

## Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion

Deguine J.-P.<sup>1</sup>, Augusseau X.<sup>1</sup>, Insa G.<sup>2</sup>, Jolet M.<sup>3</sup>, Le Roux K.<sup>4</sup>, Marquier M.<sup>5</sup>, Rouse P.<sup>6</sup>,  
Roux E.<sup>5</sup>, Soupapoullé Y.<sup>6</sup>, Suzanne W.<sup>4</sup>

avec la collaboration de Ajaguin Soleyen C., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Duffourc V., Gentil T., Gourlay J., Logoras B., Moutoussamy M.-L., Poulbassia E., Taye T., Tilma, P., Trules E.

<sup>1</sup> CIRAD, UMR PVBMT CIRAD / Université de La Réunion, Pôle de Protection des Plantes, 7 chemin de l'Irat, FR-97410 Saint-Pierre, France

<sup>2</sup> ARMEFLHOR, 1 chemin de l'Irfa, FR-97410 Saint-Pierre, France

<sup>3</sup> GAB, 265 chemin des Mascarines, FR-97436 Saint-Paul, France

<sup>4</sup> FARRE Réunion, 7 chemin de l'Irat, FR-97410 Saint-Pierre, France

<sup>5</sup> FDGDON, 23 Rue Jules Thirel, FR-97460 Saint Paul, France

<sup>6</sup> Chambre d'agriculture de La Réunion, 24 rue de la Source, FR-97400 St Denis, France

Correspondance : [jean-philippe.deguine@cirad.fr](mailto:jean-philippe.deguine@cirad.fr)

### Résumé

GAMOUR est un projet de recherche-développement visant à gérer les populations de Mouches des Cucurbitacées présentes à La Réunion. Il s'appuie sur une démarche agroécologique. GAMOUR est caractérisé, d'une part, par un partenariat diversifié et, d'autre part, par des innovations techniques de protection des cultures (augmentorium, plantes pièges, appâts adulticides, piégeage sexuel). Mis en place de 2009 à 2011 sur 3 villages pilotes (Salazie, Entre-Deux et Petite Ile) et sur 5 fermes certifiées « Agriculture Biologique », le projet a donné des résultats très encourageants. De nombreuses connaissances ont été obtenues sur la bioécologie des mouches et sur de nouvelles techniques de protection. L'enseignement, l'encadrement d'étudiants, la formation des acteurs et la sensibilisation du grand public ont également été mis en avant dans le projet GAMOUR. Sur le plan socio-économique, les agriculteurs ont pu supprimer les insecticides chimiques qu'ils épandaient de manière intensive sur les cultures avant le projet ; les pertes de récoltes ont été fortement réduites ; le temps consacré à la protection des cultures a baissé. Il est désormais prévu l'extension des pratiques GAMOUR aux autres zones de l'île. Ce projet, qui s'inscrit dans la dynamique du plan ECOPHYTO, a reçu une distinction nationale (mention spéciale des Trophées de l'agriculture 2011) et a consolidé les collaborations entre les partenaires. GAMOUR représente à la fois une étape significative pour le développement de l'Agriculture Biologique à La Réunion et un précédent pour d'autres initiatives visant à réduire ou supprimer les pesticides.

**Mots-clés** : Agroécologie, Protection des cultures, Mouches des légumes, Recherche-Développement, La Réunion

### Abstract: Agroecological management of cucurbit fruit flies in the Reunion Island

Gamour is a Research & Development project that aims at managing Cucurbit fruit flies in Reunion Island. It relies on an agroecological approach. Gamour is characterized, on one hand, by a diversified partnership and, on the other hand, by technical innovations in crop protection (augmentorium, trap plants, adulticide baits, sexual trapping). Established from 2009 to 2011 in three pilot villages (Salazie, Entre-Deux and Petite-Ile) and in five organic farms, the project has given encouraging results. Numerous knowledge was obtained in fly bioecology and in new techniques of protection. Teaching, student supervision, actor training and public sensitization were also highlighted in Gamour project. From a social and economical point of view, farmers could remove chemical insecticides that were

intensively spread on crops before the project; crops losses were significantly reduced as well as the time spent for crop protection. Extension of these techniques is now planned to the other parts of the island. This project, which contributes to the Ecophyto plan, was nationally rewarded ("Trophées de l'agriculture 2011") and it strengthened collaborations between the partners. Gamour not only contributes to the development of organic agriculture in the Reunion Island, but is also a first step to other initiatives aiming at reducing or removing pesticides.

**Keywords:** agroecology, crop protection, fruit flies, Research & Development, Reunion Island

## Introduction

A La Réunion, trois espèces de Dacinae (Tephritidae) s'attaquent aux cultures de Cucurbitacées (Ryckewaert *et al.*, 2010) : *Bactrocera cucurbitae* (Coquillet), *Dacus (Didacus) ciliatus* Loew et *Dacus demmerezi* (Bezzi). Les dégâts causés sur les fruits par les larves peuvent atteindre la totalité de la production (Vayssières et Carel, 1999). Les fruits des plantes-hôtes constituent la cible prioritaire des femelles : elles déposent leurs œufs sous l'épiderme des fruits, où les larves se développent. Les fruits piqués sont contaminés par des ravageurs secondaires qui accélèrent le processus de décomposition. Malgré certaines études antérieures (Vayssières, 1999), en 2008, lors du démarrage du plan ECOPHYTO-DOM 2018, les Mouches des légumes sont considérées comme les ravageurs n°1 de l'agriculture réunionnaise.

S'inspirant de méthodes utilisées à Hawaii (Mau *et al.*, 2007), un projet pionnier de recherche-développement, appelé GAMOUR (Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion), a été conçu avec la finalité de résoudre ce problème, en contribuant au développement d'une agriculture durable, productive et saine à La Réunion. Cette finalité se décline selon les objectifs suivants :

1. Concevoir et transférer une protection agroécologique des cultures : a) concevoir et mettre au point des technologies efficaces, réduisant l'usage des pesticides et adaptées à l'Agriculture Biologique ; b) transférer les nouvelles pratiques en milieu producteur (sur des sites pilotes) ;
2. Mobiliser l'ensemble des acteurs autour de l'enjeu de l'agriculture durable : a) former les acteurs, notamment les agriculteurs ; b) mettre en place une collaboration optimale et pérenne entre les acteurs concernés.

En trois ans, le programme vise à proposer des réponses de terrain au problème des Mouches ainsi qu'une démarche extrapolable à d'autres situations. Le projet GAMOUR s'appuie sur une approche agroécologique, cette approche visant à la fois à améliorer la santé des sols et à incorporer de la biodiversité végétale dans les agroécosystèmes. Pour respecter ces deux axes, il est nécessaire de modifier les pratiques agricoles conventionnelles, en concevant de nouveaux systèmes de culture et en réduisant le recours aux intrants phytosanitaires. La protection agroécologique des cultures qui découle de cette réflexion privilégie trois composantes principales pour gérer les populations de bioagresseurs et de leurs ennemis naturels : la prophylaxie, la lutte biologique de conservation et la gestion des habitats végétaux (Deguine *et al.*, 2008). En outre, la vocation écologique de ce mode de protection implique qu'elle soit appliquée à de grandes échelles d'espace et de temps.

