.*





# DES ONDES POUR SOULAGER LE CERVEAU

Pour traiter la douleur neuropathique, la stimulation magnétique transcrânienne répétitive affiche de bons résultats. Problème : elle n'est pas suffisamment accessible. PAR CÉLINE LISON

**S**timulation magnétique transcrânienne répétitive (rTMS)... derrière ce nom un peu barbare se cache une technique déjà bien éprouvée à l'hôpital : la diffusion d'impulsions magnétiques vers le cerveau. Le but est de stimuler de manière non invasive le cortex cérébral. Cette technique a fait ses débuts en psychiatrie dans les années 2000 pour soulager les troubles de la dépression. Depuis une dizaine d'années, on la recommande également dans le traitement des douleurs neuropathiques, lorsque les médicaments sont sans effet.

Le traitement est peu contraignant. Un bras robotisé vient placer une bobine magnétique au niveau du cortex moteur. En répétant les stimulations à haute fréquence (généralement 2 000 impulsions entre 10 Hz et 20 Hz), on va moduler l'activité des régions cérébrales visées – idéalement celles dont le dysfonctionnement engendre les symptômes du patient. Principal "hic" : l'effet de la rTMS s'estompe au bout d'un à deux mois et les séances doivent être renouvelées. *"On ne comprend pas encore très bien les mécanismes d'action de cette technique",* reconnaît Camille Fauchon, membre du laboratoire NeuroDol (Inserm, université Clermont Auvergne).

*"La stimulation agirait en recrutant des contrôles*

*inhibiteurs descendants. En les renforçant, la sensation de douleur serait freinée. Autre hypothèse : cette stimulation augmenterait la plasticité du cerveau, favorisant là aussi un meilleur contrôle de la douleur."*

## RECHERCHE D'AUTRES VOIES

Une chose est sûre : plusieurs études ont prouvé le réel intérêt de la rTMS dans le traitement des douleurs neuropathiques (traumatisme post-chirurgical, sclérose en plaques...). Or, les besoins sont énormes : de 7 % à 8 % des Français – plus de 9 millions de personnes – en souffrent. Pour beaucoup, les traitements pharmacologiques (comme les antidépresseurs et les antiépileptiques) offrent un soulagement incomplet et insuffisant. Prescrite en troisième intention chez les personnes réfractaires à ces médicaments, la rTMS est efficace chez une personne



sur deux. Malgré ça, elle n'est disponible que dans certains centres spécialisés dans le traitement de la douleur et n'est pas remboursée, faute de consensus sur sa valorisation.

Pour pallier cet écueil, les scientifiques cherchent d'autres voies, accessibles à domicile. *"Des bobines rTMS adaptées à un usage à distance sont à l'étude, explique Camille Fauchon. La stimulation électrique transcrânienne à courant continu (tDCS), elle, a déjà montré sa faisabilité sur des études pilotes, avec des résultats encourageants. L'autre option, invasive, est de proposer une chirurgie avec pose d'électrode pour réaliser une stimulation corticale motrice par implantation (SCM)."* La rTMS est un très bon prédicateur de l'efficacité de la SCM, ce qui permet de mieux cibler les personnes qui pourraient en bénéficier. Dernière possibilité étudiée :

passer par une stimulation par ultrasons, qui

pénètrent profondément dans le cerveau, alors que le champ magnétique de la rTMS reste en surface. Ici encore, la psychiatrie fait office de précurseur, mais les douleurs neuropathiques pourraient à leur tour être soulagées par des ondes adéquates. ■

La stimulation magnétique transcrânienne répétitive utilise un champ magnétique appliqué sur le cuir chevelu pour moduler l'activité de régions ciblées du cerveau de manière non invasive.





# Migraine, un mal bien féminin

La migraine touche trois fois plus de femmes que d'hommes. Loin d'être une affaire de mode de vie, c'est un trouble neurologique que la recherche s'efforce de mieux comprendre. PAR DAVID MARCHAND

**S**elon Xavier Moisset, neurologue au CHU de Clermont-Ferrand et chercheur à l'unité Neuro-Dol de l'Inserm, *"les patients migraineux ont parfois l'impression d'entendre leur cœur battre dans la tête"*. Classée par l'Organisation mondiale de la santé comme le 6<sup>e</sup> trouble le plus invalidant au monde, la migraine touche 15 % de la population mondiale, soit près d'un milliard de personnes. Bien plus qu'un simple mal de tête, la migraine est une maladie neurologique complexe. Cette douleur pulsatile, souvent localisée d'un seul côté, s'aggrave à la lumière ou au bruit et s'accompagne de nausées, de troubles de la concentration et d'une hypersensibilité généralisée.

Longtemps interprétée comme un trouble des vaisseaux, la migraine est aujourd'hui reconnue comme une maladie du cerveau. Les examens d'imagerie montrent qu'elle mobilise plusieurs régions : l'hypothalamus, le tronc cérébral, l'insula ou le cortex somatosensoriel, qui participent à la régulation de

la douleur, des émotions et de la vigilance. Lors d'une crise, les nerfs situés au niveau du crâne et des méninges s'activent brusquement et libèrent des substances qui créent une réaction inflammatoire. Les vaisseaux sanguins se dilatent, provoquant la douleur pulsatile caractéristique.

*"Comme toutes les douleurs, explique Xavier Moisset, la migraine associe toujours deux dimensions : une sensation douloureuse et une expérience émotionnelle négative."* Cette double composante contribue à la fatigue, à l'anxiété et parfois à la dépression observées chez les migraineux.

Trouble fonctionnel, la migraine révèle également une dimension génétique importante. Des analyses récentes montrent qu'elle est liée à une multitude de petites variations disséminées dans l'ADN. *"La migraine a tendance à se concentrer au sein de certaines familles"*, rappelle la chercheuse Irene de Boer, spécialiste de la génétique de la migraine au Centre médical universitaire de Groningen. Mais, sur certains forums







et réseaux sociaux, les responsables des migraines seraient à chercher ailleurs : le chocolat, le vin rouge ou le fromage. Pourtant, les études d'imagerie fonctionnelle révèlent une tout autre séquence : plusieurs heures avant la douleur, l'hypothalamus s'hyperactive de manière anormale. Cette région, qui régule la faim et les envies alimentaires, pourrait provoquer l'attirance pour certains aliments juste avant la crise. *"Les patients pensent que le chocolat a déclenché leur migraine, alors qu'il en était un signe annonciateur, comme peuvent l'être les bâillements répétés"*, explique Xavier Moisset.

Les régimes "miracles" censés prévenir les crises – sans gluten ou sans lactose – n'ont jamais fait la preuve de leur efficacité. Ces régimes d'exclusion peuvent même se révéler contreproductifs et priver l'organisme de

nutriments essentiels au bon fonctionnement du système nerveux. Ces carences fragilisent le cerveau et peuvent, paradoxalement, favoriser la survenue de nouvelles crises. Seul le régime cétogène, caractérisé par une alimentation riche en graisses et pauvre en glucides, semble avoir un effet réel, mais il est contraignant et difficile à suivre.

### STIMULATION MAGNÉTIQUE

Au laboratoire Neuro-Dol, l'équipe de Clermont-Ferrand explore de nouvelles voies thérapeutiques, en particulier la stimulation électrique ou magnétique du cerveau. Ces techniques consistent à perturber le signal de la douleur en activant d'autres circuits sensoriels, selon un principe connu sous le nom de théorie du portillon. *"C'est le même mécanisme que lorsqu'on se frotte la peau après s'être cogné, illustre le D<sup>r</sup> Moisset : on envoie au cerveau de nombreux signaux non douloureux qui 'bloquent la porte' au message douloureux."* La stimulation électrique transcutanée peut être appliquée pendant ou entre les crises. La stimulation magnétique transcrânienne répétitive, elle, reste en phase d'étude, mais les premiers résultats sont prometteurs. Cette approche non invasive, encore en évaluation pour la migraine, a déjà démontré son efficacité dans la dépression

*“ La migraine associe toujours deux dimensions : une sensation douloureuse et une expérience émotionnelle négative ”*





et les douleurs neuropathiques, ouvrant de nouvelles perspectives thérapeutiques.

Côté médicaments, les traitements de crise reposent sur la famille des triptans, conçus pour bloquer l'activité des nerfs qui transmettent la douleur. Pourtant, seuls 10 % des patients migraineux en bénéficient. *"Les médecins posent parfois mal le diagnostic ou hésitent à prescrire les*

*triptans alors qu'ils sont souvent efficaces"*, explique Xavier Moisset.

La recherche a récemment franchi un cap avec l'arrivée de nouvelles molécules ciblant le CGRP, un messenger chimique qui amplifie la transmission de la douleur. En le bloquant, ces traitements parviennent à réduire la fréquence et l'intensité des crises. En France, plusieurs molécules anti-CGRP disposent d'une autorisation de mise sur le marché, mais elles ne sont pas encore remboursées ; les patients doivent donc couvrir la totalité des frais – environ 250 € par mois. *"C'est un vrai problème d'accès au soin, regrette le neurologue. D'autant plus que de nombreux pays les remboursent déjà."*

La photophobie et la phonophobie accompagnant la migraine ont été décrites voici dix-huit siècles par le médecin grec Gallien.

### CESSER LA BANALISATION

Malgré sa fréquence, la migraine demeure mal reconnue. Diagnostic tardif, traitements sous-prescrits... La souffrance des patients est souvent minimisée. Pourquoi ? *"À l'instar de l'endométriose, la migraine est une maladie très féminine, observe Xavier Moisset. Le fameux 'pas ce soir, j'ai la migraine' a banalisé une douleur pourtant réelle et invalidante."* Reconnaître la migraine comme une maladie neurologique chronique est donc essentiel. Pour les chercheurs du laboratoire Neuro-Dol, c'est la condition pour faire évoluer les pratiques médicales et donner accès à des traitements plus efficaces. Car la migraine, loin d'un simple caprice du corps, révèle les fragilités d'un cerveau en surchauffe – et l'urgence de reconnaître enfin les douleurs invisibles, surtout lorsqu'elles touchent majoritairement des femmes. ■

*" Des patients pensent que le chocolat déclenche leur migraine, alors qu'il en est un signe annonciateur, comme peuvent l'être les bâillements répétés "*

Molécule de Sumatriptan, un médicament antimigraineux de la famille des triptans.





# EXOSQUELETES

## LE LABEUR SANS LA DOULEUR

Confrontées à l'explosion des troubles musculosquelettiques chez leurs salariés, des entreprises expérimentent une solution technique originale : les exosquelettes. PAR NATACHA SCHEIDHAUER

C'est dans des secteurs comme le bâtiment, la logistique ou les soins que l'on croise la plupart des exosquelettes en service. Et pour cause : les articulations y sont fortement sollicitées par des gestes répétitifs ou des postures contraignantes qui peuvent entraîner douleur et perte de force ou de sensibilité. Qualifiées de troubles musculosquelettiques (TMS), ces atteintes portent sur les tissus mous situés autour des articulations (tendons, muscles, nerfs) et concernent majoritairement les membres supérieurs (épaules, coude, poignet) ainsi que les genoux et le dos.

Des études comme celles de l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS), spécialisé dans la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles, montrent que *"l'activité professionnelle joue un rôle important dans l'apparition, le maintien ou l'aggravation de ces TMS"*. Outre les conséquences pour le salarié – avec des risques d'évolution en maladies chroniques –, les TMS ont aussi un coût économique élevé pour les entreprises et la sécurité sociale : en 2024, ils représentaient près de 90 % des maladies professionnelles et plus de 20 % des accidents du travail étaient dus à des maux de dos.

Pour traiter la douleur au travail, de nombreuses entreprises cherchent à

réduire les contraintes biomécaniques qui la favorisent. Elles testent pour cela des exosquelettes, des structures externes conçues pour assister l'humain dans ses mouvements. Comment ? En réduisant, voire en remplaçant la force humaine nécessaire via des systèmes à ressorts ou à élastiques dans le cas d'un modèle passif, et des moteurs et des capteurs dans le cas d'une version active robotisée. Musculairement, ça semble fonctionner. De nombreuses études ont ainsi pu mesurer l'apport des exosquelettes. En 2023, l'INRS a publié une revue de littérature évaluant les effets des exosquelettes professionnels sur la charge physique de travail. Elle montre les bénéfices de cette technologie, mais précise que ses effets à long terme restent à étudier. Sur le terrain, comme à la RATP ou chez Colas, entreprise du BTP en pointe sur la question, on souligne que l'on manque encore de recul et que l'utilisation d'exosquelettes passe par des prérequis incontournables – à commencer par le choix d'un modèle adapté au métier concerné.

### ENVIRONNEMENT CONTRÔLÉ

Polyvalence, poids, niveau d'assistance acceptable... À la RATP, qui a réalisé par le passé des commandes importantes destinées aux ouvriers de la maintenance, on procède aujourd'hui plus prudemment : *"Nous testons différents dispositifs en*



environnement contrôlé, afin de sélectionner ceux qui obtiennent des retours positifs de nos agents à la fois en matière d'assistance musculaire et de fluidité d'utilisation au quotidien, explique Ariane de Moegen, responsable du programme InnoCare du groupe RATP. Ensuite, nous les testons avec eux dans les conditions de travail réelles pour vérifier la pertinence de déployer ces exosquelettes." Chercheurs comme utilisateurs s'accordent aussi à dire que le bien-fondé de la solution exosquelette est conditionné à une intégration progressive, une formation de chaque utilisateur et une évaluation régulière, et qu'elle ne saurait exister sans une prise en compte de l'origine multifactorielle de la douleur au travail. "Pour améliorer les situations de travail génératrices de mal-être ou de coûts pour l'entreprise, la réponse est rarement unique. Il est important d'avoir une approche holistique pour trouver les causes et donc des solutions adaptées (qui ne sont pas forcément technologiques)", conclut Ariane de Moegen. ■

**Un technicien chinois porte un exosquelette robotisé pour faciliter les opérations de maintenance des pylônes électriques. Ces outils assistent les muscles lors de l'escalade du poteau et aident à maîtriser l'équilibre.**

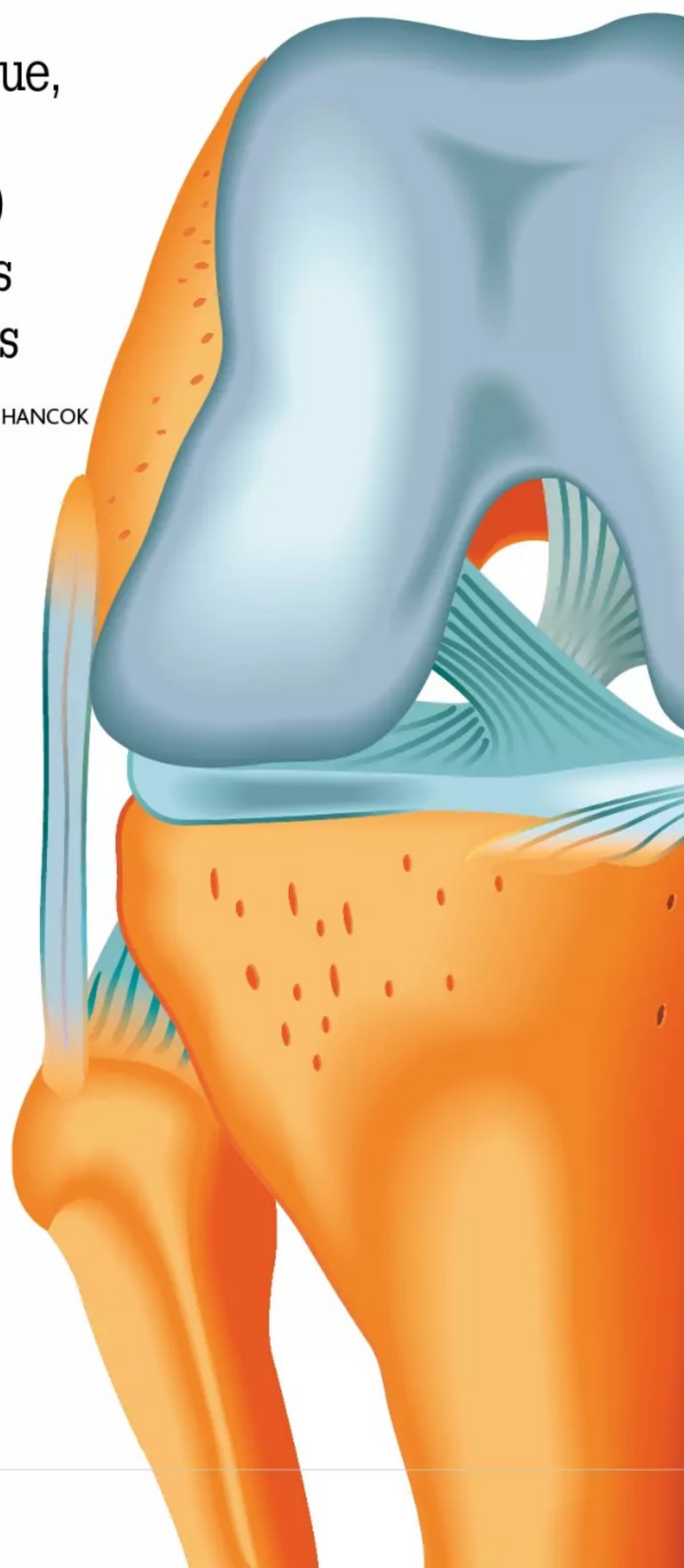


# De nouvelles armes contre l'arthrose

Rhumatisme inflammatoire ou mécanique, arthrose, ostéoporose... En avril 2024, l'Inserm a lancé le réseau ROAD to 2030 pour les chercheurs français spécialistes des maladies ostéoarticulaires. Plusieurs projets de recherche sont en cours. PAR CORALIE HANCOK

**P**our Jérémie Sellam, rhumatologue à l'hôpital Saint-Antoine à Paris, *"30 % de toutes les douleurs chroniques sont dues à l'arthrose"*. Et son chef de service Francis Berenbaum de compléter : *"Cela représente 10 millions de personnes en France – dont 65 % des plus de 65 ans – et 600 millions dans le monde."* Or, les traitements actuels ne soulagent pas tous les patients et certains d'entre eux s'accompagnent de contre-indications ou d'effets secondaires importants, ce qui limite leur prescription. Il y a donc urgence à trouver de nouveaux outils thérapeutiques.

Pour faciliter cette recherche, l'Inserm a lancé, en avril 2024, le réseau ROAD to 2030. *"En associant des expertises variées (biologie, épidémiologie, sciences humaines et sociales, génie biomédical...) et en impliquant étroitement les associations de patients, ROAD to 2030 entend accélérer les découvertes dans la lutte contre les rhumatismes et améliorer concrètement la qualité de vie de celles et ceux qui en souffrent"*, explique Francis Berenbaum, qui est aussi





le coordonnateur de ce réseau. Dans le cadre de ROAD to 2030, plusieurs programmes de recherche sont en cours.

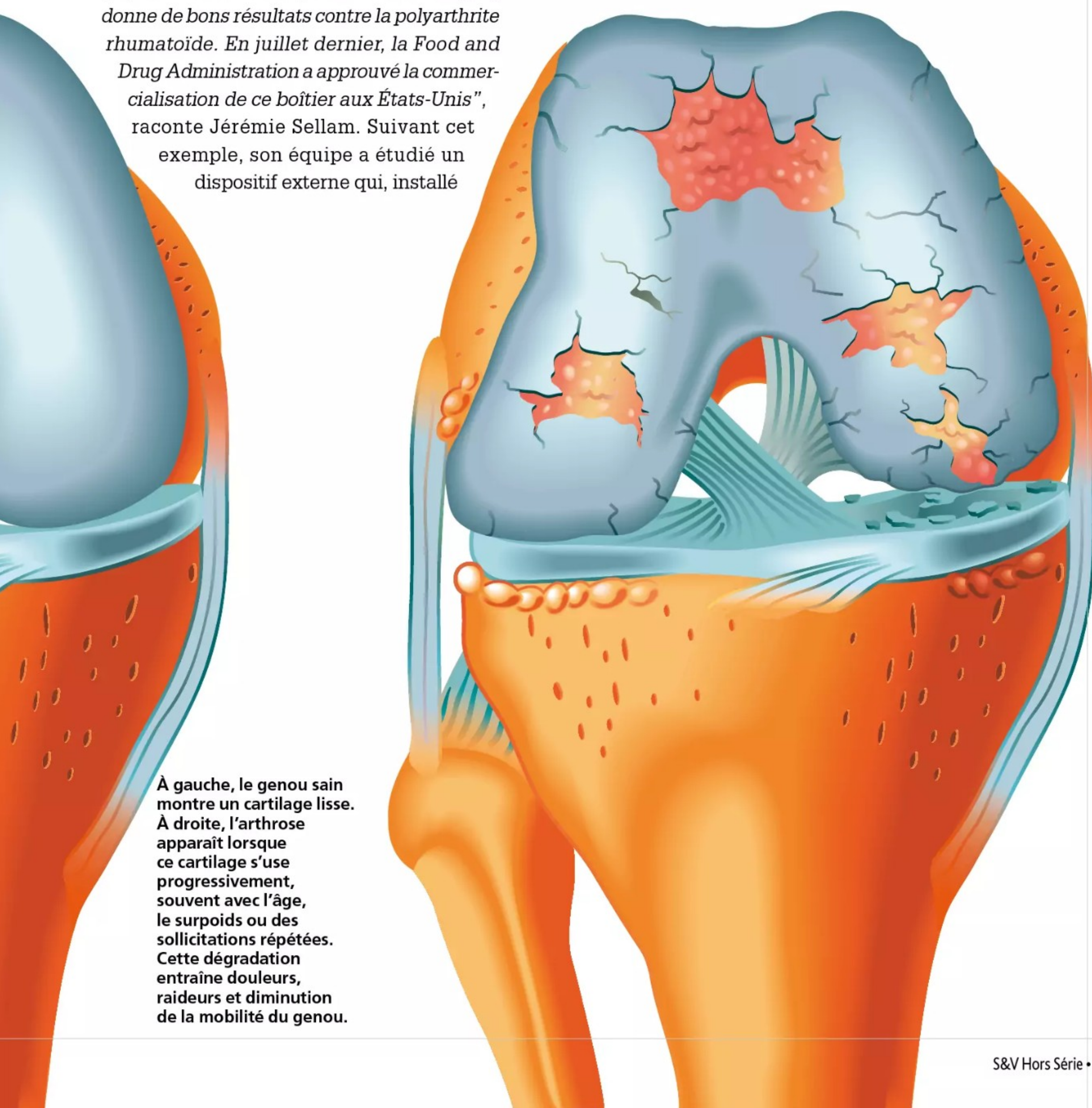
### STIMULATION ÉLECTRIQUE

Jérémie Sellam coordonne par exemple le programme CholinOA, qui s'inspire des travaux menés aux États-Unis par Kevin Tracey, depuis vingt-cinq ans. *"Kevin Tracey a montré que le nerf vague – qui utilise l'acétylcholine comme neurotransmetteur – peut aussi avoir des effets anti-inflammatoires. Il a alors développé un boîtier implantable à la base du cou qui, en activant électriquement le nerf vague, donne de bons résultats contre la polyarthrite rhumatoïde. En juillet dernier, la Food and Drug Administration a approuvé la commercialisation de ce boîtier aux États-Unis",* raconte Jérémie Sellam. Suivant cet exemple, son équipe a étudié un dispositif externe qui, installé

au niveau de l'oreille, stimule électriquement la partie du nerf vague qui passe par l'oreille.

