

SCIENCE

PHYSIQUE
**DOMPTER
LES PHOTONS GRÂCE
À LA TOPOLOGIE**

MATHÉMATIQUES
**LES INTRIGANTS
CHEMINS DE LA
FOURMI DE LANGTON**

MISSION GAIA
**LA VOIE LACTÉE
CARTOGRAPHIÉE
EN 3D**

AGRICULTURE
BIODIVERSITÉ **LA FIN
DES INSECTES ?**
Les chiffres d'une catastrophe annoncée



M 02687 - 503 - F: 6,90 € - RD





Pie grièche écorcheur



Leucorrhine à gros thorax



Abeille butinant une fleur de cognassier



Sabot de Vénus

BIODIVERSITÉ :

AGIR AUJOURD'HUI POUR DEMAIN

Massifs du Jura, des Vosges, du Morvan, forêts milieux humides et aquatiques comme les marais tufeux et les tourbières... Cette biodiversité fournit des ressources indispensables à notre quotidien, elle fait la beauté et le caractère de la Bourgogne-Franche-Comté. C'est pourquoi la Région mène une démarche volontariste pour sa préservation.

Connaitre pour protéger

La Région est partie prenante dans l'observatoire régional de la biodiversité qui étudie l'état et l'évolution de la biodiversité. Elle soutient aussi financièrement les associations naturalistes dont les observations de terrain alimentent l'observatoire, tel que, le conservatoire botanique national de Franche-Comté - Observatoire régional des invertébrés pour ses actions d'inventaire de la flore et des insectes.

Conserver les espaces et les espèces

La Bourgogne-Franche-Comté compte 18 réserves naturelles régionales, allant des pelouses sèches aux tourbières, des forêts aux prairies et aux grottes à chiroptères. La Région s'engage, aux côtés des gestionnaires, pour protéger ces milieux remarquables. Elle porte des appels à projets notamment pour la sauvegarde des bocages et vergers et soutient aussi des associations de sauvegarde telle qu'Athénas, qui protège le lynx boréal.

Impliquer et transmettre

La protection de la biodiversité est notre affaire à tous, la Région en est convaincue. Elle a ainsi lancé une grande concertation qui a déjà recueilli 2000 contributions. Il n'y a pas d'âge pour s'impliquer ! Les classes environnement, proposées aux écoles par la Région, permettent d'éduquer à la nature et à l'environnement environ 7000 élèves par an.

Une agence régionale de la biodiversité

Créée en juin 2019 et basée à Besançon, capitale française de la biodiversité, cette Agence (régionale de la biodiversité) sera un précieux outil pour renforcer les liens entre naturalistes, acteurs économiques, chercheurs, citoyens. L'agence proposera de nouveaux modèles et services pour rendre les politiques d'intervention plus cohérentes et efficaces et faire de la biodiversité une source de développement économique et de création d'emplois.

PRESSE ET COMMUNICATION

Susan Mackie
susan.mackie@pourlascience.fr • Tél. 01 55 42 85 05

PUBLICITÉ France

stephanie.jullien@pourlascience.fr

ABONNEMENTS

Abonnement en ligne: <https://boutique.pourlascience.fr>
Courriel: pourlascience@abopress.fr

Tél. 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

DIFFUSION

Contact kiosques: À Juste Titres ; Stéphanie Troyard
Tél. 04 88 15 12 48

Information/modification de service/réassort:
www.direct-editeurs.fr

SCIENTIFIC AMERICAN

Editor in chief: Mariette DiChristina

President: Dean Sanderson

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. 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 %
«Eutrophisation» ou «Impact sur l'eau»: P_{tot} 0,007 kg/tonne



Certifié PEFC

Ce produit est issu de forêts gérées durablement et de sources contrôlées.

10-31-1282

pefc-france.org

É DITO



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

ADIEU BUPRESTE, SYRPHE, BOURDON, ÆSCHNE...

Tous les entomologistes, qu'ils soient amateurs ou professionnels, vous le diront: on voit de nos jours moins d'insectes dans les campagnes qu'il y a, mettons, vingt ou trente ans. Et le « syndrome du pare-brise » devient célèbre: on fait aujourd'hui de longs trajets sur autoroute sans avoir, en saison, à s'arrêter régulièrement pour nettoyer le pare-brise maculé par les collisions avec les insectes volants. Mais au-delà des nombreux témoignages personnels, le déclin des populations d'insectes est-il étayé scientifiquement?

Il n'y a pas encore de réponse simple à cette question, pour diverses raisons. Les études sur l'évolution de l'abondance entomologique sont difficiles, peu nombreuses et portent sur des groupes particuliers d'insectes, qui plus est dans des régions limitées. Reste qu'un faisceau d'indices tend à montrer que l'on assiste bel et bien à une baisse rapide des populations d'insectes, un peu partout dans le monde.

Parmi ces indices, le plus frappant et le plus médiatisé est l'étude dite de Krefeld, publiée en 2017 et selon laquelle la masse d'insectes volants a diminué de plus de 75% en moins de trente ans dans les réserves naturelles de l'ouest de l'Allemagne (voir l'article de Josef Settele, pages 26 à 34). D'autres études de ce genre sont à mener pour préciser ou nuancer le tableau, mais celui-ci reste fort inquiétant, notamment pour le futur de l'agriculture étant donné le rôle des insectes pollinisateurs dans la production végétale (voir l'entretien avec Jean-François Silvain, pages 36 à 39).

Si déclin rapide des insectes il y a, quelles sont ses causes? Là encore, les études quantitatives restent insuffisantes, mais les suspects sont nombreux et évidents: disparition ou fragmentation des habitats, étalement urbain, artificialisation des berges, assèchement des zones humides, pollution, pesticides, agriculture intensive... Y remédier est possible, mais impliquerait, comme pour la question du climat, des changements profonds qui heurteraient des intérêts particuliers. À n'en pas douter, cela fera naître des bataillons d'entomoscopes. ■

SOMMAIRE

N° 503 /
Septembre 2019

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Un très vieux crâne grec présumé *sapiens*
- À Mayotte, un volcan vient de naître
- Le chasse-neige des anneaux de Saturne
- Des arbres contre le réchauffement
- Le plus ancien homicide européen
- Massages à l'acide et aux mandibules
- 'Oumuamua: pas d'extraterrestres
- Le poisson-zèbre dort comme nous
- Un traitement supprime le virus du sida chez la souris
- L'origine de la collerette du dragon

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 20

AGENDA

P. 22

HOMO SAPIENS INFORMATICS

De l'intérêt d'enseigner par projets
Gilles Dowek

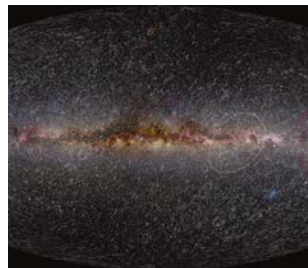
P. 24

QUESTIONS DE CONFIANCE

Comment défendre la science?

