



GUIDE D'USAGE

Module IBAR

Chapitre 3 : Gestion Agroécologique des Mouches des Légumes à La Réunion



14/01/15

Version 2

SOMMAIRE

| | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A. Préambule – introduction à l’agroécologie..... | 5 |
| B. L'agriculture à La Réunion : présentation générale et contraintes pesant sur les cucurbitacées..... | 5 |
| 1. <i>Espaces agricoles à La Réunion</i> | 5 |
| 2. <i>Spécificités de la filière légumes</i> | 7 |
| 3. <i>Episodes cycloniques</i> | 7 |
| 4. <i>Espèces nuisibles</i> | 8 |
| C. Problématique : l'avant-GAMOUR | 9 |
| D. Le projet GAMOUR : film et quizz | 10 |
| E. Présentation des 3 articles scientifiques à analyser..... | 13 |
| F. Validation de la pertinence de l'utilisation du maïs à l'île de La Réunion sur des cultures de courgettes | 15 |
| G. Le paquet technique SP5 | 15 |
| H. Les partenaires impliqués..... | 15 |
| I. La sélection des exploitations agricoles | 16 |
| J. Perception des changements de pratiques et des résultats par les agriculteurs : interviews..... | 16 |
| K. Résultats et données économiques | 18 |
| 1. <i>Diagnostic initial : hétérogénéité des exploitations</i> | 18 |
| 2. <i>Dispositif de suivi des mouches et résultats</i> | 19 |
| 3. <i>Dispositif de suivi des exploitations</i> | 19 |
| 4. <i>Variabilité des données recueillies</i> | 20 |
| 5. <i>De l'effet de la mouche des légumes sur le chou chou ?</i> | 20 |
| 6. <i>Appropriation des techniques et perception des résultats</i> | 21 |
| L. Perspectives..... | 22 |
| 1. <i>Formation et transfert auprès des agriculteurs</i> | 22 |
| 2. <i>Pertinence de la méthode Gamour en AB (agriculture biologique)</i> | 23 |
| 3. <i>Limites de la méthode Gamour</i> | 23 |
| 4. <i>Projets futurs</i> | 23 |
| 5. <i>Coopération régionale</i> | 24 |
| GLOSSAIRE..... | 25 |

| | |
|---------------------|----|
| Bibliographie | 27 |
| Webographie | 29 |
| Acronymes | 30 |

AUTEURS

Nathalie BECKER, Maître de conférences, Museum National d'Histoire Naturelle

CONTACT

Nathalie BECKER, UMR 7205, Institut de Systématique, Evolution, Biodiversité,
Museum National d'Histoire Naturelle, 57 rue Cuvier, CP 50, 75005 Paris Cedex 05
becker@mnhn.fr



Résumé

Le chapitre 3, Gestion Agroécologique des Mouches des Légumes à La Réunion, est le dernier d'une série de chapitres successifs. Il présente, à l'aide d'une carte interactive, d'interviews de deux agriculteurs, de séquences vidéo, d'articles scientifiques à analyser (un au choix parmi trois), d'exercices et de données générales de base, un cas d'étude. Il s'agit de contrôler des populations de mouches des légumes à La Réunion (les invasions biologiques, insectes invasifs et milieux insulaires sont abordés chapitre 1), qui affectent les cultures de cucurbitacées, à l'aide d'insectes parasitoïdes utilisés en lutte biologique (présentée chapitre 2), et de méthodes additionnelles, respectueuses de l'environnement, complétant durablement une lutte biologique insuffisante. Suite à l'application de cette nouvelle méthode de gestion agroécologique, les résultats, la perception des agriculteurs, et enfin les perspectives seront abordées.

Les commentaires pour le kit pédagogique sont en bleu ; le contenu du module est en noir.

Le chapitre se suit de manière linéaire, et aborde le contenu ci-dessous; les sous-parties interactives ou séquences vidéo sont détaillées ; tout au long de sa lecture, les étudiants pourront avoir accès à une bibliographie, « webographie » et un glossaire.

Ce contenu ne pose pas de difficulté conceptuelle, à l'exception de :

- deux exercices interactifs, où il convient de posséder des notions de statistiques, sur le test du Chi2 et sur les intervalles de confiance. Le but de ces exercices est de comprendre intuitivement à partir de quelles valeurs une différence est, ou non, statistiquement significative.
- la lecture des trois articles proposés en anglais : un lexique et une aide à la compréhension sont disponibles en ligne.

Remarques générales : Les quizz de ce chapitre 3 ne représentent pas une évaluation des connaissances ; ils permettent de valider le fait que l'étudiant aie lu et compris le contenu, et l'aident à se remémorer, ou reformuler, certains éléments.

L'enseignant(e) pourra, lors d'une séance en présentiel et avant que les étudiants ne visionnent ce chapitre, donner des délais préalables (par exemple, telle partie devra avoir été vue le 28 Février 2017), afin d'organiser des séances de discussions en présentiel (ou sur un forum), à différentes étapes (de son choix). L'enseignant(e) devra être présent(e) et disponible, tout au long de la session de l'enseignement (environ 6 heures de temps devant chaque chapitre), session qui pourra s'étaler (pour chacun des chapitres) sur une à trois semaines: répondre aux questions sur internet, organiser des ateliers de discussions, développer un thème d'intérêt, ou un autre thème mal compris Les quizzes visent à ce que l'étudiant vérifie sa compréhension de certains points, ou ont pour but d'éveiller sa curiosité, mais ne constituent pas une évaluation des connaissances; l'enseignant(e) pourra organiser cette évaluation comme il(elle) le souhaite. Pourquoi ne pas proposer des sujets de recherche bibliographique (ou d'enquêtes sur le terrain) qui pourront donner lieu à des rapports écrits et/ou une présentation orale ? Bon cours virtuel !

Le chapitre se suit de manière linéaire, et aborde le contenu ci-dessous; tout au long de sa lecture, l'étudiant pourra avoir accès à un plan, une bibliographie, une « webographie » et un glossaire.

Les retours, commentaires et critiques sont les bienvenus et seront pris en compte dans la mesure du possible. Si l'enseignant(e) souhaite obtenir des informations complémentaires ou des éclaircissements, il peut joindre l'auteur à ces différentes adresses, le suivi du module est garanti pour 5 années à partir de 2015 : becker@mnhn.fr, ou beckernathalie@hotmail.fr

Bon enseignement virtuel !

A. PRÉAMBULE - INTRODUCTION À L'AGROÉCOLOGIE

L'agroécologie est présentée aujourd'hui comme une démarche scientifique qui vise à promouvoir une agriculture s'inscrivant dans l'ensemble des stratégies de développement durable (pour exemple, voir <http://www.uved.fr/index.php?id=734>). En effet, l'agriculture se doit aujourd'hui de répondre, sur la base de modèles socio-économiques pérennes, aux besoins alimentaires et non-alimentaires des populations humaines tout en préservant le fonctionnement des écosystèmes et les ressources, en s'adaptant à l'épuisement de certaines ressources naturelles, en limitant le recours aux intrants et en limitant le réchauffement climatique global. Pour cela, l'agroécologie s'appuie sur la compréhension, grâce notamment à l'écologie, des mécanismes, processus et régulations biologiques à l'œuvre dans les agro-écosystèmes appréhendés à différentes échelles, et inclut la valorisation des connaissances dans la conception et l'évaluation de systèmes techniques agricoles innovants. Ainsi, l'agroécologie se développe au sein de dynamiques socio-économiques et professionnelles variées, qui ont en commun de relier agriculture, science, milieu naturel et société.

[Tomich et al. \(2011\)](#); [Deguine, Ferron et Russell \(2008\)](#)

B. L'AGRICULTURE À LA RÉUNION : PRÉSENTATION GÉNÉRALE ET CONTRAINTES PESANT SUR LES CUCURBITACÉES

1. Espaces agricoles à La Réunion

La Réunion est une île volcanique tropicale de l'hémisphère sud (55°32' de longitude Est et 21°06' de latitude Sud), située à 800 km à l'est de Madagascar et à 9200 km de la France métropolitaine. C'est un département français appartenant à l'archipel des Mascareignes qui comprend également les îles Maurice (à 200 km au nord-est de La Réunion) et Rodrigues (à 800 km à l'est/nord-est). Elle couvre une surface de 2512 km² et comporte 207 km de côtes. L'île est composée de deux massifs montagneux (**Piton des Neiges**, culmine à 3070 m d'altitude, et **Piton de la Fournaise**, 2632 m, volcan toujours en activité (<http://www.fournaise.info/>), raccordés par une planèze (plateau volcanique). Au centre de l'île, on trouve trois dépressions volcaniques communément appelés des cirques : **Cilaos**, **Mafate** et **Salazie**.

Vous pourrez visualiser ces zones sur la carte interactive (adaptée de DAAF Réunion, 2012), ainsi que les différents modes d'occupation du sol, les villes, les agriculteurs interviewés, etc...

Trois espaces à La Réunion :

agricole (929 km² en 2010, [Agreste, 2010](#))

urbain (274 km² en 2008, référence [Joël Ninon, 2012](#))

naturel (espaces à vocation naturelle protégés du Parc National: 1005 km²)

La densité de la population est de **326,1 habitants km², contre 114,8 en France métropolitaine** (Ducreux, 2001 ; [INSEE, 2009](#)).

L'île est loin d'offrir de grandes étendues planes : [seulement 21 % de sa surface a des pentes inférieures à 10 %](#). La faible accessibilité de certaines zones a favorisé la préservation des espaces naturels. Ces espaces naturels font aujourd'hui partie du Parc National de La Réunion, créé en 2007 (<http://www.reunion-parcnational.fr/>).

