

**AFPP – CINQUIÈME CONFÉRENCE INTERNATIONALE SUR LES METHODES ALTERNATIVES
PROTECTION DES PLANTES - LILLE – 11 - 13 MARS 2015**

**LE CONTRÔLE AUTOCIDE DES INSECTES RAVAGEURS DE GRANDE DIMENSION
UNE MÉTHODE EFFICACE ET DURABLE EN DÉVELOPPEMENT**

B. BLUM¹, L. DAMOISEAU², A.-I. LACORDAIRE³

Académie du Biocontrôle et de la Protection Biologique Intégrée
damoiseau.louis@orange.fr, ailacordaire@koppert.fr

RÉSUMÉ

La Technique de l'insecte stérile (TIS) est la première méthode de lutte vis-à-vis des insectes ravageurs qui utilise la génétique. Elle consiste à produire en grande quantité des insectes cibles dans une "usine" et à stériliser les mâles. Ces mâles stériles sont ensuite lâchés dans les zones infestées où ils s'accouplent aux femelles sauvages. Si les mâles stériles l'emportent largement en nombre sur les mâles sauvages féconds, la population d'insectes sauvages est rapidement contrôlée. La technique TIS ne peut naturellement convenir qu'à des insectes à reproduction sexuée. Deux problèmes majeurs doivent être résolus au départ: la production de masse des insectes et la méthode de stérilisation qui permet aux mâles de garder leur capacité de copulation avec les femelles "sauvages". Dans le cadre du projet Régio-biocontrôle, il est prévu qu'en France dans un premier temps cette méthode prenne pour modèle d'essai le carpocapse de la pomme *Cydia pomonella*, pour ensuite se pencher sur *Drosophila suzukii* et la mouche du brou de la noix *Ragoletis completa*. Cependant, d'autres insectes méditerranéens comme la cératite, et certains coléoptères pourraient être concernés.

Mots-clés : *Cydia pomonella*, *Drosophila suzukii*, lâchers d'insectes stériles, ionisation, regio-biocontrôle.

ABSTRACT

The Sterilized insects technique (SIT) is the first method of pest control against pests, which uses the genetic way. It consists in production of big quantities of the target insects in a "factory" and in sterilizing males. These sterilized males are then released in the infested zones where they can copulate with the wild females. If the number of sterile males is higher than the number of fertile wild males, the population of wild insects is quickly controlled. The technique TIS can suit naturally only in insects with sexual reproduction. Two major problems must be resolved at first: the mass breeding of insects and the method of sterilization which allows the males to keep their capacity of copulation with the "wild" females. In the Regio-biocontrol project, which is in France, at first the target insects will be *Cydia pomonella* as a model and in a second time *Drosophila suzukii*, and then the fly of the hull of walnuts *Ragoletis completa* but other Mediterranean insects as *Ceratitis capitata*, and the certain beetles could be concerned.

Keywords: Releases of Sterilized Insects Technique, *Cydia pomonella*, *Drosophila suzukii*, regio-biocontrol.

INTRODUCTION

En 1988 dans le nord-ouest Jamahiriya de Lybie, c'est la découverte de la lucilie bouchère, *Cochliomyia hominivorax* Coquerel 1958 ; une invasive venue d'Amérique du Nord, seul pays où cet insecte avait été détecté jusqu'ici.