Virginie Tournay

GRANDS FORMATS



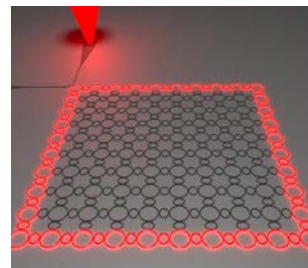
P. 40

ASTRONOMIE

LA PREMIÈRE CARTE 3D DE LA VOIE LACTÉE

Carme Jordi et Eduard Masana

Plus de 1,3 milliard d'étoiles de notre galaxie cartographiées avec une précision inédite: ce catalogue dressé par la mission spatiale européenne *Gaia* transforme la vision et la compréhension que nous avons de notre environnement cosmique.



P. 60

PHYSIQUE

DOMPTER LES PROTONS GRÂCE À LA TOPOLOGIE

Olivier Bleu, Dmitry Solmyshkov et Guillaume Malpuech

Les performances des techniques de communication fondées sur des systèmes optiques plafonnent. Mais un domaine de recherche récent, la photonique topologique, ouvre la voie à un nouvel élan d'innovations.



P. 50

CLIMATOLOGIE

LE JET-STREAM, AMPLIFICATEUR MÉTÉOROLOGIQUE

Michael E. Mann

Ce courant de vents violents qui circulent à haute altitude est parfois responsable dans nos latitudes d'événements météorologiques extrêmes. Selon certaines prévisions, le réchauffement climatique renforcera vers 2050 cette tendance.

975 P. 71 CAHIER PARTENAIRE

LA SCIENCE DOIT JOUER SON RÔLE POUR GARANTIR UN MONDE DURABLE

Entretien avec Jean-Paul Moatti, président-directeur général de l'Institut de recherche pour le développement (IRD).



POUR LA
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



Inscrivez-vous
www.pourlascience.fr



En couverture :
© iStock/dtimiraos

Les portraits des contributeurs
sont de Seb Jarnot



P.74

HISTOIRE DES SCIENCES

LA VOLTE-FACE DU PROFESSEUR ECCLES

Jean-Gaël Barbara

Pendant vingt ans, le neurophysiologiste australien John Eccles a défendu l'idée que les neurones communiquent par des courants électriques. Puis, soudainement, il invalida sa propre théorie et prouva que la communication est chimique. Un modèle de pensée autocritique...

À LA
UNE

P.26

ÉCOLOGIE

LES INSECTES EN CHUTE LIBRE

Josef Settele

Les populations d'insectes s'effondrent, même dans les réserves naturelles, révèle une étude réalisée en Allemagne. Un constat alarmant, qui semble valable pour bien d'autres régions dans le monde.



P.36

ÉCOLOGIE

« 35 % DE NOS RÉCOLTES DÉPENDENT DES POLLINISATEURS »

Entretien avec Jean-François Silvain

Visible par chacun, l'effondrement de grandes populations d'insectes menace le fonctionnement des écosystèmes et notre alimentation. Jean-François Silvain, le président de la Fondation pour la recherche sur la biodiversité (FRB), commente ces enjeux.

RENDEZ-VOUS

P.80

LOGIQUE & CALCUL

LES INTRIGANTS CHEMINS DE LA FOURMI DE LANGTON

Jean-Paul Delahaye

Elle va et vient et occupe petit à petit une zone infinie du plan: la fourmi automatique de Langton décrit des trajectoires dont la complexité ne livre que lentement ses secrets.



P.86

**ART & SCIENCE
L'ASSASSIN
ÉTAIT UN FICUS**

Loïc Mangin

P.88

**IDÉES DE PHYSIQUE
COUP DE CHALEUR
SUR LE CAOUTCHOUC**

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

P.92

**CHRONIQUES
DE L'ÉVOLUTION
QUAND LES PLANTES
GRAVISSENT
LES MONTAGNES**

Hervé Le Guyader

P.96

**SCIENCE & GASTRONOMIE
JUTOSITÉ
ET TENDRETÉ**

Hervé This

P.98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos

P.18 Livres du mois

P.20 Agenda

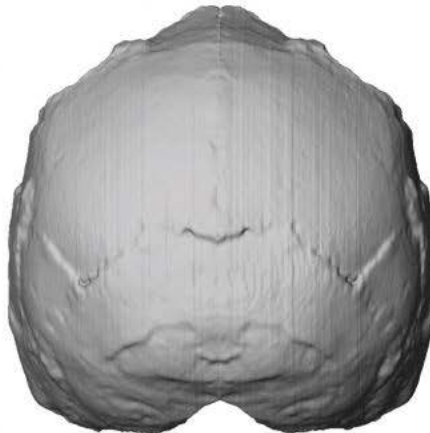
P.22 *Homo sapiens informaticus*

P.24 Questions de confiance

PALÉOANTHROPOLOGIE

UN TRÈS VIEUX CRÂNE GREC PRÉSUMÉ SAPIENS

Des chercheurs affirment qu'un crâne découvert dans la grotte d'Apidima, en Grèce, est celui d'un *Homo sapiens* vieux de 210 000 ans. Mais ce résultat soulève des doutes.



À gauche, le scan 3D d'Apidima 1; au milieu, la reconstruction de la calotte complète par symétrisation; à droite, le fossile encore lié à la matrice minérale dont il a été tiré.

À la fin des années 1970, Théodore Pitsios, médecin et amateur de préhistoire, découvrait deux crânes humains fossiles dans la grotte d'Apidima, en Laconie (Péloponnèse). Deux groupes de chercheurs viennent d'en publier de nouvelles analyses, qui sont contradictoires.

