



CENTRE DE COOPERATION
INTERNATIONALE EN RECHERCHE
AGRONOMIQUE POUR LE DEVELOPPEMENT

CIRAD – FLHOR

TA 50 / PS 4

34398 - MONTPELLIER Cedex 5

RAPPORT DE MISSION AU MALI SUR LE
COMPLEXE DES MOUCHES DES FRUITS
(DIPTERA-TEPHRITIDAE) INFEODEES AU
MANGUIER

Pour le compte du Centre Agro-Entreprise (CAE)

Projet CAE / SEG / USAID

SOMMAIRE

| | |
|--|----|
| - RESUME..... | 3 |
| - REMERCIEMENTS..... | 5 |
| - INTRODUCTION | 6 |
| - PREMIERE PARTIE : GENERALITES | 7 |
| - 1.1. <i>Présentation des zones étudiées au Mali</i> | |
| - 1.2. <i>Les pathogènes et les insectes ravageurs du manguier au Mali</i> | |
| - 1.3. <i>Brève synthèse des connaissances acquises sur les Tephritidae.</i> | |
| - DEUXIEME PARTIE : PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE CETTE ETUDE..... | 13 |
| - 2.1. <i>Problématique</i> | |
| - 2.2. <i>Objectifs de cette étude.</i> | |
| - TROISIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES..... | 15 |
| - 3.1. <i>Inventaire des Tephritidae</i> | |
| - 3.2. <i>Mise en place d'un système de piégeage</i> | |
| - 3.3. <i>Suivi de l'évolution du pourcentage d'attaque</i> | |
| - 3.4. <i>Essai de traitements par taches</i> | |
| - 3.5. <i>Etablissement d'un plan de formation</i> | |
| - 3.6. <i>Sites expérimentaux.</i> | |
| - QUATRIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION..... | 19 |
| - 4.1. <i>Inventaire des Tephritidae</i> | |
| - 4.2. <i>Suivi du système de piégeage</i> | |
| - 4.3. <i>Suivi de l'évolution du pourcentage d'attaque</i> | |
| - 4.4. <i>Essai de traitements par taches</i> | |
| - 4.5. <i>Déroulement du plan de formation.</i> | |
| - CINQUIEME PARTIE : RECOMMANDATIONS..... | 35 |
| - 5.1. <i>Tephritidae inféodées au manguier</i> | |
| - 5.2. <i>Mise en place d'un système de piégeage plus étendu</i> | |
| - 5.3. <i>Suivi de l'évolution du pourcentage d'attaque</i> | |
| - 5.4. <i>Essai de traitements par taches</i> | |
| - 5.5. <i>Plan de formation</i> | |
| - 5.6. <i>Autres recommandations.</i> | |
| - CONCLUSION..... | 39 |
| - TABLE DES PRINCIPAUX SIGLES..... | 40 |
| - REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 41 |

RESUME

Un programme d'étude des mouches des fruits déprédatrices des mangues a débuté au Mali durant cette année 2000, d'avril à octobre, à l'initiative du Comité Agro-Entreprises (CAE) et sur financement USAID.

La production malienne annuelle de mangues est estimée à 100.000 tonnes globalement dont rarement plus d'un pour cent est exporté. Les principales raisons de la modestie de ce tonnage exporté sont d'ordre structurel et d'ordre phytosanitaire principalement à cause des mouches des fruits dont les dégâts sont estimés à plus de 50 % de la production.

L'objectif principal de cette étude de 6 mois sur le complexe des mouches Tephritidae du manguier est la mise au point de la lutte raisonnée avec les traitements par taches. Pour cela un des préalables était d'identifier les espèces responsables des dégâts dans les 3 principales zones de production de mangues (Sikasso, Bougouni, Bamako).

Nous avons récolté et mis en observation d'avril à septembre 1226 mangues piquées par les mouches, représentant 602 kg, et obtenu ensuite 7518 adultes. A partir des observations et déterminations de ces derniers sous binoculaire nous avons mis en évidence 6 espèces de Tephritidae responsables des piqûres sur fruits qui sont :

- *Ceratitis cosyra* (Walker)
- *Ceratitis quinaria* (Bezzi)
- *Ceratitis silvestrii* Bezzi
- *Ceratitis rosa* Karsch
- *Ceratitis anonae* Graham
- *Ceratitis ditissima* (Munro).

Les espèces les plus nombreuses et les plus précoces sont les trois premières et devront donc être les cibles prioritaires de nos prochaines actions.

La mise en place d'un système de piégeage fut effective début juin, dès la réception du matériel, dans les 3 sites suivis (un par zone), à raison de 60 pièges par localité, dont 36 pièges à sec et 24 pièges à liquides. Ces 180 pièges nous ont permis de capturer un total 128.998 Tephritidae adultes appartenant à 13 espèces différentes ; les 6 espèces inféodées au manguier représentent 99 % de cet effectif.

Les dégâts dûs aux Tephritidae ont été estimés sur les principales variétés rencontrées dans les vergers suivis et en particulier sur Kent, Keitt et Brooks. Les comptages ont permis de montrer qu'ils pouvaient avoisiner les 50 % pour la Kent, la Keitt et qu'ils pouvaient dépasser 60 % pour la Brooks en milieu de campagne.

Les traitements par taches ont été effectués à partir de la fin du mois de juin sur les 3 sites suivis et les résultats sont encourageants sur les parcelles traitées par rapport à la parcelle témoin. Le principal facteur limitant de ce type d'action reste les précipitations, contrainte susceptible d'être contournée avec des interventions plus précoces.

Le plan de formation s'est déroulé de façon satisfaisante tant au niveau des producteurs (11 villages) que des pisteurs et des exportateurs ou même de la radio-diffusion nationale. L'engouement des participants était manifeste à tous les niveaux.

