

POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

MATHÉMATIQUES
**LES AVATARS
DE LA SUITE
DE FIBONACCI**

ÉCOLOGIE
**L'ACIDIFICATION
DES OCÉANS
AFFOLE LA FAUNE**

ASTROPHYSIQUE
**TABBY,
L'ÉTOILE
MYSTÉRIEUSE**

AOÛT 2017
N° 478**NOUVELLE
FORMULE**

**500 000 ans
avant l'Homme**

**QUI
A TAILLÉ
LES PREMIERS
OUTILS?**



Certifié PEFC

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

10-31-1282

pefc-france.org



**MAURICE
MASHAAL**
Rédacteur
en chef

LE PROPRE DE L'HOMME EST UNE PEAU DE CHAGRIN

Depuis que la science moderne a fait son entrée, il y a à peine quelques siècles, nous avons énormément appris sur le monde qui nous entoure et sur nous-mêmes. Bien que notre ignorance reste tout de même considérable, on peut remarquer qu'au fil des découvertes, l'humain apparaît de moins en moins exceptionnel, au sens qu'on a de plus en plus de difficultés à définir ce qui lui est propre.

Le langage? Pris dans son sens général, ce n'est pas le propre de l'homme, puisque de nombreux animaux communiquent entre eux selon des modalités diverses, que ce soit vocalement ou par un autre moyen. La pensée? Il conviendrait de bien définir ce que cette notion recouvre, mais il est difficile aujourd'hui d'affirmer que des chimpanzés, des perroquets ou des loups ne raisonnent pas, sous une forme ou une autre. Le rire? Plusieurs expériences et témoignages ont montré que les souris ou les chimpanzés, à tout le moins, en sont doués.

Les outils? Là encore, plusieurs animaux s'en servent, et même en fabriquent, à l'exemple des corbeaux calédoniens (*Corvus moneduloides*), qui façonnent des tiges à partir de feuilles de pandanus. Les outils en pierre taillée? On pensait que c'était l'apanage des hommes préhistoriques, membres des diverses espèces du genre *Homo*. Depuis 2015, cette idée a volé en éclats avec la découverte, au Kenya, de pierres taillées il y a 3,3 millions d'années, quelque 500 000 ans avant la naissance du rameau humain. Comme l'explique le dossier que nous lui consacrons (voir pages 26 à 44), cette découverte remet même en cause la vision classique des débuts de l'hominisation. Alors, que reste-t-il du propre de l'homme? Plutôt que de répondre, lançons une autre interrogation: la question du propre de l'homme est-elle vraiment pertinente? ■

SOMMAIRE

N° 478 /
Août 2017

ACTUALITÉS

P. 6

ÉCHOS DES LABOS

- Abeilles et néonicotinoïdes
- Quel avenir pour les moustiques OGM?
- Les sauts indésirables de CRISPR-Cas9
- Musique sur film de savon
- Lumière pour pesée d'étoile
- Les tombes romaines des boulangers
- Superfluidité à température ambiante
- Oui, les dinosaures couvaient
- Vol des oiseaux et forme des œufs

P. 18

LES LIVRES DU MOIS

P. 20

AGENDA

P. 22

HOMO SAPIENS INFORMATIQUES

Qu'est-ce qu'un « bon » appareil photo?

Gilles Dowek

P. 24

CABINET DE CURIOSITÉS SOCIOLOGIQUES

La blouse blanche rend crédule

Gérald Bronner

GRANDS FORMATS



P. 46

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

QUAND LES MACHINES APPRENDENT COMME DES ENFANTS

Alison Gopnik

Si l'intelligence artificielle a connu récemment un grand essor, c'est grâce à des approches ayant des points communs avec l'apprentissage des jeunes enfants – lesquels surpassent encore de loin les machines!



P. 62

BIOLOGIE MARINE

POISSONS SOUS ACIDE

Danielle L. Dixson

Un poisson-clown qui se précipite dans la gueule de son prédateur, un requin qui évite son mets préféré... Voilà ce qui risque d'arriver à la vie marine en 2100 si l'océan continue de s'acidifier.



