



© J.P. Caliman

▲ *Application de désherbant autour d'un palmier à huile.*

► *Chenille d'*Helicoverpa armigera* sur pois d'angole en bordure de parcelle de tomate.*

Réguler les populations *de bioagresseurs et optimiser* l'usage des produits phytosanitaires



Parmi les contraintes qui pèsent sur l'agriculture, les maladies et les ravageurs (regroupés sous le terme de « bioagresseurs ») rendent nécessaire le développement de méthodes à la fois toujours plus innovantes, respectueuses de l'environnement et efficaces, afin de limiter les dégâts et donc les pertes occasionnées. L'agriculture implique le regroupement de plantes d'une même espèce sur un espace limité : le champ, la parcelle. Ce regroupement induit une plus grande vulnérabilité des plantes qui s'y trouvent. En effet, la propagation d'une maladie, ou même d'un ravageur, se trouve favorisée par le regroupement des plantes sur un espace limité où une continuité existe entre les plantes d'une même espèce. L'intensification de l'agriculture, avec pour corollaire l'homogénéisation des champs, l'augmentation des densités, l'utilisation de variétés fixées, voire de clones, a ainsi favorisé l'émergence de grandes épidémies et le développement rapide de certains ravageurs.

Dans un premier temps, la réponse à ces contraintes sanitaires fût chimique. Le développement des industries chimiques, les enjeux économiques que représentaient les grandes filières agronomiques, ont en effet permis la création et la mise sur le marché de molécules « efficaces » pour contrôler les principaux bioagresseurs des cultures. Mais ces derniers se sont adaptés aux traitements chimiques, ces traitements ayant permis la survie des individus les plus résistants et donc une sélection de résistances. Au fur et à mesure de l'apparition de résistances à certains produits phytosanitaires, de nouvelles molécules ont été proposées, mais de nouvelles résistances apparaissaient, entraînant une prolifération de produits phytosanitaires. Ce fût le début d'une escalade entre « apparition de nouvelles résistances » et « proposition de nouvelles molécules », parfois accompagnées d'une augmentation des doses et des concentrations. La conséquence de cette surenchère a été une pollution des environnements et des produits consommables présentant toujours plus de résidus de pesticides.

Une réflexion a donc démarré sur la « lutte intégrée » dont le principe est d'apporter une réponse « multifactorielle » à un problème lié à des bioagresseurs. Pour cela, une combinaison entre (i) mesures agronomiques, (ii) sélection de matériel végétal résistant, ou moins sensible, (iii) lutte biologique en utilisant des « auxiliaires » ou agents biologiques antagonistes aux bioagresseurs, (iv) piégeage, dans le cas de certains ravageurs, et (v) lutte chimique lorsque celle-ci s'avère indispensable, est donc proposée en fonction des espèces cultivées et des bioagresseurs existants. La gestion des systèmes de culture et des bioagresseurs associés est ainsi devenue flexible et adaptée aux diverses situations rencontrées. Cependant, la lutte chimique demeure encore aujourd'hui le moyen de lutte privilégié pour de nombreuses cultures, car elle est économiquement intéressante et simple à mettre en œuvre. Les préoccupations environnementales - encore récentes pour le grand public - n'ont toujours pas engendré de changements radicaux dans les pratiques de contrôle des bioagresseurs. La mise en place et l'extension des marchés « bios » et « équitables », sous l'influence des consommateurs, font cependant émerger de nouvelles pratiques dès lors que des alternatives à la lutte chimique existent. La recherche s'implique de plus en plus dans la mise au point de méthodes alternatives à la lutte chimique, et l'analyse ainsi que la gestion des risques liés aux bioagresseurs sont devenues - enjeux importants pour la plupart des équipes travaillant sur les systèmes de culture. La régulation des populations de bioagresseurs est ainsi au cœur des projets de recherche de plusieurs unités de recherche situées sur le campus d'Agropolis International.