Les principales recommandations préconisent d'étendre, l'an prochain, le système de suivi et d'alerte en passant de 3 à 9 sites et surtout de pouvoir mettre les pièges en place bien avant la prochaine campagne dès le mois de janvier 2001. De la même façon on devra se tenir prêt à effectuer les traitements par taches en début d'année afin d'assurer une protection optimale de la production fruitière

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à remercier très chaleureusement tous les planteurs maliens, ceux que nous avons simplement côtoyé quelques instants dans leurs vergers, ceux avec qui nous avons travaillé durant les séances de formation dans leurs villages respectifs, ceux qui nous ont rendu visite au laboratoire d'entomologie à Sikasso, ceux chez qui nous avons réalisé des interventions ponctuelles et ceux chez qui enfin nous avons pu mener à bien nos expérimentations durant 17 semaines d'affilée : dans ce dernier cas, il s'agit de M. Soumaïla DIARRA à Waibera, M. Fanto TRAORE à Konyini et de M. Bakary BALLO à Madina.

Que tous veuillent bien trouver ici l'expression de mes remerciements et de ma gratitude pour leur disponibilité, leur enthousiasme et leur profonde motivation.

Que le Chef d'antenne de Sikasso, M. Cheikh SOUMARE trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de ma profonde gratitude pour son intérêt et son suivi de nos actions, lesquels se sont manifestés tant à travers ses qualités de traducteur dans les villages qu'à travers son soutien administratif permanent.

Que M. Issa CISSE, outre ses qualités de chauffeur, trouve ici l'expression de mes remerciements sincères pour son aide indéfectible sur le terrain lorsque nous passons les pièges en revue chaque semaine.

Que M. Karim Abdul SANOGO, cadre commercial de Mali Yiriden à Sikasso, veuille bien trouver ici l'expression de ma satisfaction et de ma reconnaissance pour sa parfaite connaissance des vergers de Sikasso ainsi que pour son inaltérable jovialité.

Je tiens également à exprimer également mes remerciements à M Fatogoma SANOGO, chercheur au sein de l'IER - Sikasso pour sa collaboration technique ainsi qu'à MM. Mémé TOGOLA et Nangazana KONE pour leur intérêt soutenu tout au long de nos travaux.

Je tiens à remercier tout personnellement M. Moctar BOUKENEM qui m'a accompagné et guidé avec beaucoup d'à propos durant les premières semaines de prospections et de visites, MM. Andrew LAMBERT et Geoffrey LIVINGSTON qui m'ont assuré de leur soutien indéfectible, sans oublier le personnel administratif du CAE qui m'a réservé un accueil des plus chaleureux à chacun de mes passages à Bamako.

INTRODUCTION

La production malienne de mangues, estimée à 100.000 tonnes par an, est constituée pour une large part de variétés recherchées au niveau de l'exportation telles que les Amélie, Kent et Keitt. Malgré ces potentialités importantes le cumul annuel exporté, tant par avion que par bateau, dépasse rarement 1.000 tonnes.

Une des principales causes de cet état de fait sur le plan phytosanitaire est due aux mouches des fruits qui occasionnent des pertes importantes au niveau de la production et qui peuvent entraîner des destructions partielles ou totales des palettes exportées. Dans ce dernier cas, la réputation du Mali comme source d'approvisionnement fiable peut être mise en cause.

Pour permettre l'augmentation sensible des volumes de mangues exportées il est donc nécessaire de proposer et de tester une méthode de lutte efficace contre les mouches, à la portée des producteurs et respectueuse de l'environnement. C'est dans le cadre de cette finalité que s'inscrit cette opération.

Dans la première partie, nous esquisserons une présentation générale des zones étudiées, des problèmes phytosanitaires rencontrés par le manguier et nous ferons une brève synthèse des travaux réalisés sur cette famille d'insectes discrets mais si redoutables.

Dans la seconde partie nous exposerons la problématique, les enjeux et les objectifs de cette étude importante au sein de la filière mangue.

Dans la troisième partie nous préciserons le matériel et les méthodes utilisés en fonction des objectifs que nous nous sommes assignés.

Dans la quatrième partie nous développerons les résultats obtenus pour chaque objectif, résultats que nous discuterons ensuite en fonction des travaux disponibles dans ce domaine.

Dans la cinquième et dernière partie nous mettrons en exergue les principales recommandations proposées dans le cadre de la poursuite de ce type d'opération.

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1.1 PRESENTATION DES ZONES ETUDIEES AU MALI :

1.1.1 Aperçus géographique et climatique :

Le Mali occupe 1.240.142 km² dont le quart seulement porte des terres arables. C'est un pays enclavé, sans autre accès à la mer qu'Abidjan principalement et Dakar dans une moindre mesure, ports qui sont les poumons du Mali pour ses échanges internationaux.

Deux bassins fluviaux permettent au Mali d'avoir un territoire drainé par les fleuves Niger et Sénégal (et leurs affluents) de 50.000 km². Le fleuve Niger occupe une place prépondérante dans le développement agricole du pays en parcourant généreusement le pays et en donnant vie aux terres arides.

On peut considérer la pluviométrie, comme le principal facteur déterminant sur la production agricole du fait de sa climatologie. En effet, du Nord au Sud, le Mali comporte trois grandes zones, saharienne (les 2/3 du pays), sahélienne et soudanienne ; cette dernière, relativement faible, est la plus intéressante pour l'agriculture vivrière ou d'exportation.

Cette situation géographique en zones sèches rend ce pays particulièrement vulnérable aux aléas climatiques d'autant plus que l'on assiste à une descente importante des isohyètes vers le Sud durant ces 40 dernières années.

1.1.2 Aperçu sur l'agriculture :

L'économie du Mali repose encore largement sur le secteur agro-pastoral qui contribue à hauteur de 43 % dans la formation du PIB (Marchés Tropicaux, 2000). Ce secteur représente près de 70 % de la valeur des exportations et assure des revenus à près de 80 % de la population. Durant ces trois dernières années, l'accroissement du PIB est le fait du secteur primaire et plus spécialement de la production agricole vivrière (mil, riz) et industrielle (coton). Le potentiel de terres irrigables pour la production agricole est estimé à 2.2 millions d'hectares à partir des deux grands systèmes fluviaux Niger / Bani et Sénégal (Marchés Tropicaux, 2000).