P. 54

ASTROPHYSIQUE

L'ÉTRANGE ÉTOILE DE TABBY

Kimberly Cartier
et Jason Wright

Une lointaine étoile brille avec une intensité qui fluctue mystérieusement. De là à supposer qu'une civilisation extraterrestre a entouré l'astre d'immenses capteurs pour exploiter son rayonnement...



P. 70

BIOPHYSIQUE

DES GÉANTS TROP GRANDS

Roland Lehoucq
et J.-Sébastien Steyer

Les œuvres de fiction regorgent d'êtres gigantesques. Pourquoi ne peut-il exister d'animaux aussi grands? Galilée se posait déjà la question.



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 sur
www.pourlascience.fr



En couverture:

© Pour la Science

Les portraits des contributeurs
sont de Seb Jarnot



P.76

HISTOIRE DES SCIENCES

L'EXPÉRIENCE DU CERVEAU COUPÉ EN DEUX

Daniela Ovadia

Que se passe-t-il quand les communications entre les deux hémisphères cérébraux sont rompues? C'est ce qu'a étudié Michael Gazzaniga dans les années 1960, précisant ainsi les fonctions de chaque hémisphère...

À LA
UNE

P.26

PALÉOANTHROPOLOGIE

LES PLUS VIEUX OUTILS DU MONDE



P.28

LES PREMIERS TAILLEURS DE PIERRE N'ÉTAIENT PAS DES HUMAINS

Kate Wong

Homo faber tombe de son piédestal. Si les premiers humains n'ont pas taillé les plus vieux outils de pierre, qui donc a inventé l'industrie lithique?

P.40

« DES TECHNIQUES DE TAILLE SIMPLES, MAIS EXIGEANTES »

Entretien avec Michel Brenet

Comment savons-nous que les très anciens éclats découverts sur le site kényan de Lomekwi sont des outils taillés? Et à quoi servaient-ils? Michel Brenet, spécialiste rompu aux techniques de taille du paléolithique inférieur, nous livre les résultats de ses expérimentations.

RENDEZ-VOUS

P.80

LOGIQUE & CALCUL

LA SUITE DE FIBONACCI... ET SES SUITES

Jean-Paul Delahaye

La suite de Fibonacci est célèbre, au point d'avoir inspiré d'autres constructions: une suite de mots, des fractales, un arbre... Tous ces objets mathématiques constituent des terrains inépuisables de découvertes.

P.86

ART & SCIENCE

L'attaque des féroces escargots

Loïc Mangin

P.88

IDÉES DE PHYSIQUE

Concentrés de lumière

*Jean-Michel Courty
et Édouard Kierlik*

P.92

**CHRONIQUES
DE L'ÉVOLUTION**

L'énigme des 7 vertèbres

Hervé le Guyader



P.96

SCIENCE & GASTRONOMIE

Feuilletages évanescents

Hervé This

P.98

À PICORER

A

CTUALITÉS

P.6 Échos des labos
 P.18 Les livres du mois
 P.20 Agenda
 P.22 *Homo sapiens informaticus*
 P.24 Cabinet de curiosités sociologiques

ÉCOLOGIE

UN COCKTAIL DE PESTICIDES GRANDEUR NATURE



Pour identifier dans une ruche les abeilles (ici *Apis mellifera*) qu'ils ont exposées à des néonicotinoïdes, les chercheurs fixent une micropuce sur leur thorax. Ils mesurent ainsi leur durée de vie.

Près des champs cultivés traités, les abeilles ne sortent pas indemnes d'une exposition aux néonicotinoïdes, même si des facteurs extérieurs modulent leurs effets.

Quel est l'impact des néonicotinoïdes sur les abeilles en conditions réelles? Développés dans les années 1990, ces analogues synthétiques de la nicotine, neurotoxiques pour les insectes, sont largement utilisés comme pesticides dans l'agriculture de par le monde. Parfois épanchés sur les plantes en urgence, ils sont le plus souvent appliqués par enrobage des graines: lorsque la plante grandit, l'insecticide s'insère dans ses tissus jusque dans son pollen, son nectar et ses fluides de transpiration. Ces vingt dernières années, de

nombreuses expériences ont montré que, à faible dose, les néonicotinoïdes ont divers effets sur les abeilles. Notamment, ils perturbent leurs aptitudes cognitives. De plus, ils diminuent leurs défenses immunitaires, facilitant leur infection par des virus ou des parasites. Toutefois, la plupart de ces recherches avaient lieu en laboratoire. Que se passe-t-il pour les abeilles vivant près des champs cultivés? Deux études en plein champ, à une échelle inédite et sur des temps longs, apportent quelques réponses.