## 1. Organisation, méthodologie et mise en œuvre en milieu producteur

Le projet a été financé de 2009 à 2011 par une dotation CASDAR (Compte d'Affectation Spéciale pour le Développement Agricole et Rural) du Ministère de l'Agriculture, de l'Alimentation et de la Pêche. Ce compte d'affectation s'adresse à des projets alliant innovation et partenariat. GAMOUR rassemble 14 organismes locaux ou nationaux aux missions différentes, mais aux intérêts convergents :

- partenaires techniques impliqués dans la réalisation du projet (destinataires de financements CASDAR, avec lettre d'engagement) : Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière, Légumière et Horticole (ARMEFLHOR) ; Chambre d'Agriculture de La Réunion ; Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) ; Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement (FARRE) ; Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles de La Réunion (FDGDON) ; Groupement d'Agriculture Biologique de La Réunion (GAB) ;
- autres partenaires techniques (hors financements CASDAR) : Centre National pour l'Aménagement des Structures des Exploitations Agricoles – Bureau des Structures Agricoles (CNASEA-BSA)<sup>1</sup> ; Institut Universitaire de Technologie, Département Génie Biologique (IUT Saint-Pierre) de l'Université de La Réunion ; Direction de l'Agriculture et de la Forêt (DAF), Service de la Protection des Végétaux (SPV) ; TAKAMAKA Industries (partenaire privé de production de matériel de protection des cultures) ; Emeraude (distributeur du Synéis-appât®) ; Organisations professionnelles agricoles (VIVEA, Terre Bourbon)<sup>2</sup> ;
- autres partenaires associés : associations d'agriculteurs et coopératives agricoles dans les sites pilotes sélectionnés ; partenariat scientifique avec l'USDA-ARS et l'Université d'Hawaii (Etats-Unis) ; soutien de la part de QUALITROPIC (Pôle de compétitivité agro-nutrition-santé en milieu tropical) ;
- partenaires financiers : Conseil Régional, Conseil Général, Etat, Union européenne.

Chaque partenaire apporte ses compétences au sein de quatre actions principales qui structurent le projet :

- Action 1. Conception et mise au point des innovations technologiques (coordination : CIRAD) ;
- Action 2. Formation des acteurs (coordination : FDGDON) ;
- Action 3. Transfert en milieu producteur (coordination : Chambre d'agriculture de La Réunion) ;
- Action 4. Coordination, suivi et évaluation (coordination : Chambre d'agriculture de La Réunion).

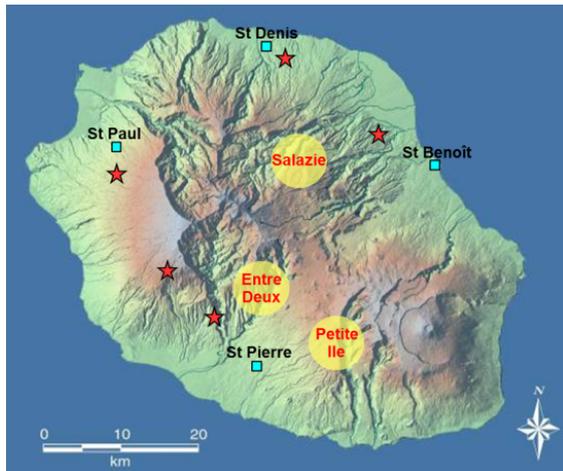
Les actions 1 à 3 du projet visent à répondre aux objectifs scientifiques, techniques, socio-économiques et environnementaux du projet. L'action 1 est constituée des activités de recherche et d'expérimentation visant à concevoir et mettre au point un paquet technologique de gestion agroécologique des Mouches des légumes. L'action 2 est consacrée à la formation et l'information des acteurs ; elle est plus particulièrement concentrée sur l'amélioration des compétences et des connaissances des agriculteurs par la formation. L'action 3 concerne le transfert des innovations en milieu producteur sur les sites pilotes. Enfin, l'action 4 concerne la coordination entre les nombreux partenaires et la mise en cohérence des 3 actions précédentes. Le projet GAMOUR vise ainsi à construire un modèle d'organisation et de coordination entre les partenaires, en vue de constituer le socle de collaborations futures. Cette action intègre également toutes les activités de suivi et d'évaluation.

Le projet a été mis en place en 2009 dans trois villages (Entre-Deux, Petite Ile, Salazie) sur environ 50 ha et avec 30 agriculteurs, ainsi que dans 5 fermes certifiées en Agriculture Biologique (Figure 1), avec l'objectif d'évaluer les performances des techniques mises au point et de mesurer la satisfaction des producteurs. Les méthodes de l'étude ont consisté en : (i) des expérimentations en plein champ d'efficacité des techniques ; (ii) un suivi des populations des Mouches dans les sites ; (iii) un suivi technique des parcelles et des exploitations ; (iv) une enquête de perception auprès des agriculteurs concernés.

---

<sup>1</sup> Le CNASEA est devenu l'ASP (Agence de Services et de Paiement) en 2009.

<sup>2</sup> Les organisations professionnelles agricoles ont été, depuis, fédérées par l'AROP-FL (Association Réunionnaise des Organisations Professionnelles de Fruits et Légumes).



**Figure 1** : Zones pilotes du projet : trois villages (agriculture conventionnelle) et 5 exploitations (Agriculture Biologique).

## 2. Biologie et écologie des Mouches des légumes

### 2.1 Observation des adultes sur des plantes refuges

Nous avons mis au point une technique nouvelle d'observation des adultes de Mouches des légumes par contrôle visuel. Elle a été conçue dans différentes situations de cultures, de 2008 à 2010 et consiste à dénombrer les mouches, en distinguant l'espèce et le sexe, sur les plantes cultivées dans la parcelle et sur des plants de maïs disposés en périphérie ou à l'intérieur de la parcelle cultivée. La technique est adaptée aux études des communautés où les trois espèces de Mouches cohabitent. Elle permet par exemple d'étudier les fluctuations saisonnières, les abondances relatives et les sex-ratios de ces trois espèces (Deguine *et al.*, 2012a).