On distingue deux zones du Parc National (www.reunion-parcnational.fr), le **cœur** (1054 km²) et la **zone libre d'adhésion** (878 km²). Le cœur comprend majoritairement des espaces à vocation naturelle protégés (1005 km²). Sous l'appellation "Pitons, cirques et remparts", le cœur du Parc National est inscrit sur la Liste du Patrimoine mondial de l'Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture depuis 2010 (UNESCO ; [lien](#)). La zone libre d'adhésion forme une ceinture rurale, une zone tampon, entre les secteurs urbanisés des villes et les zones forestières. On y retrouve de vastes zones agricoles, qui sont également protégées. Pour partie inclus dans cette zone, le territoire agricole occupe en km²: 453 (cultivé) + 476 (non cultivé) (Agreste, 2010). **7623** exploitations recouvrent cette superficie, ce qui équivaut à une moyenne de **5,6 ha/exploitation** (contre près de 10 fois plus en France métropolitaine, **55 ha/exploitation**). INSEE, 2009.

La **part des jeunes exploitants (moins de 40 ans)**, de 22 % à La Réunion, n'atteint que 17% en France métropolitaine, au profit de tranches d'âges intermédiaires ([Agreste, 2010](#); [Graphagri, 2012, départements d'Outre-Mer](#)) . Alors que la proportion du nombre d'exploitants ou de co-exploitants agricoles par rapport à la population totale est relativement proche entre La Réunion et la France métropolitaine, **la proportion des femmes chefs d'exploitation ou coexploitantes** reste faible à La Réunion ([INSEE, 2009](#)): 19%, contre près de 30% en France métropolitaine.

Pour permettre aux agriculteurs de s'adapter et de faire évoluer leurs systèmes de production, un niveau de formation suffisant est nécessaire. Parmi les 5 niveaux de formation considérés dans le recensement agricole de 2010, le niveau le plus bas (niveau V, correspondant à un CAPA ou un BEPA, Certificat d'aptitude professionnelle Agricole ou Brevet d'études professionnelles Agricole) est détenu par plus de 80% de la population agricole en métropole, et seulement par 50% des exploitants à La Réunion. Chez les moins de trente ans, ce niveau atteint plus de 80% à La Réunion, indiquant une meilleure formation chez les plus jeunes (Agreste spécial, formation en agriculture, N° 72, Novembre 2011).

Tous territoires confondus en France, les exploitants souhaitant se convertir à l'agriculture biologique dans les cinq prochaines années ont un profil très proche des exploitants déjà en « bio » : leur âge est en moyenne de quatre à cinq ans plus jeune qu'en agriculture conventionnelle, leur niveau de formation initiale (agricole ou générale) est plus élevé. De plus, 20 % des exploitations conventionnelles envisageant une conversion « bio » pratiquent une activité de diversification (telle que la transformation à la ferme, la sylviculture ou le tourisme rural). Avec 500 à 1000 exploitations « bio » potentielles à l'horizon 2015, l'île de La Réunion se place à des niveaux comparables (en nombre d'exploitations/surface) à ceux des autres départements de France métropolitaine. L'un des facteurs à l'origine de cette dynamique est probablement la part des jeunes exploitants à La Réunion (voir plus haut). Egalement, le contexte local de l'exploitation peut jouer un rôle fort dans la motivation de conversion ([Agreste, 2010](#); [Graphagri, 2012, départements d'Outre-Mer](#), veille, 2012, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt).

A l'île de La Réunion, de par sa position tropicale, son état insulaire et son relief tourmenté, résultent une multitude de microclimats, accompagnée d'une grande diversité des plantes sauvages et cultivées. En termes de production agricole, la culture industrielle de canne à sucre est majoritaire, et la seconde place revient aux légumes frais, satisfaisant 75% des besoins locaux (59038 tonnes produites en 2011). Ainsi, La Réunion produit l'ensemble des légumes des climats tempérés, mais

aussi une bonne part des produits tropicaux. Les hauteurs du sud des communes du **Tampon** et de **St Joseph**, le **cirque de Salazie**, et certaines régions du nord (**de La Bretagne à St-Denis et de Dos D'Âne à la Possession**) produisent l'essentiel des légumes frais.

2. Spécificités de la filière légumes

Pour moitié, les surfaces en légumes se situent dans des exploitations spécialisées; l'autre partie (52%) est présente dans les exploitations qui s'appuient sur une diversification de leurs productions; le maraîchage se trouve alors combiné avec d'autres productions végétales ou animales. Par son potentiel économique, le poste maraîchage et horticulture apparaît en deuxième après les grandes cultures, contribuant pour 18% de la production brute standard.

Les exploitations de maraîchage sont généralement de petite taille : leur superficie moyenne reste stable autour de 74 ares. Les cultures de légumes frais occupent en 2010, 1986 ha, en progression de + 23 % depuis le précédent recensement de 2000. Dans le même temps le nombre d'exploitations légumières a également nettement progressé ; elles sont passées de 2167 en 2000 à 2706 en 2010, malgré la compensation des cessations d'activité et des départs à la retraite. Cette tendance traduit le dynamisme de cette filière, de nouveaux maraîchers s'installent, souvent sur de petites structures, ou en créant un atelier supplémentaire sur leur exploitation existante. En parallèle, malgré un niveau de formation initial relativement bas dans ce secteur (70% ont un niveau de formation inférieur au niveau V), le maraîchage et l'horticulture arrivent en première place pour le taux d'agriculteurs ayant suivi une formation continue au cours des 12 derniers mois. Parmi les cultures légumières, certaines sont menacées et ne subissent pas cette progression : c'est le cas de la tomate, des cucurbitacées que nous verrons plus loin.

Les faiblesses structurelles de la filière légumes ont été soulignées dans l'ensemble des DOMs. En 2005, les producteurs disposaient de peu d'abris pour adapter ou traiter leurs cultures et manquaient d'organisations (coopératives, organisations de producteurs ou grossistes) pour distribuer leurs productions. De plus, les cultures de légumes sont vulnérables, de par les épisodes cycloniques ou les espèces nuisibles (Graphagri 2012 , Départements d'Outre Mer, ; [Agreste DAAF La Réunion n° 81 - Janvier 2013](#) ; [Agreste DOM N°13, février 2006](#)).

3. Episodes cycloniques

Le climat de La Réunion est caractérisé par une saison cyclonique violente, de Novembre à Avril, qui produit l'essentiel des précipitations (notamment dans l'Est), alternant avec une saison sèche (près de 8 mois de sécheresse dans l'Ouest). Les précipitations cycloniques sont renforcées de façon très sensible par la présence de reliefs. Ainsi La Réunion enregistre régulièrement de très grandes quantités de pluies. Cette situation exceptionnelle lui vaut de détenir tous les records du monde de pluies pour des périodes comprises entre 12 heures et 15 jours.

Pour exemple, suite à une pluviométrie déficitaire puis aux passages des cyclones Dinah et Harry début 2002, les productions de légumes frais ont été réduites de près de 19 % et celles de fruits frais de plus de 40% (Agreste DAAF La Réunion n°80, Décembre 2012).

4. Espèces nuisibles

Parmi les espèces nuisibles, nous nous sommes déjà focalisés sur les insectes (chapitre 2). Nous recitons ici les 3 espèces de mouche des légumes qui nous intéressent dans ce chapitre 3, affectant les cultures de cucurbitacées ([voir lien](#)).

Bactrocera (Zeugodacus) cucurbitae (Coquillett), dite mouche du melon, est présente en Inde, considérée comme étant son aire d'origine. Elle a toutefois une distribution beaucoup plus large au niveau mondial puisqu'on la rencontre en Asie du Sud-Est, en Afrique de l'Est et de l'Ouest (Cameroun, Tanzanie, Kenya, Egypte), à Hawaï, mais aussi dans les îles d'Océanie et celles de l'Océan Indien (Seychelles, La Réunion, Maurice). En ce qui concerne les Mascareignes, *B. cucurbitae* a été pour la première fois identifiée à l'île Maurice en 1960 puis a colonisé l'île de La Réunion en 1972 probablement à partir de l'île Maurice. Sur l'île de La Réunion, cette espèce thermophile est abondante du littoral jusqu'à 600 mètres d'altitude et n'est pas commune au-delà de 800 mètres d'altitude.

Dacus (Didacus) ciliatus (Loew), dite mouche éthiopienne des cucurbitacées probablement originaire d'Ethiopie, est présente à travers le continent africain, excepté au Maghreb, de l'Egypte à l'Afrique du Sud. On la rencontre également en Asie Orientale (Bangladesh, Inde, Pakistan, Sri Lanka) et au Moyen-Orient (Iran, Arabie-Saoudite, Yemen...). Plus récemment, *D. ciliatus* a été aussi identifiée en Israël (1997) et à Oman (2004). La mouche éthiopienne des *Cucurbitaceae* a été signalée pour la première fois à La Réunion en 1964. Dans l'Océan Indien, elle est également présente à l'île Maurice, à Madagascar et aux Comores. A La Réunion, cette espèce eurytherme peut être présente jusqu'à 1200 mètres.

Dacus (Dacus) demmerezi (Bezzi), dite mouche des cucurbitacées de l'océan Indien, est une espèce endémique de la sous-région et possède donc une aire de distribution plus limitée. Décrite de l'île Maurice en 1923, elle fut ensuite signalée à Madagascar en 1953, puis à l'île de La Réunion en 1972. Sur l'île, cette espèce se rencontre des premiers contreforts de l'île jusqu'à 1500 mètres d'altitude.

Texte modifié d'après [la thèse de C. Jacquard \(2012\)](#) :

Références :

[CABI, \(2003\)](#) ; [Vayssières et al. \(2007\)](#) ; [Etienne J., \(1982\)](#) ; [Ryckewaert et al. \(2010\)](#) ; [Maher Ali, A. \(1957\)](#) ; [Hancock, D. L. \(1985\)](#) ; [White & Elson-Harris, \(1992\)](#) ; [Yarom, I., Y. Malihi, et al. \(1997\)](#) ; [Azam, K.M., M. S. A. Al-Ansari et al. \(2004\)](#) ; [Pointel, J. \(1964\)](#) ; [Etienne, J. \(1974\)](#) ; [De Meyer et al. \(2012\)](#) ; [Orian & Moutia, \(1960\)](#) ; [Paulian, R. \(1953\)](#)

L'aire de répartition de ces différentes espèces nuisibles est essentiellement liée aux facteurs environnementaux mais également à leurs plantes-hôtes. Ces plantes-hôtes, cultivées ou non, sont elles-mêmes réparties selon des critères de climat et d'altitude. Chacune de ces trois espèces de mouches peuvent donc coexister sur l'île de La Réunion en fonction de l'altitude et de la saison.

