

tion à long terme dans l'hippocampe est indispensable à l'apprentissage spatial ? En fait, cette vision peut paraître un peu simpliste. Pourquoi la potentialisation à long terme devrait-elle absolument précéder l'apprentissage spatial ? Il pourrait ne s'agir que de deux phénomènes simultanés, reposant sur des mécanismes semblables. Dans ce cas, ces deux phénomènes seraient affectés par le blocage d'un même mécanisme. Méfions-nous donc des conclusions trop rapides. La destruction d'un gène peut en effet retentir sur la mise en place des neurones et de leurs connexions lors du développement embryonnaire. Le groupe de Kandel a fait une étude anatomique poussée de l'hippocampe des souris dépourvues de la kinase *Fyn*, et observé une augmentation de 20 à 30 % du nombre de neurones dans certaines régions. Kandel postule que cette augmentation est liée à une diminution de la mort cellulaire programmée (apoptose) qui a normalement lieu au cours du développement du cerveau. Cette anomalie du développement ne pourrait-elle pas altérer directement l'apprentissage ? Qui plus est, il faut garder à l'esprit que le cerveau est doté de mécanismes compensatoires étonnants, qui peuvent fausser l'interprétation des résultats. Une fraction des souris mutantes obtenues par Tonegawa l'illustrent bien : plus de 10 % de ces souris transgéniques présentaient, malgré tout, une bonne potentialisation à long terme. Cette absence d'effet de la mutation pourrait être due à la mise en jeu d'autres sous-unités de la calmoduline kinase II, ou d'autres protéines kinases.

Malgré ces réserves, l'entrée des souris transgéniques dans les sciences du comportement donnera certainement un nouveau souffle à cette discipline située à la charnière souvent grinçante des sciences exactes et des sciences humaines. De nombreux mutants et doubles mutants seront construits. Ainsi, l'équipe de Tonegawa cherche actuellement à obtenir une souris transgénique défectueuse en un récepteur particulier situé à la surface de certains neurones, le récepteur NMDA, qui joue un rôle très important dans la plasticité des synapses, et que nous étudions plus particulièrement, à l'institut Alfred Fessard, au CNRS, à Gif-sur-Yvette. Mais la tâche sera longue, bien plus longue que celle du programme HUGO sur le séquençage du génome humain. Faut-il rappeler que le cerveau joue sur un registre de quelque 50 000 gènes ? Combien faut-il en perdre pour aliéner notre sens critique et penser que le cerveau livrera rapidement le secret de son fonctionnement ?

JEAN ROSSIER

DES BACTÉRIES POUR LA LUTTE ANTI- MOUSTIQUE

DES BACTÉRIES POURRAIENT ÊTRE LES ARMES NOUVELLES DE LA DÉMOUSTICATION, NOTAMMENT EN MILIEU TROPICAL. UNE STRATÉGIE D'UTILISATION EST AUJOURD'HUI À L'ESSAI AU CAMEROUN.

Un nouveau moyen de lutte biologique est actuellement expérimenté à Maroua, ville du nord du Cameroun, pour combattre un moustique, *Culex quinquefasciatus* (fig. 1), véritable fléau qui a colonisé l'ensemble des régions tropicales en quelques dizaines d'années. Plusieurs centaines de piqûres par habitant et par nuit, tel peut être, à Maroua, le score accablant de cet insecte spécifiquement urbain. De plus, dans certaines régions, ce moustique transmet la filariose de Bancroft, grave maladie invalidante (causant l'éléphantiasis), due à l'introduction d'un ver parasite dans le sang au moment de la piqûre.



Au Cameroun, bien que cette maladie soit actuellement rurale, la présence de *C. quinquefasciatus* en milieu urbain fait craindre son extension.

Le pullulement de ce moustique s'explique par l'abondance des eaux croupissantes dans les villes⁽¹⁾. En effet, le développement des réseaux d'assainissement et d'évacuation des eaux usées n'a pas suivi l'accélération de l'urbanisation. Les eaux stagnantes qui s'accumulent sont les lieux de ponte habituels pour cette espèce. Dans ces gîtes, la phase aquatique du cycle de développement se déroule en six à huit jours. Après l'éclosion, les œufs donnent des larves qui se transforment au bout de quelques jours en nymphes, puis en moustiques adultes. Les femelles piquent l'homme au cours de la nuit, prélevant ainsi le sang indispensable à la maturation d'une nouvelle ponte.