Christian Cilas (UPR Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes)

Réguler les populations de bioagresseurs et optimiser l'usage des produits phytosanitaires

Les équipes

UPR HortSys
**Fonctionnement Agroécologique
et Performances des Systèmes de
Culture Horticoles**
(Cirad)
30 scientifiques
Directeur : Éric Malézieux,
malezieux@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/hortsys
► Présentation page 32

**UPR Maîtrise des bioagresseurs des
cultures pérennes**
(Cirad)
12 scientifiques
Directeur : Christian Cilas,
christian.cilas@cirad.fr
www.cirad.fr/nos-recherches/unites-de-recherche/maitrise-des-bioagresseurs-des-cultures-perennes
► Présentation page 30

**UPR Systèmes de culture à base
de bananiers, plantains et ananas**
(Cirad)
18 scientifiques
Directeur : François Côte,
cote@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/systemes_bananes_ananas
► Présentation page 34

UMR Innovation
**Innovation et développement
dans l'agriculture et l'agroalimentaire**
(Cirad, Inra, Montpellier SupAgro)
51 scientifiques
Directeur : Hubert Devautour,
hubert.devautour@cirad.fr
www.montpellier.inra.fr/umr-innovation
► Présentation page 50

UMR SYSTEM
**Fonctionnement et conduite
des systèmes de culture tropicaux et
méditerranéens**
(Cirad, Inra, Montpellier SupAgro)
21 scientifiques
Directeur : Jacques Wery,
wery@supagro.inra.fr
<http://umr-system.cirad.fr>
► Présentation page 52

... suite page 32

Épidémiologie et dynamique des bioagresseurs

Les travaux de l'UPR *Maîtrise des bioagresseurs des cultures pérennes* (Cirad) sont centrés sur l'épidémiologie et la dynamique des populations de bioagresseurs. Ils permettent d'élaborer des modèles « plantes-bioagresseurs » pour les principaux organismes nuisibles qui affectent les principales cultures pérennes tropicales. L'épidémiologie, la dynamique des populations de bioagresseurs, la recherche de résistances durables, la recherche de méthodes de lutte alternative à la lutte chimique, constituent l'essentiel des activités menées par l'unité.

L'UPR collabore avec l'Université de Perpignan via Domitia et l'Association Francophone de Protection des Plantes pour étudier les pratiques agricoles du Sud (notamment les traitements chimiques) et les résidus de pesticides au niveau des produits commercialisés et de l'environnement. L'objectif de l'unité est, en effet, d'arriver à une régulation efficace des populations de bioagresseurs avec des méthodes de contrôle les moins préjudiciables pour l'environnement et la santé humaine. Il s'agit donc de proposer des compromis satisfaisant à la fois les producteurs et les consommateurs, et d'arriver à une gestion efficace des risques liés aux bioagresseurs.

Les activités de l'unité s'organisent autour de deux questions de recherche principales :

- mieux comprendre et modéliser les épidémies et les dynamiques des populations de ravageurs de manière à évaluer l'impact de différentes interventions agronomiques sur les populations de bioagresseurs et sur les dégâts induits ;
- identifier des résistances durables dans le matériel végétal et estimer leur impact dans le contrôle des bioagresseurs en milieu réel.

Les modèles « plantes / bioagresseurs » étudiés concernent quelques-uns des principaux organismes nuisibles des cultures pérennes tropicales : cacaoyer, caféier, cocotier, hévéa, palmier à huile.

Les recherches s'appuient sur des réseaux de dispositifs expérimentaux pour la construction et l'évaluation de résistances durables ainsi que pour les études épidémiologiques. L'identification et la hiérarchisation des facteurs influençant l'intensité des attaques des bioagresseurs ou des symptômes, s'appuient sur des observations, des enquêtes et des essais participatifs *in situ*, dans des réseaux de parcelles conduites en milieu paysan ou en plantations privées.

Les actions de recherche sont conduites en partenariat avec des organisations internationales (*International Plant Genetic Resources*

▲ *Symptômes de la Maladie des Raies Noires (Mycosphaerella fijiensis) sur une feuille de bananier.*

Diversité organisée et dynamique des bioagresseurs

Les communautés biologiques présentes au sein des écosystèmes terrestres cultivés influent sur leur productivité et leur durabilité, directement - cas des bioagresseurs - ou indirectement - cas des « ingénieurs du sol » ou des transformateurs de litière. L'hypothèse de travail est que la réintroduction et la promotion de la biodiversité dans les agrosystèmes peu diversifiés peuvent contribuer à en améliorer le fonctionnement et les capacités d'autorégulation au travers du renforcement de fonctions écologiques ou de services écologiques, sans recourir de façon permanente et massive aux pesticides.

