

UTILISATION DE LA GENETIQUE DANS LE CONTROLE DES ESPECES D'INSECTES VECTEURS DE MALADIES HUMAINES

par

J. COZ (1)

SUMMARY

GENETIC MEANS FOR CONTROL OF INSECT VECTORS OF HUMAN DISEASES

We divide genetical control methods in two major groups:

- mechanisms operating between different species and an example is the attempt of control of *A. gambiae* in West Africa,
- mechanisms operating in a single species with:
 - gamma rays and chemical treatment for sterilisation,
 - cytoplasmic incompatibility (ex. : *C. pipiens*).

Genetical control also suppose the knowledge of biology and ecology of the target insect. This paper does not want to be an exhaustive review of this problem. Its only ambition is to try and expose the possible applications of genetics in the control of vectors.

INTRODUCTION

Le développement de la résistance aux insecticides de certains insectes vecteurs de maladies, comme les *Anophèles*, agents de paludisme, de filariose de Bancroft, de certaines viroses, les *Culex* vecteurs de filariose de Bancroft, les *Aedes* qui jouent un rôle important dans la transmission de la fièvre jaune, de la dengue, etc., joint au coût élevé de nouveaux insecticides susceptibles d'être utilisés en remplacement, a incité les chercheurs à de nouvelles recherches.

Parmi ces dernières, nous trouvons les méthodes "biologiques" qui présentent, dans un monde obsédé à juste titre par la pollution, l'avantage d'être théoriquement dépourvues de toxicité pour le milieu environnant.

L'appellation méthodes biologiques regroupe en fait un ensemble de domaines éloignés les uns des autres, qui vont, de celui des agents pathogènes parasites, bactéries, virus, prédateurs à celui des techniques génétiques.

Les méthodes génétiques reposent sur la connaissance de la génétique fondamentale. Celle-ci a fait l'objet de travaux importants dans différents secteurs de la santé humaine et animale et en agriculture ; on est toutefois forcé de constater que les insectes vecteurs de maladies n'ont fait l'objet que de peu de travaux de recherche. Les généticiens des insectes se sont davantage intéressés aux drosophiles qui, d'ailleurs, constituent un excellent matériel de laboratoire et, dans ce domaine, ils ont fourni une somme considérable de travail.

La méthode de contrôle génétique est celle basée sur l'emploi ou l'utilisation d'une espèce d'insectes pour son propre contrôle. L'adjectif "autocide" est souvent utilisé en lieu et place de "génétique" ; il en définit mieux la finalité, mais il donne un sens plus limité.

Il existe dans les populations colonisées de moustiques de nombreuses mutations naturelles attribuant à ceux qui les portent une incapacité vitale plus ou moins prononcée. On a pensé à les utiliser dans les conditions naturelles. On se heurte alors à la plasticité génétique des espèces visées (LAVEN, 1971) qui, très rapidement, retrouvent leur équilibre.

Les méthodes génétiques de lutte, artificielles, qui font l'objet de cet exposé, doivent être considérées en fonction de leur efficacité sur un système génétique donné, d'une part dans les conditions du labora-

(1) Pharmacien chimiste en chef du Service de santé des Armées, docteur ès Sciences. Directeur des études en entomologie médicale à l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. S.S.C.O. - 74, route d'Aulnay - Bondy.

toire, d'autre part dans les conditions naturelles. On adoptera, du fait de sa simplicité, la classification suivante pour les méthodes de lutte génétique :

I - Mécanismes agissant à l'intérieur d'une même espèce.

II - Mécanismes agissant entre espèces.

I. — MECANISMES AGISSANT A L'INTERIEUR D'UNE MEME ESPECE

1. Stérilisation provoquée par agents physiques ou chimiques.

1. GÉNÉRALITÉS

On peut obtenir deux types de stérilisation :

— une stérilisation totale des mâles et ceci constitue la méthode des mâles stériles ;

— une stérilisation partielle des mâles transmissible à la descendance, c'est la méthode des translocations.

Dans les deux types de stérilisation, on observe de nombreux points de comparaison ; les deux méthodes reposent en effet sur l'acquisition de malformations chromosomiques ; elles induisent toutefois des stratégies de lutte différentes.

