

■ POUR LA

SCIENCE

Édition française de Scientific American

Avril 2017 - n° 474

www.pour la science.fr

Guerre de
TROIELe mythe
à l'épreuve
de l'archéologie

M 02687 - 474S - F: 6,50 € - RD

BEL : 7,2 € - CAN : 10,95 \$ CAD - DOM/S : 7,3 € - Réunion/A : 9,3 € - ESP : 7,2 €
Gr : 7,2 € - ITA : 7,2 € - LUX : 7,2 € - MAR : 60 MAD - TOM : 980 XPF
PORT.CONT. : 7,2 € - CH : 12 CHF - TUN/S : 8,6 TND

Groupe POUR LA SCIENCE

Directrice des rédactions : Cécile Lestienne

Pour la Science

Rédacteur en chef : Maurice Mashaal

Rédactrice en chef adjointe : Marie-Neige Cordonnier

Rédacteurs : François Savatier, Sean Bailly

Dossier Pour la Science

Rédacteur en chef adjoint : Loïc Mangin

Développement numérique : Philippe Riveau-Gésippe

Directrice artistique : Céline Lapert

Maquette : Pauline Bilbault, Raphaël Queruel, Ingrid Leroy

Correction et assistance administrative : Anne-Rozenn Jouble

Marketing & diffusion : Laurence Hay et Arthur Peys

Direction financière et direction du personnel : Marc Laumet

Fabrication : Marianne Sigogne et Olivier Lacam

Directrice de la publication et Gérante : Sylvie Marcé

Anciens directeurs de la rédaction : Françoise Pétry

et Philippe Boulanger

Conseiller scientifique : Hervé This

Ont également participé à ce numéro :

Maud Bruguère, Silvana Condemi, Laurence Devillers,

François Foucart, Dominique Garcia, Aline Gerstner, Eitan Haddok,

Évelyne Host-Platret, Christophe Pichon, Sébastien Tanzilli

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie

susan.mackie@pourlascience.fr – Tél. 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

Directeur de la publicité : Jean-François Guillotin

jf.guillotin@pourlascience.fr – Tél. 01 55 42 84 28

ABONNEMENTS

Abonnement en ligne : <http://boutique.pourlascience.fr>

Courriel : pourlascience@abopress.fr

Téléphone : 03 67 07 98 17

Adresse postale : Service des abonnements - Pour la Science,
19 rue de l'Industrie, BP 90053, 67402 Illkirch Cedex

Tarifs d'abonnement 1 an - 12 numéros

France métropolitaine : 59 euros - Europe : 71 euros

Reste du monde : 85,25 euros

COMMANDES DE LIVRES OU DE MAGAZINES

<http://boutique.pourlascience.fr/>

DIFFUSION

Contact kiosques : À Juste Titres ; Benjamin Boutonnet

Tel : 04 88 15 12 41

Information/modification de service/réassort :

www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN Editor in chief : Mariette DiChristina.

Executive editor : Fred Guterl. Design director : Michael Mrak.

President : Keith McAllister. Executive Vice President : Michael Florek.

Toutes demandes d'autorisation de reproduire, pour le public

français ou francophone, les textes, les photos, les dessins ou

les documents contenus dans la revue « Pour la Science », dans

la revue « Scientific American », dans les livres édités par

« Pour la Science » doivent être adressées par écrit à « Pour la

Science S.A.R.L. », 162 rue du Faubourg Saint-Denis 75010 Paris.

© Pour la Science S.A.R.L.

Siège social : 170 bis boulevard du Montparnasse 75014 Paris.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et de représentation réservés pour tous les pays. La marque et le nom commercial « Scientific American » sont la propriété de Scientific American, Inc. Licence accordée à « Pour la Science S.A.R.L. ».

En application de la loi du 11 mars 1957, il est interdit de reproduire intégralement ou partiellement la présente revue sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français de l'exploitation du droit de copie (20 rue des Grands-Augustins - 75006 Paris).

Origine du papier : Autriche

Taux de fibres recyclées : 30 %

Certification : PEFC

« Eutrophisation » ou « Impact sur l'eau » :

Ptot 0,007 kg/tonne



Maurice Mashaal
rédacteur en chef

En quête de Troie

Il est tentant pour les archéologues de rechercher sur le terrain des preuves, ou du moins des traces, d'événements dont la narration s'est transmise de génération en génération pendant des siècles, voire des millénaires. On peut ainsi penser aux récits de la Bible et à l'archéologie dite biblique qui s'y rapporte.