La principale difficulté, dans la nature, est qu'on ne contrôle pas les conditions. C'est pourquoi Nadejda Tsvetkov, de l'uni-

versité York, à Toronto, au Canada, et ses collègues ont commencé par mener une enquête minutieuse pour déterminer le cocktail de substances non naturelles que les abeilles ingéraient et la durée d'exposition. Ils ont suivi pendant un an, en Ontario et au Québec, 11 ruchers où vivaient 55 colonies d'abeilles «domestiques» *Apis mellifera*: 5 étaient situés près de champs de maïs traités et 6 loin de champs cultivés.

Régulièrement, les scientifiques ont recherché des traces de substances agrochimiques dans le pollen récolté par les abeilles, mais aussi dans les abeilles mortes et dans d'autres à différents stades de vie: 26 substances agrochimiques ont ainsi été répertoriées, dont des fongicides, herbicides, néonicotinoïdes et autres insecticides. Ces substances étaient détectées plus souvent dans les colonies proches des champs et sur des périodes plus longues

atteignant 4 mois, soit la majeure partie de la saison d'activité des abeilles. De plus, les néonicotinoïdes provenaient majoritairement du pollen de fleurs sauvages, signe que les cultures traitées contaminent les plantes sauvages alentour.

Les chercheurs ont ensuite étudié l'effet du néonicotinoïde le plus répandu dans cette étude, la clothianidine. Dans un rucher expérimental éloigné des cultures, ils ont introduit des abeilles dont les larves avaient été exposées pendant trois semaines aux doses mesurées. Leur espérance de vie a été réduite de un quart par rapport à celle de leurs consœurs. Et si on exposait des colonies entières pendant 12 semaines, leurs comportements mettaient en danger la survie des colonies. Par exemple, elles ne remplaçaient plus leur reine quand elle mourait. Enfin, associé à un fongicide fréquent, le boscalid, la clothianidine devenait deux fois plus toxique pour les abeilles... Conclusion: près des cultures de maïs, que les insectes ne butinent pourtant pas (le pollinisateur du maïs est principalement le vent), les abeilles sont en moins bonne santé.

Dans l'autre étude, menée durant un à deux ans au Royaume-Uni, en Hongrie et en Allemagne sur 33 exploitations de colza isolées, Alex Woodcock, du Centre pour l'écologie et l'hydrologie, au Royaume-Uni, et ses collègues ont étudié l'effet de néonicotinoïdes (clothianidine ou thiaméthoxame) sur diverses espèces d'abeilles vivant à proximité, dans des conditions usuelles de culture (pesticides, fertilisants...). Résultat: les effets dépendaient de l'espèce d'abeille et du pays considérés. Par exemple, les ouvrières de l'espèce domestique *Apis mellifera* proches des champs traités à la clothianidine survivaient moins bien à l'hiver en Hongrie, alors qu'aucun effet similaire n'a été observé en Allemagne. Et chez les abeilles sauvages, plus l'exposition aux néonicotinoïdes était élevée, moins *Bombus terrestris* produisait de reines et moins *Osmia bicornis* produisait d'œufs. En d'autres termes, si l'effet des néonicotinoïdes sur les abeilles est indéniable, il n'est pas le même selon les espèces; il est en outre modulé par des facteurs extérieurs, qui parfois augmentent leur nocivité ou réservent de bonnes surprises, comme en Allemagne... mais qui restent à confirmer et à expliquer. ■

MARIE-NEIGE CORDONNIER

N. Tsvetkov et al., B. A. Woodcock et al., J. T. Kerr, *Science*, vol. 356, pp. 1331-1332 et 1393-1397, 2017

ÉPIDÉMIOLOGIE

Les moustiques OGM ont-ils de l'avenir ?