En mars 1989, la FAO confirme la présence de cas de myiases en Libye. Parmi les mouches recensées, la lucilie bouchère, désignée sous le nom de «dévoreuse d'hommes», est l'une des espèces les plus redoutées. Ce diptère, de la famille des Calliphoridae, au corps bleuté profite de petites blessures cutanées pour injecter en une dizaine de secondes jusqu'à 400 œufs qui ont l'apparence d'une masse blanchâtre. Les œufs éclosent en quelques heures et donnent naissance à des larves de moins d'un millimètre. Carnivores elles sont munies de crochets qui leur permettent de s'enfoncer dans la peau d'où le nom « vers qui se vissent ». Ces larves se nourrissent de la chaire animale ou humaine. En quelques jours, la petite plaie se transforme en plaie béante qui peut atteindre 10 cm de profondeur. La victime piquée est rongée de l'intérieur par des centaines, voire des milliers de vers, et succombe en moins de 15 jours. Malheureusement, on ne peut se protéger de ce fléau car même si l'hôte n'a aucune plaie, la mouche pénètre dans l'organisme par les orifices naturels : sexe, rectum, narines, bouche ou oreilles et même les yeux. Dans ce cas, les asticots dévorent l'intérieur du crâne en provoquant des hémorragies.

Figure 1 : Adulte et larve de *C. homnivorax* / photos FAO/USDA
Adult and nymph of *C. homnivorax*



Bien qu'encore limitée à cette zone nord-centrale de Libye, la lucilie menaçait d'immenses territoires d'Afrique du Nord : Tunisie, Algérie, Tchad, Egypte et Soudan. : « une catastrophe majeure », selon D.A Linquist et M. Abuzowa, vite nommés responsables du programme de lutte. Les méthodes classiques allaient coûter plus de 250 Millions de dollars, sans éviter une hécatombe parmi la faune sauvage et le bétail et sans parler des risques graves pour les populations exposées.

Tenant compte des résultats obtenus au Texas en 1982 (USA), il fut décidé de mettre en œuvre, avec l'aide de la FAO, du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), du Fonds international de développement agricole (FIDA) et de l'Agence internationale d'énergie atomique (AIEA), un programme autocide d'éradication par la technique de lâchers massifs d'insectes stériles (TIS). Dès 1990, plus de 250 millions de dollars sont mobilisés pour faire un test d'efficacité et traiter l'ensemble de la zone : produits en masse dans l'usine USDA de Tuxla Gutierrez (Mexique), conditionnés dans des boîtes en carton, les insectes stériles ont été transportés par avion et lâchés par les populations. En juin 1992, la lucilie est considérée comme « éradiquée » de Libye.

Figure 2 : Usine USDA de Tuxla Gutierrez, Mexique
USDA factory Tuxla Gutierrez, Mexique



Lâcher de mouches stériles (Libye)
Release of sterilized flies (Libye)



I DESCRIPTION ET HISTORIQUE DU CONCEPT DE LA TECHNIQUE DU LÂCHER D'INSECTES STÉRILES (TIS)

La Technique de l'insecte stérile (TIS) est la première méthode de lutte utilisée contre les insectes ravageurs se servant de la génétique.

Elle consiste à reproduire des quantités énormes d'insectes cibles dans une "usine" et à stériliser les mâles en les exposant à des faibles doses de radiations. Ces insectes (mâles stériles) sont ensuite lâchés par voie aérienne dans les zones infestées, où ils s'accouplent aux femelles sauvages. Si les mâles stériles l'emportent largement en nombre sur les mâles sauvages féconds, la population d'insectes sauvages est rapidement anéantie.

Un peu d'histoire

C'est dès 1930 que deux entomologistes, de l'USDA de Menard au Texas, Raymond Bushland et Edward Knipling, ont cherché une alternative à l'emploi massif d'insecticides contre la lucilie bouchère. Le concept de la lutte autocide, permettant de casser le cycle de reproduction des insectes, fut mis au point par Knipling. Les travaux furent interrompus durant la Seconde Guerre Mondiale et n'ont finalement débouché qu'en 1950 (Ile de Sanibel, Floride). Dès 1954 les premiers succès ont été enregistrés à grande échelle à Curaçao et au Venezuela contre la lucilie bouchère. Puis dans les années 60 et 70, la technique a été mise en œuvre aux Etats Unis, pour ensuite se développer au Mexique et dans toute l'Amérique Centrale. Par ailleurs, des programmes similaires ont été développés avec succès contre la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata* Wiedemann) au Mexique, en Floride, en Italie, au Nicaragua, au Pérou, et en Tunisie (Gilmore, 1989), la mouche du melon (*Bactrocera cucurbitae* Coquillett) de l'Ile de Kume au Japon (Shiga 1989) et la mouche Tsé-Tsé (*Glossina sp.* Wiedemann 1830) en Afrique sur l'île de Zanzibar de 1994-1998 dans le cadre du programme de quatre ans en partenariat avec la FAO, AIEA. Depuis le succès de Zanzibar, l'Union africaine désire étendre l'utilisation de cette technique à d'autres pays africains. (<http://www.fao.org/french/newsroom/news/2002/4620-fr.html>)