Un autre exemple, auquel *Pour la Science* consacre dans ce numéro deux articles [voir pages 22 à 38], est celui des épopées d'Homère, *L'Iliade* et *L'Odyssée*. Personne aujourd'hui n'accorde foi à ces récits qui relèvent clairement du mythe et de la légende, mais il est raisonnable de penser qu'ils ont été inspirés en partie de faits réels. Reste à savoir lesquels...

Si guerre il y a eu, contre qui ?

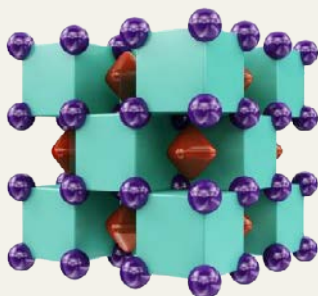
Vers la fin du XIX^e siècle, l'homme d'affaires et archéologue autodidacte Heinrich Schliemann s'est mis en quête de la ville de Troie en fouillant le site de Hissarlik, en Turquie. Et il y a découvert des vestiges dont il était persuadé qu'il s'agissait de la cité décrite par Homère. Avait-il raison ? Les campagnes de fouilles qui se sont succédé jusqu'à aujourd'hui le confirment.

Si Troie semble réelle, en est-il de même de la guerre de Troie ? C'est vraisemblable. Le verdict de l'archéologie est ici moins net, malgré des traces de destructions datant d'environ 1200 ou 1300 avant notre ère. Et si guerre il y a eu, contre qui ? Contre les Mycéniens menés par un chef héroïque qui a inspiré le personnage d'Agamemnon ? On rejoint là les mystères de la fin de l'âge du Bronze en Méditerranée orientale, cette période trouble qui a été suivie de plusieurs siècles obscurs. Et dont on espère qu'elle n'a rien de commun avec notre époque, même si l'on assiste au retour de mentalités tout aussi archaïques et va-t-en-guerre. ■

3 **Édito**

Actualités

- 6 Une nouvelle espèce humaine découverte en Chine
- 7 Une fratrie de sept planètes rocheuses
- 8 Un antibiotique contre la maladie de Parkinson ?
- 10 L'hélium se lie au sodium à haute pression



- 11 Intrication quantique : un test venu des étoiles

Retrouvez plus d'actualités sur www.pourlascience.fr

Réflexions & débats

- 14 **Entretien**
« La médecine personnalisée n'est pas la révolution que l'on croit »
Béatrice Desvergne
- 18 **Homo sapiens informaticus**
Pince-mi et pince-moi à l'aune de Kolmogorov
Gilles Dowek
- 20 **Cabinet de curiosités sociologiques**
Les théories du complot réconfortent les perdants
Gérald Bronner



À LA UNE

22 **ARCHÉOLOGIE** **La guerre de Troie a bien un lieu**

Ernst Pernicka, Peter Jablonka et Magda Pieniążek

La ville de Troie mentionnée par Homère a-t-elle existé ? Il semble que oui. Et ses vestiges, qui datent de l'âge du Bronze, présentent même des traces de destruction. La guerre de Troie, un mythe ancré dans une réalité ?

32 **Agamemnon, roi des rois à Mycènes ?**

Josef Fischer

Dans le récit d'Homère, le père d'Iphigénie est le chef des Grecs, le roi désigné pour mener l'expédition contre Troie. Ce héros mythique semble bien inspiré de personnages réels, ces princes mycéniens de l'âge du Bronze, bâtisseurs de palais-fortresses dans tout le monde égéen.



40 **NEUROBIOLOGIE** **Des minicerveaux fabriqués in vitro**

Jürgen Knoblich

Faire croître en laboratoire de petits cerveaux pour étudier les mécanismes de certains troubles mentaux et tester des médicaments ? Ce projet devient réalité et révolutionne l'expérimentation en neurobiologie.