La diversité liée aux peuplements végétaux est un facteur-clé pour freiner le développement des bioagresseurs et structurer les communautés biologiques par les ressources et l'habitat. La création de discontinuités dans les monocultures a des effets contrastés sur l'abondance, la dispersion et le développement des bioagresseurs. L'unité a ainsi sélectionné plusieurs plantes non-hôtes du nématode phytoparasite du bananier, *Radopholus similis*, utilisables comme culture de rente, fourrages ou plantes de couverture. Les jachères se montrent efficaces vis-à-vis de *R. similis* mais favorisent dans le même temps, à l'échelle de l'exploitation, la dissémination spatiale du charançon *Cosmopolites sordidus*. Ceci a conduit à développer des études de dispersion de ce second bioagresseur en fonction de l'agencement spatial du système de culture (SdC) et une stratégie de piégeage de masse dans les jachères assainissantes à l'aide de pièges à phéromones.

La diversité liée à la faune et à la flore présentes dans l'agrosystème, a des effets bénéfiques pour la plante et peut constituer un élément-clé de la qualité biologique des sols. Les vers de terre géophages de l'espèce *Pontoscolex corethurus*, peuvent stimuler la croissance foliaire et racinaire des bananiers et avoir une incidence sur leur nutrition azotée ou minérale. Cette diversité associée peut aussi faciliter la gestion de certains bioagresseurs.

La limitation de la dispersion des bioagresseurs par l'agencement spatial du SdC apparaît comme un des leviers importants qui pourrait permettre de contrôler leur développement. Cette étude sera poursuivie à différentes échelles en partant des systèmes les plus simples basés sur l'organisation spatio-temporelle d'une seule variété et d'une seule culture pour étudier ensuite le cas de mélanges multi-variétaux et multi-espèces. Les liens trophiques pouvant exister entre les bioagresseurs et les autres entités fonctionnelles des communautés seront également étudiés. Les connaissances acquises seront intégrées dans un modèle de simulation des réseaux trophiques permettant de représenter les interactions et les régulations en jeu, afin de les optimiser et de proposer des SdC plus durables.

Contacts : Jean-Michel Risède, jean-michel.risede@cirad.fr & Philippe Tixier, philippe.tixier@cirad.fr

Institute, Global coconut research for development programme, International Rubber Research and Development Board...), des structures nationales de recherche (Institut de Recherche Agricole pour le Développement, *Instituto del Café de Costa Rica, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária...*) et avec des opérateurs de développement. Des collaborations transversales sont établies avec d'autres unités de recherche présentes sur le campus d'Agropolis.

L'UPR produit ainsi de nouvelles connaissances dans le domaine de la biologie et de l'écologie des bioagresseurs, de l'épidémiologie végétale et des résistances durables. Ces travaux sont valorisés par la diffusion de nouvelles méthodes de prévision et de maîtrise des risques biotiques et par l'identification de résistance durable aux bioagresseurs.

L'unité couvre donc le champ traditionnel de la défense des cultures, pour des plantes pérennes

tropicales souvent cultivées dans des conditions de pressions parasitaires très fortes, pressions qui s'accroissent généralement au fur et à mesure du vieillissement des vergers. Son originalité réside dans le caractère pluridisciplinaire des recherches entreprises qui associent, entre autres, l'épidémiologie, la dynamique des populations, la génétique, l'écologie du paysage, la biostatistique, sur des terrains variés et à des échelles allant de l'arbre au paysage. ●●●

Effets des arbres d'ombrage sur les bioagresseurs du caféier Arabica



J. Avelino © Cirad



J. Avelino © Cirad

Le caféier Arabica (*Coffea arabica*) peut être cultivé en monoculture, généralement dans des systèmes intensifs. Il est le plus souvent cultivé sous ombrage dans des systèmes agroforestiers qui vont de la simple association de deux espèces ligneuses aux systèmes complexes proches des écosystèmes naturels. La vulnérabilité des systèmes cultivés modernes, notamment vis-à-vis des bioagresseurs, a été en partie attribuée à l'appauvrissement de la biodiversité. Les travaux réalisés montrent comment la caféiculture sous ombrage permet de mieux lutter contre les bioagresseurs.