Les surfaces occupées par les cultures vivrières et leurs volumes de production lors des trois dernières campagnes montre toute l'importance de ce secteur de l'économie malienne. Mais la croissance du secteur reste faible car elle repose encore essentiellement sur l'augmentation des superficies exploitées et non pas sur l'augmentation sensible de la productivité.

La filière fruits et légumes a été redynamisée : le Mali exporte mangues et haricots verts à destination de l'Europe, pommes de terre et échalotes vers la sous-région.

1.1.3 Implantation des sites d'essais :

Les principales zones de production du manguier, *Mangifera indica* L. (Anacardiaceae), se trouvent autour de Sikasso, Bougouni et Bamako (**Annexe 1**), zones très favorables à la culture du manguier. Une enquête de l'APROFA (Coulibaly, 1999) a permis d'évaluer les superficies de manguiers en 3^{ième} Région à 21.953 hectares pour plus de deux millions de pieds. Ce travail considérable devrait servir de base à l'élaboration de la redynamisation de la filière mangue dans cette région.

Nous avons ainsi, dans la 3^{ième} Région, par ordre décroissant la zone de Sikasso (avec 28,38 % des superficies), Bougouni (27,83 %), Yanfolila (20,20 %), Koutiala (12,64 %), Kadiolo (9,05 %), Kolondieba (1,14 %) et Yoroso (0,76 %). Nous n'avons pas de données pour la région de Bamako – Koulikoro.

Au cours de nos prospections trois sites ont été retenus (**Figure 1**) : Waïbera à une quarantaine de km au Sud de Sikasso, Madina à une trentaine de km à l'Ouest-Sud-Ouest de Bougouni, Konyini à une vingtaine de km à l'Est de Bamako.

Leurs coordonnées sont les suivantes :

- Waibera : N 11 degré 11 min W 5 degré 32 min
- Madina : N 11. 20 W 7. 39
- Konyini : N 12. 38 W 7. 50

1.2 LES PATHOGENES ET LES INSECTES RAVAGEURS DU MANGUIER AU MALI :

1.2.1 Les organismes pathogènes :

Nous avons observé différents symptômes de l'action des pathogènes sur fruits. Le plus fréquent est l'anthracnose (*Colletotrichum* sp) qui se manifeste par des taches noires avec écoulement séveux ou encore par des trainées noires à partir du pédoncule. Cette affection prend de plus en plus d'importance à mesure que la saison humide s'installe surtout dans les zones méridionales de la 3^{ième} Région.

Une autre affection assez fréquente concerne la zone pédonculaire du fruit d'où son nom de pourriture pédonculaire (*Lasiodiplodia* sp) ; c'est une pourriture d'apparence grasseuse de couleur gris-cendré qui s'étend à partir du point d'insertion du pédoncule. Les manguiers appartenant à la variété Kent et se développant dans les bas-fonds humides portent relativement souvent des fruits atteints de ces symptômes.

Le scab enfin, affection moins fréquente que les deux précédentes, est caractérisé par un revêtement liégeux sur l'épiderme du fruit, apparaissant durant la saison humide.

1.2.2 Les insectes :

Le manguiers héberge de nombreuses espèces de ravageurs que ce soient au niveau des Hémiptères de la famille des Alydidae avec les espèces *Tupalus fasciatus* et *Leptocoris* sp., des Hémiptères Coccoïdea comprenant plusieurs espèces mais dont la plus dangereuse est sans conteste la cochenille farineuse *Rastrococcus invadens*, des diptères de la famille des Tephritidae (« mouches des fruits ») et des Coléoptères xylophages de la famille des Scolytidae et des Bostrichidae.

Les cochenilles : La cochenille farineuse, *Rastrococcus invadens*, est un redoutable ravageur qui a été signalé au début de l'année par J.Y.REY (com. pers.) à Sikasso sur quelques manguiers. Nous l'avons trouvé également dans la périphérie de la ville chez quelques particuliers mais sans qu'elle ne se manifeste avec autant d'acuité qu'en Côte d'Ivoire où elle induit (entre autres conséquences) la présence de fumagine sur les feuilles et une chute brutale

de la production l'année suivante. Nous avons constaté, à Sikasso, la présence de certains de ses parasitoïdes en particulier :

- l'Encyrtidae *Gyranusoïdea tebygi* Noyes qui a été introduit au Bénin ;
- l'Aphelinidae *Marietta leopardina* Motschulski plus polyphage que le précédent.

Néanmoins, il nous semble important de prévoir la mise en place d'une cellule d'alerte et de lutte contre cette espèce de cochenille facilement différenciable des autres espèces de cochenilles blanches.

Les mouches des fruits : Les dégâts les plus importants sont toujours causés au Mali par les mouches des fruits que ce soient dans les vergers de manguiers méridionaux et donc limitrophes de la Côte d'Ivoire ou dans les vergers à climatologie plus sahélienne de la zone de Bamako.

1.3. BREVE SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES SUR LES TEPHRITIDAE :

1.3.1 Importance économique, systématique, biologie-comportement, méthodes de lutte :

1.3.1.1. *Importance économique* :

Dans l'ordre de diptères, la famille des Tephritidae est une des plus importantes économiquement ; elle comprend plus de 4000 espèces réparties en 500 genres et répandues dans les régions tropicales mais aussi tempérées. Leurs larves sont dans leur grande majorité phytophages et se nourrissent surtout de fruits tendres.

