



VACCINER LES MOUSTIQUES

Et si, au lieu de tenter à tout prix de neutraliser les moustiques, on les vaccinait contre les agents infectieux qu'ils transmettent ? Plusieurs techniques sont en cours de mise au point. La première, développée par l'équipe de Scott O'Neill, de l'université Monash, en Australie, et déjà testée sur le terrain pour combattre la dengue, nécessite le recours à la bactérie *Wolbachia*. Les chercheurs infectent en laboratoire les moustiques du genre *Aedes* avec une certaine souche de la bactérie qui bloque la réplication du virus de la dengue chez l'insecte. Une femelle porteuse de *Wolbachia* ne pourra alors plus transmettre ces virus aux humains en les piquant et léguera en outre la bactérie à sa progéniture.

Des scientifiques de l'université de Californie à Irvine, menés par Anthony James, ont choisi quant à eux de manipuler génétiquement les moustiques en utilisant l'outil CRISPR-Cas. Ils insèrent chez les moustiques anophèles un gène codant un anticorps antiparasitaire qui bloque le développement de l'agent du paludisme. Grâce au forçage génétique, le gène est transmis à la quasi-totalité de la descendance. Jusqu'à présent, ces moustiques génétiquement modifiés n'ont jamais quitté les murs des laboratoires.

Dans les deux cas, l'idée est de relâcher dans la nature les moustiques élevés et modifiés en laboratoire dans l'espoir qu'ils se reproduisent avec les moustiques sauvages. Cela propagerait la bactérie ou le gène d'intérêt au sein de la population des moustiques vecteurs, et protégerait les humains alentour.

H. G.

- logistique, avec peu de perspectives de profits financiers. Cette solution a donc été exploitée par des organismes gouvernementaux plutôt que par des entreprises privées.

Encouragées par le regain d'intérêt à l'égard de la lutte antivectorielle qui a suivi la crise liée au virus Zika, des sociétés privées misent sur un autre type de stérilisation, plus rapide, plus simple et plus robuste. Pour combattre le virus Zika et celui de la dengue au Brésil, l'entreprise Oxitec a relâché des moustiques génétiquement modifiés dans la nature. En s'accouplant avec des femelles sauvages, ces mâles transmettent à leur progéniture un gène qui bloque leur développement : les larves meurent avant leur maturité. Après un lâcher de ces moustiques dans un quartier de la ville de Juazeiro, dans le Nord-Est du Brésil, le nombre de moustiques *Aedes aegypti* a chuté de 95% en l'espace de neuf mois. Deux autres villes brésiliennes ont connu des succès similaires. Mais la méthode reste controversée et essuie de nombreuses critiques, liées aux conséquences imprévisibles sur l'environnement.

Avec la technique des mâles stériles fondée sur le génie génétique, il faudrait attendre des années avant qu'elle ait un impact sur une

étendue significative. Mais d'autres outils existent pour aller plus loin. D'après des chercheurs de l'Imperial College à Londres, la clé du succès pour vaincre le paludisme résiderait dans le « forçage génétique ». Cette méthode, qui est une amélioration de la technique CRISPR-Cas de modification du génome, défie les lois naturelles de l'hérédité. Lors de la reproduction sexuée, un caractère porté par un chromosome d'un des deux parents n'a qu'une chance sur deux d'être transmis à la génération suivante. Grâce au forçage génétique, le caractère est transmis à la quasi-totalité de la descendance. Et ce à chaque génération.

Cette technique peut être utilisée à plusieurs fins. Des chercheurs de l'université de Californie à Irvine y ont recours pour empêcher une population d'anophèles de transmettre le parasite grâce à un gène qui bloque son développement chez l'insecte (voir l'encadré ci-contre). L'équipe de l'Imperial College, elle, s'en sert afin de détruire une population d'anophèles soit en déséquilibrant, au fil des générations, le rapport des sexes au profit des mâles, soit en répandant au sein de la population un gène récessif de stérilité.

Les techniques de stérilisation par irradiation ou par manipulation génétique (sans forçage génétique) sont relativement similaires. Mais le recours au forçage génétique permet de relâcher moins de moustiques, puisque le gène d'intérêt se transmet rapidement au sein de la population. Mais les recherches dans ce domaine restent pour l'heure cantonnées dans l'enceinte des laboratoires. Les conséquences de cette pratique sur l'environnement sont difficiles à prédire et certains scientifiques craignent que les moustiques sauvages développent avec le temps une résistance au gène inséré, ce qui s'est déjà produit en laboratoire.

L'ÉRADICATION COMPLÈTE EST UN FANTASME

Quelles que soient les méthodes qu'on utilisera dans le futur, éliminer tous les moustiques relève du fantasme. Aux États-Unis, les villes qui ont vu les populations de moustiques décliner notablement dépensent entre 1 et 10 dollars par an et par personne pour pulvériser des insecticides, supprimer les points d'eau stagnante et défricher la végétation appréciée des moustiques. Et malgré toutes ces mesures, les moustiques ne disparaissent jamais complètement.