Selon la première équipe, celle de Marie-Antoinette de Lumley, directrice de recherche émérite au CNRS, les deux crânes sont ceux de pré-Néandertaliens de même âge, puisque trouvés ensemble: quelque 160 000 ans. Dirigée par Katerina Harvati, de l'université de Tübingen, la deuxième équipe a fait sensation: si, comme la première, elle attribue le crâne noté Apidima 2 à un pré-Néandertalien mort il y a quelque 170 000 ans, elle voit dans le crâne Apidima 1 un *Homo sapiens* archaïque, qui aurait vécu il y a quelque 210 000 ans.

Or aucun fossile *sapiens* de plus de 43 000 ans n'avait jamais été trouvé jusqu'à présent en Europe!

Reste que l'étude d'Apidima 1 est plus que délicate, car le fossile se limite à une demi-calotte crânienne postérieure gauche. L'équipe de Katerina Harvati conclut qu'il est *sapiens* sur la base d'une analyse morphométrique, c'est-à-dire d'une comparaison statistique des détails géométriques de deux zones de la surface d'Apidima 1 avec ceux des mêmes zones sur les calottes d'autres formes humaines (*Homo sapiens* anciens, Néandertaliens, humains des Paléolithiques moyens africain et européen). Il en ressort que les détails observés sur Apidima 1 sont plus proches de ceux des calottes des *H. sapiens* anciens que de ceux des calottes de toutes les autres formes humaines considérées. D'où la proposition de ces chercheurs: Apidima 1 est un *H. sapiens* archaïque.

Cette conclusion soulève de nombreux doutes chez les préhistoriens. L'un s'étonne par exemple qu'aucune comparaison n'ait été entreprise avec des crânes préneandertaliens européens de même époque, par exemple avec ceux vieux de 200 000 ans de la grotte de la Chaise, en Charente (abri Suard). Pour sa part, Silvana Condemi, du CNRS, ne croit pas que l'absence sur Apidima 1 d'un «chignon néandertalien» (une petite bosse nucale), soulignée par l'équipe de Katerina Harvati, soit significative: on ne le connaît en effet que sur des Néandertaliens plus tardifs. En revanche, elle note sur les scans d'Apidima 1 présentés par les chercheurs que «les insertions des muscles sur la nuque

ressemblent à celles des Néandertaliens; et que la largeur maximale du crâne est en position basse comme chez tous les Néandertaliens»; pour elle, il est clair que ce morceau de calotte ne suffira pas à établir un diagnostic précis d'espèce, et il lui semble plutôt préneandertalien.

Les datations d'Apidima 1 et 2 sont aussi problématiques. Pour commencer, les fossiles ont été trouvés à quelques centimètres l'un de l'autre au sein du remplissage détritique d'une fente soudée par une matrice minérale fine, donc en l'absence de contexte stratigraphique aidant à dater. Dès lors, l'estimation de leurs âges ne pouvait que reposer sur une méthode physique: la datation par l'uranium-thorium. Or l'application de cette technique s'est révélée difficile: les chercheurs ont écarté 19 des 25 points de mesure choisis, parce que trop douteux (en raison d'une vraisemblable migration d'uranium entre la matrice et le fossile); et les autres font varier l'âge minimal du fossile entre 50000 et 350000 ans. En fin de compte, l'âge de 210000 ans attribué à Apidima 1 est une moyenne entre des résultats hautement variables...

Par ailleurs, le statut problématique d'Apidima 1 n'est pas étonnant si l'on considère le cas d'un autre fossile grec: le crâne de Petralona. Depuis sa découverte, l'âge de ce fossile est controversé: le consensus est qu'il daterait de 200000 à 400000 ans. Or, a fait remarquer dans sa thèse le paléoanthropologue Gaspard Guipert, de l'université de Lyon, le crâne de Petralona est morphologiquement très proche de celui de Kabwe, en Zambie, vieux de 150000 à 300000 ans, et de celui de Bodo, en Éthiopie, âgé de 500000 à 600000 ans. Une constatation qui illustre les limites de l'analyse morphologique en l'absence, sur un fossile, de traits diagnostiques de l'espèce: que dit cette méthode en effet quand elle conduit à rapprocher des fossiles aussi dispersés dans le temps et dans l'espace que ceux de Kabwe et de Bodo? Et que dit-elle dans le cas d'une demi-calotte postérieure gauche, difficile à dater, péniblement tirée d'une gangue minérale, qui s'est sans doute mélangée avec elle et l'a déformée, et tout cela compte tenu de la variabilité existant toujours au sein d'une espèce? ■

FRANÇOIS SAVATIER

K. Harvati et al., *Nature*, vol. 571, pp. 500-504, 2019; M.-A. de Lumley (dir.), *Les restes humains anténeandertaliens Apidima 1 et Apidima 2*, CNRS Éditions, 2019

À Mayotte, un volcan vient de naître

Pour la première fois, des géologues ont observé « en direct » la formation d'un nouveau volcan, de 800 mètres de haut... mais à 3 500 mètres de profondeur au large de Mayotte. Stéphan Jorry, chercheur à l'Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer (Ifremer) et responsable de la mission, raconte cette découverte.



Propos recueillis par NICOLAS BUTOR

STÉPHAN JORRY
chercheur en
géosciences marines
à l'Ifremer, à Brest

En quoi la situation à Mayotte est-elle inédite ?

C'est une découverte scientifique unique. Mayotte n'était pas considérée comme une zone sismogène : le dernier séisme avait eu lieu dans les années 1990 et n'avait été que peu ressenti à terre. Puis plusieurs séismes se sont succédé depuis mai 2018. Cela a été terrible pour la population, des gens ont dormi dehors pendant des nuits... Nous sommes donc partis en campagne pour comprendre ce phénomène et éclairer la population mahoraise, la préfecture de Mayotte, et les ministères de la Transition écologique et solidaire et de l'Enseignement supérieur.