C. PROBLÉMATIQUE : L'AVANT-GAMOUR

Ces trois espèces causent de nombreux dégâts sur les cultures de cucurbitacées, et aucune solution pérenne n'a pu être mise en place.

Comme décrites au chapitre 2, les parasitoïdes *Psyttalia fletcheri* (Silvestri) et *Fopius arisanus* (Sonan), qui ont été introduits dans les années 2000 et qui sont installés désormais sur l'île, n'ont pas eu un impact significatif, en partie à cause de la forte pression insecticide exercée dans les systèmes horticoles.

Egalement, les traitements insecticides font l'objet de résistances de la part des *Tephritidae* en général, comme décrites dans la littérature scientifique (pour exemple, *Vontas et al., Insecticide resistance in Tephritid flies, Pesticide Biochemistry and Physiology 100 (2011) 199–205*).

C'est en partie pour ces raisons que le développement des cultures de cucurbitacées n'a pas suivi l'augmentation des surfaces cultivées en cultures légumières : 1986 ha en 2010, en progression de + 23 % depuis le précédent recensement de 2000.

Ci-dessous, tout d'abord une interview d'agriculteurs, face aux difficultés liées à la culture des cucurbitacées. Les deux exercices, reflétant la part des surfaces cultivées dédiées aux cucurbitacées dans les DOMs, ainsi que l'opinion des agriculteurs cultivant des cucurbitacées, sont consultables dans le chapitre 3 en ligne.

Interview de Mireille Jolet et Sergio Victoire : l'avant-Gamour

La retranscription des éléments essentiels de la vidéo, et les réponses attendues au quizz qui suit la vidéo, sont ci-dessous :

Mireille Jolet a été contactée par le CIRAD dès 2003 pour participer à un projet de recherche sur les cucurbitacées. Elle a effectué une reconversion professionnelle en 2003; auparavant éducatrice spécialisée, elle a passé un BP REA (brevet professionnel responsable d'exploitation agricole) et a créé une ferme pédagogique. Mireille Jolet a co-fondé le GAB, Groupement des Agriculteurs Biologiques, à La Réunion en 2005. Elle a suivi des formations, suite à son installation, en agriculture biologique.

Sergio Victoire a accepté le premier de tester la méthode GAMOUR, qui initialement n'avait pas encore fait ses preuves au sein des producteurs de chouchous. Il a démarré “dans le canal” et a arrêté le collège en quatrième; il n'avait aucun diplôme. Il est président d'une association et a été élu secrétaire de la chambre d'agriculture en 2013. Il se forme notamment au cours de ses nombreux voyages, et suit des formations permanentes. Seul Sergio Victoire mentionne une pression de la part des mouches des légumes: “depuis ces 10 dernières années, il y a eu une augmentation d'attaques de mouches, avec un taux d'attaque pouvant aller jusqu'à 80% sur l'exploitation”.

Exerciseur 1 : Combien d'hectares attribués aux cucurbitacées dans 3 Départements d'Outre-Mer ?

Le but de l'exerciseur est d'illustrer l'évolution de la production des cucurbitacées dans trois îles différentes (Martinique, Guadeloupe et Réunion), et de faire percevoir à l'étudiant à partir de quand une différence de répartition devient significative.

L'exerciseur utilise le test du Chi². Le lien conseillé aux étudiants s'ils ne sont pas familiers avec ce test est: <http://spss.espaceweb.usherbrooke.ca/pages/statistiques-inferentielles/test-de-chi-2.php>

Exerciseur 2 : Sondage ponctuel d'agriculteurs de La Réunion

29 chefs d'exploitation et co-exploitants (dont 6 retraités) ont été interrogés, sur un total estimé à 131 sur la commune (retraités compris; Agreste, 2000 et 2010). Au vu des effectifs, nous utilisons une loi hypergéométrique pour estimer les intervalles de confiance au risque α de se tromper de 5% (les explications sont données dans l'exerciseur ; à partir d'une population N plus importante, où $N > 10n$ (échantillonnage), on peut utiliser une loi binômiale, mais ici on doit utiliser une loi hypergéométrique).

12/29 trouvent que les pesticides ne sont pas efficaces (soit 41% des interrogés)

Les étudiants manipuleront les chiffres, verront les intervalles de confiance et pourront indiquer à partir de quel nombre d'agriculteurs ayant répondu « les pesticides sont inefficaces », la fourchette basse de l'intervalle de confiance est strictement supérieure à 50%. Cependant, il faut faire attention à une interprétation souvent erronée des intervalles de confiance, qui consisterait à dire que nous avons 95% de chances que le pourcentage p des agriculteurs insatisfaits des pesticides, se situe dans ce cas précis au-delà de 50%. En fait, ce sont 95% des intervalles de confiance qui contiendront la valeur p , si l'on reproduit l'échantillonnage selon le même procédé et en absence de biais. Ainsi, si α est fixé à 5%, alors 95% des intervalles de confiance produits contiendront la vraie valeur du paramètre p étudié (d'après http://www.sante-pub.u-nancy.fr/presentation/ILLUSTRATIONS/UE2_Chap3/co/Interval_Confiance.html).

Question : **jusqu'à combien d'agriculteurs** (déclarant les pesticides inefficaces) **ne peut-on pas se permettre** (à 95% de seuil de confiance) **de parler d'une majorité d'agriculteurs insatisfaits ?**
Réponse : 19

Réponse correcte ! Jusqu'à 19 agriculteurs déclarant les pesticides inefficaces, sur 29 agriculteurs interrogés, l'intervalle de confiance de l'estimation de la moyenne comprend des valeurs en-dessous de 50% (pour 19 agriculteurs insatisfaits des pesticides, cet intervalle se situe entre 48.1% et 80.2%). **Donc, même avec 19/29 agriculteurs insatisfaits des pesticides, on ne peut pas se permettre de parler d'une majorité d'agriculteurs insatisfaits au sein de la population totale (131 agriculteurs).**

D. LE PROJET GAMOUR : FILM ET QUIZZ

Un court quizz suit la séquence vidéo, montage qui récapitule les principales techniques mises en œuvre pour lutter contre les mouches des légumes. Les réponses au quizz (considéré comme facile) sont indiquées en vert (après avoir validé les réponses) lors du suivi du chapitre 3 en ligne; des explications supplémentaires peuvent être obtenues en consultant le guide technique GAMOUR, disponible en ligne, des pages 13 à 22.

La retranscription des éléments essentiels de cette vidéo (montage de deux films tournés à un an d'intervalle) se lit comme suit :

Jean-Philippe Deguine :

L'enjeu est de dire : si on est arrivés à cette situation-là, de mouches en grand nombre, c'est qu'on a créé des déséquilibres (entre leurs ennemis naturels et les mouches, les mouches et les plantes sur lesquelles elles vivent); la démarche est de restaurer ces équilibres, ça s'appelle de l'agroécologie

Voix off :

Conçu par le CIRAD et porté par la Chambre d'Agriculture, le projet GAMOUR, qui a démarré a début de cette année (on est en 2009), fédère une douzaine d'acteurs du monde réunionnais. Ensemble, ils vont développer durant 3 ans de nouvelles méthodes de lutte contre ces mouches ravageuses (mouche des légumes). L'objectif : proposer aux maraîchers des techniques efficaces pour protéger leurs cultures sans utiliser de pesticides directement sur la parcelle.

Victor Dufourc :

Le but est de mettre en place, tous ensemble, un projet pour lutter contre la mouche des légumes ; on était sur une impasse technique, où les pesticides ne fonctionnaient plus vraiment, il fallait trouver une solution, on a mis en place un procédé avec plusieurs méthodes où on évite de mettre des insecticides sur la parcelle.

Voix off :

Depuis plus d'un an (on est en 2010), le projet GAMOUR est en phase de développement

Le CIRAD et ses partenaires mènent un programme de lutte contre ce ravageur, devenu l'ennemi numéro 1 des maraîchers. Expérimentées sur des sites pilotes, 3 méthodes de lutte contre la mouche des légumes se révèlent efficaces :

Pascal Rousse : Un augmentorium, c'est cette enceinte recouverte de bâche. On va y mettre tous les fruits piqués. Les mouches vont émerger dans l'augmentorium mais vont être bloquées, elles vont donc mourir rapidement à l'intérieur. On a pris une maille suffisamment fine pour bloquer toutes les mouches, qui ne peuvent pas sortir, par contre tous les ennemis naturels, les parasites qui vont se développer et tuer les larves de mouche, sont plus petits et peuvent rentrer et sortir de cet augmentorium.

Voix off

L'utilisation d'un piège muni d'un attractif sexuel permet aussi d'éliminer un grand nombre de mouches mâles sur la parcelle

Victor Dufourc : Le résultat on peut le voir, là-dedans il doit y avoir une bonne cinquantaine-centaine de mouches mâles qui sont restées piégées, ces mâles ne se reproduiront plus, ne rentreront plus dans le cycle reproductif de la mouche au niveau des parcelles.

Voix off

La 3eme méthode est celle des plantes pièges avec traitement par taches

Pascal Rouse : On plante en bordure de parcelle du maïs, qui va attirer toutes les mouches qui sont dans les parages ; on a mis un produit sur le maïs, composé à 99,9% de protéines; les abeilles, parasites... toute la faune auxiliaire, ne vient pas manger le produit. Uniquement les mouches viennent manger le produit : elles sont tuées car (dans ce produit) il y a une infime proportion d'un biopesticide.