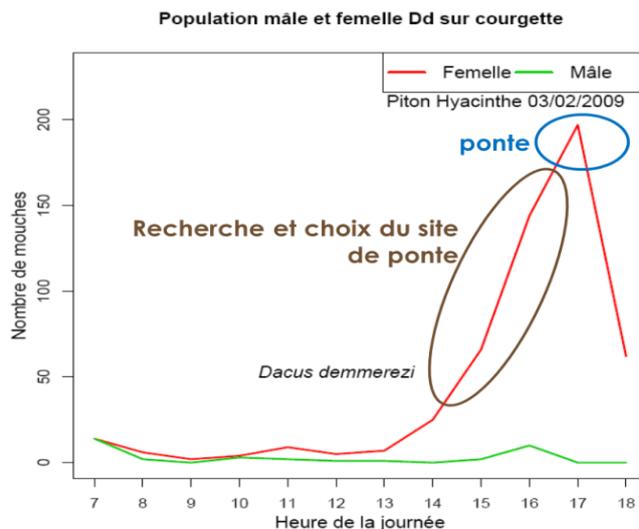
### 2.2 Piégeage des adultes mâles de *B. cucurbitae* et *D. demmerezii*

Avant GAMOUR, le piégeage des mouches consistait à utiliser des récipients contenant à la fois une paraphéromone attirant les mâles d'une ou de deux espèces et d'un insecticide agissant par effet choc dès l'entrée des mouches dans le récipient. Pour répondre au cahier des charges de l'Agriculture Biologique et pour réduire l'utilisation des insecticides, nous avons mis au point un système de piégeage sans insecticide. Ce système, inspiré d'un modèle du même type testé à Hawaii, utilise une bouteille plastique, facile à se procurer (type bouteille d'eau minérale) (Vargas *et al.*, 2008). Dans la bouteille, quatre trous sont faits et des tubes « type eppendorf » coupés à leur extrémité, sont placés. Ces perforations permettent aux mouches d'entrer mais elles ne peuvent pas ressortir du piège et finissent par mourir dans la bouteille, ce qui permet ainsi de se passer d'insecticide. Le piège mis au point a été comparé au témoin (contenant un insecticide). Compte tenu des bons résultats obtenus, ce système de piégeage est maintenant étendu à l'Agriculture « conventionnelle » et peut aussi être envisagé pour le piégeage de surveillance d'autres espèces de Mouches, notamment les Mouches des fruits.

### 2.3 Rythmes circadiens et activités des adultes à l'échelle du système de culture

Sur le maïs, les activités des mouches relèvent essentiellement du « roosting » (le terme roosting en anglais se traduit par « étant juché »). Les adultes s'abritent, se reposent, se déplacent en marchant, se protègent (contre leurs ennemis naturels et les conditions climatiques défavorables telles qu'un ensoleillement trop intense ou de fortes précipitations) ou s'alimentent (alimentation à base de miellats, de nectar, d'exsudats, de fientes d'oiseaux ou de pathogènes sur les feuilles) sur ces « roosting sites »

(lieux de séjour) que représentent les plants de maïs. Il s'agit de la principale activité des adultes, toutes espèces confondues : 93 % des 3 646 adultes observés en 2008, 99 % des 5 749 adultes observés en 2009 et 96 % des 7 227 adultes observés en 2010, soit en moyenne plus de 95 % des 16 622 adultes dénombrés sur le maïs. En outre, les plants de maïs constituent le siège de certaines activités liées à la reproduction, telles les leks et les accouplements. Les leks, correspondant à des regroupements de mâles en vue d'attirer les femelles pour s'accoupler, sont observés majoritairement sous les feuilles de maïs et commencent pour les 3 espèces à partir de 17h00, en fonction de la photopériode et de la chute de l'intensité lumineuse. Les accouplements ont généralement lieu après les leks et dans la nuit, parfois jusqu'au petit matin. Les observations horaires montrent que les trois espèces de Mouches des légumes présentent des rythmes circadiens. Ils sont essentiellement liés à des déplacements de femelles entre le maïs et les plantes cultivées. Les femelles gravides quittent en effet les plants de maïs pour aller pondre sur les fruits de Cucurbitacées. Ce sont majoritairement les femelles que l'on retrouve sur les plantes cultivées, les mâles restant majoritairement sur les plants de maïs. Après une période de recherche du site de ponte, celle-ci a lieu sur les fruits. Les heures de ponte varient selon les espèces et les observations conduites sur 3 ans montrent les tendances suivantes : les femelles de *B. cucurbitae* pondent entre 10h00 et 15h00 ; les femelles de *D. ciliatus* entre 10h00 et 13h00 et les femelles de *D. demmerezi* de 16h00 à 19h00 (Figure 2).



**Figure 2 :** Evolution au cours de la journée des femelles (en rouge) et des mâles (en vert) de *D. demmerezi* sur une parcelle de courgettes (Piton Hyacinthe, 3 février 2009).

#### 2.4 Caractéristiques des communautés pendant l'été austral

Les observations d'adultes *in situ* ont montré une grande variabilité de la fluctuation saisonnière des populations en fonction des conditions locales. Par ailleurs, l'abondance relative de *B. cucurbitae* est faible (<18%) pour les sites de plus haute altitude (au-dessus de 1000 m d'altitude), dans lesquels *D. demmerezi* est l'espèce la plus répandue (> 56%). L'abondance relative de *D. ciliatus* est variable selon les situations ; c'est l'espèce majoritaire en culture de citrouille (54 %). Enfin, le sex-ratio est également très variable d'une espèce à l'autre et d'une situation à une autre. Dans l'ensemble, l'évolution des populations dans l'espace et dans le temps, comme des caractéristiques bioécologiques telles que l'abondance relative ou le sex-ratio, sont très variables d'une situation à une autre (Deguine et al., 2012a). Cette variabilité s'explique par les effets cumulés de facteurs globaux au niveau du paysage et de facteurs locaux au niveau de la parcelle et des plantes. Ces facteurs sont de deux types : abiotiques (altitude et conditions climatiques dont température, pluviométrie et humidité relative) et biotiques (type d'hôte, compétition intra et interspécifique, prédation et parasitisme, etc.).

### 3. Techniques agroécologiques de gestion des populations des mouches

#### 3.1 Prophylaxie

Dans nos études, les mesures prophylactiques reposent sur l'utilisation d'un augmentorium inspiré de celui mis au point à Hawaii (Klungness *et al.*, 2005). Il s'agit d'une structure ressemblant à une tente dans laquelle on dépose régulièrement les fruits piqués infestés ramassés au champ (Figure 3). L'augmentorium empêche ainsi une ré-infestation de l'agroécosystème par une nouvelle génération de mouches qui émergent dans l'augmentorium. Par ailleurs, un filet à la maille adaptée, placé sur le toit de l'augmentorium, permet de relâcher dans la nature les parasitoïdes des mouches. Une enquête montre que la technique de l'augmentorium reçoit un très bon accueil de la part des agriculteurs et des particuliers. La mise au point d'un augmentorium réunionnais souligne l'importance du choix de la maille. La maille retenue offre une efficacité totale avec 100 % de mouches piégées et 100 % de parasitoïdes capables de sortir (Deguine *et al.*, 2011a). L'augmentorium montre ensuite la possibilité de produire du compost, ce qui intéresse notamment les agriculteurs biologiques. Enfin, plusieurs dizaines d'agriculteurs utilisent l'augmentorium depuis 2009 : ils considèrent cette technique simple, efficace, respectueuse de l'environnement et peu coûteuse. À terme, l'utilisation de cette technique peut être envisagée aussi bien à la ville qu'à la campagne, reliant ainsi protection agroécologique des cultures et écologie urbaine.