Cette technique particulièrement sûre pour l'environnement, est capable de protéger d'importantes ressources alimentaires, ainsi, Bushland and Knipling ont reçu en 1992 le "World Food Prize", en reconnaissance pour leurs travaux sur la TIS, considérés comme "le progrès le plus important durant le 20^{ème} siècle accompli en entomologie". (Orville Freeman, chef de l'USDA).

Zoom sur la technique

La TIS ne peut naturellement convenir qu'à des insectes à reproduction sexuée. Deux sujets majeurs doivent être pris en compte dès le départ : d'une part la production massive des insectes et d'autre part la méthode de stérilisation qui permet aux mâles de garder leurs capacités de copulation avec les femelles sauvages afin de produire des œufs qui seront stériles. Les populations seront réduites génération après génération. La TIS est la seule méthode non chimique permettant de concevoir une élimination, une éradication pratique, d'insectes sur de grandes surfaces.

Cependant sa mise en œuvre nécessite d'avoir une très bonne connaissance de la biologie et du comportement des insectes visés. Son emploi pourra être conçu dans des espaces confinés ou sur de grandes parcelles, zone agro-écologiques homogènes, d'où la nécessité de prévoir des **actions de protection collective**. Comme il s'agit souvent d'intégrer la TIS à d'autres moyens de protection, le calendrier des lâchers doit être particulièrement précis et il devient nécessaire de disposer d'outils électroniques de surveillance et d'aide à la décision.

Enfin, des mesures de sécurité sont nécessaires pour s'assurer que seuls des insectes stériles sont lâchés et que le suivi de leur dynamique dans la nature est assuré.

1) Les techniques de stérilisation : explications

On considère 3 techniques de stérilisation des insectes:

- a) l'induction de l'incompatibilité cytoplasmique
- b) la transgénèse conduisant à l'introduction d'un gène de stérilité
- c) la stérilisation par radiation

a) la stérilisation par incompatibilité cytoplasmique

Le processus "d'incompatibilité cytoplasmique" est induit par une bactérie symbionte du genre *Wolbachia* Hertig 1936 (α - proteobactérie intracellulaire). Il s'agit d'une bactérie intracellulaire qui se localise au sein du cytoplasme des cellules de son hôte. On la retrouve en abondance principalement dans les cellules germinales et l'épithélium du système reproducteur des insectes, mais aussi des nématodes. La bactérie induit chez la femelle des mécanismes moléculaires complexes qui n'ont pas encore été expliqués. Il en résulte selon les espèces des cas de parthénogénèse, de féminisation ou d'incompatibilité cytoplasmique qui conduisent à une très forte mortalité (jusqu'à 100%). Deux dispositifs de fécondation conduisent à produire des descendance « incompatibles », selon que la femelle est infestée par la même ou une autre souche de *Wolbachia*. En cas d'infestation avec la même souche, l'incompatibilité se manifeste uniquement lorsque l'accouplement est fait avec des femelles sauvages Elle se caractérise dans sa forme la plus simple par une réduction totale ou partielle du nombre de descendants viables lors du croisement entre un mâle infecté et une femelle non infectée. C'est l'incompatibilité cytoplasmique unidirectionnelle (IC unidirectionnelles). Par contre si les souches sont différentes, l'effet se manifeste aussi avec des femelles infestées. L'incompatibilité cytoplasmique bidirectionnelle se caractérise par deux souches distinctes de *Wolbachia* qui vont être incompatibles entre elles, lorsqu'elles sont présentes dans des individus différents⁴. Cela va diminuer la capacité de reproduction des femelles se reproduisant avec un mâle infecté par une autre souche. (IC bidirectionnelles)

