

lutte génétique

J. TICHELER

On comprend par lutte génétique toute lutte contre une population d'êtres nuisibles qui fait usage du système reproductif pour sa propre destruction.

A l'heure actuelle, trois méthodes peuvent se distinguer :

- a. l'emploi de mâles stérilisés aux rayons ionisants
- b. l'emploi de mâles stérilisés aux chimiostérilisants
- c. la manipulation génétique.

- a. Dans différentes espèces d'insectes, les mâles et - faute de moyens de trier les sexes dans une opération importante - les femelles, ont été stérilisés au moyen de rayons X ou de rayons gamma. Outre l'élimination du pouvoir reproductif, ces mâles n'ont subi aucun autre effet du traitement. Ces mâles lâchés dans une population de la même espèce s'accouplent avec les femelles en compétition avec les mâles de la population. La reproduction des femelles est alors réduite proportionnellement au rapport mâles stériles mâles fertiles. Des lâchers poursuivis pendant plusieurs générations ont abouti à l'éradication de différents insectes nuisibles dans certaines régions. C'est le cas du "srew worm fly" sur le territoire des Etats-Unis, de différentes mouches du fruit sur des îles de l'Océan Pacifique.

Indispensable à la méthode des mâles stériles est l'élevage de masse. Sur la base de connaissances approfondies de la biologie de l'insecte et de sa nutrition, on est arrivé à des élevages industriels d'un bon nombre d'insectes employant des milieux artificiels. Avant de démarrer des lâchers d'insectes stériles des études très poussées de l'écologie de l'espèce considérée sont nécessaires. Il est obligatoire de délimiter la zone à traiter évitant la possibilité de réinfestation. La capacité de vol doit alors être connue. Ensuite la densité de population dans le temps comme dans l'espace et le pouvoir de reproduction déterminent le nombre d'insectes à lâcher. Les radioéléments employés comme traceurs sont alors très utiles. Toutes les données acquises seront introduites dans un modèle mathématique qui servira comme base de l'opération.

- b. Différents produits chimiques, provenant en partie de la lutte contre le cancer, sont utilisés pour la stérilisation d'insectes. A ces produits, se joignent des analogues de l'hormone juvénile. Les études sur cette méthode n'ont pas encore abouti à une application pratique, en partie à cause de l'extrême toxicité et du manque de spécificité de ces produits.
- c. Dans la nature, on trouve des races ou sous-espèces de certains moustiques et d'acariens qui sont incompatibles quand elles sont croisées entre elles. L'introduction d'un surnombre de mâles d'une race incompatible dans une population de *Culex fatigans* a mené à la suppression de la dernière dans un village en Birmanie. Depuis d'autres mécanismes tels que la stérilité hybride et l'emploi de translocations induites par irradiation à faible dose sont étudiés entre autre pour la lutte contre les mouches tsétsé, les moustiques, les acariens et la mouche de l'oignon.

La lutte génétique n'est pas une panacée. Pour le moment, son étude ne peut être justifiée que pour des problèmes graves où d'autres moyens de lutte ont échoué ou se sont avérés trop coûteux.

On comprend par lutte génétique toute lutte contre une population d'êtres nuisibles qui fait usage du système reproductif pour sa propre destruction.

A l'heure actuelle, trois méthodes peuvent se distinguer :

- a. l'emploi de mâles stérilisés aux rayons ionisants,
- b. l'emploi de mâles stérilisés aux chimiostérilisants,
- c. la manipulation génétique.