**Figure 3** : Un agriculteur jetant ses fruits piqués de chou chou dans un augmentorium.

#### 3.2 Attractivité de plantes refuges pour les adultes des Mouches des légumes

En grandes cages, deux plantes candidates (maïs et canne fourragère) ont été placées dans des pots et présentées en situation de choix à des mouches dans des grandes cages de comportement placées en extérieur. Pour les adultes de deux espèces, *B. cucurbitae* et *D. demmerezi*, le maïs est significativement plus attractif que la canne fourragère (Atiama-Nurbel *et al.*, 2012), confirmant des résultats obtenus à Hawaii (McQuate et Vargas, 2007). La plupart des adultes des deux espèces ont été trouvés sous les feuilles de maïs et de canne fourragère. Les effets de la date, de l'heure de la journée, de l'âge et du sexe des mouches sur leur attraction pour les plantes, ne modifient pas la tendance générale. Ces résultats ont permis de sélectionner le maïs comme plante piège préférentielle à utiliser dans les parcelles de producteurs. *In situ*, l'attractivité du maïs a été confirmée dans les différents essais mis en place pendant plusieurs années. Le maïs est attractif pour les trois espèces, *B. cucurbitae*, *D. ciliatus* et *D. demmerezi* ; les mouches sont retrouvées en densité importante pour les différentes situations étudiées (167 à 607 mouches pour 10 m<sup>2</sup> de maïs). A titre d'illustration, sur 7000 adultes dénombrés sur maïs et sur courgette à Tan Rouge en 2010, plus de 99 % sont observés sur le

maïs. De manière plus détaillée, en ramenant le nombre de mouches à une surface et à un temps d'observation comparables entre le maïs et la courgette, le rapport entre les nombres d'adultes sur la courgette et le maïs peut diminuer jusqu'à un pour mille (Piton Bloc, 2008). Plusieurs modalités d'insertion du maïs ont été comparées et peuvent être proposées : des bordures autour des parcelles de cultures ; des patchs ou des bandes à l'intérieur des parcelles (Figure 4). L'efficacité de ces différentes formes d'implantation de plantes pièges est assurée. Enfin, en plus de concentrer les Mouches des légumes, les plants de maïs abritent d'autres insectes, en particulier des Diptères utiles comme les Syrphes, qui sont à la fois des pollinisateurs, des prédateurs et des indicateurs d'un bon fonctionnement de l'agroécosystème.



**Figure 4** : Implantation de plantes pièges de maïs dans les agroécosystèmes à base de Cucurbitacées.

### 3.3. Application d'appât adulticide (Synéis-appât®)

Pour empêcher les femelles d'aller pondre sur les parcelles cultivées lorsque les Mouches des légumes sont concentrées sur les plantes pièges, nous avons envisagé d'utiliser des appâts adulticides en traitements par tâches sur ces plantes pièges. Nos études ont visé à mesurer, sur les trois espèces de Mouches des légumes, l'efficacité du Synéis-appât®, spécialité disponible en France, composé à 99,98 % de protéines ayant un effet d'attractivité et à 0,02 % de spinosad, un insecticide biologique. Des essais en grandes cages de comportement montrent qu'à la dose de 1:5, le produit est efficace sur *B. cucurbitae* ( $94.6 \pm 0.7\%$  de mortalité) et *D. demmerezi* ( $85.7 \pm 2.1\%$ ) et moyennement efficace sur *D. ciliatus* ( $60.4 \pm 4.4\%$ ) (Deguine et al., 2012b). Aucun effet sexe n'est observé pour chacune des espèces. Par ailleurs, le temps de réponse au produit avant mortalité de *D. ciliatus* est retardé par rapport aux deux autres espèces. Ces résultats sont confirmés à la fois dans des études au laboratoire et dans des expérimentations conduites en plein champ.

### 3.4 Piégeage de masse

Le piège mis au point à la demande des agriculteurs biologiques (piège sexuel à paraphéromone sans insecticide) est utilisable pour la surveillance des populations de mâles des espèces piégées (Figure 5). Ce piège est également vulgarisable auprès des agriculteurs « conventionnels ». De plus, il peut aussi être employé, avec des densités adaptées à l'hectare, pour faire du piégeage de masse (Male Annihilation Technique) dans le but de réduire les populations de mouches.

### 3.5 Lutte biologique

Des lâchers de *Psytallia fletcheri* ont été réalisés par la FDGDON en 2010 à 2011 sur 4 parcelles de Cucurbitacées. Après ces lâchers, le taux de parasitisme a augmenté de manière modérée, avec un

maximum de 16,7 % pour *B. cucurbitae*. Ces lâchers pourraient se révéler pertinents dans les zones de 0 à 800 m d'altitude (zone où *B. cucurbitae* est présente). De telles opérations nécessitent de sensibiliser les agriculteurs à l'intérêt de diminuer l'emploi de pesticides.

En dehors de ces lâchers, le principe de suppression d'utilisation d'insecticides chimiques dans les parcelles de Cucurbitacées vise à favoriser le rôle et l'impact de la biodiversité fonctionnelle (prédateurs, parasitoïdes, pollinisateurs), dans le cadre d'une lutte biologique de conservation.

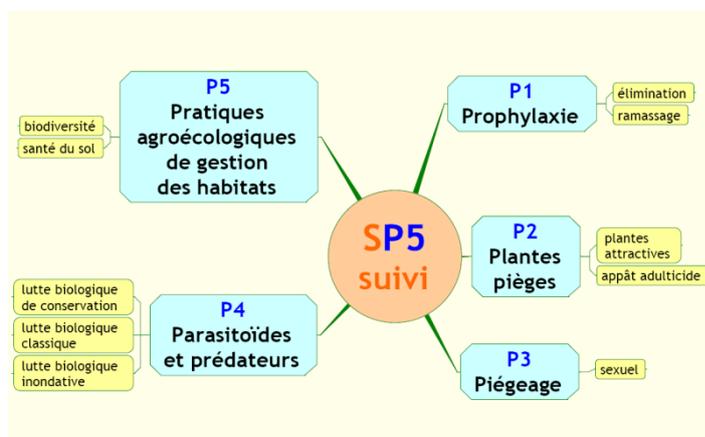


**Figure 5 :** Piège à paraphéromone (cue-lure) sans insecticide, mis au point dans le projet Gamour pour le piégeage des mâles de *B. cucurbitae* et *D. demmerezi*.

#### 4. Transfert en milieu producteur d'un paquet technique, supprimant tout insecticide sur la culture de Cucurbitacées, compatible avec l'Agriculture Biologique

##### 4.1 Mise au point d'un paquet technique SP5

Les différentes techniques conçues et mises au point ont été regroupées au sein d'un paquet technique, appelé SP5 (S pour Surveillance, P pour l'initiale de chacune des techniques), qui est représenté sur la Figure 6.

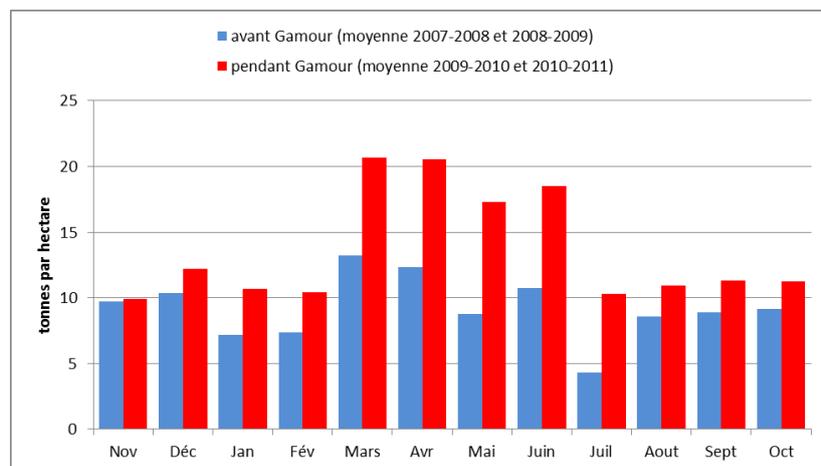


**Figure 6 :** Paquet technique SP5 mis au point dans le projet GAMOUR.

Ce paquet technique est particulièrement innovant, puisqu'il permet de supprimer toute application d'insecticide sur la culture de Cucurbitacées de plein champ (courgette, concombre, citrouille, chou chou, etc.) dans la protection contre les Mouches des légumes.