Le choix d'un insecticide est particulièrement complexe en milieu urbain. Il doit être spécifique, c'est-à-dire toxique pour l'espèce visée, mais non pour l'homme, les animaux domestiques ou les ennemis naturels de l'insecte à éliminer. Il est également impératif que des résidus toxiques ne contaminent pas les nappes phréatiques



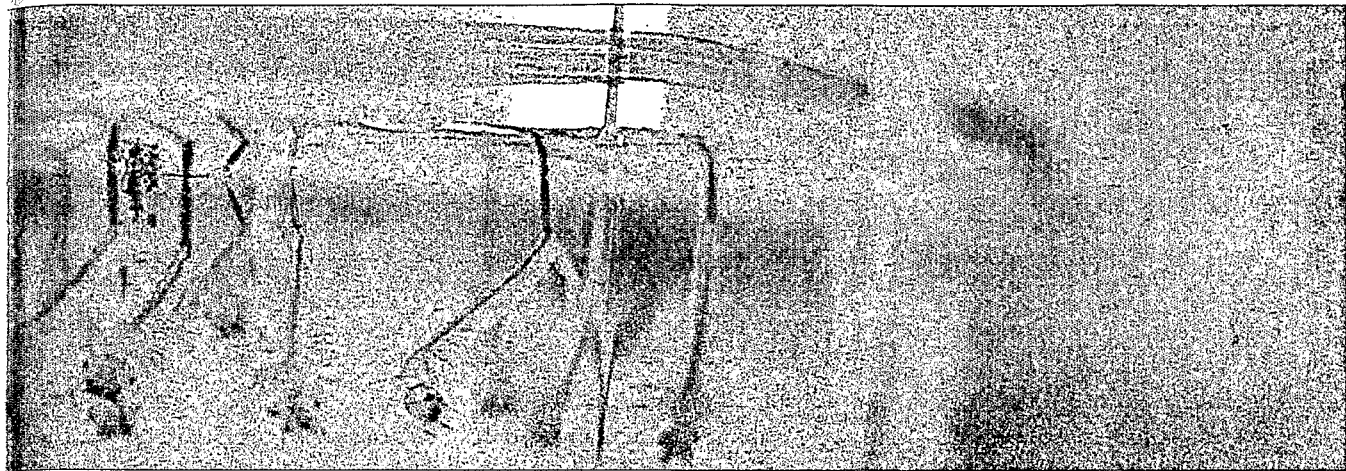


Figure 1. Ce moustique, *Culex quinquefasciatus*, dont on voit ici les larves, est d'une nuisance considérable dans les villes, en milieu tropical. Non seulement responsable de plusieurs centaines de piqûres par nuit et par habitant, il peut transmettre la filariose de Bancroft, grave maladie invalidante. Cependant, il pourrait être, à son tour, la victime d'une bactérie, *Bacillus sphaericus*. L'utilisation de ce micro-organisme comme insecticide biologique (biopesticide) est testée actuellement par des chercheurs de l'ORSTOM installés au Cameroun. (Cliché ORSTOM/N. Montevy)

utilisées quotidiennement par la population pour l'approvisionnement en eau. Or l'apparition de résistances chez la plupart des insectes visés par des insecticides chimiques impose l'augmentation des dosages et la multiplication des pulvérisations⁽²⁾ (voir « La résistance des insectes aux insecti-

cides » dans *La Recherche* de juillet-août 1991). En surdosant les produits, le personnel des services d'hygiène risque de s'intoxiquer au cours des manipulations ou de mettre en danger la population et les animaux domestiques ou utiles. En outre, à Maroua, accablés par les centaines de piqûres qu'ils ont à subir pendant la nuit, les habitants ont fréquemment recours à de l'huile de vidange usagée pour tuer les larves dans les caniveaux, ce qui aggrave encore la dégradation de leur environnement.