Les arbres d'ombrage modifient le microclimat et la qualité du sol des caféières. Ces modifications peuvent altérer le développement des bioagresseurs par des effets directs sur leur cycle de vie, ou indirects via les mécanismes de défense du caféier et la stimulation des chaînes trophiques. Mais la culture sous ombrage n'entraîne pas toujours de moindres risques parasitaires. Les effets varient en fonction des organismes et de leurs besoins. Ainsi, des modifications du microclimat défavorables au développement de l'antracnose des baies (*Colletotrichum kahawae*) peuvent être au contraire favorables au développement de la maladie de la tache américaine (*Mycena citricolor*) et à celui du scolyte (*Hypothenemus hampei*). Des effets opposés sont aussi trouvés pour un même organisme à différentes étapes de son cycle de vie. Les arbres d'ombrage tendent ainsi à réduire la charge fructifère des caféiers et diminuent par ce biais leur réceptivité à la rouille orangée (*Hemileia vastatrix*) mais en même temps créent des conditions d'humectation et de température des feuilles favorables à la germination et à la pénétration du champignon. La gestion des arbres d'ombrage, en vue de lutter contre les bioagresseurs, doit donc être pensée en fonction de l'ensemble des organismes nuisibles présents, en recherchant le point d'ombrage d'équilibre qui permette, dans les environnements considérés, de stimuler les mécanismes écologiques de lutte d'intérêt tout en minimisant d'éventuels effets négatifs.

Contact : Jacques Avelino, jacques.avelino@cirad.fr

▲ En haut - Cafetière en plein ensoleillement ravagée par la rouille en Papouasie Nouvelle.

En bas - Cafetière sous ombrage au Costa Rica : l'ombrage réduit les risques liés à la rouille.

Pour des systèmes de culture horticoles durables au Sud

L'horticulture est une composante essentielle de la sécurité et de l'équilibre alimentaire mondial. Le défi global consiste à concilier une production horticole suffisante pour satisfaire une demande mondiale en croissance, permettre le développement économique et social des paysans des pays du Sud, tout en assurant la préservation de l'environnement et la limitation des risques pour la santé humaine et les écosystèmes.

Dans ce contexte, l'UPR *Fonctionnement Agroécologique et Performances des Systèmes de Culture Horticoles* (HortSys, Cirad) a priorisé deux orientations scientifiques principales : (i) la connaissance et la modélisation du fonctionnement agroécologique des systèmes de culture horticoles, avec une priorité donnée à la dynamique des bioagresseurs dans l'agrosystème, (ii) la capacité à évaluer les performances des systèmes selon des critères variés, à faire évoluer ces systèmes vers

des systèmes plus durables et à en concevoir de nouveaux.

L'objectif général de l'unité est de contribuer à élaborer les bases scientifiques d'une agroécologie des systèmes horticoles puis de mobiliser ces connaissances selon les principes de l'intensification écologique pour concevoir des systèmes de culture horticoles durables au Sud. Il s'agit de contribuer à répondre aux grands enjeux mondiaux de l'agriculture et de l'alimentation en faisant évoluer les systèmes horticoles actuels vers des systèmes à la fois plus productifs et moins dépendants des intrants de synthèse de manière à prévenir les risques sanitaires humains et les impacts environnementaux.

L'unité a pour objectif opérationnel de produire des connaissances et mettre au point des méthodes pour concevoir des systèmes de culture horticoles durables, à productivité élevée reposant sur une moindre utilisation des intrants de synthèse. L'hypothèse faite est que cet objectif peut être atteint par une meilleure connaissance et utilisation des interactions et régulations biologiques dans les systèmes de culture horticoles.

Les équipes

UPR SCA
Systèmes de cultures annuelles
(Cirad)
60 scientifiques

Directeur : Florent Maraux,
florent.maraux@cirad.fr
www.cirad.fr/nos-recherches/unites-de-recherche/systemes-de-culture-annuels
► Présentation page 10

UPR SCV
Systèmes de semis direct
sous couverture végétale
(Cirad)
13 scientifiques

Directeur : Francis Forest,
francis.forest@cirad.fr
www.cirad.fr/ur/couvertures_permanents
► Présentation page 12

UR PSH
Plantes et Systèmes
de culture Horticoles
(Inra)
28 scientifiques

Directeur : Michel Génard,
michel.genard@avignon.inra.fr
www.avignon.inra.fr/psb
► Présentation page 8

Les connaissances nécessaires qui mobilisent les disciplines de l'agronomie systémique, l'écologie et la protection des cultures sont élaborées et mises en œuvre dans des situations écologiques, économiques et sociales variées en zone tropicale. Il s'agit de contribuer à l'émergence d'une véritable « écohorticulture », une horticulture écologiquement intensive et durable avec un objectif de résilience et de moindre voire de non dépendance vis-à-vis des pesticides.