En ce qui concerne le chou chou (christophine), les modalités de culture sous treille à La Réunion nécessitent une adaptation du paquet technique SP5. Le chou chou est un fruit particulièrement

apprécié à La Réunion, soit pour les feuilles (chouchou sauvage), soit pour les fruits (chouchou cultivé sous treille). Avant GAMOUR, les producteurs de chouchou et les partenaires de la filière imputaient aux Mouches des Cucurbitacées des dégâts considérables ayant conduit à la forte réduction des surfaces cultivées de manière intensive sous treille. Nous avons évalué l'incidence réelle des 3 espèces de Mouches concernées en culture de chouchou. Si les adultes sont présents sous les treilles et si les femelles peuvent piquer les fruits, il n'y a pas d'incidence sur la croissance des fruits (longueur, largeur). Au contraire, on note généralement une augmentation de production (Figure 7), probablement liée à l'impact positif des ennemis naturels des mouches en absence de traitements insecticides. La seule technique à recommander dans les treilles de chouchou est finalement la prophylaxie.



**Figure 7 :** Production mensuelle sur les parcelles de chouchou à Salazie, avant GAMOUR (en bleu) et pendant GAMOUR (en rouge) (Agriculteur : Sergio Victoire, Mare à Poules d'eau). Données : coopérative Vivéa.

#### 4.2 Evaluation socio-économique en Agriculture conventionnelle et en Agriculture Biologique

Pour l'estimation des impacts technico-économiques de l'application de la méthodologie GAMOUR, nous avons suivi 21 exploitations conventionnelles et 4 exploitations en Agriculture Biologique. L'analyse des résultats de production porte sur le suivi hebdomadaire de 7,6 ha de treilles de chouchou, et de 19 cycles culturaux de courgette comparés à 7 cycles « témoins » hors zone GAMOUR. Pour le chouchou comme pour la courgette, nos résultats montrent une tendance à l'augmentation des rendements et à la réduction des niveaux de pertes déclarés ; toutefois, la multiplicité des facteurs et la diversité des situations ne permettent pas de confirmer statistiquement ces observations. La différence économique majeure porte donc sur la quasi-absence des traitements insecticides curatifs sur les productions protégées par la méthodologie GAMOUR : 0,1 traitement /cycle de courgette contre 4,2 traitements /cycle en protection classique. Il est montré que cette suppression des insecticides n'entraîne aucune conséquence négative sur la production. Le point de satisfaction commun à tous les agriculteurs repose donc en particulier sur la baisse du coût de la protection contre les Mouches selon la technique GAMOUR : entre 1,2 et 4,2 fois plus économique pour l'agriculteur qu'une protection classique à l'aide d'insecticides curatifs. Les autres points de satisfaction (augmentation de la productivité, amélioration des conditions sanitaires, respect de la faune auxiliaire) sont plus diversement mentionnés et font l'objet d'une enquête menée en parallèle dont les résultats sont également très satisfaisants (Busnel et Augusseau, 2011). Au final, les résultats de ce projet pionnier en milieu producteur sont très encourageants (Augusseau *et al.*, 2011). L'utilisation d'insecticides chimiques sur la culture a été supprimée. Les rendements sont au moins aussi élevés que ceux obtenus avec la lutte chimique et les agriculteurs font des économies financières considérables par rapport à la situation de départ.

Les principes de la protection agroécologique des cultures peuvent être adaptés aux contraintes et au respect du cahier des charges de l'Agriculture Biologique. Les techniques mises au point pour la gestion agroécologique des Mouches des légumes sont parfaitement adaptées aux situations de l'Agriculture Biologique : prophylaxie à l'aide d'un augmentorium, insertion de plantes pièges, utilisation du Synéis-appât® (appât adulticide homologué en AB), piégeage sexuel sans insecticide. Sur chouchou, la protection classique (avant GAMOUR), basée sur l'application répétée de traitements insecticides chimiques, laisse progressivement la place à la protection GAMOUR, compatible avec le cahier des charges de l'Agriculture Biologique, basée sur une prophylaxie rigoureuse et sans aucun traitement insecticide.

#### *4.3 Appropriation par les agriculteurs des nouvelles techniques*

Les techniques nouvelles qui ont été proposées confirment en milieu producteur l'efficacité qui avait été montrée en conditions contrôlées et les agriculteurs les ont rapidement adoptées. En particulier, l'utilisation de bordures de maïs (en tant que plante piège) autour des parcelles, permet de concentrer à plus de 95 % les populations de mouches. Celles-ci peuvent être alors efficacement gérées avec des appâts adulticides. La technique de piégeage sexuel de masse (sans insecticide) se révèle efficace pour les mâles de 2 des 3 espèces de Tephritidae concernées. Les agriculteurs se sont rapidement appropriés ces techniques nouvelles. Par exemple, la prophylaxie est très appréciée et régulièrement pratiquée au moyen d'un augmentorium.

Le bilan de l'appropriation des agriculteurs a été réalisé à partir d'entretiens menés auprès de l'ensemble des maraîchers des trois sites pilotes du projet GAMOUR (Busnel et Augusseau, 2011). Les résultats mettent en évidence : (i) une satisfaction globale des agriculteurs à la fois sur l'efficacité de la stratégie et la facilité de mise en œuvre des techniques proposées ; (ii) un bilan plus mitigé de l'appropriation de la stratégie de lutte qui vise à passer d'une logique curative à une logique de contrôle de la pression des mouches.

### **5. Information et diffusion des savoirs**

#### *5.1 Production scientifique et technique, encadrement d'étudiants*

De nombreuses connaissances ont été obtenues par les recherches entreprises dans le cadre du projet. Elles concernent, d'une part, la biologie et l'écologie des Mouches des légumes et, d'autre part, les techniques de gestion agroécologique de leurs populations. Ces connaissances ont été valorisées dans des revues : 10 publications scientifiques dans des revues internationales avec comité de lecture, 2 chapitres d'ouvrages scientifiques, 8 communications publiées dans des congrès internationaux, 9 posters présents dans des congrès internationaux, différents articles dans des revues sans comité de lecture.

De plus, les recherches ont contribué à l'encadrement de différents étudiants : 11 stages type M2, 4 stages type Ingénieur, 5 stages type Licence, maîtrise ou DUT, 2 postes de Volontaire au Service civique. Par ailleurs, 2 thèses ont été initiées suite aux résultats obtenus dans le projet GAMOUR : l'une sur la structuration génétique des populations de Mouches des légumes, l'autre sur l'attractivité des Mouches par les stimuli olfactifs des différentes espèces de Cucurbitacées.