JP. Deguine répète d'une seconde manière l'ensemble des trois techniques:

- prophylaxie : ramassage régulier de fruits piqués par les femelles et tombés à terre
- plantes pièges, qui piègent en dehors de la parcelle
- piégeage massif de mâles à partir de pièges sexuels qui sont disposés autour de la parcelle

voix off :

- cette pratique consiste en un ramassage régulier des fruits piqués par les mouches et donc infestés d'asticots ; en ramassant les fruits et en les détruisant, on va empêcher la multiplication des mouches ; une mouche peut donner des centaines de descendants en moins d'un mois, et un mois plus tard on en aura des milliers, ces fruits piqués deviennent de véritables foyers de multiplication des mouches des légumes. En mettant les fruits piqués dans l'augmentorium on empêche la sortie des mouches, ainsi on casse le cycle de la reproduction des mouches. Grâce à un grillage adapté, ce système va retenir les mouches mais laisser s'échapper les insectes utiles de plus petite taille.

- contrairement à ce que l'on peut imaginer, les mouches des légumes passent très peu de temps sur les cultures ; le plus souvent elles sont sur les bordures, les plantes avoisinantes où elles se reposent, s'accouplent et mangent ; en partant de ce principe on utilise la technique des plantes pièges.

- en éradiquant les mâles on empêche la reproduction des mouches, et donc leur prolifération ; la phéromone utilisée, le cue-lure, est efficace pour 2 des 3 espèces de mouches de légumes ; elle ne va pas attirer les pollinisateurs et autres ennemis naturels.

JP. Deguine :

Si on ne suit pas bien ces techniques, qui ne sont pas difficiles mais nouvelles, on risque d'avoir des désillusions d'attaques de mouches non contrôlées ; il faut beaucoup de vigilance, de la persévérance, de l'humilité, de la pondération, bien continuer ce qui a été entamé, montrer que l'on va pouvoir s'engager vraiment vers la voie de l'agriculture durable, saine, telle qu'on voudrait qu'elle soit à La Réunion dans les années, les décennies à venir.

E. PRÉSENTATION DES 3 ARTICLES SCIENTIFIQUES À ANALYSER

Des quizzes assez simples permettent de vérifier que l'étudiant a eu accès à la lecture de l'article qu'il aura choisi ; des discussions, en présentiel, en forum ou en « chat », sont ici prévues afin de discuter ensemble des résultats. Une évaluation orale pourra être proposée, ayant pour but de faire présenter une figure de l'article à un étudiant. L'objectif de cette présentation orale sera de faire prendre conscience à l'étudiant de la nécessité de présenter :

- le contexte, la problématique
- la (les) question(s) posée(s)
- les expériences conduites pour y répondre
- les résultats obtenus
- si les résultats permettent de répondre, partiellement ou entièrement, aux questions posées ?

... tout en apprenant à présenter une figure oralement (présenter la légende d'un graphique, présenter séquentiellement les données)

Voici ce qui est proposé à l'étudiant :

Nous avons vu les différentes méthodes utilisées avec succès dans le projet GAMOUR. Ces méthodes, efficaces à Hawaï, ont été transposées à La Réunion suite à des rencontres entre chercheurs des deux pays. Avant d'être utilisées à La Réunion elles ont dû être mises au point, afin d'être adaptées aux conditions locales : climat, matériel disponible, espèces de plantes-hôtes et mouches présentes

Trois mises au point sont présentées ci-après, dans des articles scientifiques publiés récemment en anglais par les chercheurs impliqués dans le projet GAMOUR à La Réunion. Il vous est demandé, en concertation avec votre enseignement responsable, d'en choisir un parmi trois, de le lire, de répondre au questionnaire pour validation, et si besoin de parcourir le document en français explicatif mis à votre disposition. Des discussions autour des trois articles auront lieu lors du forum prévu à cet effet.

Les études menant au choix du filet le plus adapté à un augmentorium réunionnais sont présentées dans l'article 1 (Deguine et al., 2011).

L'attractivité de deux plantes-bordures est comparée dans l'article 2 (Atiama-Nurbel et al., 2012).

L'efficacité d'un appât-insecticide est évalué dans l'article 3 (Deguine et al., 2012).

Après lecture et réponses aux quizz de l'un des trois articles, l'étudiant aura accès aux trois résumés :

Résumé article 1 : A L'île de La Réunion, des pertes sévères des récoltes de certains fruits et légumes sont imputées aux *Tephritidae*, « mouches des fruits ». Une approche alternative aux traitements curatifs est abordée ici : l'utilisation d'un « augmentorium », afin de contribuer au contrôle de ces insectes nuisibles. Ce traitement fait partie intégrante d'un programme de lutte intégrée. A partir de fruits infestés de mouches et de leurs parasitoïdes, l'augmentorium permet de séquestrer les mouches des fruits, tout en laissant s'échapper les parasitoïdes, via un filet sélectif. Le but de cet article était de tester et de sélectionner, parmi quatre tailles de mailles, la plus adéquate pour les conditions de l'île de La Réunion. La taille de maille sélectionnée (3mm²) a montré une efficacité de 100% dans la séquestration de mouches adultes (*Bactrocera cucurbitae*, *Ceratitis capitata*, *Bactrocera zonata*) et dans la sortie de parasitoïdes (*Psyttalia fletcheri* et *Fopius arisanus*). Le prototype de l'augmentorium choisi permet ainsi de prévoir une appropriation et une utilisation par les agriculteurs à La Réunion, dans le cadre d'une lutte intégrée contre les mouches des fruits.

Résumé article 2 : A L'île de La Réunion, des pertes sévères des récoltes de certains fruits et légumes sont imputées aux *Tephritidae*, « mouches des fruits ». Au sein de cette famille, les trois mouches des cucurbitacées présentes à La Réunion sont : la mouche du melon *Bactrocera cucurbitae*, la mouche éthiopienne des cucurbitacées *Dacus ciliatus* et la mouche des cucurbitacées de l'Océan Indien *Dacus demmerezi*. Certains *Tephritidae* se reposent sur des plantes non hôtes bordures. Le but de l'étude est de comparer l'attractivité de 2 plantes (Poaceae): le maïs, *Zea mays* (Linné) et l'Herbe à éléphants, *Pennisetum purpureum* (Schumacher) pour deux espèces de *Tephritidae*: *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) et *Dacus demmerezi* (Bezzi). Les plants en pots furent présentés aux deux espèces (sexe et age connus) en cages, avec 4 répétitions par espèce. Le nombre et la localisation furent déterminés pour chaque cas de figure. Indépendamment de l'âge et du sexe, le maïs s'avéra être plus attractif que l'Herbe à éléphants pour les deux espèces. La plupart des adultes furent retrouvés sous les feuilles des deux plantes. Une application possible est l'utilisation de ces plantes en bordures, afin d'y utiliser des appâts, dans le but de contrôler les populations de mouches des légumes.

Résumé article 3 : A L'île de La Réunion, des pertes sévères des récoltes de certains fruits et légumes sont imputées aux *Tephritidae*, « mouches des fruits ». Au sein de cette famille, les trois mouches des cucurbitacées présentes à La Réunion sont : la mouche du melon *Bactrocera cucurbitae*, la mouche éthiopienne des cucurbitacées *Dacus ciliatus* et la mouche des cucurbitacées de l'Océan Indien *Dacus demmerezi*. Afin de mieux lutter contre ces insectes ravageurs, l'efficacité d'un appât a été testée dans cette étude : le Syneis-appât (Dow Agro Sciences). Composé de 0,02% de spinosad (toxine bactérienne), cet appât s'est avéré efficace. Son attractivité, de 30 à 75 minutes après le début de l'expérience, est similaire pour *B. cucurbitae* et *D. Demerezi*, et est significativement moins bonne pour *D. ciliatus*. La mortalité observée est significativement différente pour les trois espèces : 95% au bout de 7 heures pour *B. cucurbitae*, 86% pour *D. Demerezi* et 60% pour *D. ciliatus*. Les différences entre mâles et femelles ne sont globalement pas significatives. Enfin, la restriction en protéines (ou non) avant l'expérience n'a pas d'effet sur la mortalité observée chez *B. cucurbitae*. En conclusion, bien qu'exerçant un effet différentiel sur les trois espèces de *Tephritidae* considérées, le Syneis-appât peut être utilisé dans le cadre d'un programme de lutte intégrée contre ces ravageurs.

F. VALIDATION DE LA PERTINENCE DE L'UTILISATION DU MAÏS À L'ÎLE DE LA RÉUNION SUR DES CULTURES DE COURGETTES

L'article (1) a permis la commercialisation et la distribution d'augmentoria adaptés à La Réunion. Les articles 2 et 3 ont été utiles à la mise au point d'une stratégie consistant à attirer les mouches (plantes-bordure de maïs) pour les éliminer (à l'aide du Syneis-appât). Suite aux résultats des deux articles (2 et 3) vus précédemment (attractivité de plantes-bordures et efficacité d'un produit attractif et toxique pour les mouches), des observations en plein champ ont été réalisées sur une **parcelle de cucurbitacées (courgette) et sur des bordures de maïs en périphérie de la parcelle**, et ont révélé (pour les trois espèces de *Dacini*), que la quasi-totalité des mouches adultes se retrouve tout au long de la journée sur les bordures de maïs. La ponte par les femelles constitue la principale activité des mouches qui n'est pas localisée sur les plantes de bordure; les femelles s'orientent vers la parcelle de courgette pour pondre selon un rythme circadien propre à chaque espèce : *B. cucurbitae* entre 10h et 15h, *D. ciliatus* entre 10h et 14h et *D. demmerezi* entre 16h et 19h. Une fois les mouches concentrées (« piégées ») sur les plantes de bordure, il est possible d'envisager leur élimination à l'aide du Syneis-appât (article 3); cela avait été réalisé par exemple à Hawaii, avec la technique du « push-pull » (« pousse-tire » en anglais) assisté à l'aide de traitements par tâches sur les bordures à base de produits adaptés.

G. LE PAQUET TECHNIQUE SP5

Les trois résumés des articles 1, 2 et 3 illustrent les mises au point effectuées par les chercheurs du CIRAD (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement) dans la réalisation du projet GAMOUR. Les techniques utilisées prennent place au sein d'un [paquet technique SP5](#) : il s'agit de la combinaison de la Surveillance avec la Prophylaxie (article 1), les Plantes pièges (articles 2 et 3), le Piégeage de masse, les Parasitoïdes & prédateurs et les Pratiques agroécologiques.