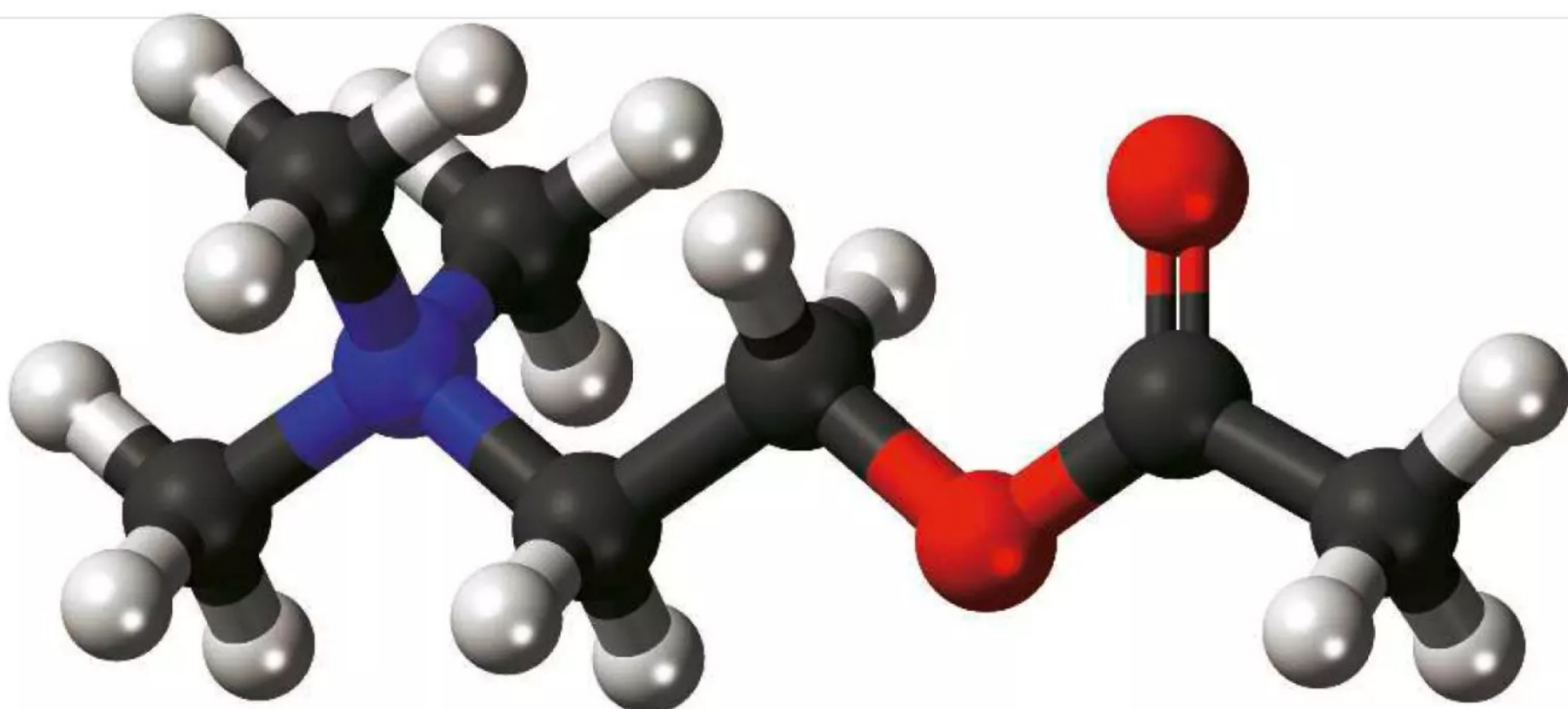
*"Nous avons réalisé une petite étude pilote et si, sur l'ensemble des patients, nous n'avons pas obtenu de réduction de la douleur, chez certains types de patients, les rhumatismes les plus inflammatoires semblent significativement améliorés",* indique le rhumatologue.

Autre piste suivie par une équipe de scientifiques associant l'Inserm, Sorbonne Université et l'Assistance publique-Hôpitaux de Paris : l'administration intra-articulaire de liraglutide, une molécule déjà utilisée par



À gauche, le genou sain montre un cartilage lisse. À droite, l'arthrose apparaît lorsque ce cartilage s'use progressivement, souvent avec l'âge, le surpoids ou des sollicitations répétées. Cette dégradation entraîne douleurs, raideurs et diminution de la mobilité du genou.





**Modèle de l'acétylcholine, un neurotransmetteur qui commande la contraction musculaire et peut aussi neutraliser la douleur.**

voie générale pour traiter... le diabète et l'obésité ! *"Même si le surpoids et l'obésité sont des facteurs aggravants de l'arthrose, on s'est rendu compte que le liraglutide avait un potentiel anti-arthrosique indépendant de la perte de poids qu'il peut induire. Il faut dire que cette molécule a montré chez l'animal des*

*effets analgésique, anti-inflammatoire, anti-dégradatif et chondroprotecteur",* explique Francis Berenbaum. Pour vérifier son efficacité, un essai clinique visant à injecter cette molécule directement dans le genou est en cours dans une vingtaine de pays. *"Nous espérons avoir des résultats d'ici à fin 2026",* précise le rhumatologue.

À l'hôpital Cochin, Christelle Nguyen, spécialiste en médecine physique et de





réadaptation, a quant à elle choisi l'injection d'une molécule encore plus surprenante : la toxine botulique, plus communément appelée botox. *"Elle est déjà utilisée en neurologie et en médecine esthétique, car elle empêche les muscles de se contracter en inhibant la transmission d'acétylcholine. Mais des études menées sur l'animal ont montré qu'elle peut aussi inhiber les neurotransmetteurs de la douleur"*, explique-t-elle. D'où l'idée de l'injecter dans les articulations douloureuses. Les études menées sur l'arthrose du genou n'ont pas permis de soulager la douleur. En revanche, *"contre l'arthrose de la base du pouce (ou rhizarthrose), nous avons montré que, un mois et trois mois après l'injection, la douleur avait diminué de 30 points, contre seulement 10 à 20 points avec un placebo"*, détaille Christelle Nguyen. Et d'ajouter : *"La fonction et la taille des articulations peuvent expliquer cette différence d'efficacité."* Depuis ces résultats, la médecin a lancé un deuxième essai clinique afin de déterminer si

**En cas d'arthrose sévère, comme la polyarthrite rhumatoïde de la main (à gauche) ou de la hanche (à droite), la pose de prothèses permet de récupérer la mobilité de l'articulation et de soulager la douleur.**



## “ 10 millions de personnes souffrent de l'arthrose en France ”

une deuxième injection permettrait de prolonger l'efficacité du traitement.

La recherche publique n'est cependant pas la seule à s'activer pour trouver des traitements innovants contre l'arthrose. Les laboratoires pharmaceutiques privés sont également dans la course. Levicept, une entreprise de biotechnologies basée en Grande-Bretagne, a ainsi développé le Levi-04, une molécule qui agit contre la neurotrophine 3 [*neurotrophine impliquée dans le maintien du système nerveux adulte, NLDR*]. Les résultats positifs d'un essai clinique de phase 2 ont été rendus publics cet été. De son côté, Novartis a choisi non pas de cibler la douleur – comme le font tous les traitements actuellement disponibles –, mais le processus arthrosique en lui-même. L'entreprise a ainsi développé une molécule baptisée LNA043 censée retarder la dégradation du cartilage dans l'articulation du genou. *"Les premiers résultats sont négatifs, mais il est probable que Novartis relance des essais en ciblant uniquement l'arthrose post-traumatique"*, commente Francis Berenbaum.

### LA STRATÉGIE DU BOUCHON

Enfin, une dernière stratégie, à la fois originale et prometteuse, est envisagée : il s'agit de boucher pendant quelques heures, à l'aide d'un produit injecté sous contrôle radiologique, les petites artères qui irriguent l'articulation. En stoppant cette irrigation, cette intervention appelée embolisation des artères géniculées empêcherait aussi la diffusion des molécules inflammatoires... et pourrait réduire la douleur. Des essais sont en cours, notamment chez des personnes qui n'ont pas été soulagées par la pose d'une prothèse de genou. Parmi toutes ces pistes thérapeutiques explorées, espérons que l'une d'entre elles au moins portera ses fruits... et permettra de soulager le milliard de patients arthrosiques attendus pour 2050. ■



# LA POMPE ANTIDOULEUR

L'analgésie intrathécale permet d'injecter des produits au plus près de la moelle épinière. Avec une efficacité spectaculaire. PAR CORALIE HANCOK

C'est un mal qui ronge parfois plus que la maladie elle-même : parmi les personnes atteintes de cancer, de 40 % à 50 % d'entre elles – et jusqu'à 70 % en phase avancée – sont confrontées à la douleur. Ces douleurs peuvent être intenses et réfractaires : dans 10 % à 15 % des cas, elles ne sont pas soulagées par les antalgiques classiques, même à fortes doses. Pourtant, il existe une solution, chirurgicale, c'est l'analgésie intrathécale. *"Il s'agit d'un dispositif constitué d'un cathéter fin qui court de la peau jusqu'à l'espace intrathécal – l'espace situé autour de la moelle épinière et où circule le liquide céphalo-rachidien – et d'un réservoir contenant des substances analgésiques. Celles-ci sont ainsi délivrées à l'endroit où*

*le signal douloureux transite de la périphérie vers le cerveau",* explique Denis Dupoiron, chef du service anesthésie et douleur à l'institut de cancérologie de l'Ouest, à Angers. Et de poursuivre : *"Le cathéter est placé au niveau de la colonne vertébrale en regard de la zone douloureuse – au niveau des lombaires pour des douleurs dans les membres inférieurs, par exemple – tandis que le réservoir est installé dans l'abdomen, sous la peau, le tout sous anesthésie générale et contrôle radiologique."*

## PUISSANCE ANTALGIQUE

*"En délivrant les analgésiques au plus près de leur site d'action, on augmente leur puissance antalgique et on diminue la quantité de médicaments nécessaires",* complète Gisèle Chvetzoff, responsable du département des soins de support au centre Léon-Bérard, à Lyon. Résultat, une diminution de la douleur de l'ordre de 33 % selon une méta-analyse, publiée en 2021, et regroupant les résultats de 29 études. Et encore, souligne Denis Dupoiron, *"il s'agit d'une moyenne, et certains essais cliniques montrent des résultats encore plus importants. Par exemple,*

*" Dans une étude, 93 % des patients ont vu leur douleur diminuer d'au moins 50 % dès la première semaine de traitement "*





*dans une étude que nous avons publiée en 2023, 93 % des patients voyaient leur douleur diminuer d'au moins 50 % dès la première semaine de traitement". La moindre quantité de produits utilisée et le fait qu'ils ne passent pas dans le sang permettent aussi de diminuer les effets secondaires (sommolence, constipation, accoutumance...), voire d'utiliser des molécules si puissantes qu'elles seraient mortelles par voie orale ou intraveineuse. Ainsi, outre les médicaments opiacés et les anesthésiques locaux, l'analgésie intrathécale a parfois recours à du ziconotide, une substance découverte dans le venin d'un escargot marin du Pacifique et 1 000 fois plus puissante que la morphine. "Un mélange d'analgésiques est réalisé spécifiquement pour chaque patient et il peut être modifié en fonction de ses besoins puisque, toutes les trois semaines environ, son réservoir est rerepli", explique Gisèle Chvetzoff. Si la douleur augmente momentanément, le patient peut également obtenir une dose supplémentaire en appuyant sur une télécommande. En France, entre 300 et 400 pompes intrathécales sont implantées chaque année, mais Denis Dupoirion estime entre 4 000 et 5 000 le nombre de patients éligibles. "D'ici à 2030, on espère pouvoir implanter toutes les personnes qui en ont besoin", avance-t-il. Car même en cancérologie, la douleur n'est pas une fatalité. ■*

Installée au plus près de la moelle épinière, là où transite le signal douloureux, la pompe intrathécale délivre une dose personnalisée d'analgésiques pour atténuer la douleur du patient.



# Covid, des douleurs à n'en plus finir

Le Covid long touche 2 millions de Français. La douleur tient une place centrale dans la constellation de symptômes recensés. Des remèdes existent, mais c'est au cas par cas.

PAR PASCALE-EMMANUELLE LAPERNAT-GUILHAUMON

**T**out le monde en a entendu parler, mais le Covid long (CL) reste largement méconnu. Sa dénomination officielle, "symptômes prolongés de la Covid 19", cache une réalité quotidienne complexe pour les patients et les soignants. Il se manifeste par des troubles polymorphes, multisystémiques et fluctuants, persistant au moins deux mois après la contamination, pouvant apparaître à distance (jusqu'à trois mois) après la contamination, et ne pouvant pas être expliqués par une autre maladie.



Le Covid long, ce sont 2 millions de Français atteints (65 millions de personnes dans le monde, une incidence globale sur 400 millions de personnes), soit 4 % de la population, avec une prévalence de 66 % de femmes (d'après Santé publique France, 2022). Plus de 200 symptômes, légers à invalidants, sont recensés, dont fatigue sévère, "brain fog", douleurs, troubles cardio-respiratoires et neurologiques... Le corps entier est touché. Environ 6 % des patients atteints de Covid





Une activité physique adaptée peut être prescrite par le médecin pour récupérer de certaines pathologies invalidantes.

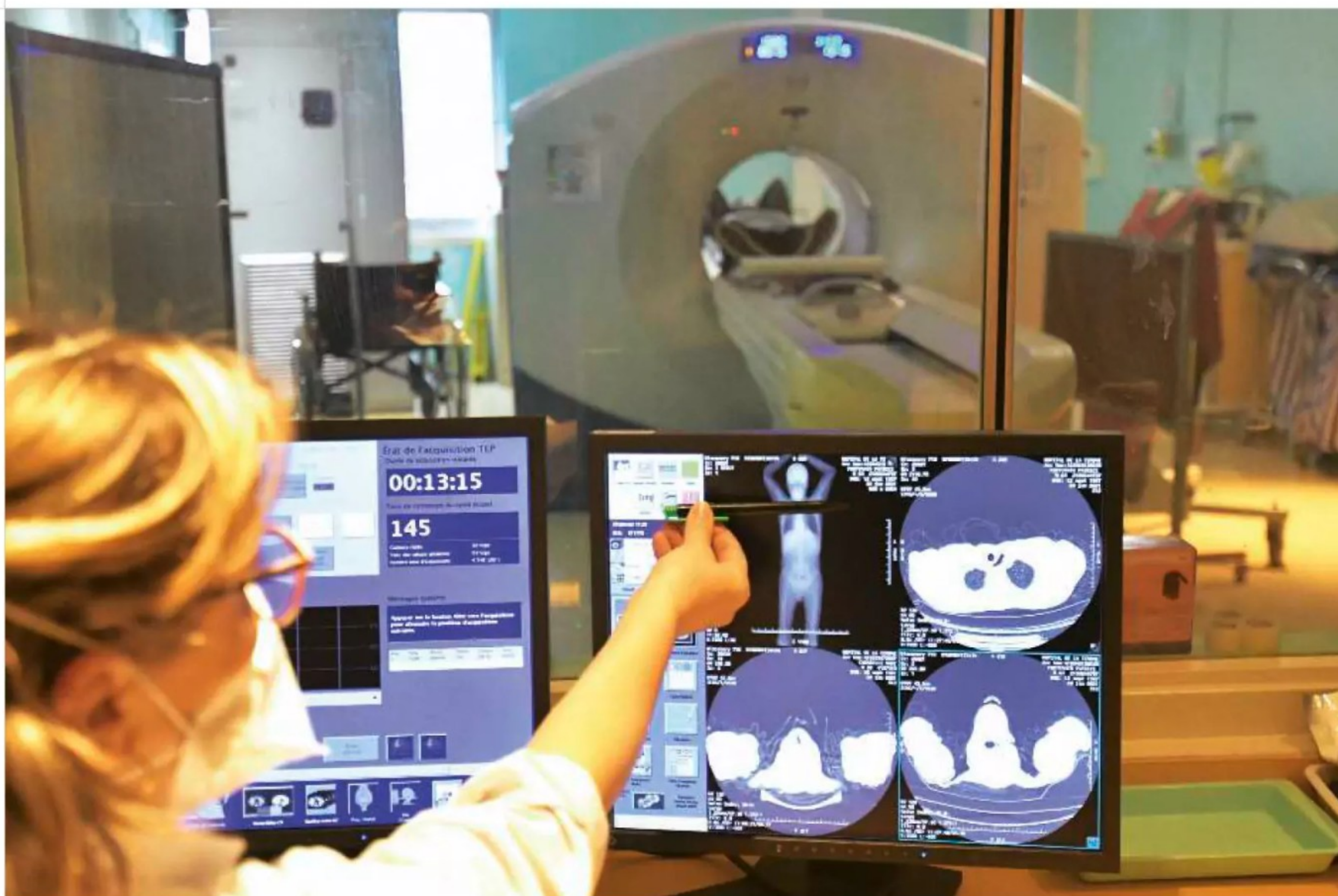
persistent en Covid long, 15 % d'entre eux présentent des symptômes au-delà d'un an, certains étant souffrants depuis 2020.

Les douleurs sont de trois types, comme l'explique le D<sup>r</sup> Erwan Treillet, praticien hospitalier spécialisé en médecine de la douleur : *"Elles peuvent être de type musculaire noci-plastique fibromyalgie-like [semblables à celles provoquées par une fibromyalgie, NDLR], de type articulaire, ou neuropathique. Les mécanismes sont mal connus, mais il semble*

*qu'une inflammation de bas grade persiste, notamment avec la protéine spike [c'est elle 'la clé' qui permet au coronavirus d'infecter les cellules humaines, NDLR]. Par ailleurs, les mécanismes de régulation de l'intensité de la douleur sont perturbés, comme la voie descendante inhibitrice de la douleur."* Le virus peut également diminuer la capacité du patient à produire des glucocorticoïdes antalgiques.

Des recherches ont montré une persistance virale (ou de sa protéine spike) dans





les organes, le cerveau, les tissus servant de réservoirs, pouvant entretenir un état inflammatoire chronique. De multiples dysfonctions mitochondriales sont alors constatées ; l'impact sera d'autant plus important que la demande énergétique est forte (muscles, cerveau). Plus précisément, la diminution de la production de la molécule adénosine triphosphate (ATP) réduit l'énergie des cellules ; l'augmentation du stress oxydatif endommage les structures cellulaires ; la réponse immunitaire et l'inflammation sont aussi perturbées... La dérégulation du système immunitaire peut avoir pour conséquence de réactiver des virus dormants comme ceux des herpès et perturber les processus de lutte contre le virus. À cela s'ajoutent des réponses auto-immunes pouvant aggraver les douleurs rhumatismales.

Un autre mécanisme identifié est une dysbiose intestinale, se manifestant par des douleurs abdominales. Des recherches ont montré notamment une perte des bactéries sécrétant du butyrate, un acide gras à chaîne courte, dont l'un des rôles est l'inhibition des cytokines pro-inflammatoires et l'activation

de cytokines anti-inflammatoires. Par ailleurs, des microthromboses quasiment indétectables circulent dans le sang. Ces caillots peuvent être la cause de troubles circulatoires et inflammatoires douloureux.

Plusieurs études d'imagerie avancées (tomographie par émission de positons, IRM

**Les douleurs abdominales, thoraciques ou les troubles du rythme cardiaque peuvent indiquer que le nerf vague est touché par le virus.**







À l'hôpital de la Timone, à Marseille, le service de médecine nucléaire du professeur Éric Guedj a mis en évidence chez les personnes atteintes de Covid long une diminution de l'activité cérébrale, et notamment des régions limbiques, liées à la mémoire et à la régulation des émotions. Le tronc cérébral qui contrôle, entre autres, la respiration ou le sommeil est également affecté.

fonctionnelle, spectroscopie) ont objectivé des états de neuro-inflammation cérébrale chez des patients atteints de Covid long, fournissant une base physiopathologique solide aux céphalées persistantes, *"brain fog"* et autres symptômes neurologiques. Les patients atteints de CL souffrent parfois d'une neuropathie des petites fibres, caractérisée par une atteinte de fibres nerveuses sensibles au niveau cutané ou autonome, pouvant provoquer des brûlures, paresthésies, allodynies et parfois des décharges électriques. Les complications cardiovasculaires du CL, telles que les tachycardies inappropriées ou les myocardites post-infectieuses, peuvent contribuer à des douleurs thoraciques, d'intensité et de mécanismes variables.

Les troubles menstruels rapportés dans le CL semblent pour leur part liés à une dysrégulation de l'axe hypothalamo-hypophyso-ovarien, potentiellement induite par l'inflammation systémique persistante ou par des perturbations immunitaires. Ces déséquilibres hormonaux peuvent à leur tour favoriser l'apparition de céphalées hormonales, de sensibilisation nociceptive et de douleurs musculosquelettiques, en particulier chez les patientes présentant une vulnérabilité préexistante.

#### APPROCHE AU CAS PAR CAS

Le nerf vague est également touché, entraînant une dysrégulation du système nerveux autonome, pouvant se manifester par des douleurs abdominales et thoraciques, des paresthésies, des troubles du rythme cardiaque... Le nerf vague pourrait être la porte d'entrée du virus dans le cerveau, à l'instar du cytomégalo virus incriminé dans la maladie d'Alzheimer – des altérations cérébrales préalables à Alzheimer ont d'ailleurs été rapportées. À cela peut s'ajouter une souffrance psychique : le nombre et l'intensité des symptômes, leur impact dans la vie quotidienne, l'incertitude liée à l'évolution du Covid long...

*"Souvent, l'errance médicale ajoute à cette souffrance. Une psychiatrisation des symptômes retarde la reconnaissance du CL et sa prise en charge, voire des refus de soins par manque d'information des professionnels de santé",* déplore Daniel Christien, membre bâtisseur de l'association #AprèsJ20.

Pourtant des solutions existent pour soulager les douleurs. Les traitements sont pour l'instant purement symptomatiques : paracétamol, anti-inflammatoires ou naltrexone (utilisée pour traiter la dépendance à l'alcool et aux opioïdes). Des antidépresseurs ou des antiépileptiques ont aussi montré des effets antalgiques. Dans sa pratique, le Dr Treillet préconise une approche au cas par cas : *"Il n'y a pas de sur-mesure, que du prêt-à-porter, tant dans les techniques médicamenteuses que non médicamenteuses. Dans les centres de traitement de la douleur, l'approche se veut globale et pluridisciplinaire : les techniques non médicamenteuses peuvent être très efficaces. L'exercice physique est bénéfique. La méditation, l'auriculothérapie peuvent changer la vie des patients. L'électrostimulation transcutanée trompe le cerveau et l'empêche de ressentir la douleur. La stimulation d'opioïdes endogènes par des bracelets envoyant une onde électromagnétique à très haute fréquence devient une option intéressante. La photobiomodulation permet aussi de soulager certains patients : la lumière rouge est antalgique et anti-inflammatoire, elle agit notamment sur les mitochondries."* Bref : contre le CL, tout ce qui ne nuit pas doit être envisagé ! ■

*" Il n'y a pas de sur-mesure, tant dans les techniques médicamenteuses que non médicamenteuses "*





# LES REMÈDES

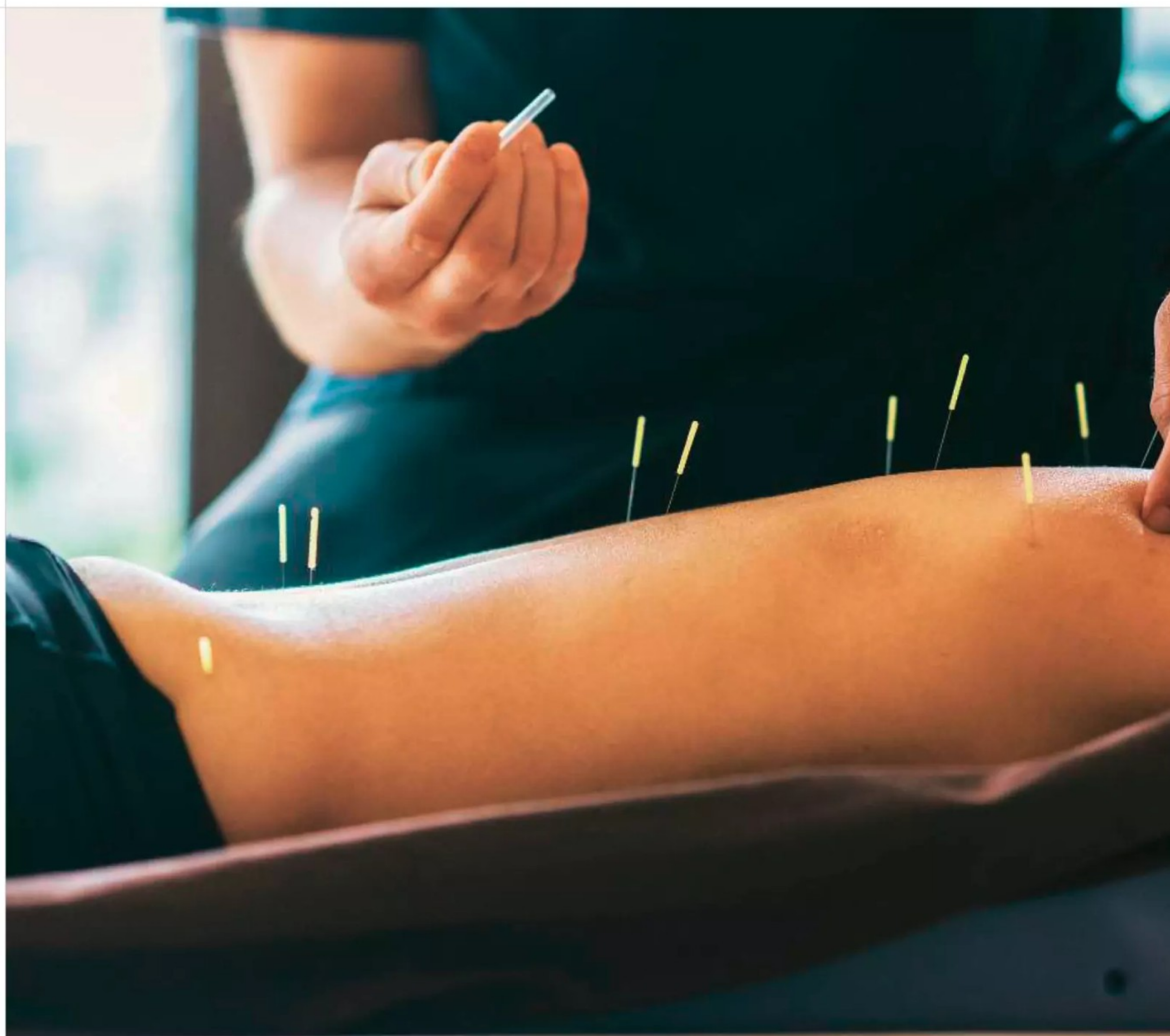




Au bloc opératoire de la clinique du Parc, à Montpellier, ce casque de réalité virtuelle aide un patient à supporter la douleur lors d'un examen radiologique.