Les Tephritidae vivent dans toutes les régions hébergeant des fruitiers et leur importance économique pourrait se résumer ainsi :

- les adultes attaquent des fruits produits à des fins commerciales comme des fruits sauvages ;
- certaines espèces sont devenues des ravageurs de fruitiers cultivés loin de leur aire d'origine ;
- des conditions drastiques pour les importations fruitières sont nécessaires pour limiter la dispersion et l'extension de certaines espèces particulièrement redoutables ;
- certaines conditions de quarantaine et de désinfection des fruits exportés constituent des facteurs limitants préjudiciables pour certains pays exportateurs.

Les estimations des pertes économiques dues aux mouches des fruits ne sont pas toujours chiffrées avec précision mais la profession fruitière, de l'amont vers l'aval, reconnaît l'importance de leurs préjudices. Les pertes que subirait l'Australie à cause des mouches des fruits si aucune mesure de lutte n'était mise en pratique s'élèveraient à plus de 12 % du prix de la récolte (White & Elson-Harris, 1992).

1.3.1.2. *Systématique* :

Au sein de cette famille, les adultes de Tephritidae sont caractérisés par les critères morphologiques suivants (Delvare & Aberlenc, 1989) :

- ⇒ ailes presque toujours tachetées,
- ⇒ présence d'ocelles,
- ⇒ arista bien développée,
- ⇒ nervure sous-costale coudée à son extrémité,
- ⇒ vibrisse absente,
- ⇒ abdomen formé de cinq ou six segments visibles et se terminant chez la femelle par un ovipositeur pointu.

Les espèces du genre *Ceratitis* qui nous intéressent ici appartiennent à la sous-famille des Ceratitinae.

1.3.1.3. **Biologie, comportement :**

Les Tephritidae les plus importants sont souvent des insectes largement polyphages tels que *Ceratitis capitata* (Wiedemann) avec plus de 250 espèces de plantes-hôtes, *Bactrocera dorsalis* (Hendel) avec 173 espèces, *Ceratitis rosa* Karsch avec une cinquantaine d'espèces (White & Elson-Harris, 1992).

Il existe toutefois des exceptions : ainsi *Bactrocera oleae* (Gmelin), espèce monophage du bassin méditerranéen et d'autres zones tempérées, est un ravageur important de l'olivier, uniquement, en zone méditerranéenne.

Les espèces univoltines (une seule génération / an) sont des espèces des régions tempérées, souvent monophages et comportant une diapause hivernale : c'est le cas de la mouche de l'olivier *B. oleae*.

Les espèces multivoltines (plusieurs générations / an) sont polyphages et vivent dans les régions tropicales et sub-tropicales sans subir d'arrêt de développement : c'est le cas des espèces de cératites que nous avons récoltées et élevées au Mali à partir des mangues.

Les Tephritidae localisent les fruits recherchés pour l'alimentation et la ponte par une série de stimuli visuels, olfactifs et tactiles dont l'importance et la séquence sont propres à chaque espèce et qui dépendent également des facteurs climatiques.

Les femelles des Tephritidae (**Photo 1**) sont caractérisées par un long ovipositeur extensible qui leur permet de piquer le fruit et de déposer leurs œufs dans la pulpe. Les œufs éclosent au bout de plusieurs jours en fonction de la température et sans doute aussi en fonction du stade physiologique du fruit-hôte. Ils donnent naissance à des larves blanchâtres (**Photo 2**), apodes, capables de sauts, qui passent par trois stades larvaires avant de se transformer en pupes dans le sol. Une génération complète de l'œuf à l'œuf prendra environ un mois pour la mouche méditerranéenne, *C. capitata*, à 25°. Cette espèce peut vivre plusieurs mois et pondre plusieurs centaines d'œufs en fonction de l'alimentation (larvaire et imaginale) et de divers facteurs abiotiques et biotiques. La longévité est également propre à chaque espèce, les espèces polyphages et multivoltines ayant une durée de vie plus importante (White & Elson-Harris, 1992).

1.3.1.4. Méthodes de lutte :

- Détection des populations : Les pièges destinés à capturer des adultes de Tephritidae sont les meilleurs outils permettant la détection des populations. Un nombre impressionnant de types de pièges a été élaboré et testé avec des résultats très variables qui n'ont pas toujours été publiés. Les principaux sont :
 - ⇒ le «piège visuel», qui associe une couleur attractive (jaune) à un attractif protéo-ammoniaqué, constitue encore un sujet de recherches ; le « Tephri-trap » en est une variante avec une plaquette insecticide placée dans une nacelle sous le couvercle (**Photo 3**).
 - ⇒ le «piège Mc Phail» (**Photo 4**), dont l'attractif est liquide, est l'archétype du piège à mouches (McPhail, 1937) et reste toujours en activité ; de nombreuses variantes de ce type de piège ont vu le jour.
 - ⇒ le «piège Steiner», dont l'attractif est une phéromone sexuelle ou para phéromone, a été inventé par Steiner (1957) et permet de piéger de grandes quantités de mâles tués par un insecticide; le piège israélien, mis au point par D. Nadel, en est une variante comme le piège Addis (**Photo 5**) (Quilici, 1992).
 - ⇒ le «piège à glu», dont Frick (1952) fut un des précurseurs, était composé d'un attractif pour les mâles avec des parois sur lesquelles venaient se faire prendre les adultes ; le piège englué « Jackson » en est une amélioration.

Les trois critères nécessaires à une détection optimale des populations concernent le choix de l'attractif en liaison avec le type de piège et en adéquation avec le site de piégeage retenu. Ces choix se feront de plus en plus grâce à la modélisation mathématique de ou telle problématique liée à une ou plusieurs espèces de mouches.

- Estimation des populations : Vis à vis des adultes, plusieurs types de pièges peuvent être utilisés : ceux capturant les adultes en train d'émerger dans un verger ou un champ (Southwood, 1978), d'autres à couleurs et à composés chimiques attractifs. En fait, aucun ne donne vraiment satisfaction pour estimer le niveau des populations évoluant dans une zone donnée. La seule technique fiable pour avoir cette estimation est la technique du marquage-lâcher-recapture (Itô & Koyama, 1982).