Cette méthode est envisagée principalement dans la lutte contre des insectes ravageurs vecteurs de maladies (*Aedes*, *Culex*, *Anopheles* etc..).

Il est important de signaler que cette technique soulève de multiples questions. Les souches de *Wolbachia* restent mal connues. La production industrielle in vitro est encore impossible et les souches sont notoirement instables. Enfin, il y a un grand risque de transmission à des insectes auxiliaires. Mais le plus grand risque provient des propriétés ambivalentes de

Wolbachia. En effet Sabesan et Jambulingam (2012) soulignent les limites de cette stratégie de lutte anti-vectorielle. « En premier lieu il n'est pas sûr que ces résultats obtenus en laboratoire soient reproductibles dans un environnement naturel où la durée de développement des parasites/pathogènes chez les vecteurs dépend très largement des conditions de température et d'humidité. L'effet délétère des Wolbachia sur la longévité du vecteur par exemple pourrait être contrebalancé par l'augmentation de la température, actuellement constatée dans de nombreuses régions, susceptible d'accélérer la multiplication virale et de permettre à un virus comme celui de la dengue d'atteindre plus rapidement le seuil d'infectivité.

b) stérilisation par transgénèse

La méthode utilisant la méthode de recombinaison moléculaire conduisant à la création d'insectes génétiquement modifiés est développée au Royaume Uni. Cette recherche est réalisée en collaboration avec l'Imperial Collège de Londres et la fondation Melinda & Bill Gates. Cette méthode, RIDL (Release of Insects carrying a dominant lethal) consiste à introduire un gène dominant léthal dans les insectes. L'addition se fait par voie orale, il suffit de l'ajouter à la diète alimentaire des insectes. L'expression de ce gène mortel pour les insectes peut être « temporisée » par un additif externe, la tetracycline. Il n'y aura alors aucune difficulté à élever en masse les insectes. On ajoute en même temps un marqueur génétique, DsREG fluorescence, de façon à pouvoir par la suite identifier les insectes génétiquement modifiés et suivre leur épidémiologie dans la nature. Il y a plusieurs types de RIDL, mais couramment on utilise un gène dominant spécifique des femelles. Ainsi il ne sera pas nécessaire de séparer les sexes au moment du lâcher : on supprime l'adjonction de tetracycline dans les derniers stades de l'élevage. Les femelles vont mourir et il ne restera que des mâles dans les lâchers. Les mâles ont un comportement sexuel normal et sont en bonne condition pour concurrencer, vis à vis des femelles sauvages, les mâles sauvages. Les études ont d'abord concerné les diptères (moustiques) grands vecteurs de maladies dans plusieurs pays: Iles Caïmans, Malaisie, Mexique. En 2011, une grande application a été menée au Brésil contre les moustiques dans le but d'éradiquer le vecteur de la Dengue et une usine d'élevage a été ouverte en juillet 2014. La société est en attente d'autorisation pour la commercialisation des insectes dans ce pays.

Là encore beaucoup de questions restent en suspens et aucun cadre légal n'est en place aujourd'hui pour contrôler l'adoption de cette technique.