L'essentiel de la sismicité est aujourd'hui localisé à 5-15 kilomètres au large de l'île de Petite-Terre. Mais, lors de nos deux premières campagnes, Mayobs 1, en mai 2019, puis Mayobs 2, en juin, nous avons mis en évidence, en continuité avec la zone de sismicité, un volcan sous-marin à 50 kilomètres de l'île, sorti en une année ! Grâce aux données bathymétriques recueillies, nous avons calculé que 5 kilomètres cubes de lave ont été émis depuis juin 2018, soit environ 30 % de la production annuelle de magma sur l'ensemble des dorsales océaniques de la planète. C'est exceptionnel, même par rapport aux phénomènes éruptifs à terre.

À quel contexte géodynamique est associé ce volcan ?

Pour l'heure, il est difficile de répondre. Peut-être est-ce un point chaud, avec une chambre magmatique très profonde d'où remonte du magma ; ou une dorsale océanique, c'est-à-dire une limite de plaque. Plusieurs équipes travaillent sur le sujet. L'Ifremer étudie les éléments présents à l'état de traces dans les roches, et une équipe à l'université Clermont-Auvergne se penche sur la géochimie de ces laves, en coordination avec l'Institut de physique du globe de

Paris (IPGP). Nous avons aussi eu la surprise de collecter des roches riches en gaz sur le volcan actif. On souhaite y mesurer des éléments, comme la concentration en isotopes de l'hélium, qui renseigneront sur la profondeur de la source. Tous ces indices nous aideront à définir le contexte géodynamique.

Quels sont les objectifs des campagnes suivantes ?

Deux nouvelles campagnes, Mayobs 3 et 4, ont été organisées en juillet. Pour Mayobs 3, dirigée par Isabelle Thinon, du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM), il s'agissait de récupérer des sismomètres de fond de mer, qui avaient été déployés pendant Mayobs 2 pour aider à localiser les séismes, horizontalement et en profondeur. Et durant Mayobs 4, codirigée par Nathalie Feuillet, de l'IPGP, et Yves Fouquet, de l'Ifremer, les chercheurs ont utilisé *Scampi*, une caméra tractée près du fond par le navire, pour observer en direct l'activité magmatique et fluide, ainsi que la sonde *CTD Rosette*, qui piège de l'eau que nous pourrions analyser. Ils ont aussi utilisé de nouvelles dragues à roches pour compléter les échantillons. Enfin, à l'aide d'outils plus précis, ils ont affiné la connaissance de la structure du fond océanique, notamment de son évolution depuis juin.

Qu'espérez-vous apprendre ?

Aujourd'hui, aucun modèle n'explique ce phénomène ; nous allons donc en apprendre beaucoup en termes de géodynamique. De plus, l'événement volcanique au fond de la mer étant récent, nous allons pouvoir suivre la colonisation de ce nouveau relief par les organismes vivants. On peut aussi s'intéresser à l'influence des fluides du volcan, qui s'échappent sur deux kilomètres de haut, et de la zone de sismicité sur la composition chimique de l'océan... Pour l'instant, ce ne sont que des questions, mais les perspectives scientifiques sont immenses. ■

brgm.fr/actualite/seismes-mayotte-conclusions-seconde-campagne-oceanographique

ASTROPHYSIQUE

LE CHASSE-NEIGE DES ANNEAUX DE SATURNE

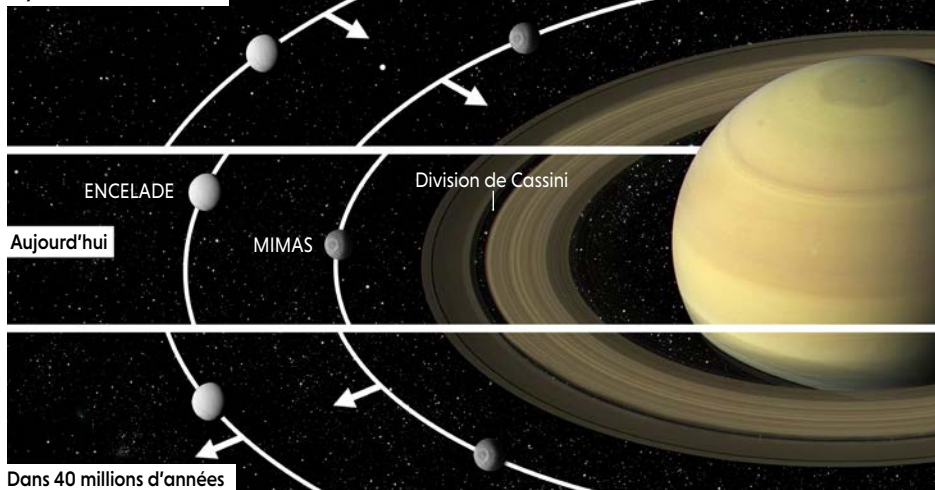
Mimas, satellite de Saturne, aurait déblayé à distance une région des anneaux de la planète géante et ainsi donné naissance à la division de Cassini.

En 2017, vingt ans après son lancement dans l'espace, la sonde *Cassini* se désintègre dans l'atmosphère de Saturne. Lors de sa descente, elle a évalué avec précision la masse des anneaux de Saturne, emblématiques de la planète, ce qui a conduit à une réestimation totale de leur âge : on les pensait formés en même temps que la planète et le Système solaire, il y a près de 4,5 milliards d'années, mais ils auraient en fait seulement 100 millions d'années. Cette découverte a remis en question la théorie de la formation de la division de Cassini, une bande sombre de très faible densité au regard des anneaux qui l'entourent. Kévin Baillié, de l'observatoire de Paris, Benoît Noyelles, de l'université de Franche-Comté, et leurs collègues ont alors proposé une nouvelle explication pour la naissance de cette structure.

Le scénario précédent supposait une résonance gravitationnelle entre le satellite Mimas et les corps situés dans la future division de Cassini. Ce phénomène est bien connu des astrophysiciens : lorsque des corps sont en orbite autour d'un même astre avec des périodes de révolution dont le rapport est un nombre entier (ou demi-entier), leur interaction est renforcée et peut perturber leur trajectoire. C'est le cas autour de Saturne où les particules de glace d'une zone des anneaux tournent avec une période précisément deux fois plus courte que Mimas.