48 **TECHNOLOGIE** **Une horlogerie mécanique sans tic-tac**

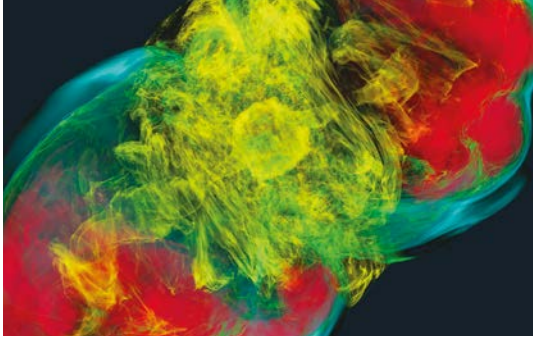
Simon Henein et Ilan Vardi

Le mécanisme à échappement des montres mécaniques, utilisé depuis la Renaissance, devient-il obsolète ? Un nouveau principe d'oscillateur promet des mouvements horlogers plus efficaces. Et plus silencieux...

56 **ASTROPHYSIQUE** **Des kilonovæ aux ultranovæ**

Daniel Kasen

De nombreuses étoiles achèvent leur vie en de formidables explosions : les supernovæ. Or celles-ci se sont révélées d'une intrigante diversité. Quels sont les mécanismes susceptibles d'en rendre compte ?



64 **ROBOTIQUE** **Les robots devront parfois désobéir**

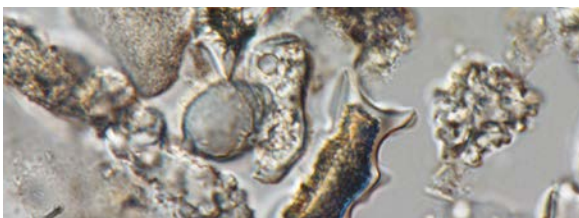
Gordon Briggs et Matthias Scheutz

Faut-il s'inquiéter des machines qui refuseraient d'obéir ? Pas forcément. Il y a davantage à craindre des maîtres humains retors et des instructions ambiguës.

68 **PALÉONTOLOGIE** **Phytolithes : des cailloux végétaux pour révéler le passé**

Thomas Hart

Dater la domestication du maïs, montrer qu'*Homo erectus* travaillait le bois, que l'homme de Néandertal mangeait des dattes... : les minuscules concrétions de silice que produisent les plantes sont de précieux indices pour les chercheurs.



76 **HISTOIRE DES SCIENCES** **Les extraterrestres de Churchill**

Mario Livio

Sommes-nous seuls dans l'Univers ? La question a passionné Winston Churchill. Ses réflexions sur le sujet, récemment retrouvées, montrent que l'homme d'État britannique avait une solide culture scientifique et un raisonnement pertinent.

Rendez-vous

82 **Logique & calcul**

Big Brother à nos portes (dérobées)

Parfois totalement indétectables, les portes dérobées informatiques nuisent gravement à la sécurité. Elles exposent aussi chacun de nous au risque d'intrusion dans sa vie privée.

88 **Science & fiction** **Ralentir la lumière avec la Force**

Roland Lehoucq et J.-Sébastien Steyer

91 **Idées de physique** **Le fantôme du candidat**

Jean-Michel Courty et Édouard Kierlik



94 **Question aux experts** **Pourquoi les sondages électoraux se trompent-ils ?**

Pascal Moliner

95 **Science & gastronomie** **Fritures protégées**

Hervé This

96 **À lire**

98 **Bloc-notes** **Les chroniques de Didier Nordon**

Ce numéro comporte deux encarts d'abonnement
Pour la Science brochés sur la totalité du tirage.
En couverture : © Shutterstock.com/LaFifa

SCIENCE.fr

LETTRE D'INFORMATION



Ne manquez pas
la parution
de votre magazine
grâce à la NEWSLETTER

- Notre sélection d'articles
- Des offres préférentielles
- Nos autres magazines en kiosque