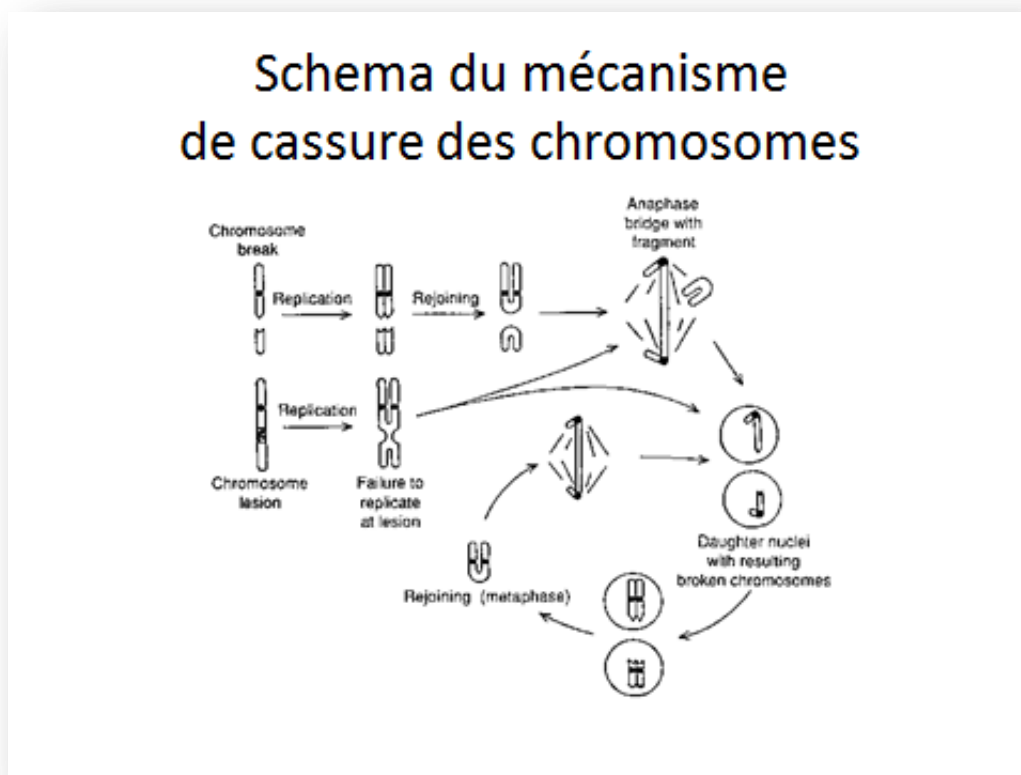
c) la stérilisation par ionisation.

La technique consiste à produire en masse l'insecte visé. À un stade voulu, les insectes seront soumis à une dose "efficace", mais aussi réduite que possible de rayons γ . Le protocole de stérilisation est établi par l'AIEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique) qui assure par ailleurs le contrôle des installations en service.

Les insectes libérés dans la nature vont alors s'accoupler avec les femelles sauvages qui seront amenées à pondre des œufs stériles.

De façon à assurer un suivi efficace, les insectes lâchés sont marqués avec un produit fluorescent. Après plusieurs générations, les populations cibles déclinent, voire disparaissent. La méthode est particulièrement efficace pour les diptères et certains lépidoptères dont les femelles n'ont souvent qu'un seul accouplement. C'est la méthode qui a été utilisée dans les célèbres campagnes contre la lucilie bouchère.

Figure 3 : Schéma de l'action des rayons gamma sur les chromosomes, selon Müller- 1928
Action of radiation gamma on chromosomes (Muller 1928)



Le processus moléculaire qui conduit à la stérilisation des mâles a été décrit par Müller dès 1928 : les rayons gamma ont la capacité de rompre les chromosomes qui alors se collent les uns aux autres pour former des fragments « dicentriques ». Ce processus peut conduire soit à la mort de la cellule, soit à une incapacité de transmission de l'information génétique. Il devient impossible d'assurer la division cellulaire nécessaire faisant suite à la fécondation des ovules, donc au développement des embryons (voir Fig 3).