# Que valent les non médicaments

Acupuncture, méditation, hypnose, ostéopathie, neurostimulation transcutanée, sophrologie, méditation... Les TNM promettent de soulager la douleur. Comment distinguer ce qui marche du reste ?

PAR KHEIRA BETTAYEB





# thérapies teuses ?

Si elle ne remplace pas un traitement médical, l'acupuncture est une thérapie complémentaire qui peut se révéler efficace pour atténuer la douleur de certaines affections chroniques comme la lombalgie.

**E**ffets secondaires, persistance des symptômes malgré la prise correcte du traitement, contre-indications... Parfois, les médicaments antidouleur ne suffisent pas ou ne conviennent pas. Ainsi, lors d'une étude française de juillet 2025, parue dans *The Journal of Headache and Pain*, qui a porté sur 16 888 migraineux, près de 24 % d'entre eux présentaient des contre-indications aux triptans, ces médicaments spécifiques de la migraine, et environ 4 % ne répondaient pas à deux molécules de ce type prises successivement. Que faire alors ? Dans ces cas, mais aussi quand ils n'arrivent pas à décrocher un rendez-vous chez un médecin, de plus en plus de Français se tournent vers les thérapies non médicamenteuses. D'après un sondage Odoxa de 2023, plus de 1 sur 2 (54 %) s'estime davantage disposé qu'il y a cinq ans à recourir à ces "pratiques de soins non conventionnelles" – comme les appellent les autorités de santé. Et 57 % jugent qu'elles sont "au moins aussi efficaces" que la médecine classique. Or voilà, toutes ne se valent pas. De plus, leur efficacité et (surtout) leur sécurité dépendent du praticien qui les propose... et qu'il faut savoir choisir.

Faisant appel à des techniques physiques (ostéopathie, neurostimulation transcutanée...), psychologiques (méditation, hypnose...), nutritionnelles (régimes spéciaux, phytothérapie...) ou encore psychophysiques (yoga, taï-chi...), les pratiques de soins non médicamenteuses promettant de soulager la douleur sont très diverses. Au total, il en existerait plus de 400, d'après l'association de consommateurs indépendante UFC-Que Choisir.

## URINOTHÉRAPIE ET ÉTIOPATHIE

"Certaines de ces approches sont clairement à éviter", met en garde Grégory Ninot, directeur adjoint de l'Institut Desbrest d'épidémiologie et de santé publique de Montpellier, auteur de *100 médecines douces validées par la science* (éd. Alpha, juin 2025). C'est le cas notamment de l'urinothérapie qui consiste... à boire sa propre urine ! Selon ses partisans, ce traitement peut soulager diverses douleurs,





notamment les migraines. Or, souligne le chercheur, *“aucune étude n’est venue corroborer ces observations, ou plutôt ces supputations”*. Idem pour l’étiopathie, une pratique manuelle qui vise à identifier les causes biomécaniques de divers troubles fonctionnels à l’origine de douleurs (lombalgie, entorses, troubles digestifs...) pour les supprimer durablement.

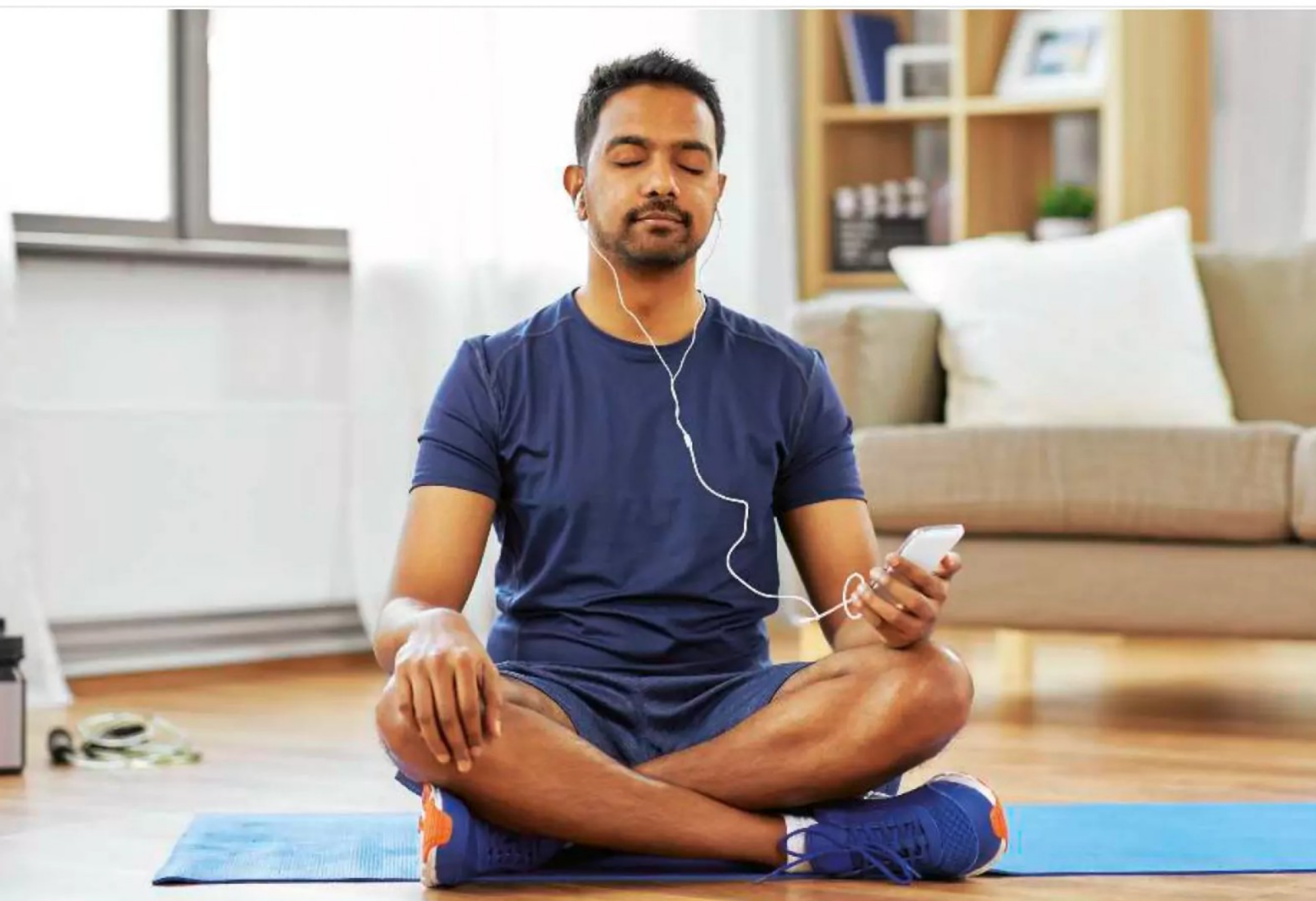
*“Selon une expertise de l’institut, il n’existe pas d’études et de données probantes permettant de confirmer l’intérêt de cette pratique et son innocuité, expose Grégory Ninot. De plus, ce document alerte sur les rares, mais possibles événements indésirables graves inhérents à toute manipulation des vertèbres cervicales : accidents vasculaires, lésions tendineuses ou fractures.”*

“ *L’hypnose peut diminuer la douleur aiguë, comme celle survenant lors des interventions chirurgicales ou endoscopiques, et certaines douleurs chroniques* ”

#### POUR ÉVITER L’ANESTHÉSIE GÉNÉRALE

D’autres interventions non médicamenteuses ont en revanche montré une certaine efficacité contre la douleur. C’est le cas d’un protocole d’hypnose, qui vise à induire un état de conscience intermédiaire entre la veille et le sommeil, permettant de dévier l’attention du patient de sa douleur et de stimuler ses ressources internes pour moins la ressentir. *“Lors de ces trois dernières décennies, plusieurs travaux ont montré que cette approche peut diminuer la douleur aiguë – comme celle survenant lors des interventions chirurgicales ou endoscopiques, ce qui permet d’éviter l’anesthésie générale – et certaines*





**L'hypnose (à gauche) et la méditation de pleine conscience (à droite) induisent un état de conscience intermédiaire qui aide à diminuer la perception de la douleur.**

*douleurs chroniques (persistantes), notamment celles liées à la lombalgie [douleurs du bas du dos, NDLR] ou au syndrome du côlon irritable [un trouble digestif qui touche 5 % des Français, NDLR]”, expose Antoine Bioy, psychologue et hypnothérapeute à l’institut de médecine intégrative et complémentaire du CHU de Bordeaux.*

Une autre approche non médicamenteuse a également fait l’objet de nombreuses études positives : la méditation de pleine conscience, qui consiste à se concentrer sur un “objet”, comme sa respiration ou les bruits environnants, pour diminuer la perception de la douleur. Ainsi, des travaux américains de 2019 parus dans l’*Annual Review of Clinical Psychology*, ont analysé les résultats de 167 travaux publiés sur la méditation, publiés depuis 1992. Ils concluent à “des preuves solides indiquant que des interventions basées sur la méditation de pleine conscience, correctement conçues et dispensées, peuvent

*avoir une efficacité comparable à celle de traitements standards pour la douleur”.*

### SOULAGER LA LOMBALGIE

Plusieurs autres soins non conventionnels se sont révélés efficaces contre la douleur : l’acupuncture, qui repose sur la stimulation de points spécifiques du corps pour rétablir l’équilibre énergétique et qui peut ainsi soulager la lombalgie, les douleurs liées à l’arthrite ou les migraines ; le yoga, qui combine postures physiques, exercices de respiration et méditation ; la neurostimulation transcutanée, qui se base sur l’administration d’impulsions électriques de faible intensité à travers la peau, pouvant bloquer la transmission des signaux douloureux vers le cerveau, etc.

Depuis quelques décennies, ces interventions non médicamenteuses et plusieurs autres sont prodiguées, en complément de médicaments, dans les centres antidouleur, des structures spécialisées dans la prise en charge des douleurs chroniques, dont certaines sont rattachées à des centres hospitaliers universitaires (CHU). “Les





**La neurostimulation transcutanée envoie de faibles impulsions électriques à travers la peau et bloque ainsi la transmission du signal douloureux vers le cerveau. Résultat : les douleurs, notamment musculaires ou neuropathiques légères à modérées, diminuent.**

*interventions les plus présentes dans ces structures sont l'activité physique adaptée, les électrostimulations transcutanées, l'hypnose médicale, l'acupuncture, la médecine manuelle ostéopathie médicale [ostéopathie pratiquée par des médecins, NDLR] et la méditation en pleine conscience*", développe Julien Nizard, chef du service douleur, soins palliatifs et de support, éthique, médecine intégrative du CHU de Nantes.

### FIABILITÉ DES PRATICIENS

Certains de ces centres, *"comme le nôtre"*, précise Julien Nizard, proposent aussi la yoga thérapie. D'autres, par exemple le CHU de Montpellier, ont recours à la méthode de musicothérapie en U, qui consiste à utiliser une succession d'œuvres musicales, décomposées en plusieurs phases avec une réduction ou une augmentation progressive du tempo, de la formation orchestrale et du volume. D'autres encore, *"tel le CHU de Clermont-Ferrand"*, indique un porte-parole

de cet hôpital, utilisent la réalité virtuelle et la sophrologie ; etc.

Or, l'efficacité et l'innocuité de ces pratiques dépendent de l'expertise et de la fiabilité des praticiens qui les proposent. Lorsque ceux-ci exercent hors d'un centre de la douleur, il existe un gros risque : celui de dérives sectaires, définies par la Mission interministérielle de vigilance et de lutte contre les dérives sectaires (Miviludes) comme *"la mise en œuvre, par un groupe organisé ou par un individu isolé, de pressions ou de techniques ayant pour but de créer, de maintenir ou d'exploiter chez une personne un état de sujétion psychologique ou physique, la privant d'une partie de son libre arbitre"*. Dans son rapport d'activité publié en avril 2025\*, la Miviludes souligne que la santé et le bien-être arrivent en tête des signalements de dérives sectaires reçus entre 2022 et 2024, et représentent 37 % de ces signalements. *"Le risque de dérives sectaires dans le domaine des interventions non conventionnelles est d'autant plus grand que ces pratiques ne sont pas réglementées par les pouvoirs publics ni standardisées. Aussi, n'importe qui peut se prétendre thérapeute. Ce qui accroît le risque d'emprise"*, souligne Bruno Falissard, psychiatre et





*“ Le risque de dérives sectaires dans le domaine des interventions non conventionnelles est d’autant plus grand que ces pratiques ne sont ni réglementées ni standardisées ”*

directeur du Centre de recherche en épidémiologie et santé des populations.

### APPROCHES COMPLÉMENTAIRES

Pour séparer le bon grain de l’ivraie, il convient de *“choisir un praticien qui a une formation médicale ou paramédicale, comme un médecin, un infirmier, un kinésithérapeute ou un psychothérapeute, doté, en plus, d’un diplôme universitaire dans la pratique ciblée ou d’une formation longue non diplômante, mais reconnue par le Répertoire national des certifications professionnelles, un gage de qualité de la formation”*, conseille Julien Nizard.

**Combinant respiration maîtrisée, méditation et postures physiques qui font travailler les muscles, le yoga réduit les douleurs des tensions musculaires et améliore la mobilité.**



Et *“se méfier des praticiens qui critiquent la médecine conventionnelle ou proposent de se passer des médicaments et de les arrêter –excepté s’il s’agit d’un médecin. Car souvent ces techniques sont des approches complémentaires à la médecine et aux médicaments conventionnels, et non une alternative. Par exemple, l’hypnose vise à diminuer les doses de médicaments antidouleur et non à les remplacer”*, insiste Audrey Vanhaudenhuyse, chercheuse et neuropsychologue au CHU et à l’université de Liège.

Pour sécuriser le recours aux interventions non médicamenteuses hors des structures de soins conventionnelles, *“une solution est d’intégrer ces approches aux parcours médicaux classiques, afin que les médecins traitants puissent orienter leurs patients qui en ont besoin vers des praticiens de confiance et de qualité ; comme cela est le cas dans les centres antidouleur”*, relève Julien Nizard.

Depuis quelques mois, le chercheur et ses collègues évaluent ce concept dans une étude financée par l’Assurance maladie. *“Lors de cette recherche qui inclura 1 600 patients des Pays de la Loire, des médecins traitants travailleront avec des infirmiers qui aiguilleront les patients vers des praticiens en thérapies alternatives, sûrs et titulaires de formations fiables, précise le scientifique. Si notre étude montre qu’un tel parcours est efficace, en termes de réduction de la douleur et du coût de son traitement, il pourrait être étendu au niveau national, et ainsi contribuer à rendre le recours aux thérapies complémentaires plus sûr.”* Les résultats sont attendus dans cinq ans. ■

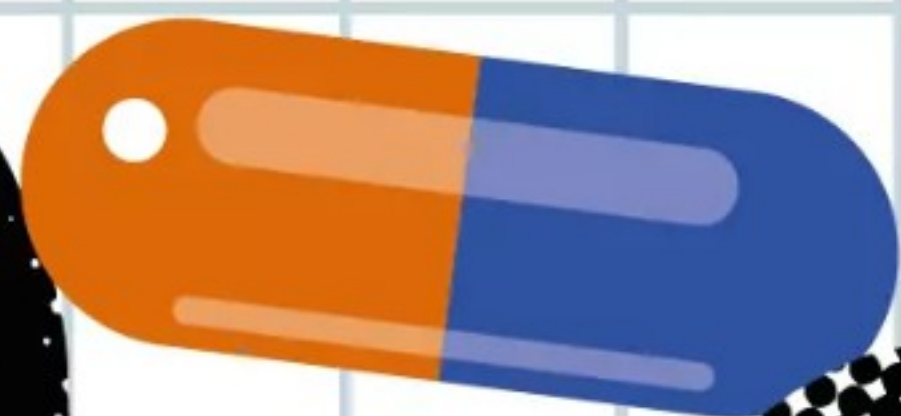
*\*[vie-publique.fr/rapport/298110-miviludes-rapport-dactivite-2022-2024](https://vie-publique.fr/rapport/298110-miviludes-rapport-dactivite-2022-2024)*



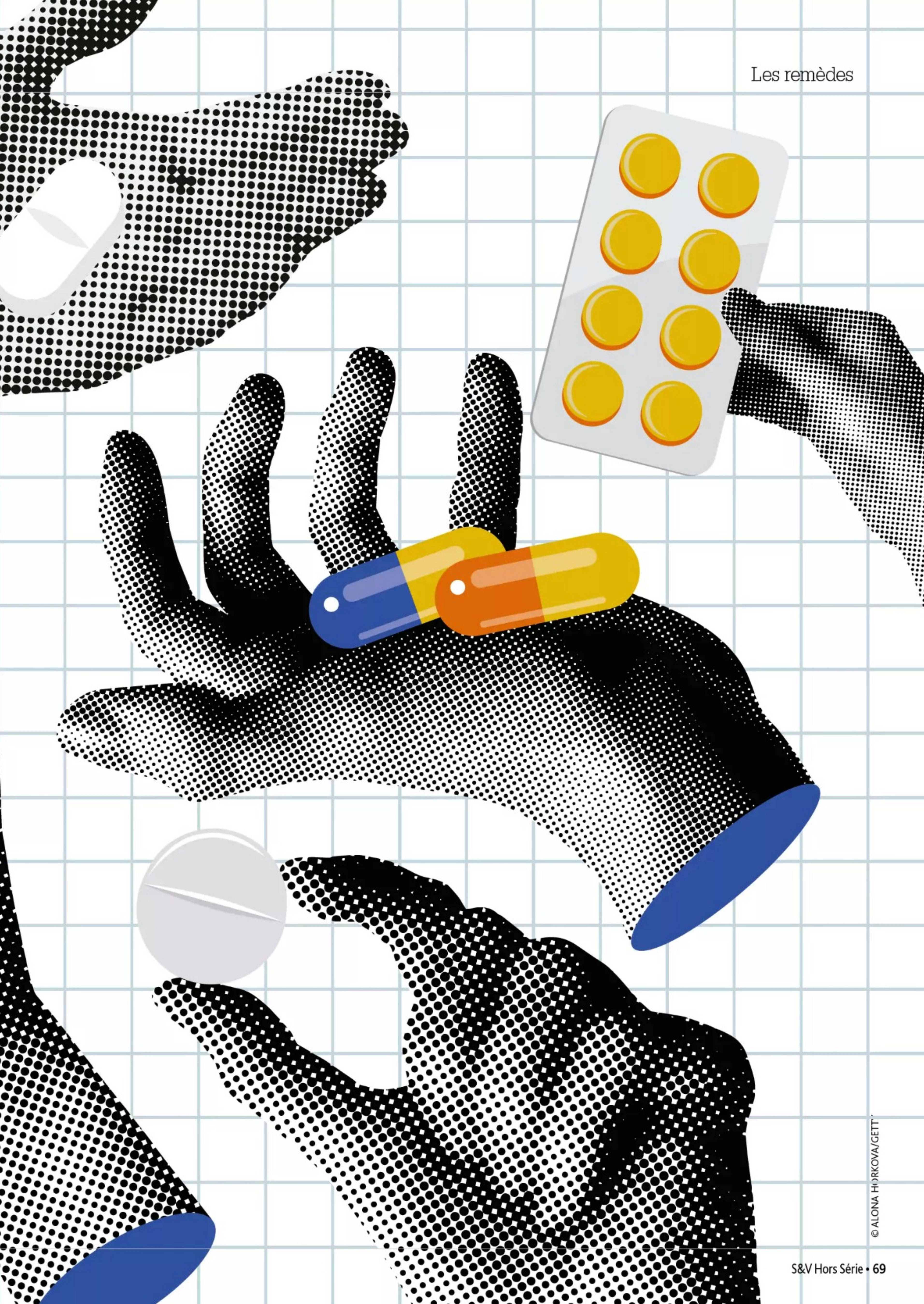
# La chimie au banc d'essai

Il existe toutes sortes de médicaments antalgiques. Tous ne s'adressent pas aux mêmes types de douleur, et chacun présente des avantages et des inconvénients.

Petit inventaire de nos armoires à pharmacie. PAR HÉLOÏSE RAMBERT











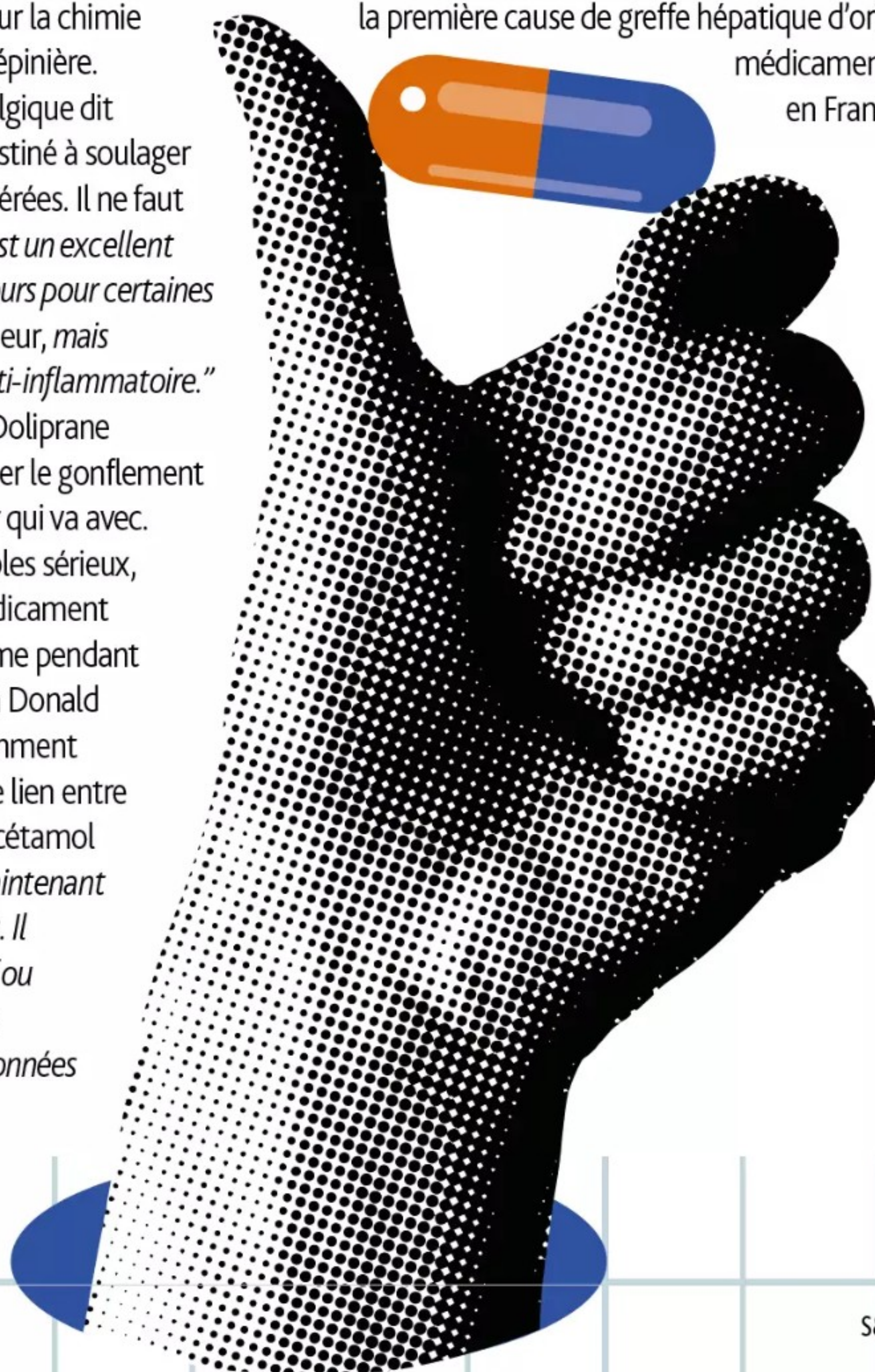
*“ Le paracétamol  
n’a pas d’effet  
malformatif ou foetal  
ni de risque pour le  
neurodéveloppement ”*



## PARACÉTAMOL: la superstar

Commercialisé sous les noms de Doliprane, Dafalgan ou Efferalgan –entre autres–, le paracétamol est associé à d'autres produits dans plus de deux cents médicaments. C'est la molécule la plus prescrite en France. Pourquoi un tel succès ? Son mode d'action contre la douleur a longtemps été empirique. *"Et il l'est toujours ! Il existe plusieurs hypothèses"*, assure Alex Straiker, professeur de recherche à l'université de l'Indiana et auteur d'une récente étude sur le sujet. *"Certains chercheurs pensent que les récepteurs aux cannabinoïdes pourraient être impliqués. Nous pensons que le paracétamol bloque spécifiquement la production d'une enzyme capable de se lier à ces récepteurs, ce qui produit l'action antalgique. Mais notre hypothèse est surprenante et encore très controversée"*, explique prudemment le chercheur. Toujours est-il que la molécule interviendrait sur la chimie du cerveau et de la moelle épinière. Le paracétamol est un antalgique dit "de palier 1", c'est-à-dire destiné à soulager des douleurs légères à modérées. Il ne faut pas tout lui demander. *"C'est un excellent analgésique de premier recours pour certaines douleurs, souligne le chercheur, mais il ne possède pas d'action anti-inflammatoire."* En clair, inutile d'avalier un Doliprane ou un Efferalgan pour apaiser le gonflement d'une entorse ou la douleur qui va avec. Dépourvu d'effets indésirables sérieux, le paracétamol reste le médicament antidouleur le plus sûr, même pendant la grossesse, n'en déplaise à Donald Trump, qui élucubrait récemment à propos d'un hypothétique lien entre exposition in utero au paracétamol et autisme. *"Nous avons maintenant de très nombreuses données. Il n'y a pas d'effet malformatif ou fœtal retenu. Concernant le neurodéveloppement, les données disponibles ne permettent*

*pas de retenir un risque"*, rassure Benoît Marin, responsable du Centre de référence sur les agents tératogènes et professeur de santé publique à la faculté de santé de Sorbonne Université. Seul vrai danger : le surdosage. Contrairement à d'autres médicaments, le paracétamol est métabolisé par le foie qui peut dysfonctionner si les quantités ingérées excèdent les recommandations. *"Le paracétamol produit un déchet toxique pour les cellules hépatiques, mais rendu inoffensif par un antioxydant, le glutathion"*, explique Marc Lévêque, neurochirurgien, spécialiste de la douleur, auteur de *Libérons-nous de la douleur* (éd. Buchet-Chastel, 2022). *"En cas de surdosage, le stock de glutathion peut se montrer insuffisant. Les déchets du paracétamol vont s'accumuler et, peu à peu, détruire le foie, ce qui peut conduire à la mort."* La mauvaise utilisation du paracétamol est la première cause de greffe hépatique d'origine médicamenteuse en France.