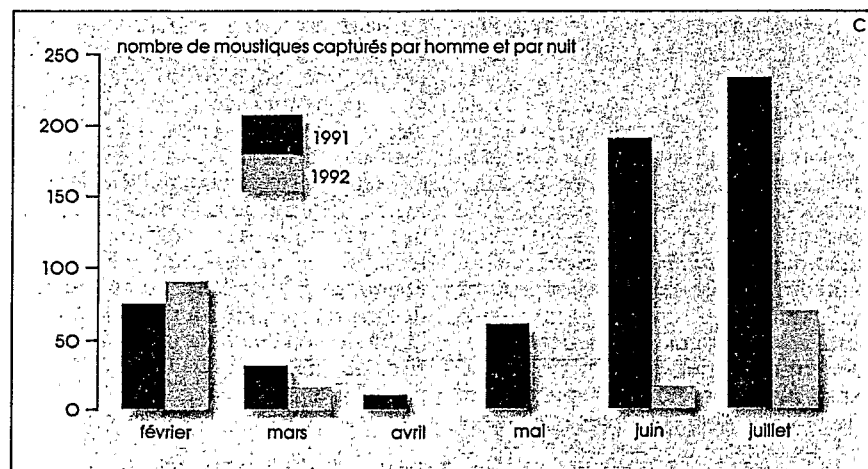
Pour pallier l'insuffisance de la lutte chimique contre les moustiques, des chercheurs se sont intéressés à leurs ennemis naturels. Les plus prometteurs sont des bactéries pathogènes, qui permettent d'envisager une alternative biologique aux insecticides chimiques.

C'est le cas de *Bacillus sphaericus*, bactérie fréquente dans les milieux naturels, mais dont une souche synthétisant des toxines pathogènes pour les larves de moustiques a été isolée par l'Américain W.R. Kellen et ses collaborateurs en 1965⁽³⁾.

Une autre bactérie, *Bacillus thuringiensis*, est d'ailleurs utilisée, depuis dix ans, dans la lutte contre les simulies, petits moucheron piqueurs transmettant des vers responsables de l'onchocercose (cécité des rivières), dans le cadre du programme ocr (*Onchocerciasis Control Program*) qui couvre plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, sous l'égide de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (voir « Surveiller les rivières pour vaincre l'onchocercose » dans *La Recherche* de septembre 1991). *Bacillus sphaericus* est expérimenté de-



B Figure 2. Cette photographie a été prise au cours de la première expérience réalisée par les auteurs en février et mars 1992 à Maroua, ville du Nord du Cameroun. Une équipe locale (A) est en train de pulvériser une suspension de bactéries dans un des 27 000 gîtes larvaires potentiels, caniveaux, puisards, fosses septiques, etc. Pour évaluer les effets du traitement anti-moustique testé à Maroua, des « pièges humains » (B) ont pour mission de capturer, une fois par mois, les moustiques qui les assaillent durant la nuit. Les résultats obtenus permettent de comparer le nombre de piqûres par nuit et par habitant avant et après le traitement. Cette lutte biologique a entraîné une réduction très importante du nombre de piqûres jusqu'à la fin de la saison des pluies (fin août) (C). Obtenir un traitement efficace tout au long de l'année est l'objectif de la deuxième expérience en cours. Elle devrait permettre la mise au point d'une stratégie de lutte simple et peu coûteuse, applicable dans tous les pays touchés par ce fléau. (Clichés Mark Edwards, OMS)



(1) R. Subra, *Biology and control of Culex pipiens quinque fasciatus* Soy 1823 (Diptera, Culicidae) with special reference to Africa, OMS/vbc/80, 781, 1980.
(2) M. Magnin et al., *J. Med. Entomol.*, 25 (2), 99, 1988.
(3) W.R. Kellen et al., *J. Invert. Pathol.*, 7, 442, 1965.

puis une dizaine d'années par l'Entente interdépartementale de démoustication du littoral méditerranéen français pour lutter contre un autre moustique, *Culex pipiens*, dans le Midi de la France⁽⁴⁾. Des essais préliminaires, menés en 1980, ont démontré l'absence de pathogénicité de *B. sphaericus* pour l'homme et la faune⁽⁵⁾. De très nombreuses études réalisées depuis, en laboratoire et à petite échelle, ont permis de comprendre partiellement le mode d'action de la bactérie sur la larve de moustique⁽⁶⁻⁸⁾. Tout d'abord, la larve ingère les spores bactériennes en suspension dans l'eau. Les spores évoluent alors en cellules bactériennes, qui produisent deux toxines libérées dans l'estomac de l'insecte. Ces substances, dont le mode d'action est mal connu, agissent au niveau de la paroi de l'intestin et entraînent la mort de la larve de quatre à quarante-huit heures après l'ingestion, selon la concentration de bactéries dans le milieu et la souche utilisée. Les spores émises par les bactéries dans le corps de la larve morte se retrouvent ensuite dans le milieu et peuvent recontaminer d'autres larves. Ce recyclage des spores est très important, car il permet d'envisager des traitements espacés dans le temps.