2. MÉTHODE DES MALES STÉRILES

Dans un premier temps, il convient de déterminer la quantité minimum de radiation ou de produit chimique qui provoque la stérilité totale des mâles en évitant toutefois de léser leur capacité vitale et leur compétitivité sexuelle. L'emploi de cette méthode repose sur un certain nombre de principes :

— il ne faut pas que les femelles s'accouplent plusieurs fois ou, si cela se produit, seul le premier accouplement doit être efficace. C'est d'ailleurs le cas pour la plupart des espèces de *Culicidae*.

— les mâles stériles doivent être compétitifs avec les mâles sauvages qu'ils sont sensés concurrencer. Ils doivent être en nombre suffisant. La production de mâles stériles en quantités importantes nécessite des élevages, ce qui le plus souvent signifie sélection de souches adaptées à l'insectarium. Il est évident que ces sélections ne vont pas nécessairement dans le sens de la valeur compétitive de l'insecte.

3. MÉTHODE DES TRANSLOCATIONS

Avec une irradiation moindre que pour la méthode précédente, on provoque des translocations ou des inversions péricentriques sur les chromosomes. Dans ce cas, seule une partie de la descendance est stérile, mais cette stérilité est transmise héréditairement.

Sous l'effet de rayonnement gamma ou autres, des chromosomes non homologues se cassent et échangent des segments. A la méiose, les chromosomes interchangeés et leurs homologues normaux forment un complexe interchangeé. La ségrégation à partir de ce complexe conduit à différents types de gamètes :

- gamètes alternés,
- gamètes adjacents.

Les gamètes alternés sont viables, mais transmettent la translocation ; les gamètes adjacents ne peuvent pas vivre. Comme les deux types de ségrégation se produisent habituellement de façon égale, on dit que les hétérozygotes transloqués sont semi-stériles. De tels mâles transloqués lâchés dans un programme de contrôle, non seulement introduisent la stérilité dans une population, mais également transmettent cette stérilité à leur progéniture.

Les translocations multiples impliquent l'échange de trois ou plus segments non homologues ; plus important est le réarrangement, plus grande la stérilité. Un individu qui a reçu un jeu de chromosomes transloqués d'un parent et un jeu différent de l'autre parent est appelé un hétérozygote à double translocation.

4. TECHNIQUES DE STÉRILISATION

La stérilisation dans une même espèce peut être acquise par des moyens physiques et chimiques.

a) *Moyens physiques* : rayons X, rayons bêta et alpha, neutrons rapides, radiations gamma.

La source la plus utilisée de rayons gamma parce que la plus pratique est la bombe au Cobalt 60. On utilise aussi la bombe au Caesium 137 pour produire les rayons gamma.

Depuis 1916, on connaît le pouvoir stérilisant des rayons X sur le coléoptère *Lasioderma serricornis*. Les rayons gamma ont été utilisés pour l'éradication de *Cochliomyia hominivorax* dans l'île de Curaçao et le sud des Etats-Unis (LINQUIST, 1961). C'est d'ailleurs la seule fois qu'une éradication a été obtenue et elle sert toujours de référence pour les tenants de la lutte génétique. Avec la bombe au cobalt, on a également stérilisé différents insectes d'importance médicale (glossines, mouches, moustiques, réduves). Actuellement, se développe à Bobo-Dioulasso, Haute-Volta (sous l'égide de l'I.E.M.V.T. *, un programme

(*) Institut d'élevage et de Médecine Vétérinaire Tropicale (Maisons Alfort).

d'élevage de *Glossina palpalis gambiensis* et de traitement aux rayons gamma.

b) *Moyens chimiques* : ce sont les produits qui, par contact ou par ingestion provoquent la stérilité des insectes. BORKOVEC (1966), MOUCHET (1971) ont fait une étude bibliographique exhaustive. On distingue :

— les agents alkylants qui introduisent une chaîne hydrocarbonée dans la molécule organique (Apholate-Tepa - Metepa) ;

— les antimétabolites. Composés analogues de la purine et de la pyrimidine ; ils entreraient en compétition avec celles-ci, bloquant le métabolisme des acides nucléiques (5 fluoro uracyl, acide 5-fluorotrotique, antifoliques),

— des composés divers (antihormones, phéromones, antibiotiques).

Les chimiostérilisants peuvent être utilisés en application sur les adultes (pulvérisation, poudrage, bain, etc.), en traitement larvaire et par ingestion. Ces produits doivent toutefois être manipulés avec précaution car beaucoup d'entre eux sont mutagènes et risquent d'intervenir sur la faune non-cible.