Le lâcher dans la nature de moustiques génétiquement modifiés pourrait contribuer à réduire les maladies transmises par ces insectes, responsables de un million de décès chaque année. Le 7 juin dernier, le Haut conseil des biotechnologies (HCB) a recommandé d'évaluer de manière approfondie cette approche tout en informant les populations.



Propos recueillis par JEAN-JACQUES PERRIER

FRÉDÉRIC DARRIET
entomologiste médical
à l'IRD de Montpellier
(UMR MIVEGEC)

Comment fonctionnent les techniques de lâchers de moustiques génétiquement modifiés ?

Frédéric Darriet : On lâche des moustiques mâles porteurs d'un gène artificiel, ou transgène, qui s'accouple ensuite avec les femelles sauvages. Le transgène passe alors chez un grand nombre des descendants. Il existe deux grands types de moustiques transgéniques. Dans l'un, le transgène bloque le développement des larves et entraîne leur mort ; c'est ce que propose la société britannique Oxitec avec des souches d'*Aedes aegypti*, le vecteur des virus de la dengue, du chikungunya, de la fièvre jaune et de la fièvre Zika. Dans l'autre approche, le transgène inhibe le cycle de vie du parasite au sein du moustique. Dans les deux cas, on vise à réduire les densités de moustiques vecteurs de pathogènes, mais à chaque fois pour une seule espèce donnée.

Ces approches peuvent-elles constituer une stratégie d'éradication des vecteurs ?

F. D. : Certaines techniques dites de forçage génétique (le gène inséré porte un mécanisme qui favorise sa propagation aux générations suivantes) rendent le transgène très invasif, et visent à l'éradication d'une espèce cible. Mais je n'y crois pas : on peut éradiquer beaucoup d'espèces, mais pas les moustiques ! Quand l'Organisation mondiale de la santé a voulu, dans les années 1950 à 1960, éradiquer le paludisme à grand renfort de DDT, on a juste réussi à sélectionner des moustiques résistants à cet insecticide et à polluer durablement l'eau et les sols. De plus, si l'on élimine un moustique, sa niche écologique risque d'être occupée par une autre espèce, avec des conséquences inconnues. Ainsi, on peut se demander si l'essai à grande échelle mené au Brésil par Oxitec contre *Aedes aegypti* ne va

pas stimuler les populations d'*Aedes albopictus*, le moustique tigre.

Comment faut-il évaluer ces techniques ?

F. D. : Leur efficacité, bien sûr, reste à prouver, notamment sur la propagation des maladies. Surtout, il faudrait étudier de près la « dynamique » du transgène dans les populations naturelles. On ignore ce que devient un gène que l'on intègre dans une population ; rien ne dit qu'il ne passera pas chez une autre espèce en occasionnant des conséquences imprévisibles. La prudence doit être de mise.

Si ces techniques passent la rampe, quel pourrait être leur rôle dans la lutte antivectorielle ?

F. D. : Le HCB souligne à juste titre qu'un seul outil ne réglera pas le problème des maladies à transmission vectorielle. Quand on les utilise bien, les méthodes actuelles de lutte antivectorielle, telles que les moustiquaires imprégnées d'insecticide, limitent les populations de moustiques et les piqûres. Ces méthodes mériteraient d'être plus largement utilisées en Afrique, le continent le plus touché par le paludisme, d'autant qu'elles sont simples à mettre en œuvre et peu coûteuses. La transgénèse de moustiques pourra s'ajouter à cette panoplie si l'on en maîtrise les effets écologiques et les coûts. Elle aurait l'intérêt de diminuer les utilisations d'insecticides, qui entraînent pollutions et phénomènes de résistance. Toutefois, ceux qui en auront l'usage risquent de devenir dépendants d'entreprises privées, comme c'est le cas pour les plantes OGM. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si c'est le Brésil, deuxième producteur mondial de plantes OGM, qui a autorisé les lâchers expérimentaux de moustiques OGM. À l'inverse, en France, les études sur les mâles du moustique tigre rendus stériles par irradiation n'ont à ce jour pas été menées à terme ; à la Réunion, par exemple, après dix ans d'étude, pas un seul moustique stérile n'a encore été lâché dans la nature. ■

Avis du HCB : http://bit.ly/PLS478_HCB