Les systèmes horticoles étudiés comprennent i) des systèmes à base de plantes à cycle court (systèmes maraîchers) dans des conditions agroécologiques et économiques variées, ii) des systèmes d'arboriculture fruitière comportant un large gradient d'intensification, notamment deux espèces fruitières majeures en zone tropicale et méditerranéenne (manguier et agrumes). Les systèmes

étudiés incluent des systèmes à haut niveau d'intrants et fort impact environnemental et des systèmes multispécifiques à bas niveau d'intrants (jardins créoles par exemple) considérés comme des possibles modèles d'intensification écologique.

Le questionnement scientifique est organisé autour de deux axes thématiques :

- **L'équipe « Agroécologie, Interactions et Régulations Biologiques dans les systèmes horticoles »** s'intéresse au fonctionnement agroécologique du système, avec un accent porté aux régulations biologiques des bioagresseurs aériens et telluriques dans les systèmes de culture.
- **L'équipe « Évaluation et Conception de Systèmes horticoles »** s'intéresse à l'évaluation globale et multicritères des systèmes existants et la conception en partenariat de systèmes innovants répondant aux

nouveaux enjeux économiques, écologiques et sanitaires, avec un objectif majeur de réduction des risques portés par les pesticides. Sans négliger les méthodes d'analyse des impacts locaux, l'Analyse du Cycle de Vie constitue la méthode privilégiée pour l'évaluation globale des systèmes.

S'appuyant sur ses dispositifs pérennes (Montpellier, Pôle de Recherche Agronomique de Martinique, La Réunion), l'unité développe ses activités dans les agrosystèmes insulaires tropicaux des départements français d'Outre-mer, les pays de la zone d'influence (Caraïbes, Océan Indien) et dans des pays prioritaires d'Afrique subsaharienne (Bénin, Niger, Sénégal, Madagascar), en partenariat scientifique avec les centres du Groupe Consultatif pour la Recherche Agricole Internationale, les instituts nationaux de recherche et les universités du Sud. ...

Dynamique des populations et régulation naturelle des bioagresseurs dans un paysage de vergers



P. Franck © Inra



P. Franck © Inra

▲ **Vergers de pommiers de la Basse vallée de la Durance et émergence d'un carpocapse.** L'abondance du bioagresseur dans le verger est estimée à l'aide de bandes pièges cartonnées disposées aux pieds des arbres dans lesquels les chenilles hivernent.

Vignette - **Adulte du carpocapse de la pomme** (*Cydia pomonella* L.).

La lutte contre les bioagresseurs dans les vergers de pommiers et poiriers fait appel à de très nombreux traitements phytosanitaires raisonnés à l'échelle du verger. Dans le Sud-est de la France, ces traitements ont majoritairement pour cible la chenille du carpocapse (*Cydia pomonella*). Cependant, les caractéristiques biologiques du carpocapse (capacité de dispersion, forte préférence pour les fruits à pépins) laissent penser que son abondance dépend également de la distribution spatiale des vergers à l'échelle d'un paysage agricole (qualité, abondance et connectivité de son habitat). Pour vérifier cette hypothèse, l'abondance des carpocapses dans 80 vergers commerciaux situés dans un paysage de 50 km² a été mise en relation avec une cartographie des occupations du sol. Il a ainsi pu être montré que le carpocapse est moins abondant dans les vergers de fruits à pépins entourés d'autres vergers similaires, probablement parce que ces configurations spatiales ne permettent pas au carpocapse de se soustraire aux traitements insecticides. Les trajets de femelles entre deux événements de ponte à partir d'analyses génétiques ont également été reconstitués.