Cependant, 100 millions d'années n'auraient pas été suffisantes pour former ainsi une telle structure de 4500 kilomètres de large. Les chercheurs ont alors proposé que Mimas se soit rapproché de Saturne dans le passé, en entraînant à distance les particules des anneaux qui étaient en résonance avec lui. Leurs simulations hydrodynamiques montrent qu'une migration sur 10 millions d'années serait capable de balayer les particules présentes dans la division de Cassini, Mimas agissant comme un chasse-neige à distance ! Le satellite serait maintenant dans une seconde phase de migration, confirmée par les observations, qui l'éloigne de la géante gazeuse. Depuis que le satellite a entamé son éloignement, la division de Cassini commence à se

Il y a 10 millions d'années



En se rapprochant de Saturne, Mimas et Encelade ont déblayé à distance une région dans les anneaux de la planète, à l'origine de la division de Cassini. La migration des deux satellites s'est inversée, ils s'éloignent de Saturne. Privée de son chasse-neige, la division de Cassini se remplira de débris et devrait disparaître dans 40 millions d'années.

remplir à nouveau et devrait totalement se refermer dans 40 millions d'années.

On explique facilement l'éloignement actuel de Mimas : du fait des forces de marées entre celui-ci et Saturne, la vitesse de rotation de la planète diminue et, par conservation du moment cinétique total, le satellite s'en éloigne. On observe aussi ce phénomène avec la Lune, qui s'écarte d'environ quatre centimètres par an de la Terre. En revanche, comment expliquer la phase passée de rapprochement de Mimas ?

Dans le cas d'un satellite assez mou, les forces de marée chauffent celui-ci et il se rapproche de la planète. Problème : la forte activité thermique résultante aurait fondu et lissé la surface de Mimas, ce qui est incompatible avec les observations de nombreux cratères d'impact sur le satellite. Pour résoudre cette contradiction, Kévin Baillié, Benoît Noyelles et leurs collègues ont repris des idées similaires mais en impliquant deux satellites, Mimas et Encelade. En effet, si deux lunes sont en résonance, il est possible que l'échauffement de l'une entraîne la migration de l'autre. Mimas et Encelade auraient migré tous les deux et seul le second aurait chauffé. Ainsi, Mimas aurait bien agi comme un chasse-neige à distance sur les anneaux de Saturne ! ■

IZIA PÉTILLON

K. Baillié et al., *MNRAS*, vol. 486, pp. 2933-2946, 2019 ;
B. Noyelles et al., *ibid.*, pp. 2947-2963.

EN BREF

TRIO D'EXOPLANÈTES POUR TESS

Grâce à Tess, un satellite chasseur d'exoplanètes, Maximilian Günther, de l'institut de technologie du Massachusetts, et ses collègues ont trouvé une superterre et deux minineptunes en orbite serrée autour de l'étoile TOI-270, située à seulement 73 années-lumière du Système solaire. La proximité de ces « voisins » et le fait que leur étoile soit plutôt calme offrent des conditions idéales pour mieux comprendre comment ces exoplanètes se forment et évoluent. Une cible parfaite pour le futur télescope spatial *James-Webb*.

UN OISEAU AU LONG DOIGT DANS L'AMBRE

C'est un attribut inédit : Lida Xing, de l'université de géosciences de Pékin, et ses collègues ont décrit un oiseau pourvu d'un doigt exceptionnellement long. Les chercheurs ont reconstitué le fossile d'*Elektorornis chenguangi*, piégé dans l'ambre et vieux de 99 millions d'années, grâce à la microtomographie à rayons X. Le troisième doigt de sa patte mesure 9,8 millimètres, soit plus que la partie inférieure de sa patte ! Il aurait utilisé ce doigt pour extraire de la nourriture de troncs d'arbres.

ALLERGIE : SOLUTION INEFFICACE

Pour les bébés dont un parent présente une allergie alimentaire et qui ne sont pas exclusivement allaités, on recommande des préparations hypoallergéniques (les protéines y sont fragmentées par chauffage). Cette alimentation éviterait à l'enfant de développer des allergies plus tard. Est-ce efficace ? Des chercheurs de l'Inra et de l'Inserm ont suivi 15 000 enfants pendant deux ans. Ils n'ont observé aucun effet protecteur, et même constaté une hausse des cas d'allergies plus tard.

CLIMATOLOGIE

DES ARBRES CONTRE LE RÉCHAUFFEMENT

Les plantes croissent en utilisant du dioxyde de carbone (CO_2), l'un des gaz à effet de serre de l'atmosphère. Ainsi, les arbres piègent du carbone et contribuent à atténuer le réchauffement de la planète. Mais quelle surface pourrait-on reboiser concrètement et pour quel effet ? Pour le savoir, Jean-François Bastin, de l'école polytechnique fédérale de Zurich, et ses collègues ont étudié l'influence du climat, de la topographie et de la nature du sol sur la répartition des arbres pour établir une carte prédictive du couvert végétal à l'échelle globale. Grâce à cette approche, ils ont estimé que 900 millions d'hectares seraient disponibles pour la reforestation (une augmentation des forêts de plus de 25%) et permettraient de stocker à maturité 205 milliards de tonnes de CO_2 , soit deux tiers des émissions anthropiques totales depuis le début de l'ère industrielle.

Mais l'optimisme doit être tempéré, car ces résultats présentent plusieurs limites. Les chercheurs n'ont pas déterminé quelle proportion de cette surface appartient à des propriétaires privés. De plus, localement, la reforestation n'est pas forcément synonyme de refroidissement. Aux hautes latitudes, les arbres absorbent plus les rayonnements solaires que ne le fait la neige, qui a un fort



Les forêts tropicales piègent beaucoup de carbone. Une piste pour lutter contre le changement climatique ?

pouvoir réfléchissant, ce qui entraîne un effet réchauffant, au moins en hiver.

