

dengue, du chikungunya et de la fièvre Zika. Depuis son arrivée en France en 2004, il est aujourd'hui présent dans quarante-deux départements (notamment ceux du Midi) et sa population ne cesse de croître. Le réchauffement climatique global favorise son expansion, car le nombre de régions où les conditions lui conviennent augmente. Citons également la pyrale du buis (*Cydalima perspectalis*), lépidoptère d'Extrême-Orient importé accidentellement en Europe dans les années 2000, ou encore le «rôdeur mortel», alias *Leiurus quinquestriatus*, dangereux scorpion du Moyen-Orient, qui inquiète actuellement la Drôme provençale.

Les espèces envahissantes ne manquent pas : en Europe, la base de données Daisie (Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe) en dénombre actuellement plus de 12 000. Disponible sur Internet, créée et gérée par des experts internationaux, cette base de données permet de mieux connaître les espèces envahissantes, de sensibiliser les populations et les pouvoirs publics afin de mieux les combattre. Il s'agit aussi de repérer ces espèces aussi rapidement que possible afin de limiter les dégâts – destruction de cultures, de paysages, propagation de maladies et de virus, etc.

Une espèce ne naît pas envahissante, elle le devient quand elle s'implante dans une zone géographique qui lui est favorable – un peu comme une espèce devient nuisible pendant un certain laps de temps. L'envahisseur supplante alors les espèces indigènes par sa capacité de reproduction – foudroyante en l'absence de prédateur – et son comportement parfois agressif, pour ne pas dire vorace.

Un bon exemple est celui du frelon asiatique ou «frelon à pattes jaunes» (*Vespa velutina*), qui décime depuis quelques années les ruchers européens pour nourrir ses larves. Il est beaucoup moins destructeur dans son environnement originel car l'abeille asiatique (*Apis cerana*) développe, contrairement à nos abeilles occidentales (*Apis mellifera*), une stratégie de défense remarquable : dès qu'un frelon s'approche de l'essaim ou de la ruche, les abeilles s'agglutinent sur l'agresseur et battent toutes des ailes jusqu'à ce que celui-ci meure par hyperthermie !

En 2018, Juliette Poidatz, de l'Inra de Bordeaux, et ses collègues ont étudié l'impact de champignons parasites naturels du frelon asiatique pour en contenir l'expansion en Europe. Les résultats de ces travaux ont permis d'esquisser des

stratégies de biocontrôle durable de l'invasion du frelon asiatique et d'évaluer leur efficacité.

ENTRE PROPAGANDE ET HUMANISME

En science-fiction, un extraterrestre est par définition une espèce exogène mais ses intentions ne sont pas forcément mauvaises. Hélas, dès qu'il arbore des traits d'arthropode, l'exogène devient vite envahissant et envahisseur : ce n'est pas pour rien que les pauvres extraterrestres réfugiés et déportés du film *District 9* (Neill Blomkamp, 2009) ressemblent à des crevettes.



Un essaim de criquets regroupe des dizaines de millions d'individus



Nécrophages, prédateurs, parasites, les arthropodes nous fascinent aussi par leurs modes de développement et de communication qui nous échappent – beaucoup sont des animaux sociaux. Dans le film *World Invasion: Battle Los Angeles* (Jonathan Liebesman, 2011), la stratégie d'invasion des aliens est comparée à celle de fourmis, mais héroïquement matée par une armée américaine surpuissante – démonstration de force nommée «cinéma de sûreté nationale» tellement elle frôle la propagande. La même propagande est visible, au deuxième degré fort heureusement, dans *Starship Troopers* (Paul Verhoeven, 1997, adapté du roman éponyme de Robert Heinlein, 1959), où l'armée américaine débarque sur une planète habitée d'arthropodes géants, mais cette fois pour les exterminer.