H. LES PARTENAIRES IMPLIQUÉS

Le film nous a présenté brièvement les différents organismes impliqués : parmi ces derniers(*), en amont, le **CIRAD** a conçu et mis au point des innovations, et la **FDGDON** (Fédération Départementale des Groupement de Défense contre les Organismes Nuisibles de la Réunion) a formé des acteurs. Plus en aval, la **Chambre d'Agriculture** a été impliquée dans la coordination, le suivi et l'évaluation du projet, ainsi que dans le transfert en milieu producteur. Un schéma illustre les interactions qui ont eu lieu tout au long du projet.

(*Les autres partenaires sont présentés ci-après : TERRE BOURBON, TAKAMAKA INDUSTRIES, ASP (Agence de services et de Paiement, Délégation régionale de La Réunion), FARRE (Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement), ARMEFLHOR (Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière Légumière et HORTICOLE), Université de La Réunion, GAB Réunion (Groupement des Agriculteurs Biologiques), DAAF Réunion (Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt), VIVEA (Société Coopérative Agricole de collecte et de ventes de fruits et légumes).

I. LA SÉLECTION DES EXPLOITATIONS AGRICOLES

Au total, 28 exploitations « conventionnelles » et quatre exploitations AB (Agriculture Biologique) ont été contractualisées, sur une surface totale d'environ 50 ha. Les exploitations conventionnelles ont été sélectionnées sur des critères environnementaux, écologiques et socio-économiques (ont par exemple été privilégiés : des bassins versants prioritaires, où sont captées les eaux de la commune ; des exploitations en lisière de zones non cultivées. Egalement, la capacité des agriculteurs à s'impliquer sur le long terme dans des changements de pratiques culturales a été estimée et soutenue en amont par les instigateurs du projet GAMOUR). Plus précisément, la caractérisation initiale des exploitations a été faite par le biais d'enquêtes, auprès des maraîchers (28) des trois sites pilotes du projet, collectant des données sur les structures d'exploitation, complétées par des entretiens sur les modes de lutte pratiqués par ces chefs d'exploitations, avant de s'engager dans le projet GAMOUR. Des entretiens complémentaires auprès des différents organismes d'appui ont été réalisés conjointement pour décrire et analyser les systèmes de suivi à l'œuvre, et le type d'interactions existants entre les maraîchers et ces organismes.

La cartographie précise des sites retenus a été réalisée pour chacun des trois sites pilotes. De plus, les communes concernées (Salazie, Petite-Ile, Entre-Deux) ont été invitées à participer au projet, en mettant en avant leur volonté de développer une agriculture durable et plus respectueuse de l'environnement.

Les opérations de transfert ont commencé en septembre 2009 avec l'intervention de la Chambre d'Agriculture, Farre Réunion, FDGDON et Terre Bourbon. Des formations ont été dispensées sur chaque site pilote aux agriculteurs. A l'issue de chaque session de formation, le matériel nécessaire a été distribué aux agriculteurs : attractifs alimentaires (Synéis-AppâtTM, pièges avec paraphéromone et augmentoria). Les 28 exploitations contractualisées ont ensuite fait l'objet de suivis hebdomadaires, réalisés par la Chambre d'Agriculture, Farre Réunion et Terre Bourbon. Pour les exploitations AB, les agriculteurs eux-mêmes étaient chargés de ces suivis. Les données étaient agrégées au niveau de l'observatoire des impacts.

J. PERCEPTION DES CHANGEMENTS DE PRATIQUES ET DES RÉSULTATS PAR LES AGRICULTEURS : INTERVIEWS

Une seconde vidéo de Sergio Victoire et de Mireille Jolet, illustre leurs réponses à la question suivante :

- quelle est votre perception du projet Gamour ? Il y a-t-il des différences de dépenses et de temps passé, avant et après Gamour ? :

Mireille Jolet : « ... ce qu'on a vu, de façon globale, c'est que pour nous c'est une grande avancée, car on ne faisait pas de cucurbitacées, ou très peu, parce qu'on avait énormément de problèmes, il aurait fallu qu'on le fasse sous serre, à La Réunion on ne dispose pas tous de grandes serres pour mettre en place les cultures, du coup ça nous offre une perspective plus diversifiée au niveau de nos cultures du fait que maintenant on peut se permettre de mettre en place des cultures de cucurbitacées dans les champs.

Avec Gamour, ce qu'il y a de plus contraignant, c'est qu'il faut bien penser à la globalité du projet, c'est-à-dire que quand on met en place la culture, parallèlement on va mettre en place une double rangée de maïs serrée et on va encadrer le champ. Donc, il faut l'irriguer derrière pour que ça

pousse, pour que tout fonctionne, on va dire que c'est ce temps-là (qui est le plus contraignant, ndlr), mais quelque part ce temps-là est gagné par la suite, financièrement on récupère, au niveau de la culture on va récolter un volume plus important, de ce fait on est plus que gagnants à la fin.

Après on met les appâts, on fait un passage tous les cinq jours pour renouveler, mais c'est de l'agriculture de toute façon, il faut qu'on veille de près, qu'on apporte les soins nécessaires pour avancer. »

Sergio Victoire : « Moi, c'est à peu près à 5% des dépenses de ce que je dépensais avant, avant c'était beaucoup plus de produit, maintenant c'est que pour l'achat du Syneis, et en coût de main d'œuvre, auparavant c'était 2 jours et demi par semaine pour traiter les treilles, aujourd'hui c'est dix minutes par semaine, alors au niveau du gain de temps et de sous, j'y suis sensible »

Mireille Jolet : « Au niveau de l'agriculture biologique, c'est un « plus » pour les cucurbitacées, mais en tant que réunionnaise, je suis vraiment contente que ça ait été amené car même les agriculteurs en conventionnel se sont appropriés ce dispositif. Quand il a fait des essais, Mr Deguine (ndlr : initiateur du projet Gamour, chercheur au Cirad) s'est rapproché d'agriculteurs conventionnels qui produisaient le chou de façon intensive, plusieurs tonnes/an, qui utilisaient beaucoup de produits. La méthode Gamour a permis que tous ces champs passent en agriculture biologique.

Le principe, souvent, chez les agriculteurs, est : on regarde si ça fonctionne, on laisse le premier y aller, s'il n'y a pas trop de pertes on va suivre. Là, c'était un des plus importants producteurs (ndlr : Sergio Victoire), emblématiquement c'était important que ces personnes fassent le premier pas, derrière c'est en train de suivre, en trois-quatre ans on est passés de 50 à 150 exploitants en agriculture biologique. C'est donc un des dispositifs qui va nous permettre de produire plus et d'augmenter notre chiffre d'affaires, du fait qu'on ait quelque chose de concret pour avancer. »

Les données nécessaires aux réponses au quizz suivant l'interview sont :

Sergio Victoire explique que ses dépenses en produits insecticides et en temps de travail sont réduites. En agriculture biologique, on avait quasiment abandonné la culture de cucurbitacées. Mireille Jolet explique que le nombre d'exploitants en agriculture biologique est passé de 50 à 150 ces 3-4 dernières années.

Les avantages cités par Mireille sont :

- **La culture des Cucurbitacées devenant possible avec GAMOUR en plein champ, cela permet une diversification des cultures.**
- **Malgré la contrainte de devoir encadrer et irriguer les cultures par des rangées de maïs, et de s'occuper des appâts, on est gagnants financièrement car on récolte un volume plus important.**
- **Certains agriculteurs conventionnels emblématiques ont franchi le pas et se sont appropriés le projet GAMOUR, donnant ainsi l'exemple à d'autres agriculteurs**

Les avantages cités par Sergio sont :

- **Les dépenses en produits phytosanitaires ont été réduites de manière très importante**

- La main-d'oeuvre nécessaire pour les traitements des cultures est passée de 2,5 jours par semaine à 10 minutes par semaine

K. RÉSULTATS ET DONNÉES ÉCONOMIQUES

1. Diagnostic initial : hétérogénéité des exploitations

Les données présentées ci-après proviennent des actes du séminaire final (restitution, bilan et perspectives) du projet GAMOUR (Saint-Pierre, 21-24 Novembre 2011), dans lesquels vous pourrez trouver des détails et des références bibliographiques ; le document GAMOUR.pdf est disponible en ligne.

Au sein des trois sites pilotes du projet, Petite Ile, Salazie et l'Entre-Deux, vingt-huit exploitations ont été enquêtées pour :

- décrire les structures d'exploitations
- analyser les stratégies de lutte contre les mouches des légumes
- caractériser les relations de l'exploitation avec les organismes d'appui agricole.

Les exploitations ont été classées en quatre groupes, reflétant l'hétérogénéité de la filière maraîchage à la Réunion:

- grandes exploitations maraîchères
- grandes exploitations maraîchères en Organisation de Producteurs
- petites exploitations maraîchères
- petites exploitations en fin de cycle.

La culture des cucurbitacées peut être qualifiée d'opportuniste : mis à part les treilles de chou chou, pérennes, le calendrier cultural prévisionnel et l'implantation spatiale des parcelles sont extrêmement volatils. Trois types de stratégies de lutte contre les mouches des légumes sont mises en œuvre :

- conventionnelle avec une application, soit systématique soit au besoin, de traitements d'insecticides
- de repli avec un abandon ou une diminution des surfaces cultivées
- adaptative avec un décalage de la période de culture.