Enfin, si le modèle des chercheurs prend en compte le réchauffement, qui implique que certaines régions tropicales, actuellement boisées, verront leur couvert végétal disparaître d'ici à 2050, il omet d'autres facteurs, comme l'augmentation des événements extrêmes ou les attaques de ravageurs. La surface disponible pour la reforestation devrait ainsi baisser plus rapidement. Pour lutter contre le changement climatique, il faut donc agir vite, et avant tout diminuer les émissions de gaz à effet de serre. ■

N. B.

J. F. Bastin et al., *Science*, vol. 365, pp. 76-79, 2019

PRÉHISTOIRE

LE PLUS ANCIEN HOMICIDE EUROPÉEN

L'affaire date de 1941. Cette année-là, des mineurs découvrent un crâne isolé dans la grotte de Cioclovina, dans les Carpates méridionales, en Roumanie. Toutefois, la guerre fait rage et le fossile est oublié jusque dans les années 1970. Des chercheurs y notent alors des blessures, mais ne s'accordent pas sur leur explication. Ce n'est qu'en 2018 que l'équipe d'enquêteurs grecs, roumains et allemands dirigée par Katerina Harvati, de l'université de Tübingen, en Allemagne, débloque enfin le dossier.

Vieux d'environ 33 000 ans selon sa datation par le radiocarbone, ce crâne comporte deux lésions : un enfoncement local entouré de fractures radiales sur le haut du côté droit et une fracture linéaire courant de l'occipital jusqu'à l'os sphénoïde droit (plaque osseuse située en arrière de l'orbite sous la tempe). En comparant ces lésions à celles observées sur les têtes de



Le crâne découvert en 1941 dans la grotte de Cioclovina.

victimes d'homicide au gourdin et de soldats du Moyen Âge morts d'un coup de masse, et en les reproduisant à l'aide de crânes expérimentaux (sphères d'os artificiel remplies de gélatine), les chercheurs ont prouvé qu'un Européen de l'Aurignacien (43 000 à 31 000 ans avant le présent) en a assassiné un autre avec sa massue. ■

F. S.

E. Kranioti et al., *PLOS ONE*, en ligne le 3 juillet 2019

EN IMAGE

MASSAGES À L'ACIDE ET AUX MANDIBULES

La concurrence étant faible, consommer une plante toxique peut être un avantage... à condition de déjouer cette toxicité. La chenille de *Theroa zethus*, un papillon de nuit, est l'une des rares espèces à se nourrir d'euphorbes, plantes annuelles qui produisent un latex blanc irritant, voire léthifère pour les insectes. David Dussourd, de l'université de Central Arkansas, aux États-Unis, et ses collègues ont examiné comment elle bloque l'écoulement du latex des feuilles dont elle se nourrit. Lacérations, jets d'acide, massages... la recette est complexe!

Lorsque les euphorbes sont agressées, elles émettent leur latex, qui s'écoule des entailles. Or quand *T. zethus* grignote les feuilles d'euphorbe, très peu de latex s'écoule. David Dussourd et ses collègues ont donc filmé les chenilles en plein repas: elles exercent avec leurs mandibules une série de compressions sur les pétioles (petites tiges) avant d'en manger les feuilles (*ci-contre*). Mais quand les chercheurs ont reproduit des compressions similaires, l'écoulement de latex ne s'est réduit que de moitié...

En fait, avant de masser les pétioles, *T. zethus* les lacère, puis les asperge de jets d'acide. Les chercheurs ont donc abrasé des pétioles avec du papier de verre avant de les traiter à l'acide. Les pétioles ont alors émis 25 fois moins de latex que ceux traités à l'eau. L'acide entraîne une déformation des parois des cellules végétales, ce qui perturbe l'écoulement du latex. De plus, il ramollit le pétiole et facilite ainsi sa compression. Le cumul des lacérations, de l'acide et des compressions conduit donc à la rupture des canaux laticifères et bloque l'écoulement du latex toxique.

D'autres espèces pratiquent la compression des pétioles et les jets d'acide, mais *T. zethus* est la seule à combiner les deux à des fins alimentaires. L'acquisition de ce comportement lui a permis de conquérir une nouvelle niche écologique, peu exploitée. ■

CORALINE MADEC

D. Dussourd *et al.*, PLOS ONE, vol. 14(7), article e0218994, 2019



© Dussourd *et al.*, 2019



ASTROPHYSIQUE

'OUMUAMUA: PAS D'EXTRATERRESTRES

En octobre 2017, le télescope Pan-STARRS1, à Hawaï, découvrait le premier objet venu du milieu interstellaire jamais observé dans le Système solaire: 'Oumuamua, «éclaireur» en hawaïen. Les données sur 'Oumuamua sont étonnantes, notamment son passage à seulement 24 millions de kilomètres de la Terre (60 fois la distance Terre-Lune), sa forme allongée inédite et sa vitesse d'éloignement du Soleil, plus élevée qu'attendu.

Pour les expliquer, deux chercheurs du centre d'astrophysique Harvard-Smithsonian, aux États-Unis, avaient proposé qu'une civilisation extraterrestre soit à l'origine de ce corps: 'Oumuamua serait une voile solaire utilisant la pression de radiation émise par les étoiles pour se propulser. Mais l'équipe 'Oumuamua de l'Institut international des sciences de l'espace, à Berne, en Suisse, dirigée par Matthew Knight, de l'université du Maryland, aux États-Unis, et Alan Fitzsimmons, de la Queen's University, à Belfast, en Irlande du Nord, a récemment montré qu'il n'est pas nécessaire d'invoquer cette hypothèse.

Premièrement, il n'est pas surprenant d'avoir observé le visiteur si près de la Terre: un biais observationnel rend plus probable la détection des corps célestes à proximité de nos télescopes. Par ailleurs, l'accélération de



L'objet interstellaire 'Oumuamua (ici en vue d'artiste), long de quelques centaines de mètres, ne saurait être une voile solaire, car il tourne sur lui-même.

l'objet pourrait être due à un dégazage, caractéristique des comètes, trop faible pour être détecté. Et une voile solaire ne saurait tourner sur elle-même, comme le fait 'Oumuamua d'après les variations régulières de sa luminosité, puisqu'elle doit toujours s'orienter vers l'étoile pour se propulser! Enfin, divers scénarios naturels, comme des collisions avec d'autres objets, suffisent à expliquer sa forme. La rencontre du troisième type n'est pas pour cette fois-ci! ■

I. P.

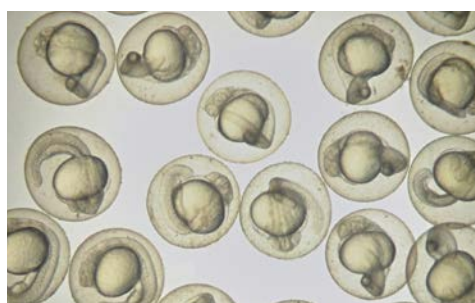
The 'Oumuamua ISSI Team, *Nature Astronomy*, vol. 3, pp. 594-602, 2019

BIOLOGIE ANIMALE

LE POISSON-ZÈBRE DORT COMME NOUS

Les poissons dorment-ils? Oui, comme tous les animaux, même si la plupart gardent les yeux ouverts. Mais leur sommeil restait mal connu. En enregistrant l'activité cérébrale de la larve de poisson-zèbre, Louis Leung, de l'université de Stanford, et ses collègues ont découvert que son sommeil est découpé en au moins deux phases, semblables à celles des amniotes – les mammifères, les oiseaux et les reptiles.