L'arthropode, aussi repoussant soit-il, peut aussi véhiculer d'autres valeurs : compassion, humanisme... Déjà, dans *Le Voyage dans la Lune* (1902), premier film de science-fiction de l'histoire du cinéma, Georges Méliès dénonçait les méfaits du colonialisme grâce aux Sélénites, extraterrestres lunaires joués par des acrobates du théâtre des Folies Bergère déguisés en arthropodes et attaqués chez eux par une autre espèce envahissante, *Homo sapiens* ! ■

BIBLIOGRAPHIE

J. Poidatz et al., **Indigenous strains of *Beauveria* and *Metharizium* as potential biological control agents against the invasive hornet *Vespa velutina***, *Journal of Invertebrate Pathology*, vol. 153, pp. 180-185, 2018.

D. Strickman, **De nouvelles armes contre les moustiques**, *Pour la Science*, n° 490, pp. 48-55, août 2018.

J.-P. Andrevon, **Des monstres attaquent la ville. Ces bêtes qui nous veulent du mal**, *L'écran fantastique*, Hors-série n° 27, pp. 6-27, 2018.

J.-S. Steyer et R. Lehoucq, **Armures à toute épreuve**, *Pour la Science*, n° 430, pp. 86-87, août 2013.

L'AUTEUR



HERVÉ LE GUYADER
professeur émérite de biologie
évolutive à Sorbonne
Université, à Paris

COMMENT L'ÉLÉPHANT TROMPE LE CANCER

Plus les animaux sont de grande taille et vivent longtemps, plus ils devraient présenter des risques élevés de cancer. Or cette prédiction théorique est fautive. L'explication se trouve dans les génomes de la baleine boréale et de l'éléphant d'Afrique.

L'humain a mille fois plus de cellules que la souris et mille fois moins que l'éléphant. Si chaque cellule qui se divise a une probabilité de devenir cancéreuse, l'éléphant devrait avoir un risque un million de fois plus élevé que la souris de développer un cancer. Et cette probabilité devrait augmenter avec l'espérance de vie. C'est bien ce que l'on observe à l'intérieur d'une même espèce, où les animaux ont globalement le même génome: les gros chiens ont plus de cancers que les petits. Toutefois, chez les animaux d'espèces différentes, ce n'est pas le cas, comme l'a remarqué l'épidémiologiste britannique Richard Peto en 1977: le risque de cancer n'est corrélé ni à la taille ni à l'espérance de vie. Cela suggère que des mécanismes régulateurs particuliers de protection contre le cancer se sont mis en place au cours de l'évolution, autorisant ainsi l'augmentation de

taille. Il était tentant de rechercher de telles originalités évolutives dans les génomes de grands animaux comme la baleine et l'éléphant, ce qui a été fait récemment avec succès.

LE SECRÉT DE LONGÉVITÉ DE LA BALEINE BORÉALE

La baleine boréale (*Balaena mysticetus*) peut atteindre 18 mètres pour une masse avoisinant les 100 tonnes et son espérance de vie dépasse les 200 ans: une candidate idéale, d'autant que l'animal le plus proche phylogénétiquement, la baleine de Minke (*Balaenoptera acutorostrata*), est bien plus petit (8 mètres, 8 tonnes, 40 ans). En comparant leurs deux génomes, on devrait détecter des mutations spécifiques de la baleine boréale qui ont pu l'aider à atteindre une telle masse et une telle longévité. Une équipe internationale sous la direction de João Pedro de Magalhães, de l'université

Ses grandes oreilles l'aident à réguler sa température corporelle: en les agitant, il refroidit le sang qui y circule.



On estime qu'ils sont plus de 400 000 dans la savane africaine. Ils sont néanmoins en déclin dans certaines régions, notamment à cause de la fragmentation de leur habitat liée aux activités humaines.

Non seulement sa peau est craquelée, mais elle comporte des microcrevasses interconnectées qui lui permettent de retenir 5 à 10 fois plus d'eau qu'une surface plane.



EN CHIFFRES

211

En 2007 en Alaska, un groupe de chasseurs Inupiat participait à une chasse traditionnelle à la baleine. Ils ramenèrent quatre animaux. En dépeçant le plus gros, ils trouvèrent, enkystés dans son lard et sa chair, six harpons datant de la fin du XVIII^e siècle, ce qui leur permit d'estimer l'âge de la baleine à 211 ans.