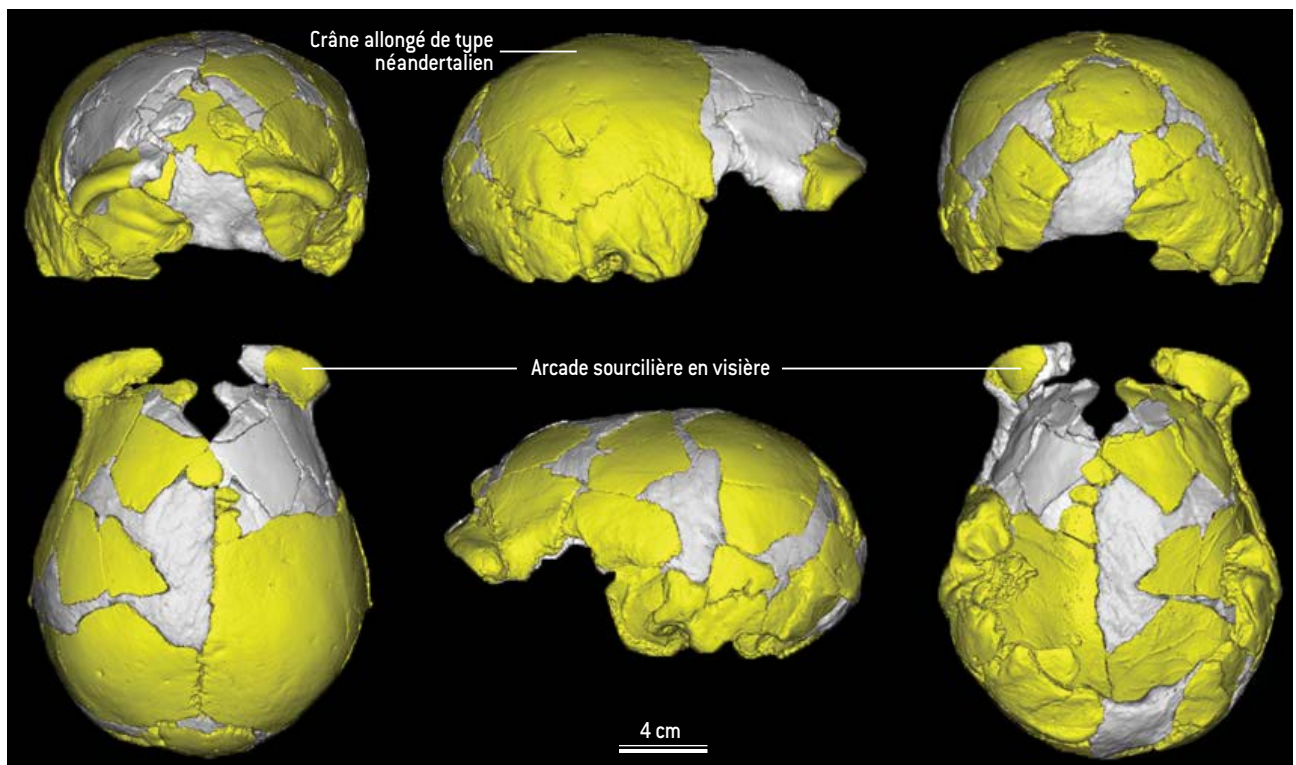
Recevez gratuitement la lettre d'information
en inscrivant uniquement votre adresse mail
sur www.pourlascience.fr

Actualités

Paléanthropologie

Une nouvelle espèce humaine découverte en Chine

Deux crânes de plus de 100 000 ans exhumés dans le Henan appartiendraient à une forme humaine inconnue jusque-là. S'agit-il de l'énigmatique hominidé de Denisova ?



En 2010, le séquençage de l'ADN extrait d'un fragment d'os découvert dans la grotte de Denisova, en Sibérie, créait une grande surprise : il appartenait à une nouvelle espèce humaine ! À ce jour, les « Denisoviens » ne sont connus que par leur ADN et les formes d'une phalange et d'une dent. Or la découverte en Chine de deux crânes partiels, par une équipe sino-américaine dirigée par Zhan-Yang Li, de l'université de Pékin pourrait compléter ce maigre tableau et laisser espérer une reconstitution de l'apparence d'un Denisovien.

Mais ces crânes sont-ils denisoviens ? Les chercheurs, dont l'éminent paléanthropologue

Erik Trinkaus de l'université Washington à Saint-Louis dans le Missouri, parlent à leur propos d'une nouvelle forme humaine ou d'une variante de Néandertalien. Ils évitent soigneusement d'employer le terme de Denisovien, auquel beaucoup de spécialistes pensent.