5. EXEMPLES DE STÉRILISATION

Quelques exemples illustrent ces différentes techniques :

1. *Musca domestica*

Des expériences intéressantes furent menées avec le Tepa sur la mouche domestique, en appât sucré (LABRECQUE et coll., 1962 ; HANSSENS et GRANETT, 1965, GOUCK et coll., 1963). En Italie, le Tepa et le Hempa furent utilisés en solution sucrée (SACCA et coll., 1964, 1966).

2. *Aedes aegypti*

Les travaux effectués sur *A. aegypti* illustrent bien les différentes manipulations génétiques auxquelles se sont livrés les chercheurs.

Techniques des mâles stériles

Les mâles ont été irradiés à des doses de radiation gamma allant de 7.000 à 18.000 roentgens, à l'état adulte et à l'état pupal. On obtient pour ces dosages 100 p. 100 de stérilité chez les mâles irradiés ; à partir de 10.000 r., toutefois, on observe une baisse de la compétitivité des mâles (RAI et coll., 1974), ce qui, évidemment, est un mauvais argument pour le choix de cette méthode.

Technique des translocations chromosomiques

À des doses inférieures aux précédentes de 2.000 à 3.500 r., on obtient des translocations réciproques.

Distorsion du rapport des sexes

HICKEY et CROIX (1966) ont décrit un facteur de distorsion du rapport des sexes (sex-ratio) localisé sur le chromosome 1 d'*A. aegypti* et qui provoque la production d'un excès de mâles. Il sera peut-être intéressant d'utiliser cette technique en combinaison avec la technique des mâles stériles ou celle des translocations.

3. *Culex pipiens*

Dans les environs de Montpellier, la station de N.-D.-des-Champs a fait l'objet de lâchers de mâles transloqués (LAVEN et coll., 1971 ; COUSSERANS et GUILLE, 1972). Il a été démontré que les mâles transloqués entraînent en compétition avec les mâles normaux, que la stérilité introduite dans une population peut la toucher entièrement et qu'elle se maintient par la suite. Commencés en août 1970, les lâchers de mâles transloqués permettaient en septembre de la même année d'atteindre le niveau de 100 p. 100 de femelles sauvages positives pour la translocation. Il est vrai que cette expérience a été faite dans un secteur très limité sur un isolat géographique. Il conviendrait, avant d'en tirer des conclusions définitives, de passer par une phase plus importante et d'appliquer la méthode à une population ouverte, susceptible d'échanger du matériel génétique avec les populations avoisinantes.

2. Incompatibilité cytoplasmique.

LAVEN (1951, 1957) reconnut dans cette "incompatibilité cytoplasmique" une possible méthode de lutte contre *Culex pipiens*. Lorsqu'on croise des populations d'origine différente de *C. pipiens*, il arrive d'observer la production d'œufs stériles. Cette stérilité a été définie comme occasionnée par des facteurs extra-chromosomiques qui empêchent la fusion du noyau du spermatozoïde avec le noyau de l'ovule (LAVEN, 1971), d'où l'appellation facteurs cytoplasmiques.

L'explication de ce phénomène nous paraît donnée (YEN et BARR, 1974) par la mise en évidence dans le cytoplasme des œufs de certains *C. pipiens* d'une sorte de rickettsie *Wolbachia pipientis*. Lors de croisements d'individus *Wolbachia* + avec des individus indemnes parce que traités aux tétracyclines, il y a incompatibilité et les œufs produits n'éclosent pas. Le *Wolbachia* est un symbionte de *C. pipiens* transmis par voie transovarienne ; il est bien adapté aux gonades femelles. Les mâles de *C. pipiens* sans micro-organisme sont compatibles avec toutes les femelles avec ou sans *Wolbachia*. C'est la présence du *Wolbachia* dans les mâles qui est responsable de l'incompatibilité.