Les exploitations maraîchères se différencient également par leur niveau d'insertion sociale. On observe ainsi un gradient qui va de l'absence de relation avec les organismes agricoles à une forte intégration dans les dispositifs d'appui agricole, qui se traduit par des démarches de labellisation et l'appartenance à une coopérative. Une autre difficulté structurelle de la filière maraîchage repose sur la faiblesse historique des interactions entre les organismes techniques d'accompagnement des agriculteurs. Un tiers des exploitations maraîchères est isolé, sans conseil technique régulier. Les deux autres tiers reçoivent plus ou moins régulièrement des visites de techniciens référents appartenant à divers organismes technico-scientifiques réunionnais (Chambre d'agriculture, FDGDON, Armefflor, Cirad ou OP) dont ils apprécient les conseils. Cependant, si l'on peut noter des

interactions parfois fortes entre les organismes (Gamour en est un exemple), il n'existe quasiment pas de capitalisation de l'information recueillie par ces différents organismes.

2. Dispositif de suivi des mouches et résultats

Durant l'application en milieu producteur du projet Gamour (septembre 2009-juillet 2011), un réseau de surveillance entomologique a été mis en place sur les trois sites pilotes. Un réseau de piégeage au « cue-lure » montre que les populations de *Dacus demmerezi* (Bezzi) et *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett) sont maintenues à un faible niveau tout au long de l'année sur Salazie (700 m d'altitude). Les zones de l'Entre-Deux (600 m) et Petite-Ile (800-1200 m) montrent une pullulation estivale des populations de *B. cucurbitae* ou *D. demmerezi*, indiquant des fluctuations saisonnières de la pression des mouches. Ces résultats ont fait l'objet de discussions avec les exploitants, qui ont tendance à sur-évaluer la pression des mouches.

3. Dispositif de suivi des exploitations

Un suivi technico-économique a été réalisé sur les exploitations candidates. Une application informatique associée au site web du projet (<http://gamour.cirad.fr/site/>) a permis la collecte centralisée en ligne des données, puis une restitution des indicateurs sous la forme de tableaux de bord et de graphes.

Le suivi a consisté à :

- évaluer qualitativement les pratiques Gamour réalisées par l'exploitant
- consigner des données de production (nombre de caisses commercialisées) et l'évaluation des pertes par l'exploitant
- noter le stade de culture des productions de cucurbitacées, et
- relever le nombre de traitements curatifs réalisés sur cucurbitacées et noter les commentaires éventuels de l'exploitant.

La différence économique majeure porte sur la quasi-absence des traitements insecticides curatifs sur les productions protégées par la méthodologie Gamour : 0, 1 traitement/cycle contre 4, 2 en protection classique, sans conséquence négative sur la production.

Malgré la nécessité d'investir du temps dans la prophylaxie (prévention), l'application d'appâts, de pièges et de la plantation de bordures à entretenir par la suite, la réduction drastique des traitements insecticides permet un **gain en temps de travail** (jusqu'à 80% de la réduction de temps de travail sur une durée maximale de 6 heures hebdomadaires/ha de cucurbitacées en production classique) et un **coût global réduit** (jusqu'à près de 66% de réduction des coûts totaux, estimés au maximum à 88 euros/ha/semaine en production classique pour la protection phytosanitaire et le temps de travail).

L'analyse des résultats de production porte sur le suivi de 7, 6 ha de treilles de chouchou, et de 19 cycles de courgette comparés à sept cycles « témoins ». Elle montre une tendance à l'augmentation des rendements et/ou la réduction des pertes, **sans significativité statistique cependant**. Deux

paramètres peuvent être à l'origine de ces résultats : la variabilité des données recueillies, et une possible surévaluation par les agriculteurs de l'effet de la mouche des légumes sur le chou chou.

4. Variabilité des données recueillies

Le fait que peu d'agriculteurs aient une formation agricole, ne soient pas habitués à avoir des relations régulières avec un technicien, et soient réticents à s'intégrer dans la filière organisée (moins de 15% des agriculteurs impliqués sont inscrits dans une organisation de producteurs), sont liées à une faible traçabilité des productions. La majeure partie des données récoltées pour l'observatoire des impacts, qui repose sur des déclarations d'agriculteur, est source de manque de précision. En effet, quand la comparaison a été possible, il a été montré qu'il existait des divergences (de -60% à +150%) entre les dires d'agriculteurs et les organismes de production. Par ailleurs, de septembre 2009 à juillet 2011, les visites du suivi technique hebdomadaire auprès des agriculteurs Gamour ont permis de recueillir et centraliser 643 fiches de résultats technico-économiques pour l'observatoire des impacts. Après tri des informations, seules 16% de ces fiches ont effectivement pu être traitées pour produire les indicateurs de résultats cités. De plus, les productions de cucurbitacées sont affectées par les aléas climatiques et économiques. Ainsi, la zone de Petite-Ile a été affectée par la sécheresse de août 2010 jusqu'à la fin de Gamour, handicapant grandement la mise en place des parcelles. L'apparition ponctuelles de problèmes phytosanitaires autres comme l'oïdium ont parfois affecté les rendements, leur impact réel étant cependant secondaire. Ainsi, les stratégies de production qui sont développées se traduisent par des ajustements permanents qui ne sont pas forcément compatibles avec un suivi qui vise à tracer et mémoriser des pratiques et des résultats de production. Moins de six mois après le début des opérations sur le terrain, un quart des parcelles initialement cartographiées n'était plus valable. Enfin, le système de commercialisation des cucurbitacées passe majoritairement par le marché de gros où les prix de vente sont fortement variables, avec une prédictibilité moyenne. Il y eut des exemples de cultures bien menées, avec des rendements très satisfaisants pour l'agriculteur, puis tout simplement abandonnées sur pied lorsque les prix du marché étaient trop faibles.

5. De l'effet de la mouche des légumes sur le chou chou ?

L'effet des mouches des légumes a été documenté sur les courgettes, où le développement des larves au sein du fruit affecte significativement les cultures, mais pas sur les choux chous. Devant les fruits de chou chou tombés à terre, les agriculteurs ont incriminé les mouches des légumes, visibles sur le terrain. Ces observations ont provoqué l'épandage massif d'insecticides sur les treilles. Or, une étude conduite lors du projet a évalué l'incidence réelle des mouches en culture de chou chou. Au champ, les fruits de moins de 6 cm de long ne semblent pas affectés par les piqûres des femelles. Deux à quatre semaines après avoir été piqués, ces fruits ne montrent plus aucune différence par rapport aux fruits non piqués. Ces résultats sont confortés par les tests d'émergence : seul un des 120 fruits collectés en 2008, et cinq des 219 collectés en 2009, ont donné des émergences de mouches. *Dacus ciliatus* semble être la seule mouche capable de se développer sur chou chou, dans les fruits collectés au champ et dans ceux artificiellement infestés au laboratoire. En disséquant les fruits piqués, une « réaction de défense » face aux œufs et larves L1 de *B. cucurbitae* et *D. demmerezi* a été observée. Ainsi, bien que les mouches soient présentes dans les treilles, ce n'est pas le développement de leurs larves qui est responsable des pertes significatives enregistrées par les agriculteurs.

Ceci suggère que la protection chimique utilisée contre les mouches sous les treilles n'est pas appropriée, surtout si l'on considère les effets secondaires négatifs de ces traitements. Le stress physiologique de la treille surchargée, causé par la culture intensive du chou chou, pourrait être la cause des chutes de fruits et demande des recherches ultérieures.

6. Appropriation des techniques et perception des résultats

Finalement, c'est le nombre de traitements chimiques réalisés par les exploitations candidates qui s'est avéré être un indicateur facile à construire et suffisamment informatif sur la situation de chaque agriculteur. Il renseigne bien sur le bilan global du projet Gamour et de son adoption par les maraîchers.

La limitation des pertes dues aux mouches de légumes est l'avantage cité comme majeur par presque la moitié des maraîchers, bien qu'à ce niveau l'hétérogénéité des recueils de données n'ait pas pu mettre en évidence de différence significative. L'impact des mouches des légumes a possiblement été surévalué, notamment car les mouches des légumes sont visibles. Les moindres dépenses en insecticides et le gain de temps viennent par la suite. L'adoption des pratiques Gamour par les maraîchers du projet a eu un impact sur la place des cucurbitacées dans plusieurs exploitations. Vingt pour cent des agriculteurs ont augmenté le nombre de cycles de cucurbitacées (par gain de temps ou suite à l'augmentation de la rentabilité de ces cultures). Une partie des agriculteurs qui envisageait de stopper les cucurbitacées (arrachage de treille de chou chou par exemple) ont maintenu ces cultures en place, alors que des agriculteurs qui avaient arrêté ces cultures avant le début du projet les ont remises en place.

Une étude de satisfaction a été réalisée auprès des agriculteurs Gamour : 80% d'entre eux se sont déclarés satisfaits ou très satisfaits. Par ailleurs, les collectivités partenaires (mairies) se sont réellement impliquées tout au long du projet. Il faut également noter l'effet levier de ces précurseurs sur les autres agriculteurs, ce qui constitue une perspective intéressante pour le transfert du paquet technique post-Gamour. Le sentiment général est que les pratiques sont faciles à prendre en main dans l'ensemble, même si de bonnes explications (ou une formation suffisante) pendant le premier cycle cultural sont indispensables. Une communication basée sur des documents papiers complétés par des visites d'un technicien ou des rencontres chez un maraîcher qui applique Gamour semble une bonne solution aux yeux des maraîchers. Une analyse qualitative fait ressortir deux variables liées, permettant de discriminer les agriculteurs en groupes distincts, et qui montrent que, **plus la perception des pratiques GAMOUR est bonne, plus les agriculteurs rendent compte de leur efficacité**. En d'autres termes, la bonne compréhension de la stratégie Gamour est liée à l'efficacité déclarée. Les maraîchers qui adhèrent à l'approche préventive (et non plus curative) du problème des mouches des légumes sont certainement plus attentifs à mettre soigneusement les pratiques en application et observent une diminution des pertes.

Le bilan de l'appropriation de la stratégie Gamour est conforté par des ajustements, réalisés par certains maraîchers. Néanmoins cette appropriation n'est pas complète, alors que l'ensemble des exploitations candidates a bénéficié d'un suivi technique très régulier qui est inédit pour la filière maraîchage à La Réunion. Ce bilan mitigé vient notamment du passage d'une logique curative à une logique de contrôle de la pression des mouches. La vulgarisation des innovations techniques Gamour sur les différents bassins de production devra donc s'accompagner d'un investissement important pour assurer l'animation nécessaire à la bonne « prise en main » du paquet technique. Enfin, il sera nécessaire de prendre en compte la grande diversité de ces exploitations, qui, en outre, ne

bénéficient pas toutes d'une relation de suivi et de conseil avec les techniciens des différents organismes agricoles.