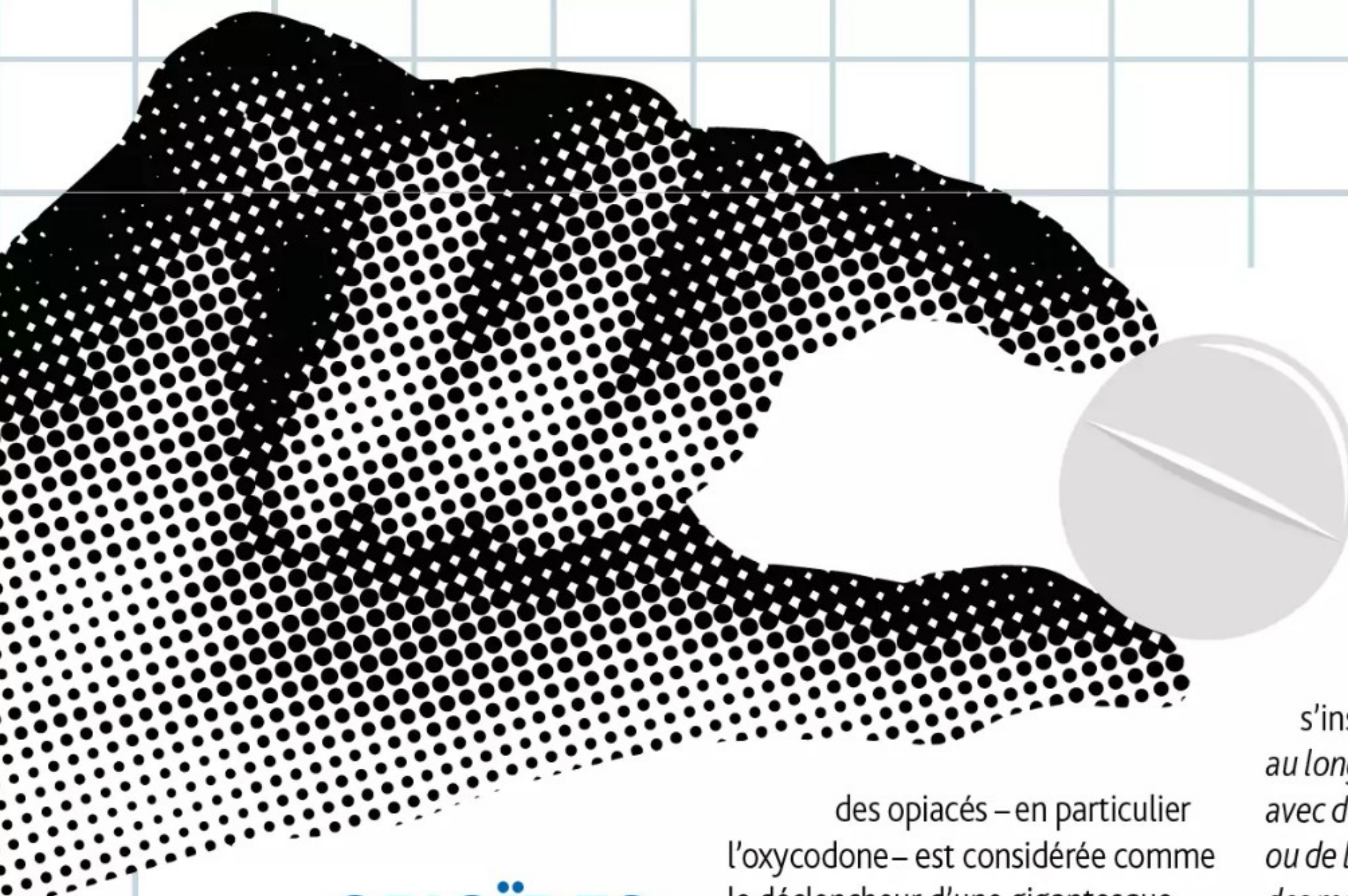
## ANTI-INFLAMMATOIRES non stéroïdiens: oui, mais...

Acronyme: AINS. Ces antalgiques de palier 1 sont eux aussi extrêmement populaires. Ils s'appellent ibuprofène (Advil, Nurofen...), diclofénac, naproxène... Au-delà de 500 mg par jour, la bonne vieille aspirine se comporte aussi comme un AINS. Leur mode d'action, moins mystérieux que celui du paracétamol, explique à la fois leur efficacité et leurs effets indésirables. Les AINS brisent la cascade chimique de la réaction inflammatoire qui aboutit au message douloureux. Plus spécifiquement, ils bloquent une enzyme clé appelée COX, empêchant ainsi la production de prostaglandines. *"La prostaglandine rend l'extrémité des terminaisons nerveuses encore plus sensibles. En diminuant sa formation, les AINS réduisent la 'sensibilisation périphérique' et donc le ressenti douloureux"*, indique Marc Lévêque. Mais il y a un revers de la médaille à ce sabotage de COX. Car l'enzyme existe en fait sous deux versions: COX 1 que l'on retrouve habituellement dans les reins et le tube digestif et qu'elle contribue à protéger; et COX 2, impliquée dans le phénomène inflammatoire. C'est cette dernière qui est ciblée par les AINS. Or, les antalgiques inhibent les deux sans distinction.

Et le blocage chronique de COX 1 produit des effets néfastes. *"Si l'on prend de l'ibuprofène – ou un autre AINS – trop longtemps, cela peut entraîner une toxicité sur la muqueuse de l'estomac, et donc des ulcères"*, met en garde Nicolas Authier, psychiatre, pharmacologue au CHU de Clermont-Ferrand et président de la Fondation Analgésie. *"Ces médicaments peuvent aussi provoquer à terme une insuffisance rénale ou une augmentation de la tension artérielle."* Rien à craindre a priori s'ils sont consommés sur une courte durée, c'est-à-dire moins de cinq jours. En revanche, pendant la grossesse, c'est une autre histoire. *"Les AINS sont responsables d'une toxicité fœtale et/ou néonatale, cardiovasculaire et/ou rénale, parfois irréversible, qui peut entraîner la mort in utero"*, alerte Benoît Marin. Ils sont formellement contre-indiqués dès le début du sixième mois de grossesse, et quelle que soit la voie d'administration. *Avant le troisième trimestre, il faut faire attention aux prises chroniques."*

*“ Si l'on prend un AINS trop longtemps, cela peut entraîner une toxicité sur la muqueuse de l'estomac, et donc des ulcères ”*





## OPIOÏDES: efficaces, mais addictifs

Les douleurs d'intensité moyenne ou non soulagées par les antalgiques de palier 1 peuvent être traitées avec des opioïdes – ou opiacés – faibles (antalgique de palier 2) comme le tramadol ou la codéine. Les opioïdes forts (antalgique de palier 3) – morphine, oxycodone, fentanyl – sont indiqués dans les douleurs sévères à très sévères. Aux États-Unis, la surprescription

des opiacés – en particulier l'oxycodone – est considérée comme le déclencheur d'une gigantesque crise sanitaire responsable de plus d'un demi-million de morts. La terrible expérience américaine tient lieu d'avertissement. En France, l'encadrement de la prescription et de la délivrance des médicaments opioïdes s'est renforcé ces dernières années et la situation est surveillée de près. *“Bien qu'aujourd'hui, en France, la consommation d'opioïdes n'atteigne pas le niveau des États-Unis ou de l'Angleterre, elle est en augmentation”,* indiquait la Haute Autorité de santé en 2022, appelant les médecins à éviter une “banalisation” des prescriptions.

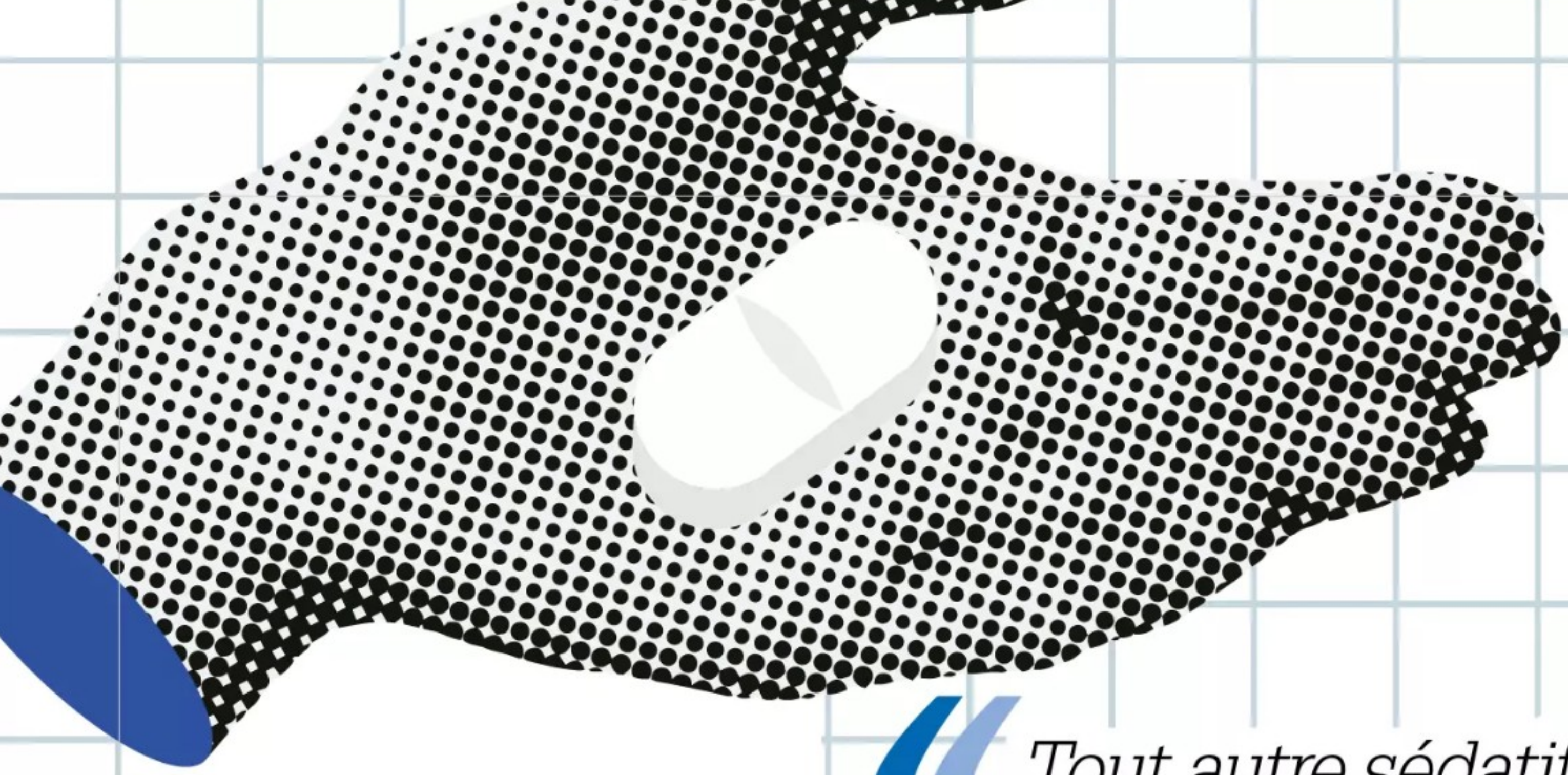
*“Tous les opioïdes sont potentiellement addictifs”,* rappelle Nicolas Authier. C'est sur la durée que le danger s'installe. *“Si on traite quelqu'un au long cours, pendant des mois, avec de la codéine, du tramadol ou de l'oxycodone, on voit apparaître des mécanismes de dépendance physique, souligne le spécialiste. Le cerveau développe une tolérance au produit, il faut en prendre de plus en plus pour obtenir le même effet. C'est impossible d'y échapper.”* Mais tout le monde ne développe pas pour autant une addiction aux opioïdes. Elle implique une dépendance psychologique qui, elle, n'a rien de systématique. *“Elle apparaît lorsque le produit rencontre une personne avec une vulnérabilité psychologique. C'est-à-dire quelqu'un dont le cerveau est déjà prédisposé aux addictions”,* explique le psychiatre.

## REMÈDES DE GRAND-MÈRE: approximatifs



Certaines plantes ont la réputation de nous soulager, et elle n'est pas toujours usurpée car plusieurs remèdes traditionnels reposent sur des effets physiologiques connus. Les effets antalgiques de plantes comme le gingembre, le curcuma ou le saule blanc et des cataplasmes traditionnels comme celui au chou ou à l'argile reposent sur des principes actifs aux effets anti-inflammatoires légers. La menthe poivrée – dans les maux de tête – ou le clou de girofle – contre les douleurs dentaires – ont aussi une action locale bien documentée. *“Ces usages ne sont pas toujours étayés par des preuves scientifiques à grande échelle, car il est difficile de reproduire la préparation et la dose des substances actives, note David Kroll, professeur de pharmacologie des produits naturels à l'université du Colorado. Mais de nombreux produits à base de plantes contenant des extraits isolés ont été testés dans le cadre d'essais cliniques. Par exemple, le pétasite pour les migraines ou le sureau pour les maux de gorge.”*





## KRATOM: pas d'association

Interdit en France, mais en vente libre outre-Atlantique, le kratom recouvre une grande diversité de produits dérivés des feuilles de *Mitragyna speciosa*, une plante asiatique. À faible dose, il a des propriétés stimulantes et anxiolytiques, et à dose élevée, des effets antalgiques. *"Les feuilles contiennent des alcaloïdes qui agissent sur les mêmes récepteurs opioïdes que la morphine ou le fentanyl. Le principal composé chimique s'appelle la mitragynine"*, explique le pharmacologue David Kroll. Traditionnellement, les feuilles étaient consommées en infusion. *"Mais, aux États-Unis, la mitragynine a été concentrée ou convertie chimiquement en 7-OH-mitragynine, qui est de 10 à 50 fois plus puissante sur les récepteurs opioïdes"*, ajoute le chercheur. Lorsqu'ils sont suractivés, ces récepteurs peuvent ralentir la respiration, voire la stopper. Consommé seul, le kratom semble relativement sûr. Mais en association, il peut faire des ravages. *"Tout autre sédatif du système nerveux central, même un simple antihistaminique en vente libre, peut rendre le kratom potentiellement mortel"*, alerte David Kroll. Le produit suscite paradoxalement un grand intérêt scientifique. Des chercheurs des universités de Floride, de Caroline du Nord ou de Columbia s'intéressent aux analogues brevetables de la mitragynine, en raison de leur potentiel antalgique et de leur risque minimal de dépression respiratoire.

*"Tout autre sédatif du système nerveux central peut rendre le kratom potentiellement mortel"*

## CBD: faux espoirs

Le cannabidiol (CBD), molécule présente dans le cannabis, est longtemps resté dans l'ombre de son "cousin" le THC – l'autre principale molécule du cannabis, classée parmi les stupéfiants. À en croire les professionnels du secteur, le CBD, substance "cool" du moment, serait anxiolytique, antioxydant, antispasmodique, antibactérien, antitumoral... et antidouleur. Mais ses soi-disant propriétés antalgiques ont été testées et il n'y a pas de quoi crier au miracle. *"Les études les plus solides ont été réalisées chez l'animal. Chez l'homme, elles donnent souvent des résultats contradictoires. Je ne prescris jamais de produits à base de cannabinoïdes en première intention"*, explique Aline Boulanger, directrice du centre d'expertise de la douleur chronique au centre hospitalier de l'université de Montréal. L'Association internationale pour l'étude de la douleur a officiellement mis les choses au clair en 2021: faute de preuves de bonne qualité, elle ne recommande pas l'utilisation

des cannabinoïdes pour soulager la douleur. Et si les effets bénéfiques du CBD sont incertains, certains effets indésirables, eux, sont connus: troubles digestifs et neurologiques ou risque de toxicité hépatique.





## Et le cannabis médical ?

Une expérimentation du cannabis thérapeutique (contenant du THC seul ou du THC et du CBD), menée en France entre 2021 et 2024, a permis d'en évaluer l'efficacité chez 3 000 patients sujets à des douleurs particulières (épilepsie, douleurs neuropathiques, symptômes rebelles liés au cancer ou à ses traitements...) et en impasse thérapeutique. Bilan: de 30 % à 35 % d'entre eux en a tiré

un bénéfice significatif, c'est-à-dire une amélioration de leurs symptômes et de leur qualité de vie. La publication d'un décret d'application de la loi de 2023, qui permettra à l'Agence du médicament de donner des autorisations de mise sur le marché, est attendue.





# QUAND FAUT-IL OPÉRER?

La chirurgie peut constituer une solution pour soulager les douleurs, en particulier celles dues à l'arthrose. PAR CORALIE HANCOCK

**L**a chirurgie ? Oui, mais seulement en seconde intention : *“On propose d'abord aux patients des traitements conservateurs, comme de la kinésithérapie, des médicaments anti-inflammatoires ou des infiltrations de cortisone, explique Francis Berenbaum, chef du service de rhumatologie à l'hôpital Saint-Antoine à Paris. Si cela ne fonctionne pas, alors la chirurgie peut être envisagée.”* Lorsque c'est la hanche qui est touchée par l'arthrose (ou par d'autres pathologies rhumatismales comme la polyarthrite rhumatoïde ou la nécrose avasculaire de la tête fémorale), le chirurgien va poser une prothèse de hanche. Elle comporte deux parties. La première, la cupule, est une pièce hémisphérique creuse,

souvent en titane, qui est implantée au niveau du bassin. La seconde est constituée d'une tige positionnée dans le fémur et surmontée d'une bille qui remplace la tête du fémur et permet aux deux parties de s'articuler. *“Les résultats sont excellents. La douleur est soulagée dans plus de 95 % des cas et les patients se lèvent et marchent dès le lendemain de l'opération”,* précise Francis Berenbaum.

En cas d'arthrose du genou, il existe aussi des prothèses de genou, mais elles donnent des résultats un peu moins satisfaisants. *“Un an après l'opération, 20 % des patients continuent à prendre des médicaments antidouleur”,* ajoute le rhumatologue. Ce qui fait tout de même 80 % de patients soulagés.

## DES RÉSULTATS INÉGAUX

La chirurgie peut également être envisagée pour soulager les douleurs consécutives à l'arthrose de la colonne vertébrale. *“Lorsque les lésions d'arthrose provoquent la compression d'un nerf, la douleur se propage dans la fesse ou dans la cuisse, parfois même jusqu'au mollet et au pied. L'opération chirurgicale consistant à décompresser le nerf permet de soulager plus de 85 % des patients. Elle dure entre 1 et 2 heures, avec des temps d'hospitalisation et de convalescence relativement courts”,* indique Cédric Barrey, chef du service de neurochirurgie-chirurgie du rachis et de la moelle épinière, à l'hôpital Pierre-Wertheimer de Bron. En revanche, ajoute-t-il, *“lorsque la douleur est localisée*

*“La douleur de la hanche est soulagée dans plus de 95 % des cas et les patients se lèvent et marchent dès le lendemain de l'opération”*



uniquement sur la colonne vertébrale, au niveau des lombaires ou des cervicales, cela signifie souvent que les disques intervertébraux sont abîmés. Il faut donc envisager une arthrodèse. C'est une opération qui consiste à insérer des tiges et des vis pour souder les vertèbres entre elles". Elle dure plusieurs heures, nécessite plusieurs jours d'hospitalisation et plusieurs mois de convalescence. Avec des résultats, reconnaît le

chirurgien, "bons, mais pas excellents : 70 à 80 % des patients sont soulagés". Ce qui n'étonne guère Francis Berenbaum : "À partir de 50 ans, tout le monde a de l'arthrose au niveau de la colonne vertébrale, mais cela ne signifie pas forcément que les douleurs du dos sont dues à l'arthrose." Pour les patients non soulagés par la chirurgie, la quête d'une solution aux douleurs n'est donc pas terminée... ■



Pour soulager l'arthrose de la main ou du poignet, l'opération chirurgicale consiste à implanter une prothèse miniature pour soulager l'articulation douloureuse.



# PENSER LA DOULEUR







Des centaines d'Australiens viennent rendre hommage aux victimes de l'attentat antisémite de Bondi, perpétré près de Sydney le 14 décembre 2025. Rituels de deuil et commémorations permettent d'exprimer la douleur collective.

© SAEED KHAN / AFP



# Quand la douleur déraille

Membre fantôme, analgésie, fibromyalgie, allodynie, effet placebo... La douleur nous joue parfois des tours. PAR RIVA BRINET-SPIESSER

## Membre fantôme, es-tu là ?

Un chirurgien militaire, Ambroise Paré, décrit ce phénomène au XVI<sup>e</sup> siècle : à force de soigner des soldats amputés, il constate que non seulement ces hommes ont l'impression de toujours posséder leur membre disparu, mais que celui-ci génère d'intenses douleurs. Ce "membre fantôme" peut être un bras, une jambe, mais aussi une dent ou un organe interne ! Les douleurs se caractérisent classiquement par des picotements ou des fourmillements. Le membre disparu peut aussi donner l'impression d'être tordu ou crispé avec des douleurs aiguës, comme si un ongle s'enfonçait dans la chair. Rien de psychologique ici : tout s'explique par la plasticité de notre cerveau. *"Les neurones qui reçoivent, par exemple, l'information du visage envahissent la région du membre amputé, qui ne fonctionne plus. Des expériences montrent que l'on peut déclencher des sensations dans le membre fantôme en stimulant la joue"*, décrit Didier Bouhassira, neurologue à l'hôpital Ambroise-Paré à Boulogne-Billancourt. Pour traiter ces douleurs, qui touchent de 30 % à 50 % des personnes ayant perdu un membre, les médecins misent sur des techniques de rééducation sensorielle, en utilisant des miroirs ou des outils de réalité virtuelle pour projeter, du côté amputé, une image du membre resté normal. *"Cela permet de rétablir la cohérence entre les sensations et la vue, qui est affectée en cas d'amputation"*, complète le professeur.





## L'allodynie, une douleur au simple contact

Avez-vous déjà crié de douleur en vous passant une crème apaisante après un coup de soleil ? Ce phénomène porte un nom : l'allodynie inflammatoire, due à une hypersensibilité des fibres sensibles (nocicepteurs) au niveau de notre système nerveux périphérique. Mais l'hypersensibilité à la douleur peut parfois provenir d'une altération plus profonde de notre système nerveux central. Il s'agit alors d'une allodynie dite "tactile" : une simple pression mécanique, lors d'une caresse, ou lorsqu'on enfle un vêtement, peut se transformer en véritable souffrance. Un stress thermique, comme un coup de vent, peut aussi générer de l'inconfort. C'est la plasticité de notre cerveau – encore elle ! – qui explique un tel phénomène. *"À force d'exposition trop fréquente à la douleur, notre système de contrôle, dans les neurones et les cellules gliales, s'épuise",* explique Philippe Luccarini, professeur de neurosciences à l'université de Clermont Auvergne. *"L'allodynie s'observe souvent lorsque des patients passent de douleurs aiguës à des douleurs chroniques."* On les retrouve dans les douleurs chirurgicales ou migraineuses, dans les douleurs cancéreuses (la chimiothérapie favorisant l'hypersensibilité au froid) et dans la fibromyalgie (voir page suivante).