L'expérience de lutte contre *C. pipiens fatigans* menée par LAVEN et l'Organisation Mondiale de la Santé dans les environs de Rangoon (LAVEN, 1971), laissa l'observateur sur sa faim. Alors qu'il semble que des résultats positifs étaient obtenus, des phénomènes météorologiques vinrent perturber l'expérience en cours, au point que l'on dut l'arrêter. En effet, dans cette expérience où 5.000 mâles, incompatibles avec les femelles locales, étaient lâchés tous les jours, on observa à partir de la cinquième semaine une augmentation importante des pontes non viables qui aboutit à la 12^e semaine à pratiquement 100 p. 100 de pontes stériles ; c'est à ce moment que débuta la mousson et que l'expérience dut être interrompue. Comme il est souvent demandé à ce type d'expériences d'être probant dès la première entreprise, qu'elles coûtent fort cher et font appel à de multiples sources de financement, les doutes laissés par le travail de LAVEN à Rangoon font que l'expérience n'a pas depuis été renouvelée.

II. — MECANISMES AGISSANT ENTRE ESPECES

1. Généralités.

Avant d'examiner le problème d'*A. gambiae* s.l. où différentes espèces ont été mises en présence pour la production de mâles stériles, rappelons quelques définitions.

On définit, du moins en termes de biologie évolutive, les espèces comme des populations mendéliennes qui n'échangent pas de gènes.

Les mécanismes d'isolement spécifique peuvent être :

- précopulatoires ;
- postcopulatoires.

1. MÉCANISMES PRÉCOPULATOIRES

— Isolement géographique : on parlera alors d'espèces allopatriques par opposition avec espèces sympatriques qui se trouvent sur le même territoire.

— Isolement temporel ou saisonnier.

— Isolement éthologique. Un comportement sexuel différent peut empêcher deux espèces sympatriques de se rencontrer.

— Empêchements mécaniques relatifs à la structure des génitales.

2. MÉCANISMES POSTCOPULATOIRES

Le croisement de deux espèces différentes conduit

le plus souvent à l'interruption du courant génétique. Ce blocage se traduit de différentes manières :

— mortalité des gamètes. Ce sera la mort du spermatozoïde dans un milieu étranger agressif ou sa non-pénétration dans l'œuf ;

— inviabilité du zygote. Le spermatozoïde pénètre dans l'œuf, le féconde, mais le zygote meurt rapidement ;

— mortalité des hybrides ou infériorité. Les hybrides produits ne sont pas compétitifs du fait de leur faible espérance de vie ou de leur manque d'activité sexuelle ;

— stérilité des hybrides. Des croisements interspécifiques peuvent conduire à la production d'hybrides stériles ou peu féconds.

2. Essais pratiques en Haute-Volta de croisements interspécifiques sur *A. gambiae* s.p.

1. GÉNÉRALITÉS

Les essais conduits en Haute-Volta (DAVIDSON et coll., 1970) sont une illustration pratique des principes théoriques énoncés précédemment.

Le complexe *Anopheles gambiae* qui groupe plusieurs espèces jumelles, c'est-à-dire des espèces pratiquement indifférenciables morphologiquement, est un exemple de ce que peut apporter la génétique fondamentale à un programme de lutte. Tout d'abord, rappelons que l'appellation *A. gambiae* au sens large du terme groupait six espèces différentes :

— deux anophèles d'eau salée : *A. melas* en Afrique de l'ouest et *A. merus* en Afrique de l'est ;

— un anophèle d'eau natronnée, l'espèce D, limité géographiquement à la forêt de Bwamba ;

— une espèce particulière à l'Afrique de l'est *A. quadriannulatus* (espèce C) entièrement zoophile ;

— enfin, deux espèces d'eau douce à très large répartition géographique, *A. gambiae* s.s. (espèce A) et *A. arabiensis* (espèce B).

Ces espèces présentent la particularité, lors des croisements interspécifiques, de donner naissance à des hybrides mâles stériles (DAVIDSON et JACKSON, 1962). La stérilité peut s'accompagner dans certains croisements de distorsion du rapport des sexes (BURGESS, 1962) : cela se produit lors du croisement de femelles d'*A. melas* avec les mâles de certaines populations d'*A. gambiae* et d'*A. arabiensis* (DAVIDSON et coll., 1970) ; on obtient alors uniquement des mâles.

On imagine donc de mettre en concurrence des mâles stériles obtenus par croisement interspécifique avec des mâles normaux. La première partie du travail

effectué au Ross Institute de Londres indiquait que les mâles stériles ainsi obtenus concurrençaient de façon efficace les mâles normaux et que, de plus, les femelles vierges accouplées avec des mâles stériles ne pondaient plus que des œufs inféconds (BRYAN, 1968), même si on les accouplait par la suite avec un mâle normal.