A. L'EMPLOI DE MALES STERILISES AUX RAYONS IONISANTS

Le premier à avoir reconnu les possibilités des radiations pour la lutte contre les insectes fut Runner, qui dès 1916 assaya d'employer les rayons Röntgen pour désinfecter des stocks de tabac, infestés par *Lasioderma serricorine*. A cause de l'imperfection des lampes à rayons Röntgen de l'époque, cette méthode n'a été utilisée qu'au milieu du siècle. C'est alors que Knippling aux Etats Unis se trouva en face d'un gros problème dans l'élevage bovin, la Lucilie bouchère, *Cochliomya hominivorax*. La mouche pond ses oeufs dans les plaies ou blessures des animaux; les larves vivent ensuite aux dépens de la chair causant des maladies et même la mort de l'individu. Malgré les traitements chimiques, les dégâts restaient toujours très importants, de l'ordre de 100 millions de \$ par an pour le seul Sud-Ouest. Inspiré par le travail de Mueller avec la drosophile, Knippling chercha un moyen de stériliser les mâles et de les mettre ensuite en compétition avec les mâles naturels. Ce moyen fut trouvé avec les rayons ionisants : rayons Röntgen, rayons X, ou gamma. Les rayons ionisants ont une influence sur les chromosomes et cela surtout quand les cellules sont en phase de division. Les insectes se prêtent particulièrement bien à la stérilisation. Ils développent d'abord les tissus somatiques dans lesquels très peu de divisions se produiront par la suite et, à la fin de la nymphose, ne reste plus que les tissus reproducteurs à former. C'est alors que l'irradiation induit des changements dans les chromosomes qui empêchent des divisions cellulaires normales. A faible dose, les changements sont mineurs, on en parlera plus loin. A dose plus élevée, les changements sont plus profonds, résultant en ponts irréguliers entre les chromosomes et en fragmentation. Quand un tel sperme féconde un oeuf, les chromosomes du mâle ne peuvent plus s'aligner avec ceux de la femelle et c'est pourquoi un tel oeuf est stérile.

Ce qui arrive pendant des lâchers de mâles stériles peut être simulé dans un modèle, d'ailleurs fort simplifié. Dans ce modèle, on a assumé un taux de multiplication égal à un, donc une population stable, ce qui fait qu'une femelle aura une fille adulte, ensuite qu'il y a autant de mâles que de femelles et que les mâles stériles lâchés sont aussi compétitifs que les mâles de la population.

Génération	Populations femelles	Mâles lâchés	Mâles stériles/ mâles fertiles	Descendance femelles
1	1.000.000	2.000.000	2 : 1	333.333
2	333.333	2.000.000	6 : 1	47.619
3	47.619	2.000.000	42 : 1	1.107
4	1.107	2.000.000	1006 : 1	< 1

Après une expérience préliminaire à Curaçao en 1955 où la mouche fut éradiquée après quelques mois de lâchers, on a procédé au traitement du Sud-Est des U.S.A. et puis du Sud-Ouest. L'élevage des mouches nécessaires fut industrialisé de façon à produire 150 millions d'individus par semaine.

Pour tous les U.S.A., on a relâché une dizaine de milliards de mouches, ce qui a conduit à l'élimination complète de la mouche du territoire. Pour empêcher la mouche de réinfester les U.S.A., on maintient actuellement une zone barrière sur la frontière Mexicaine dans laquelle des mouches stérilisées sont lâchées continuellement. Elles s'accouplent avec toute mouche vierge venant du Sud de la barrière.

Cette campagne a bien prouvé les possibilités de la méthode. Il va de soi que les tentatives d'application à d'autres espèces n'ont pas tardé à se manifester. Parmi celles-ci, il faut citer la mouche des fruits qui fait l'objet de plusieurs projets. Sur quelques îles du Pacifique, des campagnes ont eu le plein succès. Dans d'autres endroits des études écologiques beaucoup plus poussées se sont avérées indispensables. D'autres projets sont en cours, tels que, le Carpocapse en Europe et en Amérique, la mouche de l'oignon aux Pays Bas, la mouche des Cerises en Europe.

Analysons ensuite les différents aspects de la méthode.

Stérilisation :

Comme il a été dit, les rayons ionisants se prêtent bien à la stérilisation. Il s'agit de déterminer la dose nécessaire à la stérilisation des insectes et cela aussi bien pour les femelles que pour les mâles, étant donné qu'il est, dans la plupart des cas, impossible de trier les sexes à grandes échelles et qu'il faut donc lâcher mâles et femelles. La dose dépend fortement de l'espèce considérée. En général, elle est plus faible pour les mouches, 3-10Krad et les Coléoptères, 8-16Krad, que pour les Lépidoptères, 15-50 Krad. La dose élevée pour les lépidoptères est probablement liée au système chromosomique, les uns au centromère diffus, les autres monocentromérique. Les morceaux de chromosomes ont plus de chance d'arriver dans les deux cellules d'une division dans le premier cas que dans le deuxième où ils seront perdus plus facilement. La dose dépend également du stade de développement de l'insecte. Elle augmente avec l'avancement des stades.