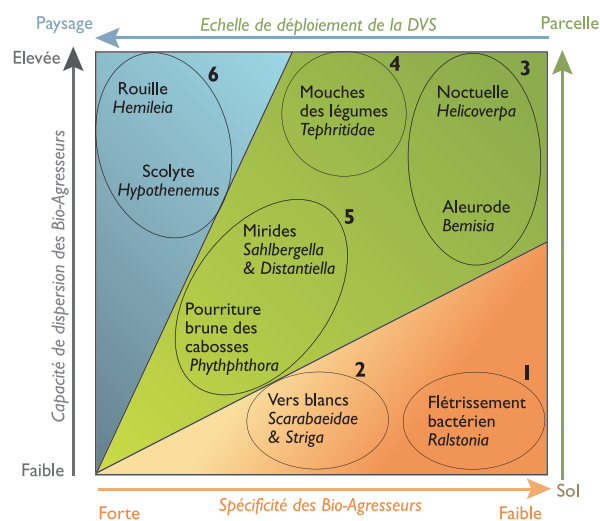
Ces trajets ont lieu très majoritairement au sein des vergers, mais il a pu être mis en évidence quelques événements de dispersion entre des vergers distants, ce qui conforte l'idée d'une gestion à une échelle supra-parcellaire. Enfin, les ennemis naturels du carpocapse, notamment les hyménoptères parasitoïdes, dont les femelles pondent dans les œufs ou chenilles de carpocapse, ont été étudiés. Afin de quantifier le parasitisme et de comprendre la dynamique des populations des parasitoïdes dans différents contextes paysagers, des marqueurs moléculaires sont développés ; ils permettent une détection précoce dans les carpocapses des trois espèces les plus actives en vergers (*Ascogaster quadridentata*, *Pristomerus vulnerator* et *Perilampus tristis*). Des études sont également en cours sur la prédation du carpocapse et du puceron cendré (*Dysaphis plantaginae*), un autre ravageur des pommiers, afin de comprendre les interactions trophiques entre proies.

Contacts : Pierre Franck, pierre.franck@avignon.inra.fr
Claire Lavigne, Claire.Lavigne@avignon.inra.fr
& Yvan Capowiez, capowiez@avignon.inra.fr

Le projet OMEGA 3 : optimisation des mécanismes écologiques de gestion des bioagresseurs pour une amélioration durable de la productivité des agrosystèmes

Une grande diversité végétale spécifique (DVS) caractérise les écosystèmes naturels, qui souffrent beaucoup moins de bio-agressions que les écosystèmes cultivés. L'introduction de DVS dans ces derniers résulte aussi généralement (mais pas systématiquement) en une régulation des bio-agressions. Le Cirad analyse, avec ses partenaires en milieu tropical, les effets sur les bioagresseurs de l'introduction dans les agrosystèmes de DVS selon diverses modalités spatiales et temporelles, afin de déterminer les processus écologiques de régulation mobilisables pour éviter le recours aux pesticides de synthèse.

Sont ainsi étudiés, sur une palette de bioagresseurs (différent par leur spécificité d'hôte et leur capacité de dispersion), et de plantes, de modalités et d'échelles de déploiement de DVS : les effets allélopathiques de plantes de couverture sur les vers blancs et le striga du riz pluvial en semis direct à Madagascar ; les effets allélopathiques et de rupture de cycle de plantes de service en rotation sur le flétrissement bactérien de la tomate en Martinique ; les effets de détournement de plantes-pièges sur les noctuelles de la tomate au Niger et en Martinique ; les effets de détournement d'un mélange attractif alimentaire-insecticide biologique sur les mouches des cucurbitacées à La Réunion ; les effets d'associations d'espèces ligneuses sur les mirides et la pourriture brune des cabosses sur cacaoyer en systèmes agroforestiers au Cameroun ; les effets de la fragmentation du paysage sur la rouille orangée et le scolyte des baies sur caféier en systèmes agroforestiers au Costa Rica. Des études expérimentales sur ces effets suspectés ont déjà produit plusieurs résultats. À partir de la formalisation des processus



▲ Représentation des cas d'étude du projet en fonction de traits de vie des bioagresseurs et échelles de déploiement de la DVS.

écologiques étudiés, des règles de décision pourront être établies pour développer des modèles mécanistes de prédiction des impacts de l'introduction de DVS sur les bioagresseurs selon leurs traits de vie, préalable à l'élaboration de systèmes de culture innovants, et résilients vis-à-vis des bio-agressions.

Contact : Alain Ratnadass, alain.ratnadass@cirad.fr
 Pour en savoir plus : www.open-si.com/omega-3

Bananes, plantains, ananas : fonctionnement de l'agrosystème en conditions d'intensification écologique

L'UPR *Systèmes de culture à base de bananiers, plantains et ananas* (Cirad) est centrée sur la compréhension du fonctionnement de l'agrosystème en conditions d'intensification écologique chez trois modèles représentant des productions d'importance socio-économique majeure :

- La production de bananes dessert (modèle privilégié de l'unité) pour l'exportation repose encore sur la pratique de monocultures intensives pérennisées par l'utilisation de volumes importants d'intrants chimiques. La durabilité de ces cultures passe par une réduction de leurs impacts environnementaux négatifs.
- Second modèle de culture intensive, l'ananas complète celui de la banane.