#### *5.2. Enseignement, enseignement à distance*

Au cours du projet, des enseignements ont été dispensés auprès de nombreux étudiants, en prenant l'exemple du projet GAMOUR comme l'application des concepts de l'agroécologie à la protection des cultures :

- Université de La Réunion, faculté de Saint-Denis : Master 1 et Master 2 BEST (Biologie et écologie des écosystèmes terrestres) ;
- Université de La Réunion, faculté du Tampon, Master 2 GUE (Génie Urbain et Environnement) ;
- Université de La Réunion, IUT Saint-Pierre, 2<sup>ème</sup> année DUT, option GE (Génie de l'Environnement) ;
- Visio-enseignements : Bordeaux Sciences Agro, 3<sup>ème</sup> année
- Lycées agricoles, etc.

Par ailleurs, un module d'enseignement à distance a été financé dans le cadre de l'Appel à projets 2012 de l'UVED (Université virtuelle Environnement et Développement durable). Ce module s'intitule « Insectes invasifs en milieu insulaire et gestion agroécologique : cas des Mouches des Légumes à La Réunion » et le projet Gamour constitue une partie importante du module. Ceci résulte d'une collaboration Museum National d'Histoire Naturelle – CIRAD – Université de La Réunion. D'une vingtaine d'heures, il se compose de trois chapitres : 1. Les invasions biologiques et la particularité du système insulaire, se focalisant sur les insectes à La Réunion ; 2. La « biolutte », dirigée contre les insectes ravageurs, une alternative aux luttes chimiques ; 3. Une introduction à l'agroécologie, suivie par la présentation du cas d'étude « Gestion Agroécologique des Mouches des Légumes à La Réunion » (GAMOUR). Le module comporte sur différents supports possibles (Ipad/Iphone/epub/pdf/web) : des définitions, une présentation expérimentale et historique de certains concepts, des interviews, des articles à analyser, et des données à interpréter à l'aide d'un exerciceur. La perception sociétale des invasions biologiques et de la biolutte, ainsi que l'appropriation de méthodes de contrôle par les agriculteurs participant au projet GAMOUR, sont abordées. Les objectifs pédagogiques du module sont d'apporter des connaissances à différents niveaux, que l'étudiant peut mettre en lien afin d'avoir une vision transversale des sujets présentés. Ses capacités d'analyse d'article et d'interprétation de données scientifiques sont également sollicitées. Des questions interactives permettent à l'étudiant de s'auto-évaluer et d'être dirigé vers des chapitres ou des liens externes spécifiques. Hébergée sur plateforme-depf.mnhn.fr, la plateforme d'enseignement à distance du Museum National d'Histoire, la ressource est libre d'accès après inscription gratuite sur la plateforme. Elle peut être adaptée aux besoins spécifiques de différents Masters, et peut être ré-utilisable. Ce module sera dans un premier temps proposé aux Masters du MNHN (Master Ecologie, Biodiversité, Evolution EBE; Master Environnement, développement, territoires et sociétés EDTS) et de l'Université de La Réunion (Master Biodiversité et EcoSystèmes Tropicaux BEST, Master Génie Urbain et Environnement GUE). Diffusé dès 2014, le module sera remis à jour annuellement.

### *5.3 Un séminaire final de restitution des résultats*

Les différents résultats scientifiques et techniques ont également été présentés en détail à l'occasion du séminaire final de restitution, organisé les 21-24 novembre 2011 à Saint-Pierre. Les actes de ce séminaire, qui a réuni plus de 80 participants, sont compilés dans un ouvrage en français et en anglais (Deguine, 2012).

### *5.4 Formation des acteurs et recommandations techniques*

Le paquet technique mis au point permet de supprimer tout épandage d'insecticide sur la culture de cucurbitacées contre les Mouches des légumes. Ce paquet est compatible avec le cahier des charges de l'Agriculture Biologique

Le projet GAMOUR a également permis de disposer, pendant la durée du projet, de parcelles références, qui peuvent être utilisées dans le réseau d'épidémio-surveillance mis en place par les partenaires agricoles.

Un important travail de formation des pratiques agroécologiques a été assuré par la FDGDON à l'attention des agriculteurs des sites pilotes et des techniciens des organismes partenaires intervenant dans le projet.

Des fiches techniques ont été rédigées sur la biologie des Mouches et sur les techniques agroécologiques. Les résultats ont également été compilés dans un livret technique (Figure 8), qui a été largement distribué aux agriculteurs et aux techniciens agricoles (Deguine *et al.*, 2011b). Pour leur part, les recommandations des techniques ont été compilées dans un DVD d'information technique, également disponible en ligne (<http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Professionnel-producteur/Former/Formations-en-ligne/Formation-video-a-la-gestion-agroecologique-des-mouches-des-legumes>).

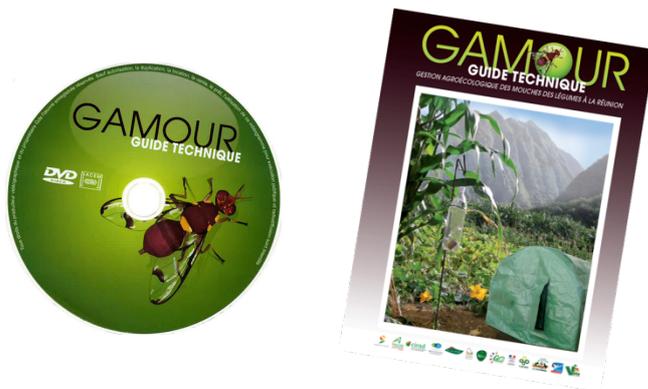


Figure 8 : DVD de formation et livret technique distribués aux agriculteurs.

La Chambre d'agriculture de La Réunion, l'AROP-FL (association réunionnaise des organisations professionnelles agricoles de fruits et légumes), FARRE, le GAB (groupement des agriculteurs biologiques) et d'autres organismes de conseil ou de développement sont maintenant en charge de la vulgarisation du paquet technique aux agriculteurs de l'ensemble de l'île. Cependant, l'extension des innovations proposées par le projet GAMOUR doit être accompagnée d'un gros investissement en matière de formation et d'animation afin d'encadrer les exploitations candidates. Il est d'autant plus nécessaire que l'on observe une grande diversité parmi les exploitations maraîchères et une asymétrie importante quant à leur accès aux dispositifs d'appui agricole existants.

### 5.5 Information et sensibilisation auprès du grand public

Le projet GAMOUR dispose d'un site Internet ([gamour.cirad.fr/](http://gamour.cirad.fr/)). De nombreuses conférences ont été données à l'occasion de manifestations grand public : Fête de la Science, Sortie du film « Nos enfants nous accuseront », Médiathèque du Tampon à l'occasion de la sortie d'un livre « Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie », semaine du développement durable, Foire de Bras Panon, Ecomarathon du Tampon, marchés d'Agriculture Biologique, etc.