Le but de la stérilisation est d'obtenir un insecte qui soit stérile, mais qui n'ait, d'autre part, subi aucun changement de comportement sexuel: accouplement, transfert de sperme, mobilité de sperme, vigueur et longévité de l'individu. Ceci est assez difficile. Le choix du stade à irradier y est pour beaucoup. Quand on irradie à un stade trop jeune, les dégâts somatiques sont plus probables. Encore faut-il que les testicules aient formé déjà une quantité importante de spermatocytes et de spermatozoïdes. A un stade plus jeune, spermatogonies et spermatocytes primaires n'arrivaient plus à franchir le seuil de la division finale. Par conséquent, la production de sperme d'un mâle irradié serait plus faible que celle d'un mâle non traité et la compétitivité en pourrait être affaiblie. D'autre part, l'irradiation d'adultes n'est pas toujours pratique à cause des manipulations ultérieures et, en plus, la dose nécessaire en est augmentée. Il faut alors trouver un équilibre qui résulte de la combinaison optimale de différents facteurs. D'ailleurs, les dégâts somatiques peuvent être graves au niveau d'autres organes subissant des divisions au moment de l'irradiation; ce fut le cas du charançon du coton : *Anthonomus grandis*, dont les parois intestinales ne pouvaient plus se renouveler; faute de quoi, les insectes mourraient huit jours après l'irradiation. Une étude histologique peut aider beaucoup à la détermination du stade développement à irradier.

Elevage de masse :

Sauf dans le cas du Henneton, décrit par Horber, qui capturait des adultes dans les champs, les stérilisait et les relâchait, on aura toujours recours à des insectes d'élevage. Puisqu'il s'agit de nombres importants, il faut élaborer des procédés permettant l'élevage massal de millions d'insectes. C'est le prix de revient qui domine cette entreprise. Dans la plupart des cas, le substrat naturel ne convient pas à cause de la multitude de manipulations et de l'importance des installations nécessaires. Les milieux artificiels pour l'élevage ont rendu un grand service. Là encore ce sont les mouches qui se sont montrées le plus facile à élever. Pour la mouche des fruits ainsi que pour la mouche de l'oignon, un mélange de protéines et vitamines sous forme de levure ou poudre de lait et du sucre assure la nutrition des adultes et permet une longévité et une fertilité normales. Elles pondent facilement en élevage sur des substrats artificiels, parfois incitées par des odeurs de la plante-hôte. Les larves sont beaucoup moins liées à la plante-hôte qu'on ne le pensait, et se développent aussi bien sur une pâte de poudre de carotte, bagasse, tiges de maïs broyées enrichies de levure, que sur leur milieu naturel. C'est surtout la structure et la consistance du milieu qui comptent. Pour la mouche de l'oignon, nous avons le plus grand mal à avoir des rendements satisfaisants jusqu'au jour où on ajoutait une faible quantité de cellulose au milieu. La conservation des milieux pour les mouches est facilitée par le fait que les larves supportent bien un milieu acide (pH = 4,5), ce qui empêche les bactéries de se développer sur le milieu. Il suffit de lutter contre les champignons. Par contre, les Lépidoptères et les Coléoptères sont beaucoup plus exigeants quant à leur nourriture. Il leur faut des stéroïdes, des vitamines, des protéines, des lipides et en plus un support plus ferme, fourni par l'agar. Le pH doit être neutre, ce qui rend la conservation du milieu plus délicate. Les prix d'élevage reflètent cette différence. Pour *Ceratitis capitata* le million coûte \$ 10, *Dacus dorsalis* 16.50 contre \$ 1000 pour le Coléoptère *Anthonomus grandis* et \$ 1000 pour Lépidoptère *Diatraea Saccharalis*.

Etudes écologiques :