## La fibromyalgie, douloureux de partout

Les patients qui en souffrent décrivent des douleurs continues et diffuses dans tout le corps : douleurs musculaires, articulaires ou sur la peau. Et cela sans lésion nerveuse ni inflammatoire. *"Il faudrait plutôt dire 'sans lésions visibles'",* précise Éric Serra, chef de service du Centre d'étude et de traitement de la douleur au CHU d'Amiens. *"On a longtemps cru que ces douleurs n'avaient pas d'antécédent, mais il est prouvé aujourd'hui que dans 8 cas sur 10, les patients ont souffert, au préalable, de douleurs qui n'ont pas été bien traitées."* Souvent associée à de la fatigue et à des troubles du sommeil, on a d'abord cru que la fibromyalgie était liée à des facteurs psychologiques. S'ils ne sont pas à exclure, d'autres entrent en jeu : l'hérédité, l'expression des gènes, les facteurs hormonaux (80 % des cas concernent des femmes). On sait surtout que la fibromyalgie – officiellement reconnue comme une maladie – s'explique par une perturbation du contrôle descendant de la douleur, impliquant les neuromédiateurs comme la dopamine, la sérotonine, la noradrénaline et les opioïdes. Entre 1 % et 2 % de la population serait concernée, mais le diagnostic n'est pas toujours bien posé, car il n'existe pas de "signature biologique" de la fibromyalgie, l'image cérébrale étant souvent proche de celle de la migraine ou du cancer.

## L'analgésie congénitale, même pas mal

Foncer à l'hôpital après une mauvaise chute, consulter un ORL en cas d'otite... Autant de démarches que ne font jamais les parents d'enfants souffrant d'analgésie congénitale. Et pour cause : cette maladie génétique, qui se déclare à la naissance, se caractérise par une insensibilité à la douleur. Si elle n'est pas diagnostiquée suffisamment tôt, cette pathologie peut être mortelle : la crise d'appendicite, non détectée, évolue en péritonite. La douleur dentaire, non soignée, progresse vers une infection généralisée. Deux types de mutation sont en cause dans l'analgésie congénitale : la première limite l'expression de facteurs de croissance nerveux et freine le développement des récepteurs à la douleur (les nocicepteurs). La deuxième altère le nombre ou le fonctionnement des canaux ioniques, permettant la circulation de l'influx nerveux. En tout, une dizaine de gènes ont été identifiés dans cette maladie qui, heureusement, est extrêmement rare : elle ne touche qu'un individu sur un million, soit une cinquantaine de personnes en France.

## L'effet placebo apaise la douleur

Environ 40 % : c'est la part de l'effet placebo – lorsqu'une personne ressent un effet bénéfique d'un traitement qui n'a pas d'efficacité avérée – dans le traitement de la douleur. Cela peut paraître important, mais *"dans la douleur, comme dans l'anxiété ou les troubles du sommeil, les patients sont extrêmement réactifs à l'environnement"*, précise Éric Serra. L'effet placebo est intimement lié aux attentes du patient et à la relation qu'il entretient avec son soignant. *"L'effet placebo est majeur quand un patient reçoit un traitement d'un médecin en qui il a toute confiance, chaleureux et disponible, et qui lui aura expliqué qu'il s'agit du meilleur traitement dans sa situation"*, reprend le professeur. Les études d'imagerie ont montré que l'effet placebo active dans le cerveau le système de la récompense et mobilise la sécrétion d'opioïdes endogènes (dopamine, sérotonine) qui contrôlent la douleur. On en redemande !



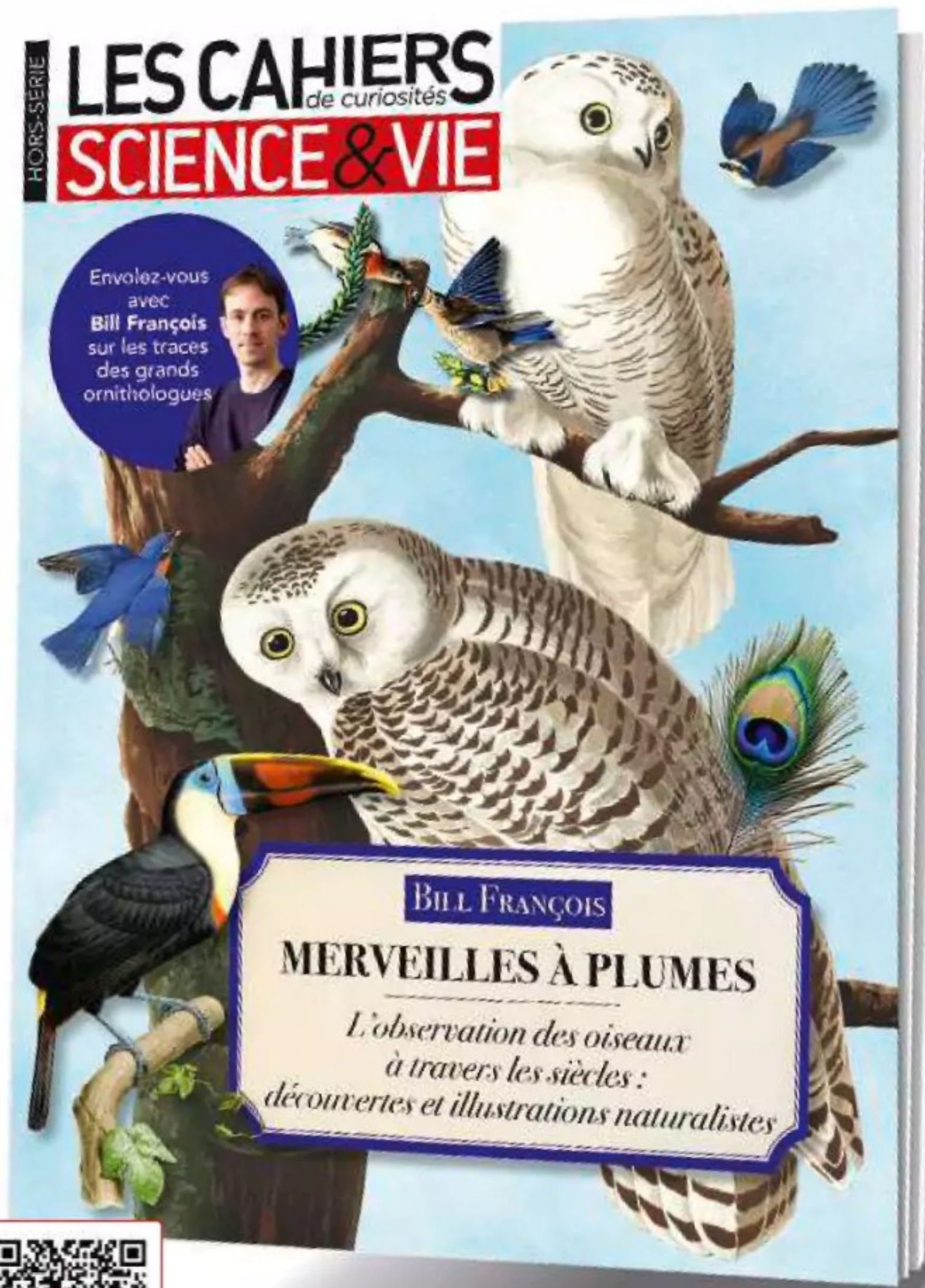


# Un voyage poétique et scientifique À LA DÉCOUVERTE DES OISEAUX !

Illustré de gravures et d'œuvres exceptionnelles, cet ouvrage retrace la naissance de l'ornithologie, depuis les légendes anciennes jusqu'aux découvertes contemporaines. Des premières images à Buffon et Audubon, de Darwin aux préoccupations actuelles de préservation du vivant, une aventure passionnante à travers les siècles !

L'auteur **Bill François** est physicien, écrivain et vulgarisateur scientifique. Passionné par la nature et les mots, il croise science, histoire, poésie et humour dans des ouvrages qui invitent à voir le monde autrement.

À travers anecdotes, portraits et images rares, **Merveilles à plumes** célèbre à la fois la naissance de la science ornithologique et l'émerveillement éternel que suscitent ces créatures du ciel.



Hors-série Les Cahiers Science&Vie,  
144 pages, Format 19,5 x 27 cm.

EN VENTE SUR **WWW.KIOSQUEMAG.COM/BOUTIQUE** ou par téléphone au **01 46 48 48 03** au prix d'un appel local, du lundi au samedi (paiement en CB uniquement) ou en retournant le coupon ci-dessous ▼

## BON DE COMMANDE

à retourner à Boutique Science&Vie -59898 Lille Cedex 9

| Oui je commande                                                               | Réf     | Qté | Prix    | Total   |
|-------------------------------------------------------------------------------|---------|-----|---------|---------|
| Hors-série<br>"Merveilles à plumes"                                           | 433 607 |     | 19,90 € |         |
| Envoi en colieco. Livraison : 2 semaines après enregistrement de ma commande. |         |     |         | +4,00 € |
| MONTANT TOTAL DE MA COMMANDE                                                  |         |     |         | €       |

Je règle par chèque joint libellé à l'ordre de Science&Vie.



Vous souhaitez régler par carte bancaire ?  
Rapide et 100% sécurisé, rendez-vous sur  
[www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com)

Offre valable France Métropolitaine valable jusqu'au 30/04/2026 dans la limite des stocks disponibles. Conformément à l'article L. 221-18 du code de la consommation, vous disposez d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception de votre commande et vous pouvez nous retourner votre colis dans son emballage d'origine complet. Les frais d'envoi et de retour restent à votre charge. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (KiosqueMag) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, d'opérations promotionnelles, de fidélisation, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par KiosqueMag et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, de rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMM-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à [dpd@reworldmedia.com](mailto:dpd@reworldmedia.com). Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - [www.cnil.fr](http://www.cnil.fr). Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos partenaires, consultez notre politique de Confidentialité sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com).

### MES COORDONNÉES (\* À remplir obligatoirement)

# M091 # V 1661115

Nom\*

Prénom\*

Adresse\*



Code Postal\*

Ville\*

E-mail

Téléphone portable de préf.

Date anniversaire

☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège de Science&Vie et Kiosquemag sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail et téléphone. Dommage !

☐ Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage !





# VERY BAD WEB

Voir quelqu'un souffrir en direct ? C'est tristement facile sur internet. L'affaire Jean Pormanove révèle l'essor d'un business de la cruauté en ligne.

PAR ADRIEN DENÈLE

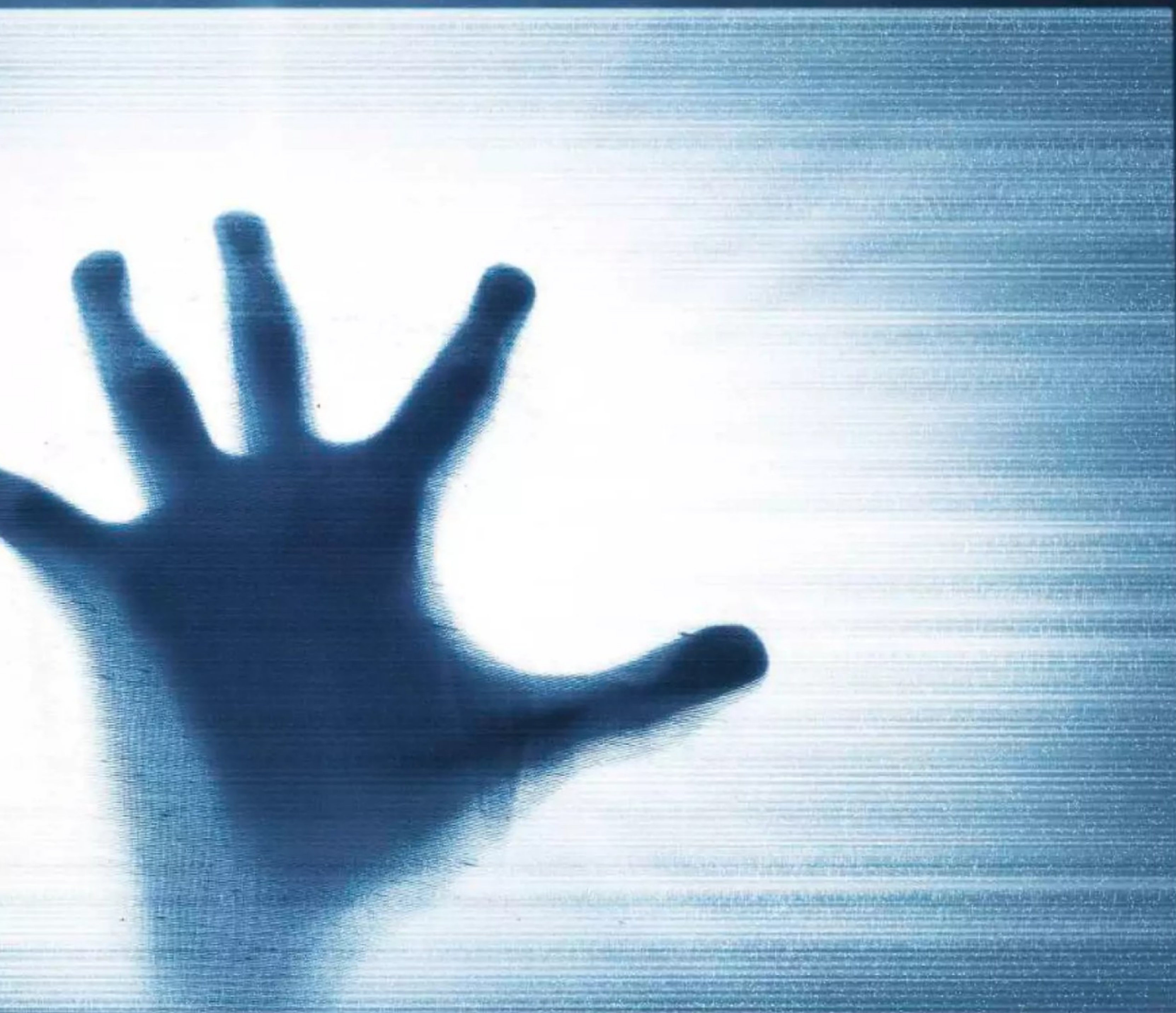
**L**e 18 août 2025, Raphaël Graven, alias "Jean Pormanove" ou "JP", un streamer de 46 ans, meurt en direct devant des milliers de spectateurs. Un décès intervenu dans son sommeil, mais à la suite de douze jours d'humiliations et de violences subies destinées à "divertir" son public sur la plateforme Kick. Le drame est révélateur d'un phénomène en plein essor : l'extrême streaming, où les comportements dégradants et les souffrances infligées relèvent du spectacle rémunéré.

Pour la criminologue italienne Claudia Trani, la mort de "JP" n'est hélas pas une surprise. *"Le Lokal [la chaîne du groupe de Raphaël Graven, NDLR] avait créé un environnement d'absence totale de tutelle : pas d'encadrement, pas de modération, et une récompense monétaire immédiate pour chaque escalade violente. C'est exactement le type de contexte qui génère un comportement déviant prévisible."* À chaque gifle ou étranglement simulé, la communauté réagissait en dons et commentaires. Comme si la violence devenait un mécanisme de récompense. Jusqu'à l'obscène : lorsque Raphaël Graven s'est immobilisé suite à une ultime crise, les dons affluaient encore pour diffuser des messages tels que "JP tu es mort ?", "RIP JP", ou une musique triste utilisée d'habitude pour signifier une mort dans un jeu vidéo. *"L'audience n'était pas un simple spectateur, mais un co-infracteur moral,"* analyse Claudia Trani. *Elle achetait des actes violents, fixait un tarif, orientait le comportement des acteurs présents sur place. C'était une forme de délinquance par délégation."*

Ce drame s'inscrit dans une tendance où la souffrance devient un produit, dans un marché numérique hyperconcurrentiel et souvent dérégulé. Sur internet, le *happy slapping* (des vidéos d'agression physique) pullule. Si les plateformes comme Twitch et YouTube bannissent ces comportements, d'autres prospèrent sur le créneau. Comme Kick, sur laquelle l'émission de "JP" était diffusée.

Pourquoi un tel succès ? Le psychologue russe Vadim A. Lapatin, de l'université de Saint-Petersbourg, évoque dans son étude ces *"plaisirs coupables des tréfonds d'internet"*. Il y pointe la désinhibition, l'anonymat





et la dynamique du groupe qui forment un combo explosif. Une part de la population peut ainsi ressentir une excitation à voir autrui dégradé, surtout lorsqu'aucune conséquence sociale n'y est associée.

### **SADISME DE DÉLÉGATION**

Pour Claudia Trani, *"Internet offre l'environnement parfait pour un sadisme de délégation : une implication sans risque, avec influence sur l'action et absence totale de responsabilité."* Et l'effet pervers finit par piéger ceux qui pensent en profiter. *"Quand une personne vulnérable comme Raphaël Graven*

*dépend financièrement et socialement d'un groupe, son consentement cesse d'être valide, explique la criminologue. Dans le cas du Lokal, les maladies chroniques du participant rendaient toute notion de consentement juridiquement caduque."* Le décès de Jean Pormanove constitue pour elle *"un événement sentinelle"*, un révélateur d'une défaillance systémique. L'affaire a depuis entraîné plusieurs enquêtes, dont une plainte déposée par l'association "Respect Zone". Elle accuse la plateforme australienne Kick d'être complice des tortures et pourrait constituer un précédent judiciaire. ■



# Traumas collectifs

## Comment s'en sortir ?

Francis Eustache\*, neuropsychologue et cofondateur du "programme 13-Novembre", décrit comment fonctionnent la mémoire des grands psychotraumatismes et la résilience individuelle et collective. PAR ARMELLE CAMELIN



**SVHS :** *Le "programme 13-Novembre" étudie l'articulation entre mémoire individuelle et collective à la suite des attentats. Comment vous y prenez-vous ?*

**Francis Eustache :** Le programme 13-Novembre repose sur dix études, dont deux grandes études longitudinales : l'étude 1000 et Remember. Dans le cadre de l'étude 1000, nous réalisons, depuis 2016 et tous les deux ans, de grands entretiens filmés de 1 000 personnes. Une grande partie de l'échantillon regroupe des personnes qui étaient

au plus près des attentats (rescapés du Bataclan, des terrasses, des abords du stade de France, intervenants comme policiers, pompiers, soignants). Et d'autres personnes plus éloignées du lieu des attentats. La deuxième étude, Remember, propose à 200 volontaires de l'étude 1000 des examens psychopathologiques et psychiatriques pour poser des diagnostics – le trouble de stress post-traumatique (TSPT) étant le plus fréquent –, ainsi que des examens neuropsychologiques et de l'imagerie cérébrale sophistiquée. D'autres études comme celles menées





par Santé publique France et les grandes enquêtes d'opinion du Crédoc portent sur le retentissement des attentats dans la société française.

**SVHS: Peut-on parler ici de douleur psychique ?**

**F.E. :** La douleur psychique est une notion complexe. Elle renvoie à la douleur morale qui est ressentie dans différentes situations existentielles et divers troubles mentaux comme la dépression. Quand il est question de psychotrauma, j'aurais tendance à rapprocher la douleur psychique des intrusions. Ce sont des images, impressions sonores, odeurs,

sensorielles et émotionnelles, qui reviennent de façon intempestive à la conscience des personnes traumatisées et réactivent les événements qui en sont à la source. Elles alimentent la douleur psychique. À partir de ces stigmates mnésiques toxiques se construit une autre forme de douleur plus réfléchie et plus complexe. Elle pourra prendre la forme d'un sentiment d'injustice, de culpabilité et conduire à des conflits moraux qui envahissent la conscience réflexive de la personne qui en est victime. Avec l'étude Remember et via l'imagerie cérébrale, nous approchons au plus près la

**Place de la République à Paris, le 13 novembre dernier : des milliers de Parisiens viennent commémorer les dix ans des attentats du 13 novembre 2015.**

mécanistique de la symptomatologie du TSPT et notamment des intrusions. Pour des raisons éthiques évidentes, nous ne pouvions pas susciter des intrusions pathologiques chez les participants. Aussi Pierre Gagnepain, chercheur à l'Inserm, et son équipe ont fabriqué des intrusions expérimentales éphémères en utilisant le paradigme "think-no-think". Le principe : avant la session d'imagerie, les participants apprennent à associer un mot à une image, sans connotation traumatique (le mot "bateau" à une "paire





## La VR pour guérir de la guerre ?

Cet usage pourrait bien être confirmé par le projet d'accompagnement thérapeutique "Techmed Gaza", qui s'en sert pour apaiser les enfants réfugiés à Al-Zawayda, en Palestine (photo). Grâce à des jeux thérapeutiques et développementaux, ou tout simplement grâce à l'immersion dans des lieux apaisants rendue possible par la technologie, l'équipe du projet assure parvenir à traiter plus efficacement les syndromes post-traumatiques. Cette initiative menée depuis un an sur le terrain met à profit le potentiel de la réalité virtuelle déjà souligné par la docteure ukrainienne en psychologie, Liana Spytska, dans son article "L'usage de la réalité virtuelle dans le traitement des troubles mentaux tels que les phobies et le syndrome de stress post-traumatique", publié en décembre 2024 dans la revue *Social Science & Medicine – Mental Health*. M.D.

de jumelles" par exemple). Quand on leur présente le mot, ils doivent essayer de contrôler ces intrusions expérimentales. Nous avons fait l'hypothèse que le contrôle de ces intrusions expérimentales mettrait en jeu des processus cérébraux identiques à ceux mis en jeu lors des intrusions

traumatiques. Notre hypothèse est désormais validée : le cerveau dispose d'un mécanisme, sous la dépendance du cortex préfrontal médian, qui contrôle toutes sortes d'intrusions ; ce mécanisme est défaillant chez les personnes souffrant de TSPT et il redevient efficient chez les

personnes "rémittentes" qui, après avoir souffert de TSPT, recouvrent ces capacités de contrôle.

**SVHS : Le traumatisme bouscule la mémoire autobiographique. Comment étudiez-vous la façon dont les individus tentent de réintégrer cet événement à leur récit de vie ?**

**F.E. :** La mémoire autobiographique est la mémoire qui nous définit et ce qui la caractérise est une nécessité de cohérence. Dans le cas du 13-Novembre, comme dans d'autres situations traumatiques, un trauma fait irruption et perturbe complètement ce bel édifice. Notre travail s'appuie





sur le concept de raisonnement autobiographique qui décompose différentes étapes dans la construction de sens ou la reconstruction de sens après une rupture existentielle comme un deuil ou un trauma psychique. La compréhension de ces mécanismes est importante, car ce sont eux qui permettent aux personnes traumatisées d'accéder à la résilience.

**SVHS :** Comment la mémoire sociale, plurielle, interagit-elle avec la mémoire singulière de l'individu dans un contexte de trauma collectif ?

**F.E. :** La base théorique du programme 13-Novembre consiste à comprendre cette

articulation. La mémoire collective est une mémoire qui est activée quand un individu interagit avec d'autres individus. Cette interaction change la mémoire des autres et aussi la nôtre. Dans un petit groupe, ces interactions influencent la mémoire des individus, par des processus de rehaussement et d'abaissement d'éléments mnésiques. Par exemple, si l'on n'évoque pas un élément qui aurait pu être traité, cet élément est dégradé. Ainsi, nos mémoires individuelles se façonnent en partie en dehors de nous. C'est important pour les personnes qui subissent un traumatisme collectif de rencontrer l'autre et par lui/elle, un soutien social. Toutefois, pour se protéger des intrusions qui les assaillent, les personnes peuvent créer une sorte d'évitement généralisé, une carapace qui les coupe du soutien social. À l'intérieur de cette carapace, la personne ressasse, ce qui réactive les intrusions : un vrai cercle vicieux à briser.

**SVHS :** L'un des buts du programme est de faire évoluer la prise en charge des psychotraumas. Où en est ce transfert de connaissance vers la clinique ?

**F.E. :** Le transfert de connaissance vers la clinique est

en cours et constitue l'un des objectifs majeurs du programme, marquant une rupture avec une époque où les chercheurs en neurosciences fondamentales et les soignants se rencontraient moins souvent. Par exemple, les mécanismes du raisonnement autobiographique mis en œuvre dans les récits traumatiques sont intégrés aux centres Psychotrauma Normandie et Grand Est. Les travaux fondamentaux sur les mécanismes d'intrusions et la résilience trouvent un écho dans les approches thérapeutiques actuelles et dépassent le seul cadre du 13-Novembre. Il est important de renforcer l'arsenal thérapeutique du TSPT et de le diversifier. Il est indispensable que ces connaissances soient transmises aux personnes souffrant de TSPT. À cet effet, un guide à destination de personnes souffrant de TSPT et de leurs proches, coconstruit avec des participants à l'étude Remember, est en cours de finalisation\*\*.