Toutes les méthodes pour le marquage et la recapture ont pour principales contraintes : la technique ne doit affecter ni la longévité ni le comportement de l'adulte, le marquage ne doit pas s'effacer et la probabilité de capture des mouches marquées ou non doit être la même. Les pièges sont ensuite amorcés avec des attractifs couramment utilisés pour les Tephritidae.

- Lutte intégrée (I. P. M.) : L'initiation d'un programme de lutte intégrée contre une espèce donnée de Tephritidae comprend l'étude de l'évolution de sa population, l'estimation des dégâts infligés aux cultures, la définition de son seuil économique de nuisibilité et une bonne connaissance de l'agrosystème concerné. Bien évidemment, les traitements insecticides ne sont pas exclus et doivent être optimisés en fonction de la phénologie et de la dynamique de population du ravageur tout en restant compatible avec l'environnement cultural ; de plus ils doivent être économiquement justifiés.

Les méthodes de lutte chimique, insatisfaisantes pour de nombreuses raisons, sont maintenant remplacées par d'autres méthodes de lutte. Prenons l'exemple de *B. oleae*, ravageur monophage contre lequel ont été utilisés (Kapatou, 1989) :

- ⇒ des lâchers d'auxiliaires (= lutte biologique) tels que *Psytalia concolor* (Szépligeti),
- ⇒ des lâchers de mâles stériles (= lutte autocide) de *B. oleae*,
- ⇒ des pièges mixtes avec des attractifs visuels et olfactifs (= lutte biotechnique).

Ces 3 méthodes de lutte (biologique, autocide et biotechnique) sont quelques unes des composantes de la lutte intégrée.

Enfin, les traitements par tâches (hydrolysats de protéine + insecticide) peuvent apporter, vis à vis des mouches, une aide précieuse par leur efficacité, leur coût modéré, le respect de la santé du consommateur et de l'environnement.

1.3.2. Les Tephritidae inféodés au manguier au Mali :

Les rapports annuels de l'I.E.R. du Mali, émanant du Ministère de l'Agriculture et concernant la défense des cultures, permettent de faire le point des travaux successifs de MM. B. Diarra et M. Noussourou sur les mouches des fruits de 1986 à 1989. Leurs travaux ont été par la suite résumés et publiés dans Sahel IPM (Noussourou & Diarra, 1995). Leurs collectes ont permis de mettre en évidence 4 espèces de Tephritidae inféodées au manguier à savoir, *Pardalaspis cosyra*, *P. punctata*, *P. sylvestrii* et *Pterandrus sp aff. rosa*.

Leur étude a également porté sur le piégeage des mouches avec des assiettes jaunes dans les zones de Bamako et de Sikasso, ce qui leur a permis de mettre en évidence des fluctuations de captures pour l'espèce *P. cosyra*. Des observations comportementales intéressantes ont été faites vis à vis de cette dernière espèce de même que des propositions de lutte intégrée.

DEUXIEME PARTIE : PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE CETTE ETUDE

2.1. PROBLEMATIQUE :

Le centre Agro-Entreprises (CAE), financé par l'USAID, est une structure d'appui, d'assistance technique et de conseil aux agro-entreprises maliennes. Parmi ses nombreux objectifs, on peut souligner sa volonté de renforcer la capacité et la performance des agro-entreprises en vue d'un accroissement effectif de la valeur ajoutée dans la filière fruits-légumes (entre autres) et également de renforcer la commercialisation des produits appartenant à cette filière.

Le Mali, deuxième exportateur ACP vers l'UE, est néanmoins loin derrière la Côte d'Ivoire en tant que fournisseur de mangues sur le marché européen. Si la production malienne reste considérable avec environ 100.000 tonnes de fruits bon an mal an, ses exportations n'ont jamais dépassé les 1.000 tonnes annuelles. Ainsi en 1999, le Mali aurait exporté 936 tonnes de mangues contre 11.100 pour la Côte d'Ivoire (source Coleacp).

La marginalisation du Mali sur les marchés d'exportation n'est pas due à une carence de productions exportables ; en effet les variétés Amélie, Kent et Keitt représentent actuellement 56 % des 21.953 ha occupés par les manguiers dans la 3^{ième} Région (Coulibaly, 1999). Par ailleurs, les variétés citées précédemment ont une période de production décalée de 2 à 3 semaines au Mali par rapport à la Côte d'Ivoire, ce qui les place en position tout à fait concurrentielle (**Figure 2**).

Les principales raisons que l'on peut mettre en avant pour expliquer que les exportations ivoiriennes de mangues sont de 5 à 12 fois supérieures (suivant les campagnes) à celles du Mali malgré le potentiel théorique important de ce dernier sont de plusieurs ordres : géographiques, logistiques, socio-économiques, socio-politiques, financières et enfin qualitatif. Il est manifeste que les infestations de mouches des fruits, en réduisant de près de 50 % les productions, sont un des principaux facteurs limitant au niveau qualité.

En effet, certaines des espèces de Tephritidae présentes en Afrique de l'Ouest (et donc au Mali) peuvent présenter un risque d'acclimatation en zone méditerranéenne d'avril à septembre et sont donc considérées comme organismes de quarantaine par la réglementation communautaire (Directive n° 77 / 930 CEE). Ainsi des fruits apparemment sains au départ, voyageant en conteneurs bateau, peuvent en fait héberger des oeufs difficilement repérables au moment du conditionnement et susceptibles d'évoluer en larves de troisième stade ou pupes à l'arrivée (Marseille). D'où les prises de décision unilatérales et défavorables à l'exportateur du SPV dans le pays importateur !

L'objectif du CAE serait donc de professionnaliser et de développer durablement les exportations tout en améliorant l'aspect qualitatif de la mangue en proposant des méthodes de lutte intégrée contre les Tephritidae, actions à la fois efficaces, économiques et à la portée des planteurs maliens.