D'où viennent ces crânes et de quand datent-ils ? En 2007, Zhan-Yang Li achevait des fouilles près de Lingjing dans la province chinoise du Henan, soit à 4000 kilomètres de Denisova. Il explorait un site constitué de couches sédimentaires horizontales autour d'une source, quand il tomba sur du quartz taillé. Deux jours plus tard, son équipe mettait au jour un premier

morceau de crâne et décidait de prolonger ses recherches. En six mois, elle parvint à rassembler 45 fragments. Ces restes humains étaient associés à des outils de quartz taillé ou d'os et à tout un assemblage de restes de gros mammifères : cervidés, équidés, bovidés... Une série de mesures de la strate fossilifère, par luminescence stimulée optiquement, a permis de dater avec fiabilité les crânes entre 105 000 et 125 000 ans. Le climat terrestre était alors plus chaud qu'aujourd'hui.

Que traduisent ces crânes ? Il manque les mâchoires et les faces, mais les parties présentes suffisent à indiquer une ressemblance frappante avec *Homo neanderthalensis*. Le volume intérieur de l'un des

Les deux crânes de Lingjing présentent de nombreux traits archaïques communs avec des crânes de Néandertaliens européens ou proche-orientaux, mais ils sont plus graciles. Parce qu'ils sont denisoviens ?

spécimens atteint 1800 centimètres cubes, ce qui est dans le haut de la fourchette des volumes crâniens des Néandertaliens et des hommes modernes. L'un des crânes est doté d'une fosse susiniaque, c'est-à-dire d'une petite dépression horizontale de forme ovale sur la partie inférieure de la nuque. Or ce trait anatomique est considéré comme un caractère propre aux Néandertaliens. Les deux crânes ont

Astrophysique

Une fratrie de sept planètes rocheuses

En mai 2016, une équipe internationale annonçait la découverte de trois exoplanètes autour de l'étoile nommée Trappist-1. De nouvelles observations montrent que ce système est encore plus riche et contient sept planètes rocheuses de taille comparable à celle de la Terre. Émeline Bolmont, membre de l'équipe, nous en dit plus.

en outre des torus susorbitaires, c'est-à-dire des arcades sourcilières en visière similaires à celles des Néandertaliens. Pour autant, leur gracilité les distingue des crânes des Néandertaliens européens et proche-orientaux. Par ailleurs, ils ont contenu des cerveaux trop gros pour être ceux de représentants tardifs d'*H. heidelbergensis* (l'ancêtre d'*H. neanderthalensis* et d'*H. sapiens*) ou d'*H. erectus* (leur ancêtre).

Il ressort que même s'ils portent des traits archaïques, les crânes de Lingjing sont graciles comme des crânes d'*H. sapiens*. En outre, ils partagent des caractéristiques avec les crânes néandertaliens et sapiens, ce qui suggère un métissage. Pour l'instant, donc, il n'est pas possible de les classer.

Pour Erik Trinkaus, ces crânes ne sauraient être néandertaliens au sens strict. Sur la même ligne, son coauteur chinois Xiu-Jie Wu propose qu'ils appartiennent à une nouvelle forme humaine qui, il y a quelque 100 000 ans, constituait le type humain de l'Asie orientale. Laquelle ? « Ces fossiles sont au bon endroit et au bon moment avec les bonnes caractéristiques », commente Jean-Jacques Hublin, de l'institut Max-Planck d'anthropologie évolutionniste. Au bon endroit et avec les bonnes caractéristiques, mais pourquoi ? Pour expliquer l'énigme des Denisoviens ?

Oui, mais l'homme de Denisova n'étant connu que par son ADN, il n'est pas possible à ce jour de lui attribuer les crânes de Lingjing. La paléogénéticienne Qiaomei Fu, connue pour avoir mis en évidence un métisse *neanderthalensis-sapiens* roumain, a bien essayé d'en extraire de l'ADN. Sans succès.

François Savatier

Z.-Y. Li et al., *Science*, vol. 355, pp. 969-972, 2017

Pourquoi étudier une étoile telle que Trappist-1 ?

Émeline Bolmont : Cet astre, situé à seulement 40 années-lumière, est une étoile naine. Or les études montrent que ces étoiles, qui représentent 75 % des astres dans le voisinage du Soleil, hébergent beaucoup de planètes rocheuses. En outre, la détection par la méthode du transit consiste à mesurer la baisse de luminosité lorsqu'une planète passe devant l'étoile et en occulte une partie de la surface. En proportion, avec une étoile naine, la baisse de luminosité est plus importante et le transit plus facile à détecter.

Enfin, les planètes sont plus proches de l'étoile et leur période orbitale est donc plus courte. Nous observons plusieurs transits pour chaque planète, ce qui nous donne plus d'informations.