37 millions

C'est le nombre de cellules de l'éléphant de savane. L'humain en compte 1 000 fois moins, et 1 000 fois plus que la souris.

30

Le plus grand animal actuel est la baleine bleue (*Balaenoptera musculus*), qui mesure environ 30 mètres de long pour 180 tonnes et vit 80 ans en moyenne. Une taille équivalente à celle des plus grands dinosaures, dont certains sauroscopes atteignaient une longueur de 40 mètres.

de Liverpool, a entrepris ce travail en 2015. Et de fait, l'analyse comparée des deux génomes lui a permis d'identifier plusieurs gènes impliqués dans la protection anticancéreuse de l'animal. Ainsi, le gène *ERCC1* porte des mutations spécifiques de la baleine boréale. Or ce gène produit une protéine qui contribue à la réparation et à la recombinaison de l'ADN. Ces mutations entraîneraient-elles une meilleure réparation? Cette hypothèse est actuellement testée.

Par ailleurs, le gène *PCNA* de la baleine boréale présente une double originalité: il est dupliqué et, de plus, porte une mutation spécifique qui entraîne, dans la protéine PCNA qu'il code, la substitution d'un acide aminé (les constituants des protéines) à l'endroit où la molécule interagit avec une autre protéine, FEN-1. Or la protéine PCNA forme ce que l'on nomme un clamp glissant, c'est-à-dire une structure en anneau qui, encerclant l'ADN, coulisse le long du brin et participe ainsi à sa réparation. Et la protéine FEN-1 joue également un rôle dans la réparation de l'ADN, ce qui suggère que les mutations du gène *PCNA* renforceraient cette réparation. Là encore, l'étude se poursuit...

LES 20 BOUCLERS DE L'ÉLÉPHANT D'AFRIQUE

En est-il de même chez l'éléphant? C'est ce qu'ont voulu savoir en 2018 Vincent Lynch, de l'université de Chicago, et ses collègues. L'éléphant de savane d'Afrique (*Loxodonta africana*) est le plus gros animal terrestre actuel. Les mâles atteignent 7,5 mètres de long, 4 mètres au

garrot, une masse de 8 tonnes pour une espérance de vie de l'ordre de 70 ans. Les éléphants appartiennent au clade des paéonungulés, comprenant également les siréniens (dugongs, lamantins) et les hyracoides, comme le daman des rochers (*Procavia capensis*), qui a la taille et l'allure d'une petite marmotte. Les chercheurs ont ainsi pu comparer les génomes d'animaux proches parents, mais de tailles bien différentes. De plus, de nombreuses données paléontologiques mais aussi génomiques ont été obtenues chez des éléphants récemment éteints comme le mammouth laineux (*Mammuthus primigenius*), l'éléphant à défenses droites (*Palaeoloxodon antiquus*) ou le mastodonte américain (*Mammuth americanum*).

Enfin, en 2015, l'équipe de Joshua Schiffman, à l'université d'Utah, a obtenu un premier résultat spectaculaire. Alors que, comme presque tous les mammifères, nous ne possédons que 1 copie du gène *TP53* (pour *Tumor protein 53*), l'éléphant en a 20! Or ce gène est inactivé chez près de 50% des cancers humains. Le produit du gène est une protéine qui agit lors de lésions de l'ADN en activant des gènes impliqués dans la réparation ou, en cas de dommages importants, dans le déclenchement de l'apoptose, la mort des cellules. Comme toutes les copies de l'éléphant sont fonctionnelles, cette action est très finement régulée chez cet animal.

Ce résultat a amené l'équipe de Vincent Lynch à s'intéresser aux gènes cibles de la protéine TP53. Parmi ceux-ci, les gènes *LIF* (pour *Leukemia inhibitory factor*, ou facteur inhibant la leucémie) ➤



Éléphant d'Afrique
(*Loxodonta africana*)
Taille : jusqu'à 7,5 m
Poids : jusqu'à 8 tonnes
Longévité : environ 70 ans