L. PERSPECTIVES

1. Formation et transfert auprès des agriculteurs

En conséquence du bilan d'appropriation, 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'accompagner 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.

Organisme de développement, chef de file du projet Gamour de 2009 à 2011, la Chambre d'Agriculture a pour objectif de diffuser et de valoriser les techniques de productions répondant aux ambitions d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement. A ce titre, Gamour représente un système de production agricole exemplaire en parfaite adéquation avec les objectifs du **Plan Ecophyto 2018, initiative lancée en 2008 à la suite du Grenelle Environnement**. Le plan est piloté par le Ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt, et a pour objectif de **réduire de 50% l'utilisation des pesticides d'ici 2018**.

La mise en oeuvre de la technique Gamour nécessite une formation et un suivi technique pendant au moins un cycle de culture de cucurbitacées, assurée depuis 2012 par la Chambre d'agriculture avec ses différents partenaires (revoir 3.10 pour la présentation des partenaires). Au sein de la **Chambre d'Agriculture**, un équivalent temps-plein (ETP) est consacré à la formation et au suivi des agriculteurs, ainsi qu'à la formation des techniciens des OP ou d'autres structures comme le Gab. A cette formation contribue aussi la **FDGDON, L'Arop-FL** (Association Réunionnaise des Organisations de Producteurs des Fruits et Légumes, pour le suivi et les formations des agriculteurs adhérents aux OP), et le **Gab** (auprès de ses adhérents). **Farre** financera à 50% l'achat de 30 augmentorium pour ses adhérents et participera aux programmes de formation et de suivi. **Le Cirad** veillera à la bonne application du protocole Gamour et apportera ses conseils pendant toute la phase de transfert. **La Daaf** déterminera les modalités d'utilisation du piégeage des mouches (piégeage de masse ou piégeage de surveillance). **L'Armeflhor** suivra le dossier de demande d'homologation du piégeage de masse des mouches des légumes.

Après formation, les agriculteurs intéressés qui veulent bénéficier d'un suivi technique signent une convention de suivi valable pour un cycle de culture. Les visites consistent en cinq passages minimum afin de vérifier le bon état du dispositif Gamour et de conseiller l'agriculteur pendant tout le cycle de culture. Les phases importantes de suivi sont les suivantes : aménagement des parcelles (semis du maïs), semis de la culture, mise en place des pièges à paraphéromone dès l'implantation de la culture, vérification de l'état du dispositif avant la nouaison, et suivi de la protection pendant la période de production (installation des augmentorium, propreté de la parcelle, utilisation du Synéis Appât (par taches sur le maïs et non pas sur la culture).

2. Pertinence de la méthode Gamour en AB (agriculture biologique)

Face au problème des mouches des cucurbitacées, les agriculteurs travaillant en AB disposent de peu de moyens de protection. Gamour représente une méthodologie d'intérêt pour ces agriculteurs, puisqu'il s'agit d'une méthodologie alternative réduisant au minimum l'utilisation de pesticides de synthèse. En effet, les composantes du paquet technique Gamour sont totalement compatibles avec le cahier des charges de l'AB. C'est le cas du Synéis Appât®, et également des pièges à paraphéromones sans insecticide développés pour le projet. Les autres éléments du paquet technique (prophylaxie, lutte biologique de conservation, pratiques agroécologiques...) sont le fondement même de l'agriculture biologique.

Au-delà de son rôle de relais technique (formation de ses membres et distribution du matériel), le Gab joue également un rôle dans la sensibilisation du grand public, en particulier auprès des plus jeunes. Les démonstrations vers ces publics aideront à la diffusion de ces méthodologies alternatives.

3. Limites de la méthode Gamour

D'après les observations effectuées par les techniciens, l'une des principales limitations de Gamour est son efficacité moindre lorsque les parcelles protégées sont situées au voisinage d'exploitations protégées différemment. L'extension de la méthode au plus grand nombre est donc également la clé de son propre succès. Des campagnes d'information collective à l'image des campagnes de dératisation, ainsi que la distribution d'augmentoria, peuvent être incitatives. Enfin, les jardins des particuliers représentant également des foyers d'infestation potentiels, ceux-ci pourraient être impliqués par la distribution de petits augmentoria par les communautés de communes, de la même manière que se font les distributions de composteurs.

4. Projets futurs

Les acquis du projet Gamour seront mobilisés sur les projets Biophyto et Ecofrut, qui visent également à innover en terme de protection phytosanitaire. **Biophyto a démarré début 2012 pour le développement de la mangue sans insecticide à la Réunion (voir <http://www.agriculture-biodiversite-oi.org/Biophyto>);** ses résultats ont été présentés fin 2014, et portent principalement sur la caractérisation des interactions entre pratiques culturales, couvertures végétales, structure du paysage et communautés d'arthropodes (bioagresseurs, auxiliaires...) dans les vergers de manguiers. Ecofrut, démarré en 2012 également, (<http://reunion-mayotte.cirad.fr/actualites/ecofrut>) concerne trois productions fruitières phare de la Réunion : la mangue, l'ananas et les agrumes.

Biophyto : Production durable de mangues sans insecticide à La Réunion.

Ecofrut : Nouveaux systèmes de culture ECOlogiques et durables pour des productions FRUitières de qualité en milieu Tropical

5. Coopération régionale

Avec le PRMF (Programme Régional de Recherche Appliquée sur les Mouches des Fruits ; Maurice, La Réunion, les Seychelles, Madagascar et les Comores), la mise en place d'un large réseau de surveillance a permis **la détection de *Bactrocera cucurbitae* aux Seychelles en 1999 et l'éradication rapide de *Bactrocera dorsalis* à Maurice en 1996**. De 2001 à 2008, le PRPV (Programme Régional de Protection des Végétaux) a repris une partie des actions menées contre les mouches : mise en place de **formations sur les méthodes d'élevage et de lutte dans les pays de la zone Océan Indien, campagnes d'inventaires permettant de mieux connaître les *Tephritidae***. A partir de 2010, les programmes IRACC (Initiative Régionale Agroécologie Changement Climatique) et e-PRPV (élargissement du PRPV) ont prolongé cette coopération. Ces deux programmes comportent un volet sur les *Tephritidae*, en particulier par **l'alimentation d'une base de données en ligne sur les organismes nuisibles de la Région, par l'amélioration des capacités opérationnelles des parties prenantes, et par le renforcement des compétences en diagnostic**. Enfin, ils **informent et sensibilisent les différents publics en matière d'agroécologie tout en appuyant le développement des petites exploitations agricoles**. Avec l'objectif de **surveillance et de gestion des populations de ravageurs dans l'océan Indien**, IRACC et e-PRPV soutiennent le **développement de l'agriculture raisonnée et l'agriculture biologique**, la mise en place de **projets expérimentaux pilotes**, l'amélioration de la **qualité des sols cultivés et de l'environnement**, et la mise en place des **échanges entre producteurs**, tout en **harmonisant les méthodes de gestion des populations dans les différents pays de la Région**. L'expérience acquise lors des trois années de Gamour est particulièrement précieuse pour cette harmonisation.

Une courte séquence vidéo (interview de Sergio Victoire et de Mireille Jolet) donne le mot de la fin ! Sa retranscription est ci-dessous :

SergioVictoire : « Avec mon expérience, sur mon exploitation, je peux dire qu'aujourd'hui, avec toutes les méthodes qu'on peut appliquer, on peut produire propre et avoir un produit sain dans son assiette »

Mireille Jolet : « Je sais qu'ils sont en train de travailler sur Biophyto, un nouveau dispositif pour ne plus mettre de produits sur les mangues, on va utiliser une extension du projet Gamour, mettre en place d'autres dispositifs pour aller plus loin. Cela ne peut être que profitable pour tous les agriculteurs bio, les agriculteurs conventionnels parce qu'ils vont l'utiliser, et aussi pour les enfants, la planète, pour demain ! »

GLOSSAIRE

Chouchou : Le chouchou (*Sechium edule*) est une plante très appréciée à La Réunion. Traditionnellement entretenu à l'état sauvage pour ses feuilles, il est maintenant cultivé sous treille pour ses fruits

Cucurbit crops : Récolte de cucurbitacées (voir *Cucurbitaceae*)

Cucurbitaceae : ou Cucurbitacées : Famille de plantes herbacées rampantes ou grimpantes, composée de 97 genres. Distribution largement tropicale et subtropicale. Certains genres comprennent des espèces alimentaires : *Cucumis* (concombres, melons), *Cucurbita* (courges, courgettes), *Citrullus* (pastèque, coloquinte). (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/DELwelcome.html>, Angiosperm phylogeny website ; wikipedia).

Diptera : Diptère (en français) : Ordre d'insectes caractérisés par la possession d'une seule paire d'ailes membraneuses.