La connaissance de la biologie de cet ennemi du moustique n'est qu'une première étape. Il faut maintenant mettre au point une stratégie d'application simple et peu coûteuse, pour que la lutte puisse être réalisée par les services chargés de l'hygiène urbaine. Dans cette optique, le programme TDR (*Tropical Disease Research*) de l'OMS finance six projets à grande échelle de lutte contre *C. quinquefasciatus*, au Brésil, au Cameroun, en Côte-d'Ivoire, en Inde, au Sri Lanka et en Tanzanie. Notre équipe, installée au Cameroun, qui rassemble des entomologistes de l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération) et le service d'hygiène de Maroua, s'était donné pour premier objectif de mesurer l'impact d'un traitement unique et systématique, visant tous les gîtes larvaires potentiels de cette ville. Maroua a été choisie pour être le siège de l'expérience ; cette ville de cent trente mille habitants est située en plein cœur de la savane, à plusieurs dizaines de kilomètres de la ville la plus proche. Elle constitue donc un véritable îlot écologique pour *C. quinquefasciatus*, ce qui limite les risques de réinvasion à partir de l'extérieur.

Lors de cette première expérience, réalisée entre février et mars 1992, quarante-huit personnes, réparties en équipes, ont été chargées d'épandre plus de mille litres de traitement. Le produit utilisé, le Spherimos, fourni par

la société danoise Novo-Nordisk, est une suspension de spores de *Bacillus sphaericus*. Enorme tâche, puisque plus de dix-huit mille habitations ont été visitées, permettant de traiter environ vingt-sept mille puisards, latrines, fosses septiques, caniveaux et autres réservoirs d'eaux usées (fig. 2A).

UNE UTILISATION INTÉRESSANTE POUR DES ÉCOSYSTÈMES FRAGILES

Afin d'évaluer les effets de ce traitement, des captures de moustiques ont été effectuées chaque mois, dans des habitations de plusieurs quartiers de Maroua, par seize agents de notre équipe chargés d'emprisonner dans un tube chaque moustique se posant sur eux... ce qui leur évitait d'être piqués (fig. 2B) ! Ces données ont pu être comparées à celles obtenues l'année précédente, en l'absence de traitement (fig. 2C). C'est ainsi qu'en mai 1991, un habitant de Maroua était piqué en moyenne près de soixante fois par nuit par des femelles de *C. quinquefasciatus* tandis qu'en mai 1992, soit deux mois après la fin du traitement, et dans des conditions météorologiques sensiblement identiques, il avait à subir moins d'une piqûre par nuit. Dans la majorité des gîtes traités, *B. sphaericus* est resté efficace pendant cette première période de deux mois, stérilisant ainsi les lieux de ponte pendant une période bien supérieure à l'espérance de vie des femelles, de l'ordre de trois semaines. Quatre mois plus tard, au milieu de la saison des pluies (mai-septembre), le traitement était encore très efficace, puisqu'il entraînait une diminution du taux de piqûres de 78 % par rapport à l'année précédente. Or habituellement, au mois de juillet, la densité de moustiques est telle qu'un homme est, en moyenne, victime de plus de 230 piqûres par nuit. En revanche, à partir du mois d'août, nous avons observé la réapparition progressive des moustiques.

Le bilan de cette première expérience est donc très satisfaisant : nous avons obtenu une réduction très importante de la population de *C. quinquefasciatus*, à la grande joie des habitants de Maroua, et nous avons pu identifier les éléments négatifs susceptibles de diminuer l'efficacité du traitement. Ainsi, le débordement de réservoirs d'eau lorsque les apports en eaux usées étaient trop abondants ou au moment des premières pluies a parfois entraîné la dilution ou l'élimination de *B. sphaericus* des gîtes traités. De plus, de nouveaux gîtes ont été créés, par les habitants eux-mêmes, ou par les premières pluies importantes, entre avril et mai. Enfin, en dépit du soin apporté à l'exé-

cution du traitement, des réservoirs ont pu échapper à la vigilance des opérateurs.