Par ailleurs, les conséquences d'une disparition complète des moustiques sur les chaînes alimentaires et la pollinisation des plantes sont difficiles à prévoir, mais pourraient être négatives. En outre, seules quelques centaines parmi les 3 500 espèces connues de moustiques piquent les humains et transmettent des maladies : rayer l'ensemble des moustiques

de la surface du globe serait démesuré. Neutraliser une poignée d'espèces clés dans des zones particulières est ce que nous pouvons espérer de mieux.

Je pense que cet objectif est atteignable. Un tel scénario envisageable en Haïti, par exemple, serait de tuer les espèces qui transmettent le paludisme grâce à la technique des mâles stériles, tout en protégeant la population des autres moustiques vecteurs de maladies à l'aide de pièges placés dans les ouvertures d'aération ou des appâts sucrés. Il faudrait aussi suivre les patients humains et les populations de moustiques de façon préventive afin de détecter les signes de flambées épidémiques et de prendre immédiatement les mesures qui s'imposent pour les contrecarrer. Grâce à un éventail de stratégies de ce type, il n'est pas unimaginable d'assister à la disparition du parasite responsable du paludisme de l'île entière en l'espace de cinq ans.

DES RISQUES DE RÉSURGENCE

Même dans un tel scénario, il resterait le danger d'une réintroduction. L'histoire l'a montré: si un bateau rempli de personnes ou de moustiques infectés par le parasite accoste dans

BIBLIOGRAPHIE

G. Duvallet et al. (dir.), **Entomologie médicale et vétérinaire**, Quæ-IRD Éditions, 2017.

B. G. J. Knols et al., **Eave tubes for malaria control in Africa : An introduction**, *Malaria Journal*, vol. 15, article 404, 2016.

D. O. Carvalho, **Suppression of a field population of *Aedes aegypti* in Brazil by sustained release of transgenic male mosquitoes**, *PLoS Neglected Tropical Diseases*, vol. 9(7), article e0003864, 2015.

une zone où la maladie est absente, une épidémie peut se déclencher. Même si la maladie a disparu de nombreux pays où elle a été présente, il existe au moins 68 cas documentés de résurgence du paludisme, dans des régions où les mesures de lutte antivectorielle ont été réduites. Ce fut le cas en Inde lorsque les pulvérisations de DDT ont été interrompues à cause notamment de stocks insuffisants, ainsi qu'au Brésil dans les années 1980, où la dengue a refait son apparition, suivie plus récemment de la fièvre jaune, du chikungunya et de la fièvre Zika.

Jamais autant de moyens qu'aujourd'hui n'avaient été investis dans la lutte contre les moustiques. Au total, les fondations privées telles que la nôtre, les agences gouvernementales et l'OMS dépensent environ 500 millions d'euros chaque année pour des recherches sur le paludisme. En 2002, les dépenses annuelles ne dépassaient pas 20% de ce montant. Cependant, même si nous sommes aujourd'hui mieux armés pour combattre les moustiques, nous ne résoudrons jamais définitivement les problèmes. Comme pour d'autres risques de santé publique, le contrôle des populations de moustiques continuera d'exiger une vigilance de tous les instants. ■

**Commandez
votre reliure**
POUR LA
SCIENCE



BON DE COMMANDE

À retourner accompagné de votre règlement à :
Pour la Science – Service VPC
19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex
e-mail : pourlascience@abopress.fr



OUI, je commande :

- ☐ 1 reliure *Pour la Science* au prix unitaire de 18,90 €*
- ☐ 2 reliures *Pour la Science* au prix de 37,80 €*
- ☐ 3 reliures *Pour la Science* au prix de 56,70 €*

Une reliure peut contenir 12 numéros.

***Les prix affichés incluent les frais de port.**

Groupe Pour la Science – Siège social: 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris
CEDEX 14 – Sarl au capital de 32 000 € – RCS Paris B 311797393 – Siret: 31179739300023 – APE 5814 Z

1 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES

☐ M. ☐ Mme

Nom :

Prénom :

Adresse :

.....

Code postal [][][][][][] Ville :

Téléphone [][][][][][][][][][][][][][][][]

Mon e-mail :

.....@.....

J'accepte de recevoir les informations de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON
et de ses partenaires ☐ OUI ☐ NON

2 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° [][][][][][][][][][][][][][][][]

Date d'expiration [][][][][][] Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) [][][]

Signature obligatoire :

Offre valable jusqu'au 31/12/2018 en France métropolitaine uniquement. Pour l'export, merci de contacter le service VPC. Les prix affichés incluent les frais de port et frais logistiques. En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science.