Avant de procéder à des lâchers d'insectes stériles, il est très important de connaître l'écologie de l'insecte en cause. Les principales questions que posent les lâchers sont de savoir combien d'insectes à lâcher, où et quand. Pour répondre à ces questions, il faut connaître le dynamisme des générations, la densité de population et la longévité des adultes. Ensuite le comportement sexuel : y a-t-il un ou plusieurs accouplements par femelle? Il est aussi très important de connaître la capacité de vol et la dispersion des insectes. Puisqu'il s'agit d'une éradication, il faut que la surface à traiter puisse être isolée d'insectes immigrants. Pour ces études, les radioéléments peuvent rendre des plus grandes services. En lâchant et recapturant des insectes marqués aux radioisotopes, on peut se faire une idée de la densité de population et aussi de la distance survolée par les insectes. Ainsi nous avons pu déterminer pour la mouche de l'oignon la distance survolée par les insectes. Ainsi nous avons pu déterminer pour la mouche de l'oignon la distance maximum survolée à 1.640 m et, en raison des recaptures dans le temps, la distance survolée par jour à 55 - 60 m. Le choix du radioélément se limite le plus souvent au ^{32}P . Pour certains usages néanmoins sa longévité est trop restreinte, p.e. dans le cas de l'hivernage. Nous avons essayé ^{22}Na , ^{65}Zn et ^{89}Sr . Le ^{22}Na , malgré sa période de 2,6 ans, est éliminé aussi vite que le ^{32}P à cause du métabolisme intense du sodium. Le ^{89}Sr , donné dans le milieu larvaire est bien absorbé. La radioactivité des pupes était très satisfaisante mais au moment de l'éclosion de l'adulte, il apparaissait que le cocon était fortement marqué, tandis que

les adultes ne retenaient qu'une faible partie de l'isotope. Le ^{65}Zn , enfin, est absorbé en faible quantité mais cet élément est très bien retenu par l'organisme. Même les oeufs de la seconde génération pouvaient encore être reconnus par autoradiographie.

B. L'EMPLOI DE MÂLES STÉRILISÉS AUX CHIMIOSTÉRILISANTS

Différents produits chimiques, provenant en partie de la lutte contre le cancer, sont utilisés pour la stérilisation d'insectes. A ces produits se joignent des analogues de l'hormone juvénale. Les études sur cette méthode n'ont pas encore abouti à une application pratique, en partie à cause de l'extrême toxicité et du manque de spécificité de ces produits.

C. LA MANIPULATION GÉNÉTIQUE

Ces dernières années d'autres mécanismes de lutte génétique ont été découverts. Dans plusieurs espèces à distribution géographique très large, il se trouve que des souches de provenance différente sont incompatibles entre elles. En lâchant des mâles d'une telle souche de *Culex fatigans* dans un village de Birmanie, Laven a obtenu la suppression de la population de moustiques. Le même mécanisme existe chez l'acarien *Tetranychus urticae*.

L'irradiation à faible dose entraîne des déformations mineures des chromosomes; parmi la descendance d'insectes irradiés, on a isolé des individus porteurs de translocations. Leur croisement avec des insectes normaux conduit à une stérilité partielle, allant de 5% à 80%. Des études visant l'emploi de translocations pour lutter contre les insectes, sont en cours pour la mouche tsétsé, pour des moustiques, pour la mouche de l'oignon et pour l'acarien *Tetranychus urticae*. D'ailleurs, l'emploi de doses substérilisantes dans le cas des lépidoptères repose lui aussi sur des translocations.

La lutte génétique n'est pas une panacée. Elle exige une étude très poussée de l'insecte considéré et nécessite des installations importantes pour l'élevage de masse. Elle ne peut être envisagée que pour les problèmes majeurs où d'autres moyens de lutte ont échoué, sont indésirables à cause des effets secondaires ou sont trop coûteux.

BIBLIOGRAPHIE

- SAUMHOFER et al., A.H. : (1955) Screw-worm control through release of Sterilized flies, *J. econ. Ent.* 48 - 462-466
- KNIPLING E.F. : (1955) Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. econ. Ent.* 48 - 459-462
- International Atomic Energy Agency : (1965) Advances in insect population control by the sterile-male technique, *Techn. Rpts. Ser.* no.44
- International Atomic Energy Agency : (1968) Radiation, radioisotopes and rearing methods in the control of insect pests.
- International Atomic Energy Agency : (1968) Control of livestock insect pests by the sterile-male technique.
- International Atomic Energy Agency : (1968) Isotopes and radiation in entomology.
- International Atomic Energy Agency : (1969) Insect ecology and the sterile-male technique.
- International Atomic Energy Agency : (1969) Sterile-male technique for eradication or control of harmful insects.
- International Atomic Energy Agency : (1970) Sterile-male technique for control of fruit flies.
- International Atomic Energy Agency : (1970) Application of the sterility principals for insect control.
- Smith, C.N. ed. : (1966) Insect colonization and mass production. Acad. Press, New York - London.