Il est patent qu'une bonne connaissance des espèces de mouches responsables des dégâts, de leur biologie et de leur comportement est un impératif incontournable pour mener à bien la mise en place et la mise au point de méthodes de lutte intégrée contre les Tephritidae du manguiers.

2.2. OBJECTIFS :

C'est pourquoi notre étude a pour objectifs principaux :

- établir l'inventaire des espèces de Tephritidae responsables des dégâts sur fruits ;
- mettre en place un système de suivi et d'alerte pour surveiller les populations de mouches dans les vergers des principales régions de production destinées à l'export (Sikasso, Bougouni et Bamako) ;
- suivre l'évolution du pourcentage d'attaque sur fruits ;
- faire des essais de traitements par tâches sur le feuillage des manguiers ;
- assurer un plan de formation des différents acteurs de la filière de l'amont vers l'aval, i.e. des producteurs aux exportateurs.

TROISIEME PARTIE : MATERIEL ET METHODES

3.1. INVENTAIRE DES TEPHRITIDAE INFEODEES AU MANGUIER :

Les fruits piqués par les mouches étaient systématiquement récoltés (dans des vergers non traités) durant les différentes prospections et rapportés au laboratoire pour être pesés, comptés, classés par variété, par date et par localité ; après leur avoir affecté un numéro d'ordre ils étaient mis en observation sur des supports grillagés reposant sur des bassines de façon à permettre facilement aux larves de choir dans le sable humide et de s'y métamorphoser en pupes. Chaque lot était individualisé pour une variété en fonction d'un site et d'une date, afin de garder une parfaite lisibilité dans la traçabilité des collectes. Cet élevage se déroulait dans un grand insectarium extérieur.

Une fois par semaine, le sable qui garnissait le fond des contenants était lavé puis tamisé de façon à recueillir les pupes de la semaine. Les pupes récupérées avec des pinces souples étaient ensuite disposées dans des petites boîtes d'élevage garnies de papier buvard humidifié avec leur numéro d'ordre.

Tous les 3 ou 4 jours, on suivait les éclosions et on récupérait les adultes que l'on identifiait à l'aide de la loupe binoculaire. Pour les insectes dont la détermination n'était pas évidente, il était nécessaire de les préparer sur paillette ou sur polypore afin de mettre en évidence certains critères morphologiques de différenciation.

3.2. MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE PIEGEAGE :

Pour chacun des 3 sites étudiés un total de 60 pièges a été installé dans la première semaine du mois de juin (dès leur sortie des services de douane). Ces 60 pièges se répartissaient en 36 pièges à sec contenant des attractifs sexuels (para phéromones) et 24 pièges à liquides contenant des attractifs alimentaires (hydrolysât de protéine). La dualité dans cette attractivité était nécessaire pour pouvoir capturer les deux sexes, les mâles venant essentiellement sur les para phéromones et les femelles plutôt sur les liquides à base de protéines. Nos différentes répétitions formaient 4 blocs de 9 pièges à sec chacun et 4 blocs de 6 pièges à liquides chacun.

Les pièges à sec comprenaient :

- 12 pièges à terpinyl acétate
- 12 pièges à trimedlure
- 6 pièges à méthyle eugénol
- 6 pièges à cue lure.

Les pièges à liquides comprenaient :

- 12 pièges à buminal + eau
- 12 pièges à buminal + eau + borax.

La densité moyenne proposée était de 6 pièges par hectare pour les pièges à para phéromones avec pour corollaire une distance d'environ 40 mètres entre les pièges pour éviter toute interaction entre les attractifs. On avait par ailleurs une densité de 12 pièges à attractif alimentaire par hectare avec une distance d'environ 20 mètres entre ces pièges.

Durant cette campagne, les pièges ont été suspendus à une branche charpentière du tiers inférieur de la frondaison à une distance moyenne du centre de l'arbre. Les pièges ne devaient pas recevoir directement les rayons du soleil ; de même, nous devons prendre soin de laisser bien dégagées les différentes entrées des pièges.

D'autre part, il était impératif d'enduire la branche support (du piège) de graisse solide afin d'empêcher toute activité prédatrice des fourmis (oecophylles) vis à vis des adultes de Tephritidae morts et en attente dans le piège.

Les relevés étaient hebdomadaires pour Waibera (environs de Sikasso), Madina (environs de Bougouni) et Konyini (environs de Bamako).

3.3. SUIVI DE L'EVOLUTION DU POURCENTAGE D'ATTAQUE :

Dans les 3 sites suivis nous avons procédé à un échantillonnage de 30 fruits / semaine / arbre / site / variété. Nous nous sommes restreints à un échantillonnage de 4 variétés d'intérêt commercial (Amélie, Kent, Keitt, Brooks). Nous avons choisi au hasard 10 arbres / semaine / site / variété ce qui nous a donné un nombre maximum de 300 fruits / semaine / site / variété. Un contrôle visuel a été fait pour tous les fruits et nous avons procédé à une dissection des fruits piqués ou douteux.

3.4. TRAITEMENTS PAR TACHES :

Un des objectifs principaux de cette étude, est la mise en place d'une méthode de lutte efficace, à la portée des producteurs et permettant d'éviter tout risque de pollution des mangues par les résidus des matières actives. La finalité serait de maintenir les populations des espèces de mouches les plus nombreuses et les plus dommageables en dessous d'un seuil économique de nuisibilité. Au Mali, aucune étude antérieure particulière n'a été effectuée sur ce seuil d'intervention et nous ne l'avons pas défini nous-mêmes puisque nous avons démarré nos travaux en cours de campagne. Nous avons choisi de suivre le même seuil qui est utilisé à la Réunion sur des vergers de manguiers et d'agrumes et qui est de 25 mouches / piège / semaine (Quilici, 1992 ; Vincenot, 1993). Précisons qu'il s'applique dans les conditions réunionnaises à *C. rosa* et à *C. capitata*. Au Mali seule la première espèce, la mouche du Natal, occasionne des dégâts conséquents, mais tardifs aux mangues.