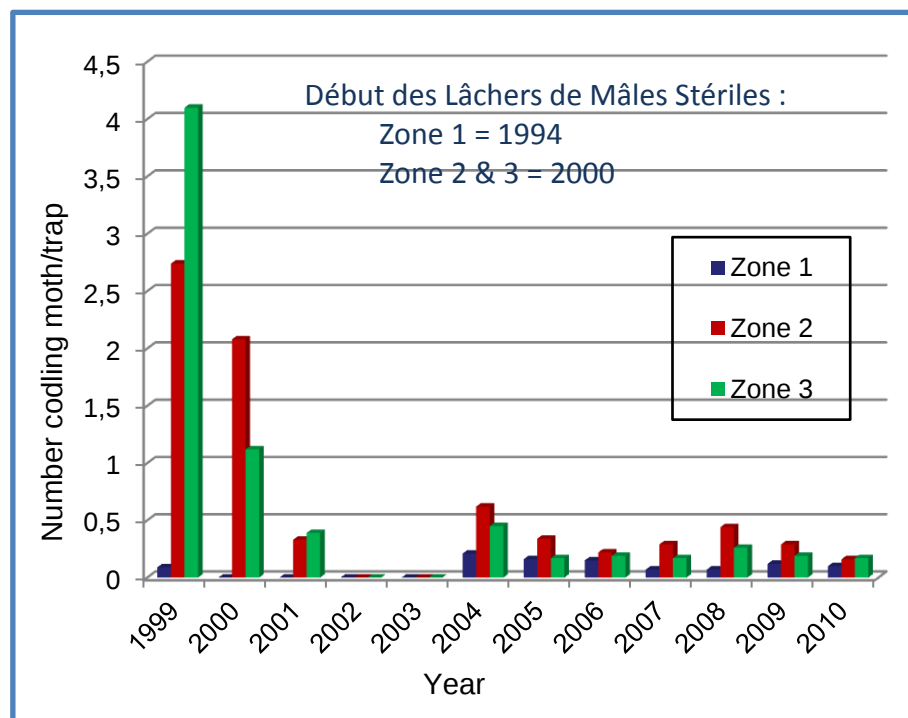
Beaucoup de lâchers de mâles stériles ont été réalisés et pour la plupart ont été faits en Amérique ou Afrique. Pour des raisons pratiques d'intervention (nécessité de considérer des actions collectives dépassant la dimension des parcelles de culture), peu de programmes ont été lancés jusqu'ici en Europe.

Plusieurs programmes donnent des résultats spectaculaires, soit à titre préventif, soit pour éradiquer des ravageurs particulièrement préoccupants, en voici quelques exemples :

- Un vaste programme préventif contre la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata*) est mis en place depuis 10 ans en Floride. L'objectif est de se prémunir contre les invasions de ravageurs en provenance d'Amérique centrale. Les insectes sont produits en masse au Guatemala (El Pino), irradiés dans une installation de l'USDA au Mexique et transportés en Floride, où, après conditionnement, des lâchers aériens hebdomadaires sont effectués. Ce programme, étendu maintenant à la Californie a permis jusqu'ici d'épargner toute invasion de Cératite

- Dans la vallée d'Okanagan (Colombie Britannique), les autorités et les producteurs de pommes ont lancé en 1994 un vaste programme d'éradication du carpocapse des pommes (*Cydia pomonella* Linnaeus, 1758) du fait de la montée de la résistance de ces ravageurs aux insecticides et des restrictions concernant les résidus de pesticides dans les fruits. Le programme OKSIR (Canada) a donc été lancé sur une base réglementaire sévère (obligation de participer et destruction des arbres non concernés). Une installation de production du carpocapse des pommes a été mise en place et un programme lancé, zone par zone, sur près de 5000 ha. Suite aux lâchers massifs hebdomadaires d'insectes ionisés, durant 20 semaines, une rapide diminution des infestations de ravageurs a été constatée, conduisant une éradication en 5 ans, et une baisse de 98% de l'emploi des insecticides.