De plus, plusieurs reportages télévisés ou radio, ainsi que de nombreux articles, non seulement dans la presse régionale, mais aussi dans la presse nationale, ont été ciblés sur GAMOUR.

Des actions ont également été entreprises pour le jeune public, notamment par la FDGDON, le GAB et le CIRAD : sensibilisation dans les écoles avec l'augmentorium, démonstrations lors de manifestations publiques (observations d'arthropodes à la loupe binoculaire), accueils et visites de collégiens dans les laboratoires du CIRAD.

## 6. Retombées chez les acteurs et amélioration de l'image de l'agriculture réunionnaise

### 6.1 Des agriculteurs aux compétences améliorées, ayant acquis de nouvelles connaissances et aptes à appliquer un programme original de protection des cultures

C'est l'un des résultats les plus satisfaisants. Un processus participatif de transfert des innovations en milieu producteur a été proposé et s'est révélé efficace. Il est à pérenniser. Les agriculteurs ayant fait partie du projet sont aujourd'hui des agriculteurs autonomes, capables d'appliquer eux-mêmes les recommandations et les fiches techniques. Au-delà de cette capacité, ces producteurs sont devenus des leaders dans leurs bassins de production. Ils sont aujourd'hui très souvent sollicités par leurs collègues voisins, afin que les recommandations et pratiques GAMOUR leur soient transmises.

### 6.2. Un partenariat efficace et durable

Le projet GAMOUR a été l'occasion de faire travailler ensemble des organismes de recherche, de formation, d'expérimentation, de conseil et de développement agricole, sous l'égide des organismes de tutelle. Cette action partagée s'est révélée performante et elle a été valorisée par une coordination efficace. Cette forme de travail en partenariat est appelée à persister dans le temps, compte tenu de ces résultats.

### 6.3 Apparition de produits nouveaux sur le marché de la protection des cultures

Plusieurs nouveaux produits ont fait leur apparition :

- l'augmentorium : cet outil de prophylaxie est maintenant disponible auprès d'une entreprise réunionnaise, Takamaka Industries, qui propose 3 types d'augmentorium (3 tailles) ;
- des pièges sexuels sans insecticide : mis au point dans le cadre du projet GAMOUR, ces pièges sont désormais fabriqués par l'entreprise Takamaka et vendus aux organismes, aux agriculteurs et aux particuliers ;
- Synéis-appât® : les nombreux essais effectués dans le cadre du projet GAMOUR ont contribué de manière décisive à l'homologation de ce produit sur les cultures tropicales légumières (tomate, aubergine, poivron, concombre, courgette, melon) et fruitières (litchi, mangue, carambole, fruit de la passion, avocat, papaye, goyave, corossol). Les modalités d'utilisation résultent directement des essais entrepris dans GAMOUR.

### 6.4 Amélioration de l'image de l'agriculture réunionnaise

L'absence d'épandage d'insecticides sur les cultures a permis de donner une image nouvelle, plus saine, de l'agriculture. Les produits issus des procédés étant indemnes d'insecticides, des voies de valorisation commerciale de ce type de production sont actuellement à l'étude.

L'exemple de la production de Cucurbitacées selon les méthodes GAMOUR a montré qu'il était possible de réduire fortement, voire de supprimer, l'utilisation d'insecticides sur les cultures. Les économies monétaires ont été importantes, rendant l'agriculture plus rentable. Par ailleurs, dans une île qui est un hotspot de la biodiversité à l'échelle mondiale, maintenant inscrite au patrimoine mondial de l'Unesco et sur laquelle 40 % du territoire est couverte par un Parc national, le respect de l'environnement et le respect de la biodiversité mis en avant dans le projet GAMOUR, participent à renouveler positivement l'image de l'agriculture.

Un autre point apprécié concerne les abeilles. Les agriculteurs et les apiculteurs apprécient fortement que les techniques GAMOUR préservent la faune des pollinisateurs et notamment les abeilles.

### *6.5 Contribution au développement de l'Agriculture Biologique*

Certains agriculteurs partenaires du projet GAMOUR, conscients de l'inutilité de l'utilisation de produits de synthèse, se sont engagés dans une démarche de conversion à l'Agriculture Biologique. C'est notamment le cas pour des producteurs de chou chou. D'autres agriculteurs s'inspireront des techniques GAMOUR, pour s'engager plus avant dans une démarche d'agro-tourisme.

### *6.6 Une distinction nationale pour GAMOUR*

Le projet GAMOUR a répondu aux objectifs fixés initialement. En récompense des bons résultats obtenus, le projet a reçu une Mention spéciale des Trophées de l'agriculture durable 2011 (concours national organisé par le Ministère de l'agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire). Cette distinction a permis de faire connaître le projet GAMOUR à l'échelle nationale.

### *6.7 Des leçons génériques pour d'autres projets de recherche-développement*

Le projet GAMOUR a permis d'identifier plusieurs conditions nécessaires (mais non suffisantes) de la réussite d'un projet de recherche-développement : bien concevoir le projet ; s'organiser et répartir les activités selon un partenariat pertinent ; mettre en place une coordination ; effectuer un suivi rigoureux ; ne pas brûler les étapes en respectant scrupuleusement le calendrier. Dans les projets à venir l'évaluation économique et commerciale d'une production agroécologique sera prise en compte dès la genèse de ces projets.

Ainsi, le projet BIOPHYTO, financé sur fonds CASDAR et qui s'inscrit dans la dynamique ECOPHYTO, a débuté en 2012 et se terminera en 2014. C'est un projet de recherche-développement visant l'étude et le développement d'une production durable de mangues sans insecticide à La Réunion. Ce projet prend simultanément en compte les enjeux économiques (augmentation de la productivité chez les producteurs), commerciaux (valorisation de la filière), environnementaux (respect de la biodiversité et réduction des risques des pollutions), sanitaires (producteurs et consommateurs) et, bien sûr, techniques (limitation drastique des outils chimiques classiques). Par ailleurs, BIOPHYTO représente une contribution à la préservation de la biodiversité à La Réunion. Enfin, le projet participe à la valorisation de l'image de la mangue, une production traditionnelle et emblématique à La Réunion. En amont, au sein de sites pilotes (agriculteurs « conventionnels » et « biologiques »), le projet vise à mettre au point de nouvelles techniques agroécologiques de protection des vergers (gestion des peuplements végétaux avec des couverts végétaux, des bandes fleuries, des plantes pièges ou refuges), parallèlement à la suppression des insecticides, en s'appuyant sur les services de la biodiversité fonctionnelle renouvelée en l'absence de traitements insecticides. En aval, BIOPHYTO vise à étudier la valorisation commerciale de la production sur différents marchés (dont les circuits courts et l'export). Ce projet réunit 11 organismes partenaires destinataires du financement CASDAR. L'animation et la coordination sont réparties en 3 pôles : la gestion administrative et financière du projet est confiée à la Chambre d'agriculture (pôle Développement), le chef du projet est hébergé par le CIRAD (pôle Recherche) et la coordination technique est assurée par l'AROP-FL (pôle Professionnels). Au bout de 3 ans, BIOPHYTO proposera des itinéraires techniques nouveaux transférables aux producteurs de mangues et de produits de qualité, notamment sanitaire, aux consommateurs ; il contribuera à des apports scientifiques originaux sur le fonctionnement agroécologique des vergers de manguiers et il proposera des modules de formation et d'enseignement innovants. Enfin, ce projet

confirmera en milieu producteur la dynamique agroécologique de protection des cultures déjà initiée à La Réunion.