Les traitements par taches ont été effectués au niveau des 3 vergers de la même façon. Un pulvérisateur manuel Matabi super Agro de 16 litres permettait l'épandage d'une bouillie comprenant pour 10 litres d'eau :

- 100 ml de Sumithion L-50 (Sumitomo Chemical Cpy Japan) : 500 g. MA / L.
- 200 ml d'hydrolysate de protéine à 75 % (Agrisense BCS, Pontypridd, U.K.).

Tous les rangs d'une parcelle étaient traités, mais on a choisi la variante d'application suivante : on ne traitait qu'un arbre sur deux. Il est important de préciser que seul le feuillage était traité, sur une surface d'environ 1m², à hauteur d'homme et ce jusqu'à ruissellement.

A Madina nous avons sélectionné une grande parcelle témoin indemne de traitement par taches et sans piège de façon à évaluer l'incidence réelle de nos actions.

3.5. DEROULEMENT DU PLAN DE FORMATION :

Nous avons retenu une dizaine de villages autour de Sikasso, autour desquels nous avons effectué nos prospections. Les raisons qui nous ont poussé à les retenir, outre la présence de nombreux vergers, sont les suivantes : une grande motivation des planteurs de ces villages pour améliorer non seulement la qualité de leurs fruits mais aussi l'agro-technie de leurs manguiers et une volonté manifeste de suivre également les recommandations proposées.

Nous avons en général bénéficié des talents de traducteur du Chef d'antenne du CAE à Sikasso M. Cheikh Soumaré, ou de ceux du chauffeur M. Issa Cissé.

Avant chaque intervention nous avons récupéré autour de chaque village, différents fruits hébergeant des pontes ou correspondant à différents stades de dépréciation de la pulpe par les larves pour illustrer les dégâts en rapport avec la biologie des mouches de cette famille. Les variétés exposées étaient, dans la mesure du possible, au nombre de quatre : Amélie, Kent, Keitt et Brooks.

Nous avons également capturé des adultes de cératites afin de permettre aux planteurs de les identifier sur le terrain.

La durée totale de chaque formation a été de 3 heures (1 heure de terrain et 2 heures d'exposé – discussion).

Le plan de chaque exposé a suivi les lignes directrices suivantes :

- présentation du CAE et des intervenants,
- présentation des principaux ravageurs et des principales maladies du manguiers,
- importance économique des « mouches des fruits »,
- aperçu sur la biologie des mouches et de leur comportement,
- méthodes de lutte proposées sous le terme de lutte intégrée,
- importance du piégeage et des traitements par taches,
- perspectives à court et moyen terme.

Au cours de chaque exposé, nous leur avons présenté successivement les œufs, les larves et les adultes de mouches comme les différents stades (externes et internes) de dépréciation des fruits des 4 variétés.

Nous avons défini le sens de notre action (ponctuelle) et la finalité d'arriver à un contrôle de ce ravageur à moyen terme par un ensemble de différentes actions de lutte réunies sous le terme de lutte intégrée. Nous avons souligné que notre intervention était ciblée sur le piégeage des adultes (mouches) et le traitement par taches du feuillage. Nous avons néanmoins recommandé et insisté sur l'importance de simples actions de lutte mécanique, telles que la récolte sanitaire et l'enfouissement (ou mieux l'incinération) des fruits piqués. Nous avons également préconisé le surgreffage de variétés tardives et très attractives pour les mouches (Brooks) au profit de variétés plus précoces et/ou plus intéressantes sur le plan commercial (Irwin, Kent).

3.6. SITES EXPERIMENTAUX :

Les sites expérimentaux choisis, tant à Waibera, Madina et Konyini, ont été sélectionnés après plusieurs semaines de visites et d'investigations préalables de plus d'une cinquantaine de villages autour de Bamako, Bougouni et Sikasso et ce durant le mois d'avril.

Les conditionnalités qui ont permis ce choix étaient diverses :

- Tout d'abord le verger devait posséder plus de 75 % de variétés exportables semi-tardives ou tardives telles que les Kent ou les Keitt de façon à pouvoir suivre les infestations de mouches durablement.
- Ensuite la superficie minimum devait être de huit hectares pour chaque site, l'optimum étant à Madina avec une vingtaine d'hectares ce qui était largement suffisant pour avoir également une parcelle témoin indemne de piégeage et de traitement par tache. Dix hectares est donc le minimum pour avoir ses répétitions des piégeages et une parcelle témoin. Si on doit se contenter de huit hectares, il faut trouver un verger voisin avec des variétés similaires comme témoin.
- Enfin le planteur s'engageait à ne pas effectuer de traitement chimique sur son verger ou même à proximité immédiate afin d'éviter toute incidence sur les expérimentations en cours.
- De plus, on a essayé de cibler des vergers dont les conditions de plantation, écartements réguliers, variétés toutes identifiées et âge homogène, nous permettait de mener à bien nos expérimentations avec rigueur et dans les meilleures conditions.

QUATRIEME PARTIE : RESULTATS ET DISCUSSION

4.1. INVENTAIRE DES TEPHRITIDAE INFEODEES AU MANGUIER :

Un total de 1226 fruits piqués a été collecté sur 15 sites différents (**Annexe 2**) au cours des 6 mois de cette consultation. Ces 1226 fruits appartiennent à 15 variétés différentes de manguiers qui sont les suivantes par ordre d'importance au niveau des récoltes :

- Keitt
- Kent
- Brooks
- Amélie
- Smith
- Palmer
- Haden
- Miami late
- Zill
- Julie
- Edwards
- Alfonse de Goa
- Davis Haden
- Eldon
- Bewerly.

Les cinq premières variétés sont les plus représentées au niveau des villages autour desquels nous avons travaillé. L'Amélie, variété précoce, ne vient qu'en 4^{ième} position avec 116 fruits, ce qui est normal puisque nous avons débuté ces investigations en cours de campagne.