Figure 4 : Evolution des captures de papillon/piège/an (Programme OKSIR Canada)
Number of codling moth /trap/year (Program OKSIR Canada)



II LE PROJET REGIO BIOCONTRÔLE

La situation du Canada concernant le carpocapse des pommes n'est pas un cas isolé, et cette situation se présente également toujours pour de nombreux ravageurs endémiques : les traitements répétés conduisent au développement de résistance, à l'augmentation des cadences de traitements et à la recherche sans cesse de nouvelles molécules.

Par ailleurs, les producteurs font face à une accélération de l'invasion de nouveaux ravageurs. Cette invasion résulte sans doute de la globalisation des échanges, des flux touristiques et, peut-être aussi des changements climatiques.

Des insectes tels que la chrysomèle du maïs (*Diabrotica virgifera* Le Conte, 1868), la drosophile à ailes tachetée (*Drosophila suzukii* Matsumura, 1931) ou la mouche du brou de la noix (*Rhagoletis completa* Cresson, 1929) font partie de ces ravageurs pour qui, selon l'étude de risques de l'OEPP (Organisation Européenne de la Protection des Plantes), les mesures de quarantaine ont été sans effet.

Ce sont ces éléments qui ont motivé les réflexions d'un groupe d'agronomes sur le montage d'un projet « Regio Biocontrôle » qui consiste à développer et mettre en place une protection intégrée centrée sur la technique du lâcher d'insectes stériles.

La genèse du projet

Après un travail d'enquête, d'investigations, de nombreuses rencontres, d'échanges, de visites de stations d'expérimentation, des coopératives fruitières, des professionnels, il a été possible d'élaborer un plan pour un déroulé du projet en plusieurs phases. Ces phases se situent à la fois dans le temps, dans l'espace et étape par étape, visant plusieurs insectes ravageurs des cultures.

a) Insectes cibles

- Dans un premier temps, le choix s'est porté sur le carpocapse des pommes car déjà utilisé, afin qu'il serve de modèle. La technique sera ensuite étudiée sur *Drosophila suzukii* qui représente une forte menace pour plusieurs cultures. Et c'est la mouche du brou de la noix qui devrait clôturer les études.
- Cependant une fois les difficultés techniques levées, des projets plus lointains pourraient s'envisager notamment en ciblant des insectes méditerranéens comme la cératite ou la mouche de l'olive. Un sujet intéressant restant le cas des coléoptères (*Diabrotica* etc...)
- Les surfaces concernées par ces ravageurs dépassent actuellement 9 millions d'hectares en Europe et dans le bassin méditerranéen, et environ 650'000 ha en France.

b) Les partenaires du projet

- Pour aborder les questions multiples soulevées par un tel projet, biologie des insectes, capacité de reproduction, comportement, il est indispensable de rassembler de nombreux partenaires aussi bien dans le domaine de la recherche que dans les entreprises. La création d'un « Groupement d'Intérêt Economique et Ecologique » (GI2E), tel que défini dans la nouvelle loi d'Avenir Agricole, pourrait fédérer et réunir ces partenaires.

- A ce jour, plusieurs partenaires sont pressentis tels que:
 - Des organisations territoriales et pôles de compétitivité : Régions Midi Pyrénées, Aquitaine, Languedoc-Roussillon, PACA, Rhône-Alpes, Commune de Floirac (46), Agrimip, Qualimed etc....
 - Le Ministère de l'Agriculture, à travers le plan Ecophyto, l'ONEMA et diverses régions de France apportent un soutien important et estimé au projet
 - Producteurs de fruits, leurs groupements, comités et coopératives
 - Organisations scientifiques et techniques : INRA, CTIFL, La TAPY, ARS-USDA, AIEA, FiBL
 - Des industriels et organisations privées : Koppert, De SANGOSSE, Pherobank, Oxitec, eProtecta etc...
 - Académie du Biocontrôle qui assurerait la formation et la communication.