## Conclusion

Le projet GAMOUR a contribué à proposer au monde agricole réunionnais et national une protection agroécologique des cultures efficace, moins chère, respectueuse de l'environnement, saine et durable. Il s'inscrit pleinement dans la dynamique du plan national ECOPHYTO.

De nombreuses connaissances académiques ont été acquises ; des techniques agroécologiques ont été conçues et évaluées ; les agriculteurs disposent maintenant des pratiques moins chères, plus efficaces, plus respectueuses de la santé et l'environnement ; un paquet technique est proposé à la vulgarisation et il est compatible avec le cahier des charges de l'Agriculture Biologique ; les partenaires de l'agriculture réunionnaise ont travaillé de concert et sont maintenant prêts pour pérenniser ces collaborations autour d'autres projets intégratifs.

Maintenant que les techniques de protection agroécologique se sont montrées efficaces et transférables, l'après-projet consiste à envisager la vulgarisation de la protection agroécologique à l'ensemble des producteurs maraîchers de l'île. La dynamique agroécologique engagée à La Réunion est aussi appelée à être adaptée à d'autres productions horticoles, comme la tomate ou la mangue.

GAMOUR a permis d'élaborer une grille d'indicateurs socio-économiques et environnementaux pour le pilotage d'expériences ultérieures. Déjà, des demandes pour d'autres initiatives sont affichées. C'est notamment le cas du projet BIOPHYTO, visant à produire de la mangue sans insecticide à La Réunion. Ce projet a été lancé en 2012 et s'inscrit dans la vague agroécologique de l'agriculture réunionnaise.

## Remerciements

Les auteurs du projet remercient l'ensemble des producteurs de Cucurbitacées qui ont accepté de tester les techniques GAMOUR. Ils ont fortement participé à l'information auprès du grand public sur l'efficacité de ces techniques et à la réussite du projet. Les remerciements vont aussi à tous les membres des partenaires qui sont intervenus de près ou de loin dans le projet et qu'il n'est pas possible de citer ici. Par ailleurs, notre gratitude va aux responsables du Ministère de l'Agriculture, de l'alimentation, de la pêche, de la ruralité et de l'aménagement du territoire (DGER) qui nous ont permis de conduire à bien le projet GAMOUR, via le compte d'affectation spéciale pour le développement agricole et rural (CASDAR). Enfin, nous remercions les organisateurs du colloque Ecophyto Recherche organisé à Paris en janvier 2013, où le projet a été présenté.

## Références bibliographiques

Augusseau X., Deguine J.-P., Douraguia E., Duffourc V., Gourlay J., Insa G., Lasne A., Le Roux K., Poulbassia E., Rousse P., Roux E., Suzanne W., Tilma P., Trules E., 2011. GAMOUR, l'agroécologie en action à La Réunion. *Phytoma* 642, 33-37.

Atiama-Nurbel T., Deguine J.-P., Quilici S., 2012. Maize more attractive than Napier grass as non-host plants for *Bactrocera cucurbitae* and *Dacus demmerezi*. *Arthropod-Plant Interaction* 6, 395-403, doi:10.1007/s11829-012-9185-4.

Busnel J., Augusseau X., 2011. Analyse de l'évaluation du projet GAMOUR et de l'appropriation des pratiques par les maraîchers des zones pilotes. Stage de césure. AgroParisTech, Paris, France.

Deguine J.-P., 2012. Gestion agroécologique des Mouches des légumes à La Réunion. Séminaire final du projet GAMOUR. 21-24 novembre 2011, Saint-Pierre (sous presse).

Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Douraguia E., Chiroleu F., Quilici S., 2012a. Species diversity within a community of the Cucurbit fruit flies *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* and *Dacus demmerezi*

roosting in corn borders near cucurbit production areas of Reunion Island. *Journal of Insect Science* 12 (32). available online: [insectscience.org/12.32](http://insectscience.org/12.32).

Deguine J.-P., Atiama-Nurbel T., Quilici S., 2011a. Net choice is key to the augmentorium technique of fruit fly sequestration and parasitoid release. *Crop Protection* 30, 198-202.

Deguine J.-P., Douraguia E., Atiama-Nurbel T., Chiroleu F., Quilici S., 2012b. Cage study of spinosad-based bait efficacy on *Bactrocera cucurbitae*, *Dacus ciliatus* and *Dacus demmerezi* in Reunion Island. *Journal of Economic Entomology* 105, 1358-1365.

Deguine J.-P., Duffourc V., Rousse P. 2011b. GAMOUR. Guide technique. Plaquette réalisée avec le concours technique des partenaires du projet GAMOUR et d'un consortium de partenaires financiers. Chambre d'Agriculture de La Réunion, 25 p.

Deguine J.-P., Ferron P., Russell D. 2008. Protection des cultures : de l'agrochimie à l'agroécologie. Editions Quae, Versailles.

Klungness L.M., Jang E.B., Ronald F.L., Vargas R.I., Sugano J.S., Fujitani E., 2005. New sanitation techniques for controlling tephritid fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Hawaii. *Journal of Applied Science for Environment Management* 9, 5-14.

Mau R.F.L., Jang E.B., Vargas R.I., 2007. The Hawaii Fruit Fly Area-wide Fruit Fly Pest Management Programme: Influence of Partnership and a Good Education Programme. In: M.J.B. Vreysen, A.S. Robinson, J. Hendrichs (eds.), *Area-wide Control of Insect Pests: From Research to Field Implementation*, 671-683. Springer, Dordrecht (The Netherlands).

McQuate G.T., Vargas R.I., 2007. Assessment of attractiveness of plants as roosting sites for the melon fly, *Bactrocera cucurbitae*, and oriental fruit fly, *Bactrocera dorsalis*. *Journal of Insect Science* 7:57, 13 p.

Ryckewaert P., Deguine J.-P., Brévault T., Vayssières J.F., 2010. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) on vegetable crops in Reunion Island: state of knowledge, control methods and prospects for management. *Fruits* 65, 113-130.

Vargas R.I., Mau R.F.L., Jang E.B., Faust R.M., Wong L., 2008. The Hawaii Fruit Fly Area-Wide Pest Management Program. In: O. Koul G.W. Cuperus, N.C. Elliott (eds). *Areawide IPM: Theory to Implementation*, 300-325. CAB International, Wallingford (UK).

Vayssières J.-F., 1999. Les relations plantes-insectes chez les Dacini (Diptera-Tephritidae) ravageurs des Cucurbitaceae à La Réunion. Thèse de Doctorat. Université Paris XII, France.

Vayssières J.-F., Carel Y., 1999. Les Dacini (Diptera: Tephritidae) inféodés aux Cucurbitaceae à La Réunion: gamme de plantes hôtes et stades phénologiques préférentiels des fruits au moment de la piqûre pour des espèces cultivées. *Annales de la Société Entomologique de France* 35, 197-202.