■ La « banane plantain » est le troisième modèle d'étude de l'unité. Les bananes d'autoconsommation sont cultivées dans des systèmes traditionnels extensifs peu productifs.

À la base de l'alimentation de nombreux pays du Sud, les performances de ces systèmes doivent être améliorées afin de mieux contribuer à la sécurité alimentaire dans un contexte de croissance démographique forte.

Ces modèles sont originaux de part le type de culture (semi-pérenne tropicale) et la gamme de degré d'intensification qu'ils représentent (de la monoculture au système multi-espèces).

Deux principales missions sont dévolues à l'UPR :
 ■ conduire des recherches pour comprendre le fonctionnement des agrosystèmes à base de monocultures intensives tropicales en voie de conversion vers des systèmes de culture plus durables dans des conditions où les intrants chimiques sont remplacés par des processus écologiques ;

■ concevoir, développer et évaluer de façon participative avec les acteurs de la production, des systèmes de culture innovants respectueux de l'environnement et adaptés aux contextes socio-économiques des productions locales.

Le projet scientifique de l'unité se décline en trois axes :

■ **Dynamique des bioagresseurs et des communautés en conditions d'intensification écologique.** Les recherches concernent principalement l'effet de l'agencement spatial de systèmes de culture sur la dynamique de développement des bioagresseurs à l'échelle intra-parcellaire et extra-parcellaire (paysage) en partant des systèmes les plus simples (une seule culture et une seule variété) pour étudier ensuite le cas de mélanges multi-variétaux et multi-espèces.

Parallèlement, l'unité étudie les liens trophiques entre les bioagresseurs et les autres espèces présentes considérées comme un cadre intégrateur des interactions entre plantes, bioagresseurs et autres communautés de l'agroécosystème.

■ **États du milieu et fonctionnement de l'agrosystème en conditions d'intensification écologique.** Les recherches portent sur la façon dont des pratiques d'intensification écologique (utilisation de plantes de couverture, apport de matière organique exogène) permettent d'améliorer les propriétés physiques du sol, de garantir la mise en place d'un enracinement profond, de restaurer le stock de matière organique, de contribuer à l'activité biologique et à l'amélioration de la biodisponibilité des éléments nutritifs. Ces recherches sont complétées par une étude de l'influence de pratiques d'intensification écologique sur les flux de polluants.

■ **Conception et évaluation de systèmes de culture durables.** Ces travaux s'appuient sur une

synthèse des connaissances acquises par l'unité dans les axes 1 et 2 (à l'aide des outils de modélisation) et sur le prototypage de systèmes de culture (conception de systèmes à dire d'experts et conception assistée par modèles). Les évaluations des systèmes sont conduites de manière participative en partenariat avec le secteur de la production.

Les études sont conduites en partenariat avec d'autres unités de recherche et institutions (p. ex. LISAH, SYSTEM, PSH, UR Agrosystèmes tropicaux [Antilles], Faculté universitaire des sciences agronomiques de Gembloux, Université catholique de Louvain, Rothamsted Research, etc.). Un partenariat a permis le développement du Centre Africain de Recherches sur Bananiers

et Plantains (CARBaP), pôle de recherche à vocation régionale (pays de la Communauté Économique et Monétaire de l'Afrique Centrale). L'unité inscrit également son action dans un réseau de partenaires scientifiques et techniques nationaux (Amérique latine, Afrique), régionaux (Centre International d'Agriculture Tropicale...) et internationaux (Bioversity...).

Une collaboration développée avec les filières de production de bananes et d'ananas de Guadeloupe et Martinique (UGPBAN) s'est traduite par la mise en place de l'Institut technique de la banane (ITBAN) et du Plan Banane Durable Guadeloupe-Martinique. ■

Contribution à la lutte contre les mirides du cacaoyer en Afrique



R. Babin © Cirad

© M. Duléire

▲ **Adulte et larves de *Sahlbergella singularis* sur une cabosse de cacaoyer.**

Vignette - Cacaoyer.