CONCLUSION

La méthode de lutte autocide par lâcher d'insectes stériles est une méthode relativement ancienne qui a été réactualisée grâce aux progrès récents en biologie, biologie moléculaire, électronique etc....

Il est possible de concevoir des programmes innovants de contrôles efficaces pour des ravageurs particulièrement préoccupants. Aucune autre méthode biologique n'a jusqu'ici apporté une telle efficacité (jusqu'à 98%). Cependant cette technique nécessite de revoir fondamentalement les conditions de développement et de mise en œuvre. Il est en effet nécessaire de fédérer les connaissances de tous les acteurs, d'intégrer des moyens et concevoir des opérations collectives de protection.

La méthode de lutte autocide par insectes stériles apporte non seulement des avantages économiques et sociaux tangibles, mais crée aussi de nombreux emplois. Cette technique permet de protéger efficacement l'environnement. C'est pourquoi de nombreux projets TIS voient le jour et se développent aujourd'hui à travers le monde.

En France, le projet Regio Biocontrôle est encore à sa genèse, son aboutissement nécessitera de lever des freins et des verrous administratifs, économiques et techniques.

NB : A la parution de cette communication Bernard Blum initiateur du projet Régio biocontrôle et président de l'ABPBI est décédé, nous lui rendons un dernier hommage au travers d'un extrait de son intervention à l'Académie de l'Agriculture Paris le 09 avril 2014.

BIBLIOGRAPHIE

Cunningham E.P., Abusowa M., Lindquist D.A., Sidahmed A.E., Vargas Teran M Le programme d'éradication de la lucilie bouchère d'Afrique du Nord, Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux, Maladies des animaux, 1992 volume 45, pages 115-118

Gilmore, J.E. (1989) Control; sterile insect technique (SIT); overview. In: World Crop Pests 3(B) Fruit flies; their biology, natural enemies and control (Ed. By Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 353-363. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas

Lachiheb Abdallah 2007-2008 Rapport de Projet de Fin d'Etudes : Optimisation de la dose d'irradiation dans le cadre du projet de lutte par la Technique de l'Insecte Stérile (TIS) contre la cératite (*Cératitis Capitata*)

Muller The measurement of gene mutation rate in Drosophila, its high variability, and its dependence upon temperature", Genetics, 13, 1928. ... Schéma reproduit de R. 108.

Rajinder Peshin, A. K. Dhawan – 2009, Integrated Pest Management: Volume 1: ... - Page 55, Springer

Sabesan S, Jambulingam P. What ails Wolbachia transinfection to control disease vectors? Trends Parasitol. 2012 Jan;28(1):1-2. doi: 10.1016/j.pt.2011.10.004. Epub 2011 Nov 11.

Van der Vloedt et B. Butt A.M.V Programme d'éradication de la lucilie bouchère en Afrique du Nord Une action internationale est en cours pour juguler l'invasion de cet insecte dangereux, AIEA Bulletin 4/1990 pages 35-41

SITES NTERNET

Combattre la mouche tsé-tsé, un fléau pour les agriculteurs africains

<http://www.fao.org/french/newsroom/news/2002/4620-fr.html>

La Technique de l'insecte stérile (TIS) au service de la lutte contre les maladies transmises par les moustiques

https://www.ird.fr/content/download/85493/.../1/.../DP_TIS_Réunion.pdf

La découverte du génome de la mouche tsé-tsé donne de l'espoir aux agriculteurs africains

<http://www.fao.org/news/story/fr/item/225060/icode/>

Bounfour Malika La Technique des Insectes stériles, Ou l'innovation dans la lutte, Journée ONSSA SIAM 2010

<http://www.fao.org/nouvelle/1998/980505-f.htm>