La première phase rappelle le sommeil profond: l'activité musculaire de la larve du poisson-zèbre diminue, sa fréquence cardiaque baisse et les neurones de la zone du cerveau impliquée dans le sommeil sont synchronisés. La seconde phase, qui se traduit par une perte totale de tonus musculaire ainsi qu'un rythme cardiaque lent et irrégulier, ressemble au sommeil paradoxal.



Le sommeil des larves de poisson-zèbre présente des similitudes avec le nôtre.

Les chercheurs ont même montré que l'hormone déclenchant le sommeil paradoxal chez les amniotes régule aussi le sommeil du poisson-zèbre. Ces points communs indiquent que les caractéristiques du cycle du sommeil seraient apparues tôt dans l'histoire évolutive des vertébrés, il y a au moins 450 millions d'années. ■

N. B.

L. C. Leung et al., *Nature*, vol. 571, pp. 198-204, 2019

EN BREF

UN RÉCHAUFFEMENT SANS PRÉCÉDENT DEPUIS 2 000 ANS

Le changement climatique actuel est inédit, en termes de températures... et d'homogénéité spatiale. Raphael Neukom, de l'université de Berne, et ses collègues ont montré que les grands événements climatiques de l'ère préindustrielle (Optimum climatique médiéval, Petit âge glaciaire) n'ont pas eu lieu en même temps dans les différentes régions du monde, contrairement à celui que subit la Terre aujourd'hui. En 2 000 ans, la quasi-totalité de la surface du globe a connu sa période la plus chaude au cours des dernières décennies.

ET L'ARAIGNÉE DEVIENT CANNIBALE

Chez les araignées, c'est la solitude qui entraîne l'agressivité, et non l'inverse. Violette Chiara, de l'université de Toulouse, et ses collègues ont montré que la dispersion des jeunes araignées, après un début de vie en société, était due à l'augmentation de la mobilité au cours de leur maturation. Isolée des signaux de ses congénères, l'araignée perd son comportement social et devient agressive, pouvant même aller jusqu'au cannibalisme. Si elles ne se dispersent pas, les araignées restent sociables.

UNE DISTANCE SATELLITAIRE PRÉCISE

Au milliardième de millimètre: c'est la précision avec laquelle l'équipe de la mission *Grace Follow-On*, menée par la Nasa et le Centre allemand pour l'aéronautique et l'astronautique, a réussi à mesurer la distance entre deux satellites séparés de 220 kilomètres. Cette prouesse a été réalisée grâce à des interféromètres laser embarqués. En mesurant d'infimes changements dans la distance, il sera possible de cartographier les variations du champ gravitationnel terrestre, liées à des paramètres géophysiques et climatiques.



Coléoptères

insectes extraordinaires

musée des
confluences

21.12.2018 – 03.11.2019



GRAND LYON
la métropole

Grains
de sel

LE PROGRES



VIROLOGIE

UN TRAITEMENT SUPPRIME LE VIRUS DU SIDA CHEZ LA SOURIS

Grâce à la combinaison de deux techniques de pointe, une équipe est parvenue à supprimer toute trace du virus du sida chez des souris modèles infectées.

S'il n'existe à ce jour aucun moyen de guérir une personne atteinte du sida, des traitements empêchent le virus de l'immunodéficience humaine (VIH), responsable de la maladie, de se répliquer. Toutefois, celui-ci persiste dans un état dormant au sein de l'organisme. Aussi ces thérapies antirétrovirales (ART), lourdes, doivent-elles être prises à vie, sans quoi le virus se «réveille» et l'état des patients s'aggrave. De nombreux efforts sont donc déployés pour mettre au point un traitement efficace et définitif contre le VIH. Une équipe dirigée par Howard Gendelman, de l'université du Nebraska à Omaha, aux États-Unis, et Kamel Khalili, de l'université Temple, à Philadelphie, vient ainsi d'obtenir des résultats encourageants: elle a supprimé toutes traces du virus chez des souris modèles infectées.

Le VIH, qui touche les cellules immunitaires, est capable d'intégrer son matériel génétique dans leur génome et d'y demeurer dans un état latent. C'est par ce biais qu'il résiste à l'action de divers traitements et ressurgit si la thérapie antirétrovirale est interrompue. Dans de précédents travaux, l'équipe de Philadelphie avait développé une technique d'édition génétique pour supprimer dans l'ADN certains fragments indésirables, comme les séquences du VIH. Les chercheurs avaient utilisé le complexe moléculaire nommé CRISPR-Cas9, qui fait office de «ciseaux génétiques». Toutefois, ils s'étaient rendu compte que, utilisée seule, cette approche n'éliminait pas l'ensemble des virus présents dans l'organisme.

Parallèlement, l'équipe d'Omaha avait développé une autre technique, dite de thérapie antirétrovirale à libération lente et à action prolongée (LASER-ART). Elle consiste à administrer une substance antirétrovirale utilisée en ART classique non plus sous forme de comprimé, mais confinée dans des nanocristaux hydrophobes et lipophiles, lesquels traversent facilement les membranes des cellules jusqu'aux réservoirs viraux les plus difficiles d'accès – des tissus et organes où le virus demeure en grand nombre dans un état latent. Les nanoparticules y relâchent alors progressivement le médicament pendant plusieurs semaines.