Ears : épis (de maïs)

enzymatic yeast hydrolysate : extraits de levure (par hydrolyse enzymatique)

Fruit flies : En anglais cette appellation regroupe l'appellation française « mouches des fruits et des légumes ». L'appellation "mouches des légumes" désigne à La Réunion les espèces qui attaquent les cultures maraîchères (tomates et cucurbitacées diverses principalement). Le terme est inexact puisque ces cultures sont en fait des fruits, c'est à dire l'organe de la plante qui porte les graines. Ces "mouches des légumes", comme celles qui provoquent des dégâts en arboriculture, appartiennent à la grande famille des mouches des fruits, les *Tephritidae*.

gauge of mesh : mesure de maille

IPM Program : Integrated Pest Management Program : programme de lutte intégrée contre les ravageurs (bioagresseurs)

Lepidoptères (*Lepidoptera*): ordre d'insectes dont la forme adulte est communément appelée papillon. Ils se caractérisent à l'état adulte par deux paires d'ailes recouvertes d'écailles de couleurs très variées.

mass-hatching devices : systèmes d'éclosion en masse

mesh size : dimension des mailles

mouche des fruits, mouche des légumes : L'appellation "mouches des légumes" désigne à La Réunion les espèces qui attaquent les cultures maraîchères (tomates et Cucurbitacées diverses principalement). Le terme est inexact puisque ces cultures sont en fait des fruits, c'est à dire l'organe de la plante qui porte les graines. Ces "mouches des légumes", comme celles qui provoquent des dégâts en arboriculture, **appartiennent donc à la grande famille des mouches des fruits, les *Tephritidae*.**

Parasitoid : en français, parasitoïde : organisme qui se développe sur ou à l'intérieur d'un autre organisme dit « hôte », qui n'achève pas son développement et meurt. La majorité des parasitoïdes étudiés et répertoriés sont des insectes, tout comme la majorité de leurs hôtes, et pondent directement sur/dans l'oeuf ou la larve de leur hôte (wikipedia ; voir aussi chapitre 2).

propensity to escape, to exit : tendance à s'échapper

pumpkin : citrouille

pupae : Parmi les quatre stades de développement d'une mouche des fruits et des légumes, la pupa (pupae au pluriel, en anglais) est le troisième stade après l'oeuf et la larve. Les parasitoïdes peuvent pondre dans la pupa, au détriment de la métamorphose de cette dernière en adulte.

Reared : élevés

sanitation against fruit flies : contrôle des populations de mouches des fruits

Scale : Echelle

Silk : barbe (de maïs) : stigmates de la fleur femelle

Solanaceae : famille de plantes herbacées, sous-arbrisseaux, arbustes, arbres ou lianes; 102 genres. Distribution mondiale, à l'exception de l'antarctique. Importance économique : espèces alimentaires (tomate, pomme de terre, aubergine ...), plantes ornementales (Petunia, Datura...) et autres usages (tabac...). (<http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/welcome.html>, Angiosperm phylogeny website ; wikipedia).

Sustainable : durable

Tassels : panicules (inflorescences mâles, ici du maïs)

Tephritidae : la famille des Tephritidae compte environ 3000 espèces différentes dont une centaine causent des problèmes économiques pour l'Homme. Sur cette centaine, huit sont présentes à La Réunion : quatre s'attaquent à l'arboriculture (les "mouches des fruits") et quatre au maraîchage (les "mouches des légumes"). Les quatre mouches posant des problèmes économiques en maraîchage sont la mouche de la tomate *Neoceratitis cyanescens* et les trois mouches des cucurbitacées qui sont le sujet principal du programme Gamour : la mouche du melon *Bactrocera cucurbitae*, la mouche éthiopienne des cucurbitacées *Dacus ciliatus* et la mouche des cucurbitacées de l'Océan Indien *Dacus demmerezi*.

(http://gamour.cirad.fr/site/index.php?option=com_content&view=article&id=76&Itemid=80)

USDA : United States Department of Agriculture : équivalent (aux Etats-Unis) du ministère de l'agriculture, de l'agroalimentaire et de la forêt français.

Yield : rendement

BIBLIOGRAPHIE

Azam, K.M., M. S. A. Al-Ansari et al. (2004). Fruit flies of Oman with a new record of *Carpomya vasuviana* Costa (Diptera: Tephritidae)." *Research on Crops* 5(2/3): 274- 277.)

De Meyer, M. & A. Freidberg (2012). Taxonomic revision of the fruit fly genus *Neoceratitis* Hendel (Diptera: Tephritidae). *Zootaxa* 3223: 24-39.)

Deguine, Ferron et Russell (2008). *Protection des cultures, de l'agrochimie à l'agroécologie*. Quae, 2008, France.

Etienne, J. (1972) "Les principales Trypétides nuisibles de l'île de La Réunion." *Annales de la Société Entomologique de France* 8(2): 485-491.

Etienne, J. (1974) "Rapport de mission aux Comores (18-31 janvier 1974). *IRAT-Réunion* 44:8.)

Etienne, J. (1982). *Etude systématique, faunistique et écologique des Tephritides de La Réunion*, PhD. Thesis, Ecole Pratique des Hautes Etudes, Paris, France: 100.

Hancock, D. L. (1985). New species and records of African Dacinae. *Arnoldia Zimbabwe*, 9(22): 299-314.)

Jacquard, 2012. Thèse de Caty Jacquard, soutenue le 23 Septembre 2012, Structuration génétique et compétition au sein du complexe des Dacini (Diptera : Tephritidae), nuisibles aux Cucurbitacées à l'île de La Réunion. Université de La Réunion, Faculté des Sciences et des Technologies, Ecole Doctorale Sciences Technologie Santé (E.D.S.T.S).

Jean-Marc Ducreux (2001). Contribution à la cartographie de l'aléa : érosion pluviale superficielle agricole à La Réunion : analyse de méthodologies existantes. <http://www.sudoc.fr/097854603>. Mémoire de DESS, Sciences et gestion de l'environnement tropical, Université de La Réunion, UFR Sciences et Technologies.

Maher Ali, A. (1957). On the bionomics on *Dacus ciliatus* Loew (Diptera Trypanaeidae). *Bulletin de la Société Royale d'Entomologique d'Egypte* 41: 527-533.

Orian, A. J. E. & L. A. Moutia (1960). "Fruit flies (Trypetidae) of economic importance in Mauritius." *Revue Agricole et Sucrière de l'île Maurice* 39: 142-150.

Paulian, R. (1953). *Recherches sur les insectes d'importance biologique à Madagascar; XII, les mouches des fruits. Mémoire de l'Institut des Sciences de Madagascar, série E 3:2-7.*

Pointel, J. (1964). "Lutte contre les mouches des fruits." *Rapport Annuel I.R.A.T - Réunion* 76.)

Ryckewaert, P., J. P. Deguine, & al. (2010). "Fruit flies (Diptera: Tephritidae) on vegetable crops in Reunion Island (Indian Ocean): state of knowledge, control methods and prospects for management." *Fruits* 65(2): 113-130.

Tomich et al. (2011). *Agroecology: A Review from a Global Change Perspective, Annual Review of Environment and Resources* 36, 193-222.

Vayssières, J. F., Rey, J. Y., et al. (2007). "Distribution and host plants of *Bactrocera cucurbitae* in West and Central Africa." *Fruits* 62: 391-396.

White, I. M. & M. M. Elson-Harris (1992). *Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics*. Wallingford, UK, C.A.B. International.

Yarom, I., Y. Malihi, et al. (1997). Biology and chemical control of *Dacus ciliatus*. *Phytoparasitica*, 25(2):143-169.

WEBOGRAPHIE

Agreste 2000, 2010. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/>

Agreste DAAF La Réunion n° 81 - Janvier 2013.

<http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/D97413A02.pdf>

Agreste DOM N°13, février 2006

http://daaf974.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/13_fevrier_2006_legume_2005_cle068b13.pdf.

CABI. (June 2003). Bactrocera cucurbitae. Distribution Maps of Plant Pests. Lien :

<http://www.cabi.org/dmpp/default.aspx?LoadModule=Review&ReviewID=15377&site=164&page=1155>)

Graphagri 2012, départements d'Outre Mer. <http://agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gaf12p173-182.pdf>

INSEE 2009. [http://www.insee.fr/fr/publications-et-](http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/default.asp?page=abonnements/dossiers_actualite/dd-rs-rp-2009.htm)

[services/default.asp?page=abonnements/dossiers_actualite/dd-rs-rp-2009.htm](http://www.insee.fr/fr/publications-et-services/default.asp?page=abonnements/dossiers_actualite/dd-rs-rp-2009.htm)

Joël Ninon, Un défi pour La Réunion : une dynamique périurbaine mieux maîtrisée publié dans Projets de paysage le 25/09/2012.

http://www.projetsdepaysage.fr/fr/un_defi_pour_la_reunion_une_dynamique_periurbaine_mieux_maitrisee

Veille, Centre d'Etudes et de Prospectives, N°55, Septembre 2012, Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt. <http://agriculture.gouv.fr/Veille-no-55-septembre-2012>

ACRONYMES

AIEA : Agence Internationale de l'Energie Atomique

ARMEFLHOR : Association Réunionnaise pour la Modernisation de l'Economie Fruitière Légumière et Horticole

ASP : Agence de services et de Paiement, Délégation régionale de La Réunion

BEP, BEPA : Brevet d'Etudes Professionnelles, Agricoles

CABI : Centre for Agricultural Bioscience International

CAP, CAPA : Certificat d'Aptitude Professionnelle, Agricole

Cirad : Centre International de Recherche pour l'Agronomie et le Développement

DAAF Réunion : Direction de l'Alimentation de l'Agriculture et de la Forêt

e-PRPV : Elargissement et Pérennisation du Réseau de Protection des Végétaux

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

FARRE : Forum de l'Agriculture Raisonnée Respectueuse de l'Environnement

FDGDON : Fédération Départementale des Groupements de Défense contre les Organismes Nuisibles

GAB Réunion : Groupement des Agriculteurs Biologiques

GAMOUR : Gestion Agroécologique des MOUches des légumes à la Réunion

INSEE : Institution National de la Statistique et des Etudes Economiques

IRACC : (Initiative Régionale Agroécologie Changement Climatique) : lancé par la Commission Océan Indien en décembre 2010, pour une durée de 30 mois. Initiative régionale d'adaptation de la petite agriculture au changement climatique dans les îles de l'océan Indien par la diffusion de l'agro-écologie.

L/D : light/darkness, lumière/obscurité

OP : Organisation de Producteurs

PRMF : (Programme Régional de Recherche Appliquée sur les Mouches des Fruits), financé par l'Union Européenne et mis en oeuvre par la Commission de l'Océan Indien en collaboration avec les pays membres.

PRPV : Programme Régional de Protection des Végétaux

RH : relative humidity, humidité relative

VIVEA : Société Coopérative Agricole de collecte et de ventes de fruits et légumes