La culture du cacaoyer est l'une des principales sources de revenu des familles rurales de la zone forestière au Cameroun. Cependant, cette culture est soumise à la pression de bioagresseurs tels que les mirides. *Sahlbergella singularis* et *Distantiella theobroma* sont, en effet, les ravageurs les plus préjudiciables à la culture du cacaoyer en Afrique. Dans certains pays, ils seraient responsables de la perte de 30 à 40% de la production de cacao.

Le contrôle de ces ravageurs implique une meilleure connaissance des mécanismes et facteurs agroécologiques impliqués dans la dynamique de leurs populations naturelles. Dans ce but, la biologie de *Sahlbergella singularis* a été étudiée au moyen d'un élevage au laboratoire. L'étude des paramètres démographiques de la population d'élevage a révélé que *S. singularis* est une espèce à croissance lente. Ceci expliquerait sa faible densité de présence dans les plantations. D'autre part, la fécondité serait un paramètre-clé des fluctuations saisonnières des populations naturelles. Ainsi, la croissance des populations naturelles serait liée à la présence de jeunes cabosses sur les cacaoyers fournissant aux femelles une ressource alimentaire favorable à la reproduction. L'étude de l'influence des facteurs agroécologiques sur les densités de populations de *S. singularis* en plantation a révélé que les densités dépendent des conditions parcellaires de culture du cacaoyer. Parmi les pratiques culturales, les traitements insecticides, l'ombrage et le recours aux variétés hybrides sont des facteurs déterminants. En outre, les populations du ravageur sont fortement agrégées dans les zones des plantations bénéficiant d'un ensoleillement maximal. Enfin, l'ombrage fourni par les arbres forestiers s'est avéré plus homogène que l'ombrage d'arbres fruitiers et, par conséquent, moins propice au développement de zones fortement infestées, communément appelées poches à mirides.

Les recommandations de lutte préconisées par la recherche agronomique sont rarement appliquées par les planteurs. Aussi, les résultats ont-ils été discutés dans l'optique de les adapter au contexte de culture du cacaoyer qui prévaut actuellement au Cameroun.

Contact : Régis Babin, regis.babin@cirad.fr



▲ *Chenille de noctuelle (Helicoverpa armigera) sur tomate.*

© T. Brévault

Suivi des déplacements d'insectes ravageurs au service d'une gestion durable des agrosystèmes en Afrique sub-saharienne

Comprendre la dynamique spatiale des ravageurs dans des agrosystèmes constitués d'une mosaïque changeante d'habitats incluant des zones cultivées et non-cultivées, permet de mieux prévoir les risques d'infestation et d'envisager une lutte ciblée sur les foyers de départ des infestations. Cela permet aussi la conception ex-ante de systèmes de culture fonctionnels vis-à-vis de la maîtrise des ravageurs, selon les échelles de temps - les successions culturales par exemple - et d'espace, les associations culturales, les zones de refuge (cultivées ou non). La noctuelle polyphage *Helicoverpa armigera* Hbn, ravageur du cotonnier, a développé une résistance aux pyréthrinoides. Pour une gestion durable des populations de ce ravageur dans les agrosystèmes de savane d'Afrique sub-saharienne, il est important d'élucider les flux du (ou des) gène(s) de résistance.



© T. Brévault

végétaux reconnus comme hôtes potentiels peut être évaluée à l'aide (i) de techniques isotopiques (analyse de la composition de deux isotopes stables du carbone ^{12}C et ^{13}C qui discrimine les plantes de physiologie C3 de celles en C4 telles que le maïs) et (ii) de traceurs phytochimiques tels que le gossypol, un alcaloïde du cotonnier, et les glyco-alcaloïdes tels que la tomatine des solanacées. Des marqueurs de la résistance aux pyréthrinoides (mutations ponctuelles, niveaux de résistance) peuvent également être employés. À l'échelle de la région, l'analyse de la composition en isotopes stables de l'hydrogène (^1H et deutérium) et du polymorphisme de la flore microbienne (bactéries, levures) hébergée par les ravageurs adultes, à l'aide de marqueurs moléculaires, permet d'approcher les phénomènes migratoires des populations adultes sur de grandes distances et de connaître l'origine géographique de celles-ci.

Contact : Philippe Menozzi, philippe.menozzi@cirad.fr

▲ *Chenille de noctuelle dévorant une capsule de cotonnier.*