Pourquoi avoir fait de nouvelles observations ?

É. B. : Les analyses de 2016 montraient la présence de signaux de planètes non encore identifiées. Plusieurs télescopes ont donc scruté le système, dont le télescope spatial *Spitzer* sur une période de 20 jours. Et nous avons découvert sept planètes, toutes de la taille de la Terre, ou un peu plus petites, et de périodes de révolution comprises entre 1,5 et 20 jours.

Vous avez aussi estimé leur masse ?

É. B. : La méthode du transit ne donne pas directement accès à la masse. Cependant, comme les planètes de Trappist-1 sont très regroupées, elles influent gravitationnellement les unes sur les autres. Conséquence : leurs orbites ne sont pas exactement périodiques et les transits sont parfois en avance ou en retard. Nous exploitons ces variations pour estimer les masses. De nouvelles données nous aideront à mieux les déli-



Émeline Bolmont, postdoctorante, CEA-Saclay

miter, et donc à connaître la densité des planètes. Nous saurons ainsi si ces corps sont pourvus d'une atmosphère. L'étude des enveloppes gazeuses sera l'un des objectifs du futur télescope spatial *James Webb*. Trappist-1 sera idéal pour les étudier, car, en observant de nombreux transits dans ce système compact, nous pourrions estimer la composition des atmosphères.

Et qu'en est-il de l'eau ?

É. B. : Trois des planètes sont dans la zone habitable, c'est-à-dire qu'elles

sont à une distance telle qu'elles reçoivent juste assez d'énergie de l'étoile pour que l'eau puisse subsister à l'état liquide à leur surface. D'après nos modèles, les deux planètes les plus proches de l'étoile auraient perdu leur eau quand l'astre était jeune et qu'il rayonnait intensément. Les futures observations seront un test pour ces modèles.

Qu'avez-vous appris sur la formation des systèmes planétaires ?

É. B. : Les planètes de Trappist-1 sont en résonance orbitale. Cela signifie qu'il y a des relations particulières entre les durées de révolution. Par exemple, quand la planète nommée Trappist-1f fait quatre tours, Trappist-1g en fait trois. Ce phénomène est typique d'un système de planètes qui se sont formées dans le disque protoplanétaire à bonne distance de l'étoile, dans des régions riches en eau, puis qui ont migré vers l'étoile. Une autre question est de savoir si sept planètes rocheuses représentent une configuration exceptionnelle. Nous ne le savons pas encore. Jusqu'à présent, les modèles de formation se concentraient sur des systèmes similaires à celui du Soleil. Plusieurs équipes commencent à en développer pour des étoiles naines.

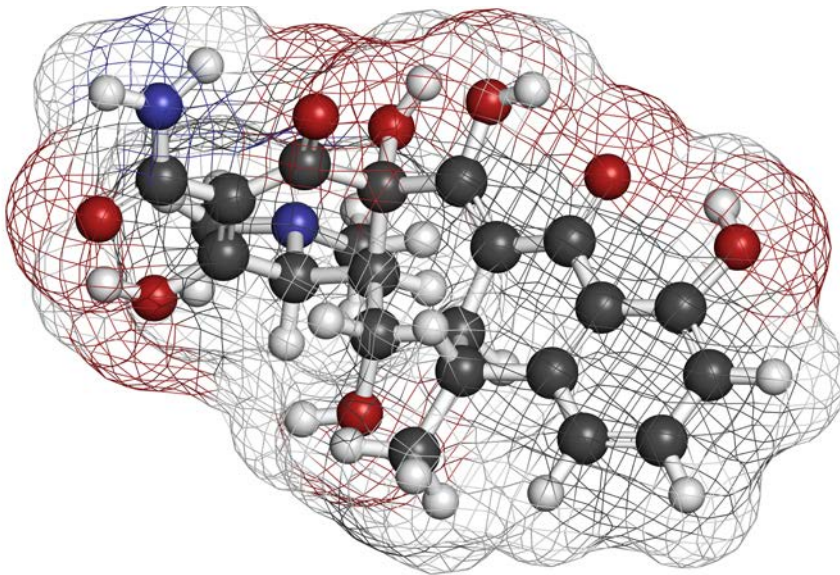
Sean Bailly

M. Gillon et al., *Nature*, vol. 542, pp. 456-460, 2017

Neurosciences

Un antibiotique contre la maladie de Parkinson ?