Il importait, dans un deuxième temps, de procéder sur le terrain à une expérience à petite échelle. Ce fut le village de Pala, à proximité de Bobo-Dioulasso (Haute-Volta) qui fut retenu. Il était en effet relativement isolé et sa faune anophélienne était suivie depuis plusieurs années. Le protocole original de travail prévoyait d'ensemencer les gîtes larvaires répertoriés du village de Pala avec des œufs donnant des mâles stériles. Pour des raisons pratiques, nous préférâmes élever les larves stériles au laboratoire et transporter les nymphes prêtes à éclore à la station d'essai.

La population d'*A. gambiae* de Pala était constituée par l'espèce A ; les hybrides mâles stériles provenaient du croisement mâles *A. gambiae* B - femelles *A. melas*.

2. CONTRÔLE D'EFFICACITÉ

Les lieux de repos des anophèles adultes étaient prospectés systématiquement ; les mâles capturés étaient disséqués afin de déterminer le rapport mâles stériles - mâles fertiles, élément primordial de toute lutte génétique.

Les femelles gorgées capturées étaient mises à pondre et la fécondité des œufs observée.

3. RÉSULTATS

Dans cette expérimentation, 295.813 nymphes ont été lâchées (DAVIDSON et coll., 1970).

70 p. 100 des mâles capturés dans les lieux de repos étaient stériles, ce qui représente un rapport de 3 stériles pour 1 fertile.

Sur 271 pontes issues de femelles capturées à Pala, 11 étaient stériles (4,1 p. 100) ; dans les témoins provenant de villages voisins, 3 stériles sur un total de 241 (1,2 p. 100). Ceci indique que l'accouplement entre les mâles stériles et les femelles indigènes ne s'est pas produit pour différentes raisons qu'il convient d'étudier :

— tout d'abord, l'expérience faisait intervenir trois espèces, puisque les hybrides appelés à concurrencer *A. gambiae* (A) provenaient du croisement *A. melas* - *A. arabiensis* (B) ; il aurait peut-être mieux valu utiliser le couple *A. melas* - *A. gambiae* A comme producteurs de mâles stériles ;

— le manque d'accouplements indiqués par le faible taux de femelles stériles, est vraisemblablement

sous la dépendance des facteurs éthologiques. Le maintien en insectarium pour un temps plus ou moins long, et ceci est nécessaire pour développer les colonies, change nécessairement le comportement des insectes par sélection ou par dérive génétique. La compétitivité sexuelle des hybrides observée en cages de volume limité peut disparaître lorsque ceux-ci sont placés dans des conditions naturelles.

III. — PREPARATION DES LACHERS DE MALES STERILES

1. Élevage.

Le lâcher de mâles stériles d'une espèce nécessite presque toujours un élevage intensif de cette espèce, si possible à proximité de l'endroit du lâcher ; tout transport de matériel vivant est difficile et les accidents sont d'autant plus nombreux que la distance à parcourir est plus longue. Bien que les méthodes d'élevage soient codifiées, il a fallu à Bobo-Dioulasso plusieurs mois pour mettre au point les élevages d'*A. gambiae* B et d'*A. melas* nécessaires à l'expérimentation de Pala.

2. Lâcher.

Dans un deuxième temps, il convient de déterminer à quel stade il convient de relâcher les insectes stérilisés. Lors de l'expérimentation de Pala, nous avons envisagé de placer les œufs issus de croisements interspécifiques dans les gîtes naturels. Une rapide estimation des tables de vie larvaires d'*A. gambiae* avait montré que la mortalité larvaire d'*A. gambiae* était très importante ; la régulation naturelle des populations de moustiques s'effectue dans la phase aquatique. Il y a environ cent fois moins de nymphes que de larves stade I (BRUN et coll., 1974). L'emploi des œufs implique donc un nombre beaucoup plus grand que le lâcher de nymphes ou d'adultes. En insectarium, la mortalité en phase aquatique est beaucoup moins importante, en l'absence évidemment des mécanismes naturels de sélection ; mais dans ces conditions, que valent en terme de génétique évolutive, les insectes produits ?

3. Traitement.

Il est évident que les stérilisations risquent de diminuer l'activité sexuelle des insectes, qu'il s'agisse de manipulations génétiques comme les croisements interspécifiques où les traitements physiques et chimiques. Il convient donc de tester la compétitivité des mâles traités vis-à-vis des mâles normaux au

laboratoire, puis sur le terrain. Les stérilisations physiques et chimiques sont à manier avec la plus grande prudence pour l'opérateur évidemment, mais également pour l'insecte traité.