*\*Francis Eustache est cofondateur et coresponsable du programme 13-Novembre, neuropsychologue à l'Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm, université de Caen-Normandie).*

*\*\* Charretier et al., sous presse, éditions Dunod.*

“ Le cerveau dispose d'un mécanisme qui contrôle toutes sortes d'intrusions ”







# À L'ÉCOLE DE LA SOUFFRANCE

Évaluation, empathie, pharmacologie... La prise en charge de la douleur demande une formation complexe et transdisciplinaire. Son enseignement dépend de la bonne volonté des universités et instituts de formation. PAR MATHIAS CHAILLOT

**L**a douleur a longtemps occupé une place marginale dans les études médicales. La loi du 4 mars 2002 a marqué un tournant en exigeant qu'elle soit *"en toute circonstance prévenue, évaluée, prise en compte et traitée"*, mais les pratiques restent inégales. *"C'est assez hétérogène"*, reconnaît la Pre Françoise Laroche, responsable du centre d'évaluation et de traitement de la douleur à l'hôpital Saint-Antoine, et présidente du Collège des enseignants de la médecine de la douleur. À Sorbonne Université, où elle enseigne, le premier cycle de médecine compte une vingtaine d'heures sur trois ans consacrées au sujet, la majorité en distanciel.

La difficulté tient à la nature même de la douleur, qui mêle dimensions techniques, psychologiques et relationnelles. Des aspects qui sont souvent abordés au sein d'autres modules

(neurologie, rhumatologie, anesthésie...). *"À Sorbonne Université, nous avons par exemple un enseignement de relation en soins avec un travail sur l'empathie et l'écoute active"*, précise la professeure. Pour renforcer ces compétences, les enseignants s'appuient sur les Ecos (Examens cliniques objectifs et structurés) introduits dans le deuxième cycle en 2022. *"Ils sont basés sur des mises en situation. Une partie de la notation concerne les aspects techniques, par exemple la mise en route d'un traitement par morphine, mais une autre partie valide les capacités relationnelles comme l'accueil, l'écoute et l'empathie."*

## FORMATION SPÉCIALISÉE

À l'internat, les étudiants peuvent approfondir ces enjeux via la formation spécialisée transversale (FST) médecine de la douleur, créée en 2017. Avec une centaine





de places par an, elle couvre la physiologie, les méthodes d'évaluation, ou encore les consultations pluridisciplinaires. Les compétences acquises sont ensuite mobilisées selon les spécialités : l'oncologue pour les douleurs cancéreuses, ou le neurologue pour les migraines. Une formation qui inclut un an de stage, principalement dans des centres d'évaluation et de traitement de la douleur.

Une fois diplômés, les professionnels peuvent encore se spécialiser avec un diplôme universitaire d'un an, ouvert aux paramédicaux et aux médecins. Ces derniers peuvent aussi suivre une capacité de deux ans, plus exigeante. Elle leur permet notamment de piloter une structure douleur chronique.

Les infirmiers et aides-soignants, souvent en première ligne sur le sujet, bénéficient d'une formation tout aussi variable. *"Elle est un peu noyée dans l'ensemble"*, regrette

Pascale Thibault de la Société française d'étude et de traitement de la douleur (SFETD). D'un institut de formation à un autre, le nombre d'heures consacrées au sujet peut aller *"du simple au triple"*.

### MOINS DE CONNAISSANCES

Dans le référentiel de formation infirmier, une unité d'enseignement est spécifiquement consacrée au relationnel. *"On va mobiliser la congruence, l'empathie, etc. Et le sujet sera spécifiquement remobilisé en modules de soins palliatifs"*, explique Pascale Thibault. Les approches non pharmacologiques sont également abordées : thermothérapie ou cryothérapie, bases des techniques d'hypnose ou de sophrologie... *"Le but est que l'infirmier puisse investir son rôle autonome, sans prescription. Ce ne sont pas des 'petits moyens', et ils sont très demandés par les patients"*, rappelle Christine Berlemont, formatrice et infirmière de la SFETD. Dans le cadre de la révision du référentiel infirmier prévue pour 2026, son association a justement mené une enquête. *"On nous alerte sur une forme d'appauvrissement des connaissances et de la mise en œuvre de l'accompagnement de la douleur, s'inquiète-t-elle. La dynamique n'est plus là."* Les professionnels espèrent aujourd'hui un nouveau plan ministériel, comme celui de 1998 qui, se souvient Françoise Laroche, avait *"donné un coup de fouet en matière de formation"*. ■



# “La douleur est un puissant agent de métamorphose”

Chaque société a son appréciation de la douleur. Qu'en disaient les cultures anciennes, de l'Antiquité au christianisme? Analyse avec Joanna Bourke\*, historienne, et David Le Breton\*\*, sociologue.

PAR MATHIAS CHAILLOT



**SVHS :** En quoi la douleur est-elle une notion sociale?

**Joanna Bourke :** La douleur s'inscrit dans un réseau d'interactions entre corps et environnement, et ces significations influencent directement la manière dont on la ressent. Ce n'est pas la même chose de la concevoir comme une punition infligée par une divinité, un déséquilibre des humeurs corporelles ou une invasion microbienne. Pendant des siècles, les théologiens y ont vu une sorte de châtimement envoyé par une puissance

supérieure. Au XIX<sup>e</sup> siècle, les évolutionnistes y lisaient un mécanisme destiné à protéger l'organisme. Puis, à la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, les cliniciens ont fini par la vider de toute valeur intrinsèque, la réduisant au symptôme d'un mal plus profond. Il n'existe donc pas d'événement douloureux décontextualisé et il n'y a pas de lien proportionnel entre l'intensité d'une lésion et le niveau de souffrance ressenti. Des phénomènes aussi divers que l'enthousiasme

Pour David Le Breton, *“Le tatouage est une forme de conquête de soi; il y a l'idée que c'est bien que ça fasse mal parce que vous changez d'identité.”*









guerrier, la qualité de la relation conjugale ou la couleur d'un comprimé peuvent en modifier la perception.

**SVHS :** Dans les sociétés chamaniques, la douleur est parfois un passage vers la vision ou la guérison. Comment cela se traduit-il ?

**David Le Breton :** Le chamanisme illustre à merveille un répertoire d'interventions sur soi ou les autres qui atteste une suspension de la sensibilité à la souffrance. Dans cet état de conscience modifiée, il semble que la personne ne s'appartient plus et qu'elle accède à une sorte de dépassement de soi. Le chaman ou le possédé se blesse, se meurtrit ou affronte le feu ou le froid. La transe est une sorte d'antalgique symbolique, les douleurs vécues sont sans souffrance du fait de leur valeur religieuse. Dans nos sociétés, certains font de l'exploration de soi, à travers des exercices de cruauté, une manière d'atteindre des états modifiés de conscience et de vivre une spiritualité intime. Ils reprennent des séquences culturelles issues de sociétés traditionnelles, mais seule importe alors leur signification individuelle. Ce qui avait du sens pour une communauté soudée autour d'une vision du monde se transforme en un mode d'exploration de soi et une quête de spiritualité intime, comme avec les suspensions, héritées des rites de passage du peuple mandan, en Amérique du Nord, qui consistent dans le fait

de fixer des crochets dans la peau et de s'y suspendre.

**SVHS :** Historiquement, quelle distinction était faite entre la douleur masculine et féminine ?

**J. B. :** Dans la Grèce antique, puis durant les périodes romaine et byzantine, on pensait que les douleurs féminines étaient provoquées par l'errance de l'utérus dans le corps. Comme cet utérus était décrit comme un animal sauvage, voire un démon, il fallait le maîtriser par des fumigations. La mort d'une femme en couches n'était pas héroïsée comme la mort d'un homme au combat. La première relevait d'un destin passif ; la seconde d'une gloire active. Mais cela ne veut pas dire que la douleur de l'accouchement était niée. Euripide fait dire à Médée : *"On prétend de nous que nous vivons sans danger à la maison, tandis qu'eux combattent à la lance. Ils pensent mal. Combien je préférerais me tenir trois fois derrière un bouclier plutôt que d'accoucher une seule fois."*

**D. L.B. :** La plupart des héros de l'*Illiade* sont blessés à un moment ou à un autre : être blessé traduit un moment de faiblesse dans le combat, mais, simultanément, la blessure authentifie le

courage, donc la virilité. Des sociétés où la guerre est une constante valorisent la résistance ou le consentement à la douleur. Elle est une fabrique majeure de la virilité.



“ Je préférerais me tenir trois fois derrière un bouclier plutôt que d'accoucher une seule fois ”





**J. B. :** Les auteurs de l'Antiquité décrivent avec une précision extrême les mutilations et la mort, mais se montrent bien moins explicites lorsqu'il s'agit des *odunai*, les douleurs infligées par la violence. Lorsque la douleur apparaît, c'est toujours dans le cadre d'une mise à l'épreuve ou d'une démonstration d'*arété* (vertu) et de *timè* (honneur) viriles. Effectivement, dans l'*Iliade*, les guerriers doivent

Les fidèles du sanctuaire chinois de Bang Neow, à Phuket, se rassemblent pour accomplir les gestes de purification rituelle du corps à travers des piercings faciaux et un végétarisme strict.

montrer une forme d'insouciance face à la souffrance. Quand une lance effleure le bras d'Achille et que le sang jaillit, il ne cille même pas ; comme si la douleur était indigne de lui. Cela ne signifie pas que les héros ne ressentent rien, mais ils conservent leur maîtrise d'eux-mêmes.

**SVHS :** *Comment la douleur est-elle interprétée dans les pensées asiatiques ?*

**D. L. B. :** Les grandes religions orientales comme l'hindouisme ou le jaïnisme, et surtout le bouddhisme, inscrivent la souffrance au cœur de leur métaphysique. En même temps qu'elles constatent le caractère douloureux de la condition humaine, elles entendent arracher l'homme par une discipline de tous les instants à une souffrance autrement inéluctable. Le Sermon de Bénarès du Bouddha est un constat de la douleur infinie qui baigne l'humain. Mais la spiritualité orientale ne s'abîme pas dans le désespoir, elle fait de cette prise de conscience le terreau de l'existence et une condition de la délivrance. L'affranchissement se mérite par le retrait du monde, l'ascèse ou l'adhésion sans faille aux principes spirituels, la méditation, etc. La misère de la vie humaine n'est pas le fait d'une punition des dieux, mais de la seule ignorance des hommes.

**SVHS :** *Le stoïcisme, de son côté, insiste sur la force de la volonté. L'humain aurait donc la responsabilité de la souffrance ?*

**D. L. B. :** Dans la morale stoïcienne, la douleur est une morsure née d'un fait de nature. Elle ronge la chair sans imposer sa signification. La souveraineté de l'individu consiste dans le jugement porté sur elle et la douleur ne fait entendre sa souffrance qu'à partir d'un jugement



négatif à son encontre. L'individu ne réagit pas à une situation, mais à l'opinion qu'il s'en fait. Le stoïcien est égal devant les sollicitations douloureuses, car entre sa personne et les aspérités du monde, il érige la toute-puissance de sa décision.

**J. B. :** Puisque la douleur n'empêche pas d'être vertueux, il faut lui rester indifférent. Comme le conseillait Sénèque, "*endurcis ton esprit contre les malheurs qui frappent même les plus puissants*". Il propose d'ailleurs des moyens concrets d'y parvenir : en méditant dessus. Un thème central revient : imaginer le pire pour rendre la réalité supportable. Cette approche est comparable à celle des thérapies cognitivo-comportementales (TCC) contemporaines, dont les fondateurs ont été très influencés par Sénèque et Épictète. Comme les stoïciens, les TCC encouragent à prendre mentalement de la distance avec ce qui cause douleur ou souffrance. Dans les deux traditions, le fait de représenter mentalement la douleur permet de vaincre la peur de la ressentir.

**SVHS : Dans les traditions d'initiation, comment les rites douloureux sont-ils justifiés ?**

**D. L. B. :** La douleur est un puissant agent de métamorphose. Ce sont ces rites qui font accéder le jeune à un savoir supérieur et à un statut envié. Perforations, arrachage des dents ou des cheveux, scarifications, brûlures... Ces épreuves



incisent une mémoire dans la chair. Le rite de passage est une transformation du corps qui vise à changer l'existence en utilisant la douleur comme vecteur de changement. Les marques sont les signes visibles du nouveau statut, la résistance témoigne du contrôle que les novices exercent sur eux-mêmes, et la confrontation à la peur teste leur maîtrise face aux événements inattendus du

**En théâtralisant la douleur, le rugby l'inscrit dans une dialectique opposant nature et culture : la sauvagerie des mêlées contraste avec la sophistication des règles de jeu.**

monde. Le jeune qui ne se dérobe pas atteste de sa maturité. Échouer à dominer la douleur est un aveu d'impuissance face à l'adversité. La douleur confère aussi une dimension aiguë à la mémoire en soudant la communauté à travers les mêmes références. Elle est un rappel de





“ *La transe est une sorte d'antalgique symbolique, les douleurs vécues sont sans souffrance du fait de leur valeur religieuse* ”

l'égale importance de chacun et de l'inaliénable appartenance au groupe. Il n'y a pas d'exception, tous les jeunes y sont convoqués et suivent le chemin tracé par les aînés.

**SVHS :** Comment le christianisme a-t-il bouleversé cette conception ?

**J. B. :** Depuis longtemps, souffrir est associé à la punition. Les mots anglais *pain* et allemand *pein* viennent du

grec *poine* et du latin *poena*, qui signifient “châtiment”. Cette conception s'est prolongée dans le christianisme, où la douleur devint punition du manque de foi, pénitence pour les péchés, ou encore châtiment d'Ève transmis aux femmes à travers la douleur de l'enfantement. Mais le christianisme a aussi donné à la douleur une dimension positive : elle marquait la relation à Dieu, les croyants étant invités à imiter le Christ dans sa Passion. Accepter la souffrance revenait à témoigner de sa foi, de son détachement du monde et de sa confiance en la vie éternelle. La douleur devenait un guide moral, un instrument de salut, une voie vers la transcendance : la souffrance du corps prouvait la progression de l'âme vers Dieu.

**D. L. B. :** La tradition chrétienne assimile la douleur au péché originel et en fait une donnée inéluctable de la condition humaine. Son acceptation est une forme possible de dévotion qui rapproche de Dieu et purifie l'âme. Loin d'en faire un motif d'horreur, le christianisme met l'humanité en

position d'accueil face à la souffrance. La souffrance est innocente et le malade délivré de l'opprobre. Elle a été cultivée dans certaines formes de piété ou de mysticisme faisant de chaque jour un chemin de croix symbolique. Il y a eu une forme de dolorisme dans le christianisme, surtout dans sa version catholique, mais la douleur n'est pas une valeur en soi : elle est envisagée à la manière d'une alchimie qui transmute l'âme. ■

\* Joanna Bourke, professeur à la Birkbeck University of London, est l'autrice de *The Story of Pain: From Prayer to Painkillers* (éd. Oxford University Press, 2014).

\*\* David Le Breton, professeur émérite de sociologie à l'université de Strasbourg et membre honoraire de l'Institut universitaire de France, est l'auteur d'*Anthropologie de la douleur* (1995), *Expériences de la douleur* (2010), *Tenir. Douleur chronique et réinvention de soi* (2017) ou encore *Cicatrices. L'existence dans la peau* (2024), tous publiés aux éditions Métailié.



# Bibliographie

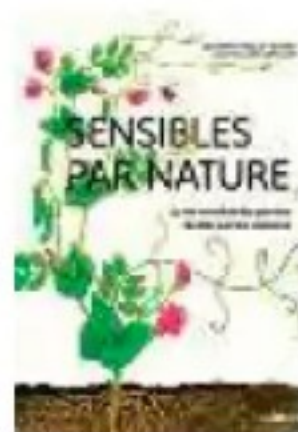
## À LIRE



### MÉDECINE DE LA DOULEUR, MÉCANISMES PHYSIOLOGIQUES ET PATHOLOGIQUES DE LA DOULEUR ET DE L'ANALGÉSIE

De Pierrick Poisbeau (dir.), éd. Dunod, 2025, 2 052 p., 130 €.

Un monumental manuel de référence de plus de 2 000 pages, conçu pour la formation initiale et continue des professionnels de santé, mais qui est aussi une mine de connaissances pour qui veut explorer les mécanismes de la douleur et ses traitements. Sous la direction de Pierrick Poisbeau et Meggane Melchior, l'ouvrage propose un parcours progressif des mécanismes physiologiques et pathologiques de la douleur et de l'analgésie, intégrant neurosciences, approches sociologiques, psychologiques, pharmacologiques et thérapeutiques. Le livre enrichit la prise en charge en combinant savoirs fondamentaux, évaluations cliniques et stratégies thérapeutiques, y compris non médicamenteuses, pour une compréhension holistique de la douleur dans toutes ses formes et situations cliniques.



### SENSIBLES PAR NATURE, LA VIE INVISIBLE DES PLANTES

De Lucia Sylvain Bonfanti, éd. Ulmer, 2025, 208 p., 26 €.

Cet ouvrage explore la vie invisible des plantes, leurs capacités

étonnantes à percevoir, communiquer et réagir, bien au-delà de simples réflexes mécaniques. Fixées au sol, les plantes fabriquent leurs ressources, s'adaptent à leur environnement, réorientent leur croissance ou sacrifient des parties de leur corps pour survivre. Mais ressentent-elles la douleur ? En l'absence de système nerveux, il n'est pas pertinent de parler de douleur ou de souffrance au sens humain. En revanche, les plantes perçoivent les agressions mécaniques, chimiques ou biologiques et y répondent par des signaux électriques, hormonaux et volatils. Ces mécanismes de perception et de réponse, finement coordonnés, traduisent une sensibilité fonctionnelle, sans conscience ni expérience subjective, qui invite à repenser le vivant sans l'anthropomorphiser.



### LIBÉRONS-NOUS DE LA DOULEUR

De Marc Lévêque, éd. Buchet-Chastel, 2022, 240 p., 18,50 €.

Neurochirurgien, spécialiste de la douleur, Marc Lévêque dresse un constat sans complaisance sur la gestion de la douleur, en particulier chronique, qui affecte des millions de personnes en France et qui reste souvent insuffisamment soulagée. L'auteur explore des approches non médicamenteuses et des techniques de neuromodulation (comme la stimulation électrique ou magnétique) scientifiquement validées, mais encore trop peu utilisées ou remboursées. Clair et pédagogique, l'ouvrage explique le fonctionnement des traitements, leurs mécanismes et

propose des pistes complémentaires pour mieux prévenir et soulager la douleur, tout en replaçant cette question au cœur d'un débat de santé publique.



### AÏE ! LA DOULEUR SE TRAITE AUSSI AVEC HUMOUR

De Patrick Sichère (scénario) et Achdé (dessins), éd. Fluide Glacial, 2024, 56 p., 13,90 €.

"Peut-on rire de tout ? Oui, mais pas avec n'importe qui", disait Pierre Desproges. C'est néanmoins le parti pris de la rigolade tous azimuts qu'ont choisi les auteurs de *Aïe !*, une bande dessinée, pour nous parler de la douleur. De votre lumbago à la fistule anale de Louis XIV en passant par les membres fantômes, Patrick Sichère, médecin rhumatologue, spécialiste de la souffrance, et Achdé, par ailleurs dessinateur de *Lucky Luke*, nous disent tout, et même plus, sur le sujet. Voilà au moins un ouvrage qui ne donne pas la migraine.



### TENIR : DOULEUR CHRONIQUE ET RÉINVENTION DE SOI

De David Le Breton, éd. Métailié Traversées, 2017, 272 p., 20 €.

Quand la douleur s'installe et ne cède plus, comment continuer à être soi-même ? David Le Breton, professeur de sociologie à la faculté de Strasbourg, plonge au cœur de cette épreuve invisible qu'est la douleur chronique. À partir de situations concrètes, il décrit la rupture



qu'elle impose : corps incertain, temps ralenti, identité fragilisée. Mais l'essai éclaire aussi ce qui se reconstruit : des manières d'habiter la douleur, de réinventer le sens, de préserver un lien au monde malgré l'usure. L'auteur montre comment s'élaborent des stratégies de résistance, des réinventions identitaires, et comment cette lutte silencieuse révèle des dimensions trop souvent absentes des discours médicaux. En croisant anthropologie, écoute attentive et réflexion sur l'expérience vécue, l'auteur déplace le regard médical vers une compréhension profondément humaine.

## À VOIR



### MOI ET LES DOULEURS CHRONIQUES

Documentaire de Silvia Palmigiano, Arte, 2024, VOD jusqu'au 29 septembre 2028.

Quand la douleur s'installe durablement, elle transforme chaque geste du quotidien en épreuve. À travers des témoignages de patients français et allemands, ce documentaire explore comment le corps et l'esprit s'entremêlent dans cette expérience. Comment la douleur chronique affecte la vie sociale, professionnelle et intime jusqu'à s'inscrire dans le système nerveux et créer une "mémoire de la douleur". Des psychologues et médecins apportent un éclairage scientifique accessible sur les mécanismes en jeu et les approches thérapeutiques possibles. Un documentaire pour mieux comprendre un phénomène complexe, souvent mal compris de l'entourage.

# “ C'est dit

*“J'ai constaté que la douleur était une bonne source d'inspiration”*

GRAND CORPS MALADE, AUTEUR-INTERPRÈTE, POÈTE

*“Toute douleur veut être contemplée, ou bien elle n'est pas sentie du tout”*

ALAIN (1868-1951), PHILOSOPHE

*“Je ne te demande pas ton nom, ta race ou ta religion, mais ta souffrance”*

LOUIS PASTEUR (1822-1895), SCIENTIFIQUE ET CHIMISTE

*“Toute douleur qui ne détache pas est de la douleur perdue”*

SIMONE WEIL (1909-1943), PHILOSOPHE

*“De deux douleurs simultanées, la plus forte obscurcit l'autre”*

HIPPOCRATE (VERS 460-VERS 377 AV. J.-C.), MÉDECIN GREC, FONDATEUR DE L'ÉCOLE HIPPOCRATIQUE

*“Ce qui soulève l'indignation face à la souffrance, ce n'est pas la souffrance en elle-même, mais son absurdité”*

FRIEDRICH NIETZSCHE (1844-1900), PHILOSOPHE

*“La douleur ne peut pas être une information à prendre en compte, sinon je ne survivrai pas”*

ELSA, SURVIVANTE DES ATTAQUES TERRORISTES COMMISES AU BATACLAN À PARIS LE 13 NOVEMBRE 2015

*“Ce qui fait mal, c'est le silence et l'oubli”*

EMMANUEL, SURVIVANT DES ATTAQUES TERRORISTES COMMISES AU BATACLAN À PARIS LE 13 NOVEMBRE 2015

# ”



# BIENTÔT DANS **SCIENCE&VIE**

## UN DOSSIER INÉDIT SUR LE **BIG BANG**

**ABONNEZ-VOUS**

pour

**85,90€**

**-44%**

au lieu de 153,30€\*

+

**EN CADEAU**

**Vos écouteurs Bluetooth en fibre de paille**

Photo non contractuelle.



### Inclus dans votre abonnement

- ✓ 12 numéros + 6 hors-séries
- ✓ Version numérique à consulter sur **KiosqueMag.com**
- ✓ Accès illimité au site et à **SCIENCE&VIE TV** le replay et le streaming
- ✓ Podcasts de nos journalistes
- ✓ Accès à La Science en direct, visioconférence animée par la rédaction
- ✓ **EN CADEAU** Vos écouteurs Bluetooth en fibre de paille.



**PROFITEZ-EN**

en flashant le QR code ci-dessus ou rendez-vous sur [bit.ly/svhs-324](http://bit.ly/svhs-324)

**Bulletin d'abonnement** à compléter et à retourner sous enveloppe affranchie à : Service abonnements Science & Vie - 59898 Lille Cedex 9

**① Je choisis la formule d'abonnement (je coche la case) :**

# M030 # D1654284

☐ **Formule annuelle** : 12 numéros + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) + **les écouteurs bluetooth en cadeau**

(1)

**65,90€**  
au lieu de 110,64€\*

**-40%**

☐ **Formule annuelle avec hors-séries** : 12 numéros + 6 hors-séries + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV) + **les écouteurs bluetooth en cadeau**

(2)

**85,90€**  
au lieu de 153,30€\*

**-44%**

Mon abonnement se renouvellera automatiquement à date anniversaire sauf résiliation de ma part.

☐ **Formule mensuelle** :

1 numéro par mois + l'accès illimité au site Science & Vie (dont TV)

(3)

**4,90€**  
par mois  
au lieu de 9,22€\*

**-47%**

Je résilie quand je le souhaite. Après la première année, je serai prélevé de 5,90€/mois.