Pour tenter d'obtenir une réduction de la densité de moustiques pendant toute l'année, nous expérimentons actuellement une deuxième stratégie, réalisée entièrement par les services d'hygiène de Maroua. Elle consiste à ne traiter que les gîtes les plus productifs (dix mille environ), mais à deux périodes de l'année. Ainsi, le premier traitement a eu lieu durant le mois de novembre 1992, afin de maintenir un taux de piqûres très bas pendant toute la durée de la saison sèche (d'octobre à avril). Le second aura lieu au mois de juin 1993 pour limiter l'augmentation rapide de la densité de moustiques habituellement enregistrée en saison des pluies. Notre étude montre que *B. sphaericus* peut être considéré comme un insecticide de choix pour la lutte contre *C. quinquefasciatus* en milieu urbain tropical. Son utilisation pourrait être particulièrement intéressante dans les écosystèmes fragiles, les îles en particulier, où l'utilisation d'insecticides chimiques est impossible à envisager. De même, cette bactérie pourrait être un outil efficace dans les villes où le moustique est vecteur de la filariose de Bancroft. Sur la base de ces premières informations, des campagnes de lutte contre cette maladie pourront être entreprises en Afrique de l'Est (en Tanzanie notamment), en Asie ou encore en Amérique du Sud. Pour évaluer l'efficacité du traitement, on pourra alors prendre en compte non seulement la diminution de la population de moustiques, mais aussi la réduction du nombre de cas de filariose. La lutte contre cette maladie pourrait être intensifiée en associant la lutte antilarvaire à d'autres méthodes, comme l'utilisation de moustiquaires imprégnées d'insecticide, déjà utilisées dans la lutte contre le paludisme⁽⁹⁾ et au traitement systématique de tous les malades.

Actuellement, des études sont menées par de nombreux laboratoires pour améliorer les souches bactériennes utilisées : il s'agit d'augmenter la durée de l'efficacité des traitements ou d'obtenir un meilleur recyclage des spores. D'autres souches de *Bacillus sphaericus* ou même d'autres espèces de bactéries sont également recherchées sur le terrain dans divers pays (Chine, Indonésie, etc.). Notre équipe a d'ailleurs isolé, à partir de prélèvements effectués dans des gîtes larvaires naturels au Cameroun, deux nouvelles bactéries toxiques pour les moustiques. Reste à évaluer précisément leurs compétences...

JEAN-MARC HOUGARD, PHILIPPE BARBAZAN
ET THIERRY BALDET

(4) G. Sinégre et al., « Activité initiale et résiduelle de *Bacillus sphaericus* dans les gîtes larvaires à *Culex pipiens* du sud de la France », IV^e Congrès sur la protection de la Santé humaine et des Cultures en milieu tropical, Marseille, 2-4 juillet 1986.
(5) J.A. Shadduck et al., Environ. Entomol., 9, 403, 1980.
(6) J.A. Lacey et A.H. Undeen, Ann. Rev. Entomol., 31, 265, 1986.
(7) J.M. Hougard in H. de Barjac et D.J. Sutherland (eds), *Culex quinquefasciatus breeding sites in Tropical Africa. Bacterial control of mosquitoes and black flies*, Rutgers University Press, New Brunswick, 1990.
(8) J.M. Hougard et al., Lutte contre *Culex quinquefasciatus* par *Bacillus sphaericus*, Bull. OMS, à paraître.
(9) V. Robert et P. Carneval, Bull. OMS, 69, 735, 1991.

Que faire de Superphénix ?

LA RECHERCHE

**LES SUPER-RÉSEAUX SUPRACONDUCTEURS
LES SINGES SONT-ILS GAUCHERS? • LES MICRO-ONDES**



**L'ACTIVITÉ
MAGNÉTIQUE DU SOLEIL**

M1108 - 252 - 38.00 F

MENSUEL N° 252 MARS 1993 • 38 FRANCS



SUISSE : 11,5 FS MAROC : 33 DH TUNISIE : 3300 MIL ESPAGNE : 800 PTAS BELGIQUE : 277 FB CANADA : 5,95 \$ CAMEROUN : 1520 CFA RCCHV (252) 241-364 (1993) ISSN 0029-5671