4. Connaissance de la biologie de l'insecte.

La connaissance de la biologie et de l'écologie de l'insecte visé sont des éléments primordiaux de tout programme de lutte autocide.

Doivent être étudiés :

- la dynamique des populations (taux de survie - variations de densité),
- les facteurs écologiques, éthologiques (mode et lieux d'accouplement),
- les facteurs synécologiques (relations de l'espèce considérée avec les autres éléments de la biocénose) (RIOUX et MOUCHET, 1969).

Lors de l'expérimentation de Pala, nous avons conclu que les mâles stériles ne rencontraient pas les femelles sauvages en dépit de leur nombre. L'insémination de la plupart des moustiques s'effectue, dans la nature, dans des essais. Par analogie avec certaines espèces connues de moustiques, nous pensons qu'il se forme des essaims de mâles d'*A. gambiae* dans certaines conditions de lumière ou de contraste lumineux et d'humidité. Les femelles vierges y sont attirées et l'accouplement se produit. Il paraît logique d'admettre que lors de l'expérience de Pala, les mâles stériles, provenant des colonies maintenues en laboratoire, n'ont pas su ou pu rejoindre de tels essaims, ce qui a été la raison de leur peu d'efficacité. Si une telle expérience était reconduite, il conviendrait que l'on produise les mâles stériles à partir d'une population issue de la région visée et qu'on la maintienne le moins longtemps possible en insectarium.

CONCLUSION

C'est l'éradication de *Cochliomyia hominivorax* sur l'île de Curaçao d'abord, puis au sud des Etats-Unis qui est à l'origine des essais et programmes de lutte génétique. A une époque où les insecticides ne jouissent plus, particulièrement dans les pays hyper-développés, de la considération d'origine où l'on se

prend à douter de leur efficacité et à se demander si l'on ne joue pas à l'« apprenti sorcier », la lutte "propre" que l'on a cru trouver dans la voie autocide bénéficie d'une réelle considération. L'écologie est devenue la pierre d'angle de la pensée philosophique actuelle, non sans raison, quand on pense aux quantités phénoménales d'insecticides de tout ordre utilisés dans le domaine agricole pour les cultures industrielles et vivrières. Les insecticides, dont on ne connaît pour ainsi dire pas le devenir, s'intègrent dans les chaînes biologiques, se métabolisent ou passent sans changement de structure risquant de provoquer des modifications irréversibles.

Il est certain toutefois que dans le domaine des vecteurs de maladies humaines et animales, la lutte génétique n'en est qu'aux recherches de base et que pour de nombreuses raisons, elle est loin d'être opérationnelle. Les insecticides demeurent actuellement les seules armes valables ; il convient donc de ne pas les rejeter, mais de les utiliser avec plus de discernement, de façon à en limiter au maximum les inconvénients, tout en augmentant l'efficacité. Cela suppose une connaissance de plus en plus approfondie du milieu, de l'insecte visé et de leurs inter-relations. Cela nécessite également la mise au point constante de nouvelles molécules, de façon à pallier les phénomènes de résistance. L'étude de leur activité ne devra pas se limiter à l'évaluation de leur effet létal sur l'insecte cible, mais devra également porter sur les conséquences possibles de leur introduction dans les chaînes biologiques des écosystèmes.

RÉSUMÉ

Nous divisons les méthodes de lutte génétique en deux grands groupes :

- mécanismes agissant entre espèces différentes ; et comme exemple nous donnerons l'essai de lutte contre *A. gambiae* en Afrique de l'Ouest ;
- mécanismes agissant dans une espèce :
 - traitements aux radiations et aux produits chimiques stérilisants,
 - utilisation de l'incompatibilité cytoplasmique (ex. : *C. pipiens*).