**② Je choisis le mode de paiement :**

➔ **Par prélèvement automatique :**

Je complète l'iban ci-dessous à l'aide de mon Relevé d'Identité Bancaire (R.I.B) à joindre.

IBAN :

Vous autorisez Reworld Media Magazines à envoyer des instructions à votre banque pour débiter votre compte, et votre banque à débiter votre compte conformément aux instructions de Reworld Media Magazines. Créancier : Reworld Media Magazines  
40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux - France.  
Identifiant du créancier : FR 05 ZZZ 489479

Date et signature obligatoires

Date :

➔ **Par carte bancaire :**

je me rends sur [KiosqueMag.com](http://KiosqueMag.com) :

[bit.ly/svhs-324](http://bit.ly/svhs-324)

La boutique officielle de Science & Vie.

Plus simple, plus rapide, 100% sécurisé !



SCANNEZ-MOI !

➔ **Par chèque (formules annuelles uniquement) :**

je renvoie le coupon accompagné de mon chèque libellé au nom de Science & Vie (sans agrafe, ni scotch) à :

Science & Vie Service abonnement - 59898 Lille Cedex 9

**③ Je complète les coordonnées du bénéficiaire de l'abonnement :**

\*\* À remplir obligatoirement.

Nom\*\* :  Prénom\*\* :

Adresse\*\* :

CP\*\* :  Ville\*\* :

Date de naissance :  (pour lui fêter son anniversaire) Tél. (portable de préférence) :  (envoi d'un SMS en cas de problème de livraison)

Email :

☐ Je ne souhaite pas recevoir les offres Privilège Science&Vie et Kiosquemag sur des produits et services similaires à ma commande par la Poste, e-mail et téléphone. Dommage !

☐ Je ne souhaite pas que mes coordonnées postales et mon téléphone soient communiqués à des partenaires pour recevoir leurs bons plans. Dommage !

\*Le prix de référence à l'année de la formule sans hors-série se compose du prix kiosque (61,20€), des frais de port (8,04€), du site internet (41,40€). Le prix de référence à l'année de la formule avec hors-série se compose du prix kiosque (102,60€), des frais de port (8,30€), du site internet (41,40€), (1)(2) Formule annuelle avec engagement : abonnement automatiquement reconduit à date d'anniversaire. Le règlement s'effectue en une seule fois. Vous serez informé par écrit dans un délai de 3 mois avant le renouvellement de votre abonnement. Vous aurez la possibilité de l'annuler 30 jours avant la date de reconduction auprès du service client. À défaut l'abonnement sera reconduit pour une durée identique à votre abonnement initial. (3) Formule mensuelle sans engagement : je peux résilier à tout moment sur simple appel ou par courrier au service client. Je paie 4,90€/mois pendant 1 an. Après la première année, je serai prélevé de 5,90€/mois. Pour toute autre information, vous pouvez consulter nos CGV sur [kiosquemag.com](http://kiosquemag.com) et contacter le service client par mail sur [serviceabonmag.fr](mailto:serviceabonmag.fr) ou encore par courrier à Reworld Media Magazines - Service Client - 40 avenue Aristide Briand - 92227 Bagneux. Offre réservée aux nouveaux abonnés en France Métropolitaine valable jusqu'au 24/02/2026. DOM-TOM et autres pays nous consulter. Vous disposez, conformément à l'article L 221-18 du code de la consommation, d'un droit de rétractation de 14 jours à compter de la réception du magazine en notifiant clairement votre décision à notre service abonnement. Les informations demandées sont destinées à la société REWORLD MEDIA MAGAZINES (KiosqueMag) à des fins de traitement et de gestion de votre commande, de la relation client, des réclamations, de réalisation d'études et de statistiques et, sous réserve de vos choix, de communication marketing par KiosqueMag et/ou ses partenaires par courrier, téléphone et courrier électronique. Vous bénéficiez d'un droit d'accès, de rectification, d'effacement de vos données ainsi que d'un droit d'opposition en écrivant à RMMA-DPD, c/o service juridique, 40 avenue Aristide Briand - 92220 Bagneux, ou par mail à [dpd@reworldmedia.com](mailto:dpd@reworldmedia.com). Vous pouvez introduire une réclamation auprès de la CNIL - [www.cnil.fr](http://www.cnil.fr). Pour en savoir plus sur la gestion de vos données personnelles, vos droits et nos pratiques, consultez notre politique de Confidentialité sur [www.kiosquemag.com](http://www.kiosquemag.com).







# Va-t-on manquer de terres rares ?

Indispensables à la transition énergétique, on les trouve dans nos téléphones, nos voitures électriques, nos éoliennes... Le récent durcissement du contrôle de Pékin sur l'exportation des terres rares a entraîné de vives tensions géopolitiques. Plutôt démunie dans un marché dominé par la Chine et les États-Unis, l'Europe tente de réagir, notamment en renforçant le recyclage.

## AÉROSPATIAL

### Argonaut va emmener l'Europe sur la Lune

10 tonnes au décollage, 1,5 tonne de cargaison... Le nouveau module lunaire européen doit assurer l'envoi de fret sur notre satellite à partir de 2030.

## ÉTHOLOGIE

### Où se trouve la boussole des pigeons voyageurs ?

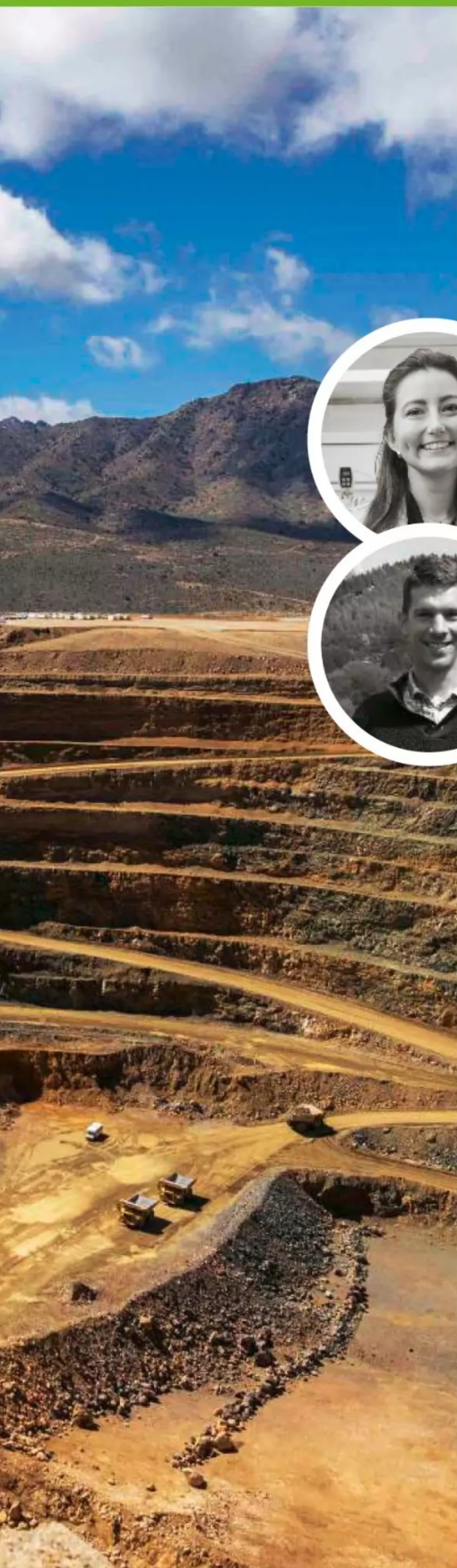
Comment détectent-ils le champ magnétique terrestre ? La question est ancienne ! Nouvelle hypothèse des chercheurs : dans leur oreille interne et leur hippocampe...



# TERRES RARES “LA DEMANDE DOUBLE TOUS LES SIX ANS!”

À Mountain Pass, en Californie, une mine à ciel ouvert s'étend sur 2200 ha. De là sont extraits de l'euprécium, du néodyme, du praséodyme, du cérium... des terres rares exploitées par la société MP Materials, dont le chiffre d'affaires a bondi de 84 % au deuxième trimestre 2025.





## Présentes dans nos objets du quotidien, les terres rares représentent un enjeu géostratégique majeur. Décryptage avec les spécialistes Marie Perrin\* et Clément Levard\*\*.

PAR MATHIAS CHAILLOT

**SVHS :** *Quelle est la particularité des terres rares ?*

**Marie Perrin :** C'est une famille de 17 éléments du tableau périodique, regroupés car leur position dans le tableau leur confère des propriétés uniques en termes de magnétisme, de luminescence ou de catalyse. On les retrouve dans des secteurs essentiels tels que la tech, le transport, le médical, la défense ou les énergies renouvelables. Et elles ne sont par ailleurs pas toutes rares !

**SVHS :** *Pourquoi deviennent-elles particulièrement stratégiques ?*

**Clément Levard :** D'ici 2050, la demande sera gouvernée par les besoins pour la transition énergétique, en particulier les voitures électriques et hybrides et les éoliennes offshore. Mais on en utilise aussi pour le craquage du pétrole [*méthode qui permet notamment d'en tirer de l'essence ou du gasoil, NDLR*], qui représente près de 10 % de leur utilisation. Les ressources sont assez bien distribuées à l'échelle mondiale, avec malgré tout plus d'un tiers en Chine. Mais la Chine maîtrise 68 % de l'extraction et plus de 90 % de l'étape finale de raffinage. Or, elle a mis en place des mesures de contrôle de ses exportations

de terres rares (quotas, taxes, licences), entraînant des tensions géopolitiques.

**SVHS :** *Peut-on s'en passer ?*

**M.P. :** Des substitutions sont souvent possibles. Le cas des ampoules est intéressant : la technologie fluocompacte nécessitait des quantités importantes de terres rares. Nous avons transitionné vers les LED, qui en contiennent beaucoup moins, mais avec des possibilités de recyclage plus difficiles. Les anciennes batteries au nickel contenaient aussi des terres rares en grandes proportions et nous transitionnons vers des technologies lithium-ion. En fonction des développements technologiques et des découvertes, les usages peuvent changer rapidement.

**SVHS :** *Cela ne fait-il pas que déplacer le problème ?*

**M.P. :** En effet, pour produire des véhicules électriques avec des moteurs sans terres rares, il faut utiliser des quantités de cuivre très importantes. Ils seront plus lourds, consommeront plus, donc auront besoin de plus grosses batteries, donc de plus de lithium et de cobalt. À performance égale, on ne peut pas produire différemment.

**C.L. :** On sait aussi jouer sur le design des moteurs, pour limiter la quantité d'aimants permanents



nécessaires, par exemple. La technologie permet de répondre en partie à la problématique, mais la sobriété d'usage est également un levier essentiel à considérer, comme le fait de partager un véhicule pour réduire le parc automobile et donc la quantité de terres rares utilisées.

**SVHS:** *Seulement 1 % des terres rares sont recyclées. Qu'est-ce qui bloque ?*

**C.L. :** Il n'y a pas de frein technologique majeur, nous sommes capables d'aller chercher des terres rares dans des matrices complexes avec une empreinte carbone bien inférieure à celle de l'extraction d'un minerai primaire. En revanche, la littérature scientifique identifie trois freins principaux au recyclage. Le premier est la difficulté à constituer les stocks. C'est le cas des téléphones portables, contenant chacun très peu de terres rares. À titre d'exemple, il faut collecter deux millions de téléphones pour récupérer autant de terres rares que dans une éolienne offshore. Or, il est compliqué de collecter ces téléphones dispersés à l'échelle mondiale. Le deuxième frein est le manque d'outils juridiques, comme une réglementation qui imposerait une traçabilité



Une expertise scientifique menée par le CNRS et publiée en novembre 2025 identifie plusieurs leviers pour une utilisation responsable des terres rares, dont celui du recyclage des "mines urbaines", soit tous les déchets des dispositifs électroniques.

des terres rares dans les produits. Le troisième point est économique : les procédés de recyclage sont plus chers que l'extraction primaire. Aujourd'hui, le lanthane se négocie autour d'un dollar le kilo. On paye notre pain plus cher ! Par ailleurs, la demande en terres

rares double en moyenne tous les six ans. On ne peut pas y répondre uniquement avec le recyclage, d'où les questionnements essentiels autour de la sobriété.

**M.P. :** Les leviers législatifs sont essentiels pour que le recyclage soit économiquement viable,

## ELLES SONT AU CŒUR DES ÉCHANGES

**1982**

Invention des aimants NdFeB (néodyme-fer-bore) utilisés dans les smartphones, les éoliennes, les disques durs, les véhicules électriques.



**2010**

La Chine bloque ses exportations de terres rares vers le Japon. Les prix grimpent jusqu'à +2000 %, et le monde perçoit sa vulnérabilité stratégique.







comme des prix planchers, ce que font les États-Unis pour relancer la production minière. Il y a aussi beaucoup d'améliorations possibles en termes de démantèlement. Un téléphone, qui contient une cinquantaine d'éléments chimiques différents, est aujourd'hui broyé,

## “ L'Europe veut relocaliser toute la chaîne de production ”

ce qui rend la séparation des ressources extrêmement complexe.

**SVHS :** *Quelles solutions sont concrètement mises en place ?*

**M.P. :** Le Critical Raw Material Act a déclenché des discussions pour réguler la production de métaux critiques en Europe, avec 47 premiers projets financés à l'échelle de l'Union européenne sur des enjeux de recyclage, d'extraction primaire et de raffinage. L'objectif, passer à 25 % de recyclage des terres rares d'ici 2030 est extrêmement ambitieux, et c'est un marché très concurrentiel. Les États-Unis parviennent à renforcer leurs réglementations et à débloquent des fonds beaucoup plus rapidement que nous.

**C.L. :** Au-delà de la sobriété d'usage des produits contenant des terres rares, la politique de l'Union européenne est de relocaliser toute la chaîne de production. Les briques commencent à se mettre en place, notamment en France, mais il manque une structuration de la chaîne de valeur dans son ensemble. En Suède, la mine de Kiruna pourra produire 50 000

tonnes de terres rares par an, ce qui pourrait satisfaire à moyen terme la demande européenne. Par ailleurs, il existe des sources alternatives de terres rares telles que les sources secondaires. En plus du recyclage des objets en fin de vie, certains déchets miniers ou industriels ont des teneurs en terres rares intéressantes à exploiter. Enfin, les controverses liées à l'exploitation des ressources sont souvent liées à un manque de débat démocratique : pourquoi les extraire, pour quels projets de société, au bénéfice de qui ? Ce sont des questions à se poser pour relocaliser durablement l'extraction des terres rares en Europe. ■

*\* Marie Perrin, chimiste lauréate du Young Inventors Prize, a breveté un procédé pour séparer les terres rares en utilisant des molécules bio-inspirées. Elle a lancé la startup de recyclage de terres rares REEcover.*

*\*\* Directeur de recherche au CNRS, Clément Levard a copiloté une expertise du CNRS, rendue en novembre dernier, sur l'usage responsable des terres rares.*

## MONDIAUX

### 2024

Adoption du Critical Raw Materials Act, stratégie européenne visant à réduire la dépendance à la Chine en terres rares.

Strategic Projects under Critical Raw Material Act



### 2026

Ouverture prévue de la première usine de recyclage française à Lacq. Elle devra recycler des aimants et raffiner des concentrés de minerai venant de l'étranger.



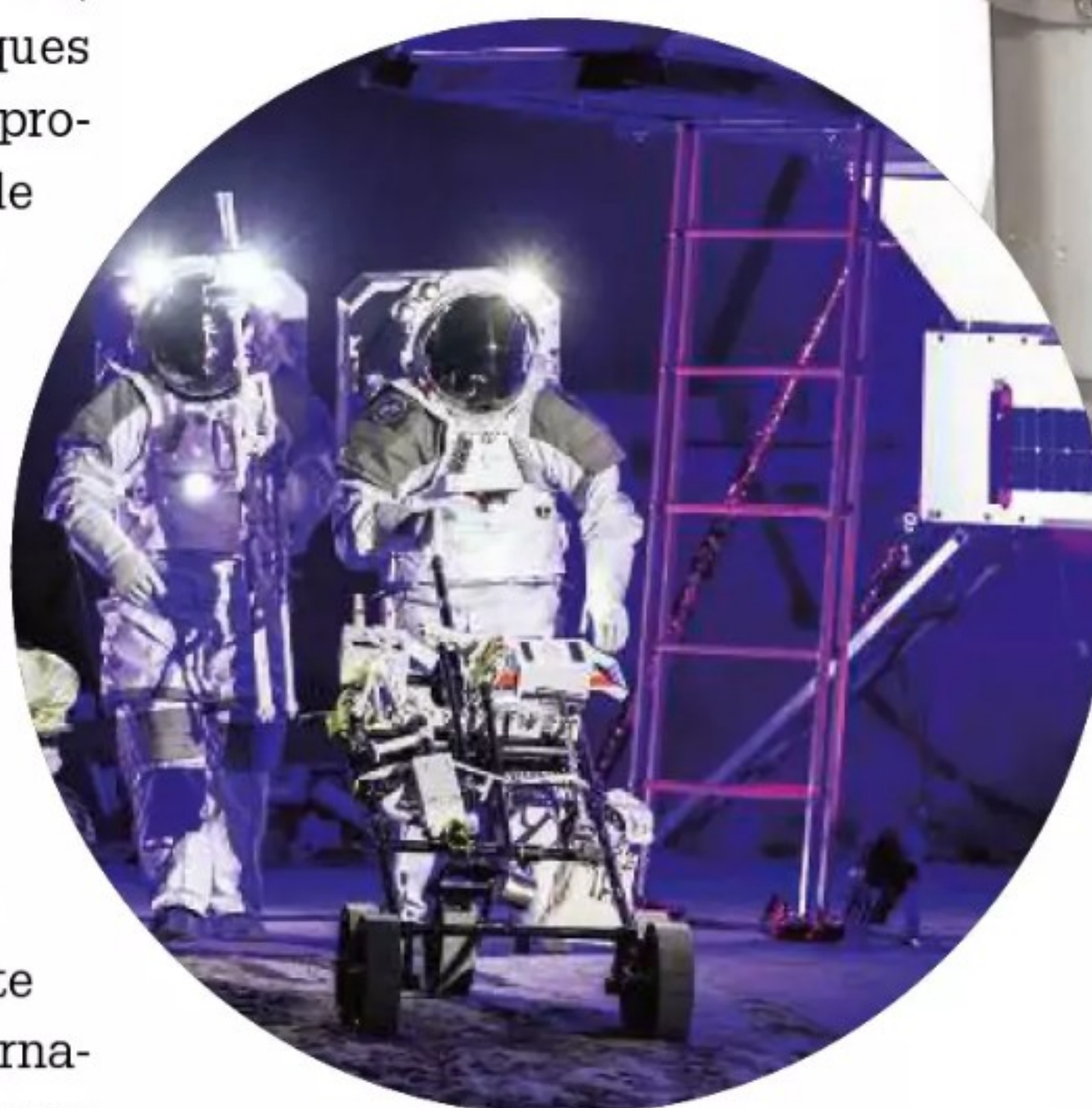


# Avec Argonaut, l'Europe en route pour la Lune!

**V**oici à quoi ressemblera Argonaut, le nouveau module lunaire européen, quand il alunira en 2030. Sa mission : devenir le premier "camion de fret" de l'Europe vers notre satellite naturel. Confié à un consortium européen piloté par Thales Alenia Space Italie, Argonaut permettra le transport de matériels pour soutenir les futures missions robotiques et habitées, afin d'établir une présence humaine à long terme sur la Lune. "Argonaut peut transporter une grande variété de cargaisons, notamment des ressources vitales pour les astronautes telles que de la nourriture, de l'eau et de l'air, ainsi que des rovers, des instruments scientifiques et des infrastructures de communication et de production d'électricité", précise l'Agence spatiale européenne (ESA). Avec lui, l'ESA affiche son ambition : accéder de façon autonome à la surface de la Lune et, ainsi, ne plus dépendre des programmes lunaires internationaux. Avec ses 6 m de haut et 4,5 m de diamètre, l'engin est dimensionné pour être lancé par la fusée Ariane 6. Il est conçu pour résister aux conditions extrêmes de la surface lunaire où la nuit dure jusqu'à 14 jours et où les températures peuvent chuter jusqu'à -150 °C. Sa durée de vie est estimée à cinq ans. Sa conception robuste concrétise la volonté des agences spatiales internationales de réaliser des missions habitées longues et plus durables qu'à l'époque d'Apollo. Les équipes scientifiques françaises de Thales Alenia Space qui travaillent sur ce projet sont notamment responsables du développement du système de traitement de données du module, des ordinateurs de bord et également du logiciel middleware, c'est-à-dire chargé de faire le lien entre les différents systèmes du module. A. C.

Antenne  
de télécommunication

Container pressurisé  
pour le fret

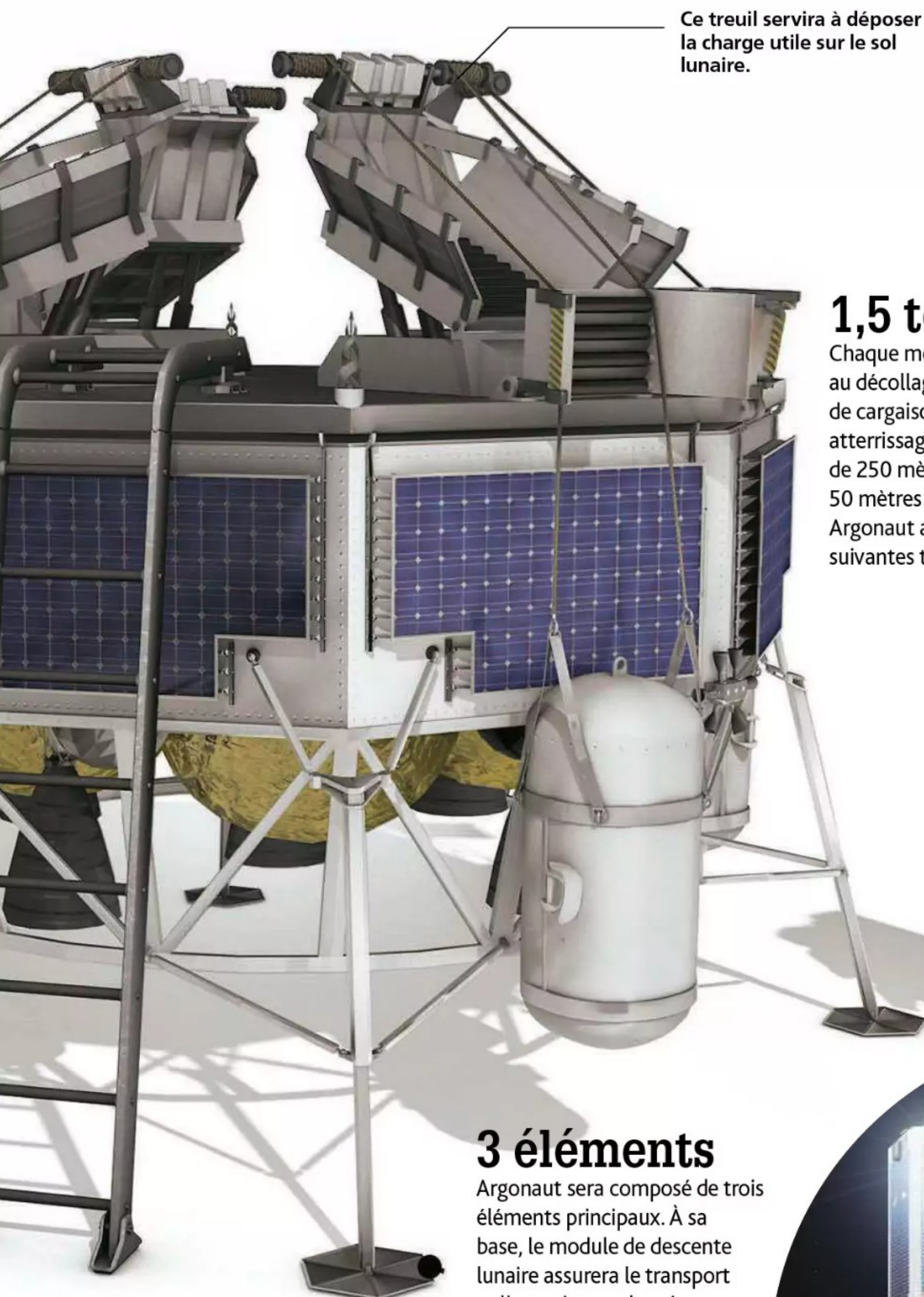


## Premiers pas

Une maquette d'Argonaut a été exposée à Cologne en Allemagne lors de l'inauguration de la nouvelle installation Luna, la "Lune sur Terre de l'Europe". Opérée par l'ESA et le Centre aérospatial allemand, Luna est un dispositif de simulation lunaire et a pour mission de préparer les astronautes, scientifiques, ingénieurs et experts à vivre et travailler sur la Lune.



Ce treuil servira à déposer la charge utile sur le sol lunaire.