La doxycycline, un antibiotique classique, semble protéger les neurones d'animaux atteints de la maladie de Parkinson, en empêchant la formation d'agrégats toxiques.



© Shutterstock / molekul.be

Représentation d'une molécule de l'antibiotique doxycycline. Cette molécule empêche la formation d'agrégats toxiques d' α -synucléines dans le cerveau.

Les synucléinopathies, ou pathologies de l' α -synucléine, sont des neurodégénérescences cérébrales liées à l'accumulation anormale d'agrégats de protéines α -synucléines dans les neurones et les cellules environnantes. Les plus connues sont la maladie de Parkinson, qui touche 1 % des personnes de plus de 65 ans (100 000 à 120 000 personnes atteintes en France), la démence à corps de Lewy et l'atrophie multisystématisée.

Dans la maladie de Parkinson, les agrégats provoquent la mort de certains neurones, d'où les symptômes moteurs : tremblements, rigidité des muscles, lenteur des mouvements. Aucun traitement empêchant la mort neuronale ou l'agrégation de la protéine pathologique n'existe à ce jour, même si plusieurs pistes sont envisagées. Cependant, Rita Raisman-Vozari, Julia Sepulveda-Diaz et leurs collègues, de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (ICM) à Paris, viennent de montrer qu'un antibiotique classique utilisé depuis plus d'un demi-siècle pourrait éviter la mort

des neurones en modifiant l'agrégation de l' α -synucléine.

L' α -synucléine est présente dans toutes les cellules, mais sa fonction normale reste méconnue. En revanche, dans certaines conditions, elle se modifie et s'aggrave pour former des oligomères, des associations de plusieurs protéines, puis des fibrilles, des enchevêtrements de plusieurs oligomères. Ces fibrilles provoquent une activation du système immunitaire et la libération de facteurs inflammatoires, qui perturbent l'activité des mitochondries (les centrales énergétiques des cellules). Des molécules oxydées toxiques apparaissent alors – ce que l'on nomme le stress oxydatif –, qui, à leur tour, amplifient le phénomène d'agrégation tout en abîmant la membrane des cellules. Tous ces facteurs contribuent à la mort des neurones.

Les chercheurs tentent donc d'agir à différents niveaux de ce processus : bloquer l'inflammation, empêcher l'agrégation de l' α -synucléine, limiter le stress oxydatif, rétablir l'activité des mitochondries. Mais les molécules

efficaces *in vitro* ne protègent pas les neurones *in vivo*. Sauf une : la doxycycline, un antibiotique de la famille des tétracyclines, qui tue les bactéries, mais qui a aussi un effet protecteur chez les animaux développant une maladie de Parkinson.

Comment agit cet antibiotique ? Des études antérieures ont montré que la doxycycline a des propriétés anti-inflammatoires et antioxydantes, insuffisantes toutefois pour expliquer la neuroprotection. Les chercheurs de l'ICM ont donc supposé qu'elle avait une autre cible.

En faisant incuber de la doxycycline avec des protéines α -synucléines et en utilisant des techniques d'observation moléculaire telles que la microscopie électronique à transmission, ils ont constaté que les oligomères ne se transformaient jamais en fibrilles et que l'antibiotique se liait à des sites spécifiques des oligomères. Ces derniers adoptaient alors une structure différente de celle formée sans antibiotique et incapable de s'agréger. Puis, en plaçant des cellules en contact d' α -synucléine et de doxycycline, les chercheurs ont montré qu'elles ne mouraient pas, leur membrane restant intacte.

La doxycycline ne se fixe pas sur les monomères, qui ont probablement des fonctions importantes dans les conditions normales, et traverse la barrière protégeant le cerveau. Et ce, dès l'administration d'une dose de 20 à 40 milligrammes par jour, bien inférieure à celle ayant un effet antibiotique. Il est donc envisageable de l'utiliser chez l'homme. Un essai clinique sera prochainement lancé pour évaluer son efficacité chez les patients atteints d'une synucléinopathie.

Bénédicte Salthun-Lassalle

F. González-Lizárraga et al., *Scientific Reports*, en ligne le 3 février 2017

1%
des Français

de plus de 65 ans souffrent de la maladie de Parkinson. C'est la deuxième maladie neurodégénérative la plus fréquente en France. Aucun traitement curatif n'existe.