Le contrôle génétique suppose la connaissance de la biologie et de l'écologie de l'insecte cible. Cet article ne veut pas être une revue exhaustive du problème. Sa seule ambition est d'essayer d'exposer les possibilités de la génétique dans le contrôle des vecteurs.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 — BORKOVE A.B. — Insect chemosterilants — *Advances in pest control research*, 1966, 7, 114 p.
- 2 — BRUN L.-O. et DYEMKOUA A. — Observations préliminaires sur l'échantillonnage des populations larvaires d'*Anopheles gambiae*, vecteur majeur de paludisme humain — *Doc. Tech. ronéot. O.C.C.G.E.*, 1974, n° 5.732
- 3 — BRYAN J. — Results of consecutive matings of female *Anophele gambiae*, species B with fertile and sterile males — *Nature* (Londres), 1968, 218, 489.
- 4 — BURGESS R.W. — Preliminary experiments on the hybridization of *Anopheles gambiae* Giles and *Anopheles melas* Theobald — *Am. J. trop. Med. Hyg.*, 1962, 11, 702-704.
- 5 — COUSSERANS J. et GUILLE G. — Expérience de lutte génétique contre *Culex pipiens* dans la région de Montpellier — *Bull. biol.*, 1972, 106, 337-343.
- 6 — DAVIDSON G. and JACKSON C.E. — Incipient speciation in *Anopheles gambia* Giles — *Bull. Org. Mond. Santé*, 1962, 27, 303-305.
- 7 — DAVIDSON G., ODETOYINBO J.A., COLUSSA B. and COZ J. — A field attempt to assess the mating competitiveness of sterile males produced by crossing two member species of the *Anopheles gambiae* complex — *Bull. Org. Mond. Santé*, 1970, 42, 55-67.
- 8 — GOUCK H.K., MEIFFERT D.W. and GAHAN J.B. — A field experiment with Apholate as a chemosterilant for the control of houseflies — *J. econ. Ent.*, 1963, 56, 445-446.
- 9 — HANSENS E.J. and GRANETT P. — Effects of Apholate on a restricted population of house flies — *J. econ. Ent.*, 1965, 58, 157-158.
- 10 — HICKEY W.A. and GRAIG G.B. — Genetic distortion of sex ratio in a mosquito *Aedes aegypti* — *Genetics*, 1966, 53, 1177-1196.
- 11 — LABRECQUE G.C., SMITH C.N. and MEIFFERT D.W. — A field experiment in the control of house flies with chemosterilant baits — *J. econ. Ent.*, 1962, 55, 449.
- 12 — LAVEN H. — Crossing experiments with *Culex* strains. *Evolution.*, 1951, 5, 370-375.
- 13 — LAVEN H. — Vererbung durch kerngene und das problem der ausserkaryotischen vererbung bei *Culex pipiens*. II. - Ausserkaryotische vererbung — *Z. Indukt. Abstamm. U. Vererb. L.*, 1957, 88, 478-516.
- 14 — LAVEN H. — Génétique formelle, lutte génétique et structure des populations de moustiques — *Ann. Parasit.*, 1971, 46, 103-115.
- 15 — LAVEN H., COUSSERANS J. et GUILLE G. — Expérience de lutte génétique contre *Culex pipiens* dans la région de Montpellier — *Bull. Biol.*, 1971, 105, 357-367.
- 16 — LINQUIST A.W. — New ways to control insects — *Pest control.*, 1961, 29, 9-20.
- 17 — MOUCHET J. — La stérilisation par les moyens physiques et chimiques et son utilisation dans la lutte contre les insectes vecteurs — *Ann. Parasit.*, 1971, 46, 67-89.
- 18 — RAI K.S., LORIMER N. and HALLINAN E. — The current status of genetic methods for controlling *Aedes aegypti* — *The Use of Genetics in Insect control*. Elsevier/North Holland, PAL et WHITTEN M.J., ed., 119-132.
- 19 — RIOUX J.-A. et MOUCHET J. — L'écologie des arthropodes hématophages. Contraintes et perspectives — *Ann. Parasit.*, 1971, 46, 11-16.
- 20 — SACCA G. et STELLA E. — Una prova di campo per il controllo di *Musca domestica* L. mediante esche liquide a base del chemosterilante Tepsa — *Riv. Parasit.*, 1964, 25, 279.
- 21 — SACCA G., de MEO G.-M. et MASTRILLI M. — Una prova di campo con il chemosterilante Hempa contro *M. domestica* L. — *ATTI., Soc. pelor. Sci. fis. mat. nat. Messina*, 1966, 12, 457.
- 22 — YEN J.H. and BARR A. — Incompatibility in *Culex pipiens* — *The Use of Genetics in Insect control*. Elsevier/North Holland. PAL R. et WHITTEN M.J., ed., 97-117.