## 1,5 tonne de fret

Chaque module Argonaut pèsera 10 tonnes au décollage et déposera jusqu'à 1,5 tonne de cargaison à la surface de la Lune. Son atterrissage sera autonome, avec une précision de 250 mètres pour le premier vol puis de 50 mètres dès le troisième. La première mission Argonaut aura lieu en 2030, les missions suivantes tous les deux ou trois ans.



## 3 éléments

Argonaut sera composé de trois éléments principaux. À sa base, le module de descente lunaire assurera le transport et l'atterrissage du vaisseau sur la Lune. Juste au-dessus, la plateforme de chargement transportera les différents équipements et instruments scientifiques utiles aux astronautes. Tout en haut se trouvera le reste de la charge utile.









# Qui a peint ce puma ?

Des animaux, des créatures fantastiques... Ces peintures à la beauté saisissante ornent par centaines les falaises bordant la rivière Pecos dans le Texas, à la frontière avec le Mexique. Karen Steelman (Shumla Archaeological Research & Education Center, Comstock, Texas) et Carolyn Boyd et Phil Dering (Texas State University, San Marcos) sont parvenus à dater au radiocarbone de minuscules échantillons du liant utilisé par leurs auteurs. La réalisation de ces figures s'étendrait de 4000 av. J.-C. jusqu'au début de notre ère. Pendant quatre mille ans, des Amérindiens se seraient régulièrement rassemblés en ces lieux pour peindre des fresques parfois immenses – jusqu'à 150 m de long et 15 m de hauteur. Pourquoi ? Les spécialistes évoquent des croyances chamaniques. Ils soulignent que ces motifs seront repris, plus tard, par d'autres peuples, comme les Aztèques. Les fresques du Pecos raconteraient donc un mythe préhistorique oublié.







## Mais où se trouve la boussole des pigeons ?

Dernière hypothèse en date : dans leur oreille interne, leur hippocampe et leur mésopallium, une zone du cerveau. Une récente étude publiée dans *Science* donne une réponse à l'une des plus vieilles interrogations de l'ornithologie : comment les pigeons voyageurs détectent-ils le champ magnétique terrestre et ses variations pour se guider ? Les derniers résultats sont loin des hypothèses traditionnelles qui suggéraient une implication des cristaux de magnétite présents dans le bec des pigeons, ou des protéines sensibles à la lumière et au champ magnétique dans leur rétine. Pour déterminer où se trouve le GPS biologique de ces volatiles, les scientifiques les ont exposés à un champ magnétique trois fois plus intense que le champ terrestre. Ainsi, ils ont

saturé leur réponse neuronale. Après analyse par imagerie de leur cerveau, les chercheurs ont observé une activation des zones vestibulaires, liées à l'équilibre, et des structures cérébrales dédiées à l'orientation spatiale. Parallèlement, un séquençage génétique des cellules ciliées de l'oreille interne des pigeons a révélé qu'elles produisaient des canaux ioniques sensibles aux courants électriques – comme ceux des raies ou des requins, qui repèrent leurs proies grâce à eux. Finalement, la boussole des pigeons voyageurs pourrait fonctionner en trois temps : d'abord les cellules de l'oreille interne captent les variations du flux magnétique terrestre, puis elles les transforment en signaux électriques, qui sont finalement interprétés par le cerveau. A.C.

## L'exploitation minière menace-t-elle la vie sous-marine ?

C'est en tout cas la conclusion d'une étude parue le 6 novembre dernier dans *Nature Communications*. Les chercheurs de l'université d'Hawaï, à Mānoa, ont étudié des petits animaux marins mesurant moins de 2 cm, qui évoluent entre 700 et 1500 m de profondeur, dans la zone de Clarion-Clipperton. Ils ont montré que l'extraction de nodules polymétalliques sur cette portion du Pacifique a un impact sur le vivant, et ce dès la zone océanique crépusculaire (entre 200 et 1000 m sous la surface). La pollution provoquée par le rejet de déchets miniers peut drastiquement appauvrir la concentration des eaux en acides aminés, dont se nourrissent 53 % du zooplancton. Or, 60 % du micronecton – des poissons, crustacés et espèces gélatineuses de moins de 20 cm – dépendent de ce zooplancton. La disparition de ces organismes à la base de la chaîne alimentaire océanique entraînerait, par effet domino, celle des grands prédateurs et impacterait les pêcheries. M.D.







## Les NTG autorisées par l'Europe ?

C'est oui ! Dans notre précédent numéro, nous revenions sur les débats houleux autour des nouvelles techniques génomiques (NTG). La décision est désormais prise : les États membres de l'Union européenne sont parvenus à un compromis ouvrant la voie à l'autorisation de ces "nouveaux OGM", dont la ratification finale par le Parlement européen est attendue au printemps 2026. Ces techniques, dont les "ciseaux moléculaires" CRISPR, permettent de modifier l'ADN des plantes de façon très ciblée. Le texte distingue deux catégories. Les plantes dites de catégorie 1, comportant un nombre limité de mutations (qui reste à définir), seront assimilées à des variétés issues de la sélection classique. Elles pourront être cultivées et commercialisées sans évaluation préalable des risques ni étiquetage spécifique. Les partisans des NTG y voient un moyen d'accélérer la mise au point de variétés plus résistantes aux maladies, à la sécheresse ou au stress climatique. Les plantes plus fortement modifiées, ainsi que celles tolérantes aux herbicides ou produisant des insecticides, restent exclues du dispositif. Autre point clé, très controversé : ces nouvelles variétés pourront être protégées par des brevets. Les plantes issues des NTG étant génétiquement indiscernables des mutations naturelles, des agriculteurs ou semenciers pourraient être poursuivis pour contrefaçon sans avoir recours à ces techniques, renforçant la dépendance de l'agriculture européenne envers les géants de l'agrochimie. H.L.

## Pollue-t-on le sol après notre mort ?

Oui, car la seule méthode d'inhumation autorisée en France impose l'enfouissement profond et l'usage du cercueil. Or, ces conditions créent un milieu anoxique, froid et humide où le corps se dégrade très lentement, générant alors des sous-produits plus ou moins toxiques, tels que le méthane ou l'ammoniac. À cela s'ajoute la pollution issue des matériaux du cercueil, des vêtements ou des produits de conservation du corps utilisés en thanatopraxie. Mais cet impact demeure mal documenté. C'est pourquoi une équipe interdisciplinaire de chercheurs, copilotée par Damien Charabidzé et Ludovic Lesven, de l'université de Lille, ont lancé en octobre dernier le projet CCASIS pour "Capteurs chimiques autonomes pour le suivi interne des sépultures", financé par le CNRS. L'objectif : créer des capteurs autonomes en énergie et capables de transmettre des mesures fiables malgré l'environnement particulier des sépultures. Les données collectées sur dix ans, dans des sépultures pilotes, permettront de mieux évaluer les pratiques funéraires. Parmi elles, l'enterrement végétal, une méthode d'inhumation sans doute plus écologique, mais encore à l'étude en France. M.D.

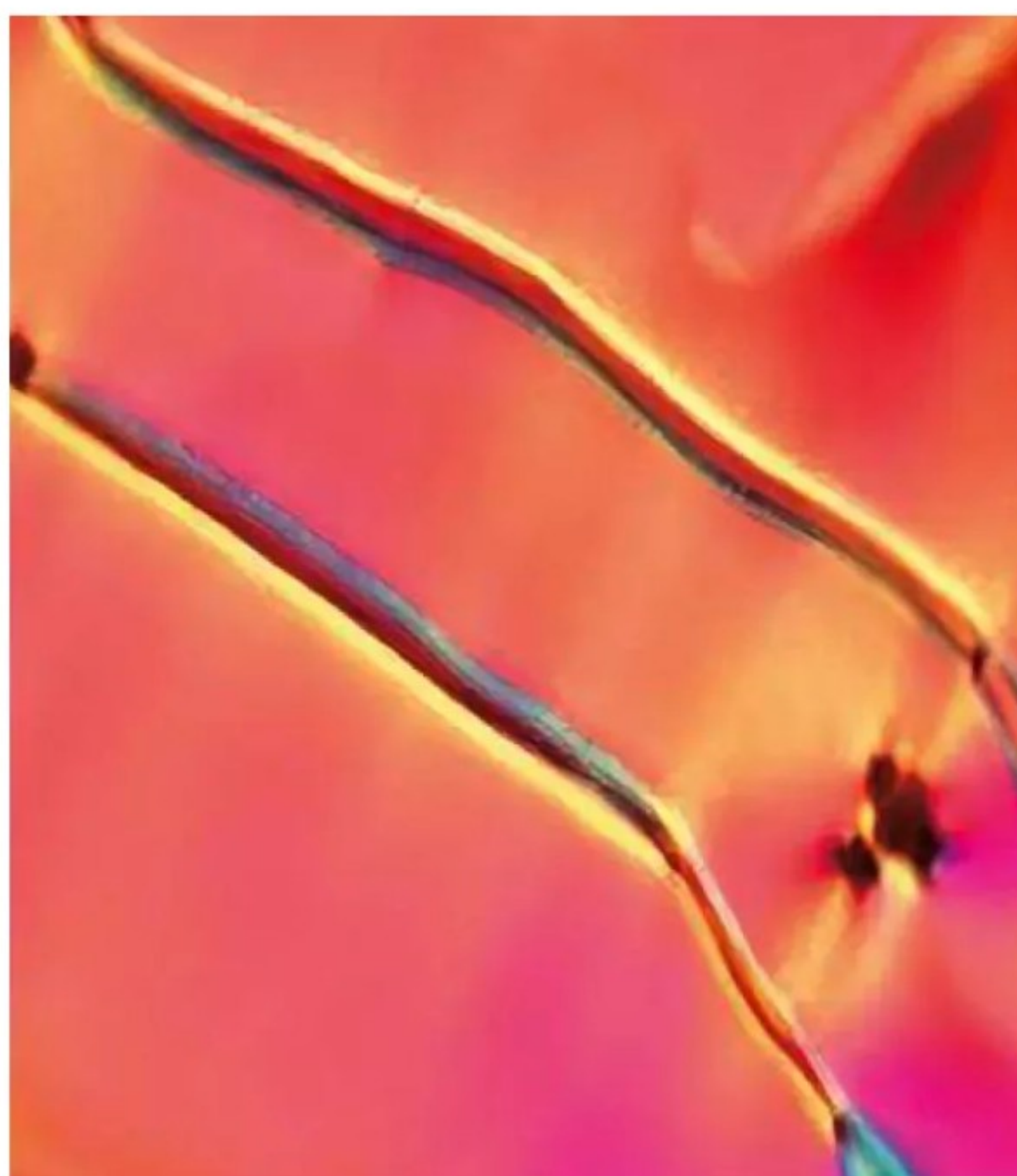




## Comment savoir où prend naissance un fleuve ?

Tout dépend du critère retenu : géographique, lorsqu'on définit la source comme le point le plus éloigné de l'embouchure, ou hydrologique, lorsqu'on retient la première source fournissant un volume d'eau significatif. Mais des critères culturels ou politiques ont aussi été retenus au cours de l'Histoire. Pour le Zambèze, 4<sup>e</sup> fleuve d'Afrique, le biologiste et explorateur sud-africain Steve Boyes a choisi la définition qui lui semblait la plus pertinente : *"La source d'un fleuve lui fournit la plus grande quantité d'eau et se situe à l'opposé de son embouchure."* Elle correspond ici à une zone de tourbières et de forêts denses en amont de la Lungwebungu, premier affluent majeur du fleuve, dont la source se trouve sur les hauts plateaux angolais. Cette nouvelle localisation des sources du Zambèze lui fait gagner 342 km, portant sa longueur totale à 3 421 km jusqu'à l'océan Indien. Cette découverte fait suite à l'exploration méthodique du "château d'eau" naturel alimentant le fleuve et ses écosystèmes. En dix ans d'expéditions, Steve Boyes et les équipes du projet The Great Spine of Africa – soutenus notamment par The

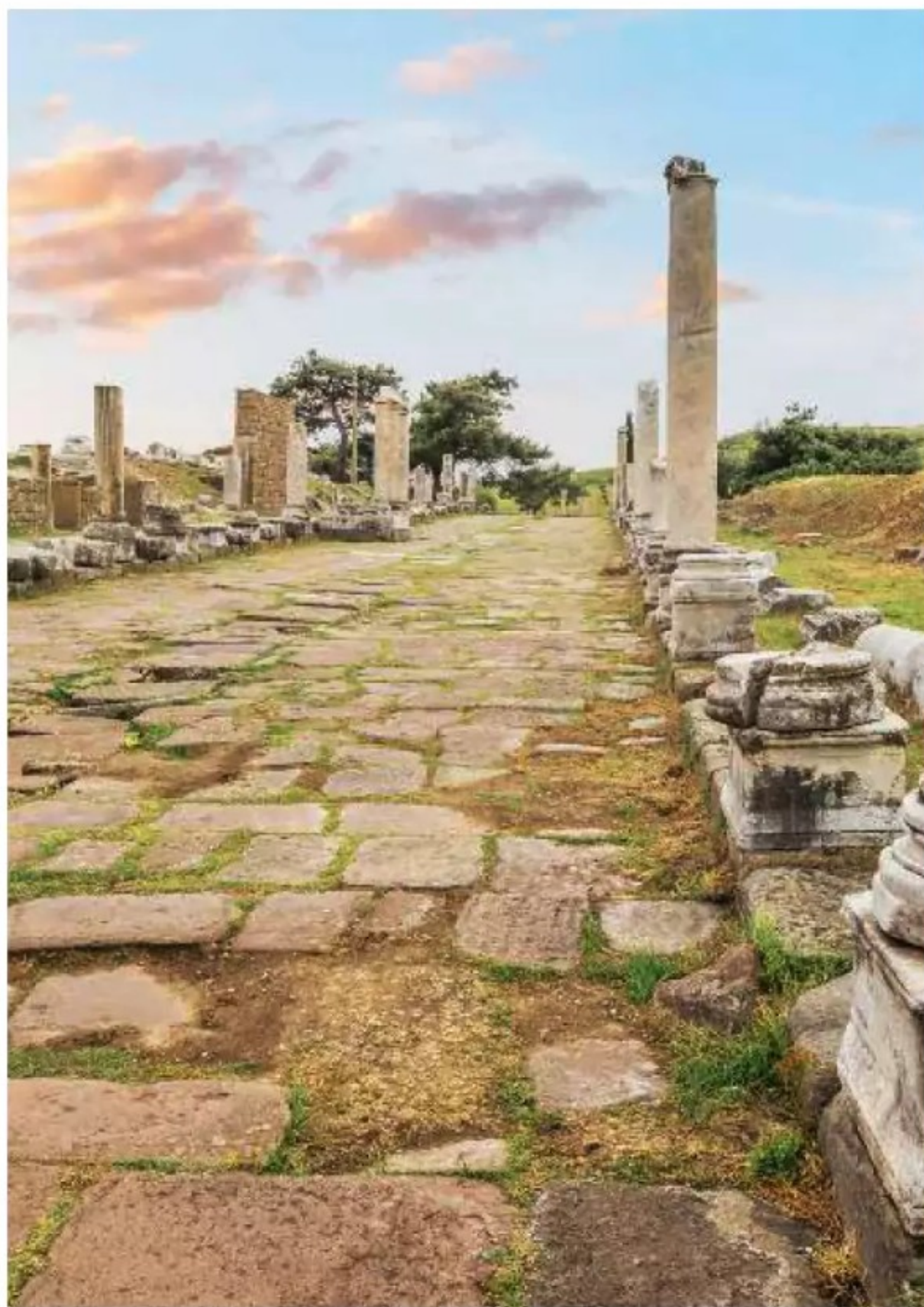
National Geographic, Okavango Wilderness Project et l'Initiative Perpetual Planet de Rolex – ont parcouru plus de 30 000 km de rivières, et recensé 140 nouvelles espèces. Ils ont montré l'importance cruciale de préserver ces zones humides, encore largement inexplorées en Afrique centrale et australe, aujourd'hui protégées par les communautés locales. Une vaste étude dont les premiers résultats ont été publiés en septembre 2025 dans le rapport *Évaluation des bassins versants du fleuve Zambèze : implications pour la sécurité hydrique régionale*. Prochain défi pour Steve Boyes ? Améliorer la protection de 1,2 million de kilomètres carrés de bassins versants africains d'ici à 2035. M.D.



## La matière peut-elle répéter son motif dans le temps ?

Eh bien oui ! En 2012, le prix Nobel de physique 2004, l'Américain Frank Wilczek, formule un concept qui bouleverse notre façon de penser la matière. On le sait, à l'échelle atomique, le cristal est composé d'un motif qui se répète dans l'espace. Le physicien imagine alors une matière dont le motif se répéterait aussi dans le temps ! Récemment, des chercheurs du Colorado ont rendu ce concept visible à l'œil nu (photo) : ils ont fabriqué un cristal liquide spatio-temporel dont le motif se répète de façon périodique. Les applications de ce type de cristal sont multiples : par exemple, contrôler avec précision les signaux électromagnétiques de télécommunications ou stabiliser les qubits à l'échelle quantique. A.C.





## Quelle était la longueur totale des voies romaines ?

300 000 km en l'an 150 apr. J.-C. C'est le nouveau décompte établi par une équipe de chercheurs internationaux, ajoutant 100 000 km aux estimations précédentes ! Ils viennent de publier une carte interactive (accessible sur [itiner-e.org](http://itiner-e.org)) couvrant une zone de 4 millions de kilomètres carrés, comprenant toute l'Europe de l'Ouest, la péninsule Ibérique, la Grèce et l'Afrique du Nord. Les chercheurs précisent toutefois que seulement 2,7 % des tracés sont connus avec précisions, les autres restant hypothétiques ! A.C.

### POUR EN SAVOIR PLUS

**CETTE ÉDITION DE MÀJ ACTUALISE DES THÉMATIQUES TRAITÉES DANS CES PRÉCÉDENTS HORS-SÉRIES DE SCIENCE & VIE...**

**#298** La mort et la tentation de l'éternité

**#300** Espace, une nouvelle histoire

**#304** Mémoire, les neurosciences face à l'énigme

**#306** Agriculture, quelles solutions demain ?

## Les dinosaures, déjà sur le déclin avant la météorite ?

Probablement pas. Depuis des décennies, certains paléontologues se demandent si les dinosaures non aviens n'étaient pas déjà affaiblis avant l'impact de la météorite de Chicxulub, qui leur a été fatal il y a 66 millions d'années. Une nouvelle analyse, publiée dans la revue *Science*, démontre le contraire en s'appuyant sur la faune dinosaurienne observée dans les couches géologiques de Naashoibito, au Nouveau-Mexique. Jusqu'à présent, on pensait que cette formation s'était accumulée pendant 4 millions d'années, à partir d'il y a 70 millions d'années. De nouvelles datations indiquent qu'elle s'est constituée sur seulement 600 000 ans, à la toute fin du Crétacé, entre 66,4 et 66 millions d'années. Ainsi, les théropodes carnivores, sauropodes et autres hadrosaures herbivores découverts dans cette formation suggèrent que la faune dinosaurienne se portait très bien dans cette zone de la planète juste avant l'impact de la météorite. A.C.





# LE CINÉMA PREND DU VOLUME

C'ÉTAIT ÉCRIT DANS SCIENCE & VIE

**MOINS DE TRENTE ANS APRÈS L'ARRIVÉE DU CINÉMA EN COULEURS, UN INVENTEUR PICARD RÉVOLUTIONNE LA SALLE DE PROJECTION DE SON PETIT VILLAGE AVEC UN NOUVEL ÉCRAN COURBÉ, ANCÊTRE DE LA 3D.**

En 1963, des hordes d'oiseaux attaquaient les humains sans raison apparente ; un agent secret, au nom de code 007, tentait de sauver le monde des mains du D<sup>r</sup> No ; et une bande de tontons gangsters passaient à la postérité la maxime : *"Les cons, ça ose tout, c'est même à ça qu'on les reconnaît !"* Oui, 1963 était un bon cru cinématographique. Ce que l'on sait moins, c'est que dans le petit village de Crécy-en-Ponthieu, dans la Somme, l'inventeur Jules Hourdiaux faisait entrer le cinéma dans l'ère de la 3D. Comment ? Avec l'Héraclorama. Une *"installation d'une attendrissante simplicité"*, lit-on, où *"un film de 16 mm tourné par un amateur prend les dimensions de Ben-Hur"*. L'invention en question est un écran courbe, offrant une ouverture à 180°, équivalente à la vision humaine, là où le Cinéràma n'atteignait que 146°. Cet écran est lui-même couvert de fines baguettes d'aluminium qui *"empêchent l'image de glisser et de se déformer latéralement"*. Ici, pas question de parler de "relief". L'inventeur lui préfère celui de "volume", plus juste, plus discret. Et l'effet

est immédiat : *"Une fois de plus, le paysage se précipite dans la salle, une fois de plus l'écran semble s'ouvrir."*

Autre atout majeur : la simplicité. Un seul projecteur suffit, équipé *"d'un objectif primaire spécial qui compense les aberrations provoquées par la courbure de l'écran"*. Aucun film particulier n'est requis, aucune cabine n'a besoin d'être transformée. Même la sonorisation participe à l'illusion : des enceintes ellipsoïdales, orientées selon la disposition de la salle, enveloppent le public.

À bien y regarder, cette invention avait une ambition presque inverse de celle du cinéma 3D. Là où cette dernière multiplie les artifices – lunettes, images jaillissantes, calculs stéréoscopiques –, l'Héraclorama cherchait au contraire à s'effacer. Il ne voulait pas faire sortir l'image de l'écran, mais y faire entrer le spectateur. La 3D promet l'immersion par la technologie visible ; l'Héraclorama la visait par la continuité du champ visuel et le respect de la perception humaine. Malheureusement, Jules Hourdiaux n'a jamais breveté son invention, faute de moyens. Et l'idée fut reprise par la compagnie Eagle sous le nom de Spaciovision. Parce que comme disait Jacques Audiard... **Amanda Schrepf Sanz**

## RÉVOLUTION DANS LE CINÉMA HERACLORAMA



OBJECTIF NON CORRIGE DE LA COURBURE DE CHAMP.



LES 1700 BAGUETTES DE L'ÉCRAN COURBÉ « ACCROCHENT » L'IMAGE PLUS DE DÉFORMATIONS LATÉRALES.

## Du "relief" pour tous les films

porte quel film projeté dans à peu près n'importe quelle salle donnera l'illusion du relief. L'écran est courbe, nous l'avons dit. Il peut d'ailleurs indifféremment être concave ou convexe. Il est recouvert de baguettes en duralumin soixante. Il est recouvert de baguettes en duralumin soixante. Posées

de l'œil humain. Littéralement « enveloppé » par cet écran, le spectateur, où qu'il soit placé, a l'impression de participer à l'action, d'en être le centre. Avec son triple projecteur par contre, Cinéràma n'obtient qu'une ouverture de 146°. Au delà, l'allongement des images latérales devient trop grand. De plus, on sent que les

RELIEF, sort, mais alors entre guillemets, de l'Héraclorama

Mais la nouveauté, la révolution dans tout cela ? Elles viennent des moyens mis en œuvre. Dans la salle de cinéma, un écran courbe, dans



*Nouveauté 2026*

# ABSOLU OUZBEKISTAN

Sur la Route de la Soie en tout inclus au départ de Paris

DU 11 AU 22 OCTOBRE 2026 (12 JOURS/10 NUITS)

Je découvre ce circuit >>>



## Les points forts :

- **Un circuit de 10 jours** au cœur des cités mythiques de la Route de la Soie.
- **Une traversée du pays d'Ouest en Est**, du désert du Kyzyl-Koum aux oasis légendaires en passant par Khiva, Boukhara et Samarcande.
- **Un programme de visites incluses** vous plongera dans un Orient intact, où minarets et mosaïques racontent **mille ans d'histoire** : Oasis préservées, caravansérails, coupes turquoises, marchés aux épices,
- **Un voyage à partir de 2690 €/pers TOUT INCLUS** au départ de Paris en hôtels de charme avec une expérience de nuit en yourte et en petit groupe, pour en apprécier toute l'essence !

Téléchargez la documentation sur

[www.voyages-lecteurs.fr/sv](http://www.voyages-lecteurs.fr/sv)



Informations & réservations

**01 41 33 57 48** en précisant **SCIENCE&VIE**

du lundi au vendredi de 9h à 18h30 et le samedi de 9h à 13h30



# QU'EST-CE QU'ON ATTEND POUR ÊTRE HEUREUX?

**DES AIRES MARINES PROTÉGÉES! \***



**\* UNE AIRE MARINE PROTÉGÉE  
EST UN ESPACE MARIN  
OÙ LES ACTIVITÉS HUMAINES SONT RÉGULÉES  
POUR PROTÉGER LA MER.**



Découvrez les actions  
de l'Institut océanographique de Monaco  
en faveur de la mer Méditerranée !



@oceanomonaco



INSTITUT  
OCÉANOGRAPHIQUE  
MONACO

FAIRE CONNAÎTRE, AIMER ET PROTÉGER L'Océan