Dans leur nouvelle étude, les chercheurs ont combiné ces deux approches chez des



Le VIH (en jaune) cible les cellules du système immunitaire, tel ce lymphocyte (en bleu). Dans certaines, nommées «réservoirs», il est capable de rester en dormance, échappant ainsi aux thérapies actuelles.

**36,7
MILLIONS**
C'EST LE NOMBRE
DE PERSONNES
PORTEUSES DU VIRUS
DU SIDA RECENSÉES
EN 2016 PAR
L'ORGANISATION
MONDIALE
DE LA SANTÉ.

souris modifiées pour produire des cellules immunitaires humaines et infectées par le VIH. Ils ont traité ces animaux par LASER-ART, puis ont édité le génome de leurs cellules grâce à CRISPR-Cas9. Résultat: huit semaines après le traitement, un tiers des souris examinées ne présentaient plus aucune trace de matériel génétique viral dans le génome de leurs cellules immunitaires.

Les chercheurs estiment que la combinaison de ces deux méthodes constitue une avancée prometteuse dans la quête d'un traitement durable et définitif contre le VIH. Ils prévoient de tester leur approche sur des patients humains lors d'essais cliniques dans les mois à venir. «L'étude est intéressante et novatrice» commente Asier Sáez-Cirión, qui dirige le groupe Réservoirs et contrôle viral à l'institut Pasteur. «Toutefois, le modèle de souris humanisée est limité, car de telles souris sont dépourvues des réservoirs anatomiques humains majeurs du VIH. On peut aussi s'interroger sur l'efficacité du traitement à long terme. Enfin, il reste à déterminer si l'édition génétique n'engendrera pas d'effets délétères chez les personnes dont l'état de santé se maintient grâce à l'ART.» ■

WILLIAM ROWE-PIRRA

P. K. Dash *et al.*, *Nature Communications*, vol. 10, article 2753, 2019

TIRER PARTI DES ALGUES VERTES

L'été, de par le monde, des plages sont envahies d'ulves, les algues vertes que favorisent les rejets de nitrate issus de l'agriculture. Lukas Reisky, de l'université de Greifswald, en Allemagne, Aurélie Préchoux, de la Station biologique de Roscoff, et leurs collègues ont élucidé comment une bactérie, *Formosa agariphila*, transforme l'ulvane, le principal constituant des parois cellulaires des ulves, en sucres exploitables dans l'industrie chimique ou pour la fabrication de biocarburants. La bactérie découpe cette longue chaîne ramifiée de sucres simples à l'aide de douze enzymes. Certaines la scindent en chaînes plus petites, que d'autres fragmentent en sucres simples, tandis qu'une dernière famille supprime les groupes sulfate qui les parsèment et qui sont à l'origine des gaz toxiques émis lors de la décomposition des ulves. De quoi se réconcilier avec les algues vertes? ■

MARTIN TIANO

L. Reisky et al., *Nature Chemical Biology*, vol. 15, pp. 803-812, 2019

LE DISQUE FROID DU TROU NOIR

Comme tous les trous noirs, Sagittarius A*, le trou noir supermassif dissimulé au cœur de la Voie lactée, ne se laisse pas facilement observer. Rien ne s'en échappe, pas même la lumière. Les astrophysiciens scrutent donc son voisinage. Ils étudient notamment son disque d'accrétion, qui contient du gaz chaud (10^7 kelvins). On supposait par ailleurs que du gaz froid était présent dans le voisinage plus proche du trou noir. Grâce au radiotélescope *Alma* (*Atacama large millimeter/submillimeter array*), Elena Murchikova, de l'Institut d'études avancées à Princeton, et son équipe ont observé pour la première fois cette matière sous la forme d'un disque de température inférieure à 10^4 kelvins (ce qui en fait tout de même un plasma) et distant de seulement 0,025 année-lumière de Sagittarius A*! Les chercheurs ont aussi mesuré sa masse: entre un centième et un dixième de la masse de Jupiter. Grâce à leurs mesures, les chercheurs ont également montré que ce disque est en rotation. ■

I. P.

E. Murchikova et al., *Nature*, vol. 570, pp. 83-86, 2019

L'ORIGINE DE LA COLLERETTE DU DRAGON



Quand il se sent en danger, le dragon d'Australie déploie sa collerette, ce qui le rend plus menaçant aux yeux de son potentiel agresseur.

Il a inspiré l'un des dinosaures iconiques du film *Jurassic Park*: le dragon d'Australie, *Chlamydosaurus kingii*, est un lézard vivant en Australie et en Nouvelle-Guinée, de 85 centimètres de long en moyenne. Quand un prédateur, comme le python, ou un concurrent s'approche, il déploie sa collerette à la façon d'un parapluie, ce qui suffit souvent à les effrayer. L'équipe de Michel Milinkovitch, de l'université de Genève, s'est penchée sur le développement embryonnaire de cette structure spectaculaire.

En observant des œufs de dragon d'Australie à différents stades, les biologistes ont déterminé l'origine des os de la collerette: le deuxième arc branchial. Les arcs branchiaux sont des structures embryonnaires des vertébrés, dont la fonction première est de porter les branchies, comme c'est toujours le cas chez les poissons. Chez les vertébrés terrestres, le deuxième arc branchial fusionne avec les suivants. Il contribue, chez l'humain, à la formation de l'os hyoïde, impliqué dans la parole et la déglutition.

Mais chez les épisquamates, le groupe de lézards auquel appartient le dragon d'Australie, cette fusion est incomplète, ce qui engendre une excroissance cervicale. Dans le cas du dragon, l'arc branchial et donc l'excroissance associée grandissent démesurément et forment la collerette.

Les chercheurs ont aussi élucidé l'apparition des trois plis qui facilitent le rabattement de la collerette sur le corps du lézard. Le mécanisme embryologique identifié n'est pas génétique, mais topologique! Par modélisation, ils ont montré que le repliement de la collerette est dû à son attachement au cou: à mesure qu'elle croît, même de façon homogène, elle se fronce, à la manière d'un rideau qui se plisse à cause du raccourcissement de son bord supérieur. ■

N. B.

S. A. Montandon et al., *eLife*, vol. 8, article e44455, en ligne le 25 juin 2019