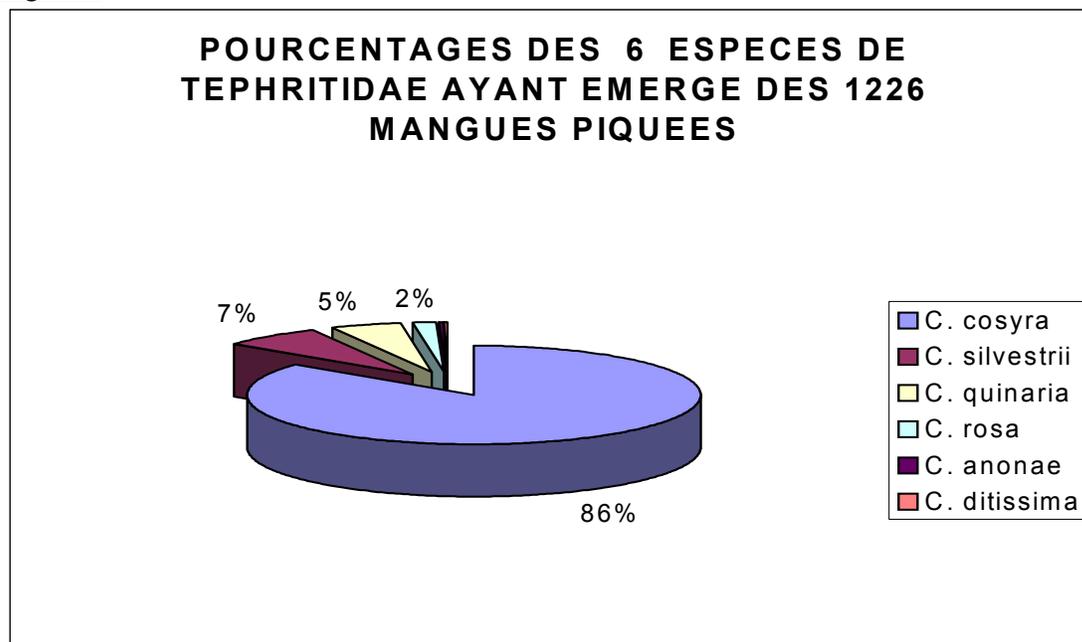
Ces 1226 fruits nous ont permis d'extraire 13.171 pupes de Diptères Tephritidae appartenant à 6 espèces différentes :

- *Ceratitis cosyra* (Walker)
- *Ceratitis silvestrii* Bezzi
- *Ceratitis quinaria* (Bezzi)
- *Ceratitis rosa* Karsch
- *Ceratitis anonae* Graham
- *Ceratitis ditissima* (Munro).

Les différentes déterminations ont été effectuées par nous-mêmes et ont été vérifiées (pour certaines espèces) par le Dr M. De Meyer du « Royal Museum for Central Africa » à Tervuren (Belgique).

La **Figure 3** montre que 85.58 % des effectifs totaux sont constitués de *C. cosyra* également nommée à juste titre « mouche de la mangue », 7.28 % de *C. silvestrii*, 4.89 % de *C. quinaria*, 1.80 % de *C. rosa* ou « mouche du Natal », 0.24 % de *C. ditissima* et pour finir 0.21 % de *C. anonae*.

Figure 3 :



4.1.1. Inventaire des espèces par zone géographique :

- Si nous opérons un classement par zone d'investigation, nous constatons que dans la zone de Sikasso (Annexe 3) nous avons récolté 652 fruits desquels nous avons extrait 8168 pupes de Tephritidae.

Dans la zone de Sikasso, des effectifs de *C. cosyra* au profit de *C. silvestrii* et de *C. quinaria* essentiellement présents en avril et au début du mois de mai. Ces deux dernières espèces seraient effectivement des espèces inféodées à des zones sèches (De Meyer, com. pers.) et il n'est guère surprenant de les voir évoluer ici en fin de saison sèche. Il est intéressant de signaler que c'est la première fois que *C. quinaria* est trouvée en Afrique de l'Ouest, d'après le Dr De Meyer. Les autres citations de cette espèce proviennent du Botswana, Namibie, Afrique du Sud.

- Dans la zone de Bougouni (Annexe 4) nous avons récolté 388 fruits desquels nous avons extrait 2622 pupes de Tephritidae.

C. cosyra y est encore largement majoritaire, mais suivie en deuxième position par *C. rosa* avec près de 7 % des effectifs dans cette zone. Cette dernière espèce appartiendrait en fait à l'espèce *C. fasciventris* qui serait différente de *C. rosa*, d'après le Dr De Meyer. Dans la mesure où la nouvelle description n'a pas été faite nous garderons le nom de *C. rosa* pour cette espèce. Cette espèce devient réellement abondante au cours de la saison humide et nous l'avons rencontré abondamment en Côte d'Ivoire et en Guinée (Vayssières, 2000).

- Dans la zone de Bamako (Annexe 5) nous avons récolté 186 fruits desquels nous avons extrait 2381 pupes de Tephritidae.

C. cosyra y est encore largement dominante suivie en deuxième position par *C. rosa*.

4.1.2. Inventaire des espèces par variété de manguier :

Nous avons réalisé une synthèse des espèces de mouches ainsi élevées pour les principales variétés (export) rencontrées :

Pour la variété Amélie, l'**Annexe 6** met en évidence une prépondérance de *C. cosyra* avec 83.2 % des effectifs suivi par *C. silvestrii* avec 12.4 % et *C. quinaria* avec 4.4 %. Nous avons obtenu une moyenne de 15 pupes par kg de fruit piqué pour la variété Amélie.

Pour la variété Kent, l'**Annexe 7** met en évidence une prépondérance plus relative de *C. cosyra* avec seulement 57.3 % des effectifs suivi par *C. silvestrii* 22.4 %, *C. quinaria* 19.2 %, *C. rosa* 0.7 % et *C. anonae* 0.4 %.

Nous avons obtenu une moyenne de 18 pupes par kg de fruits piqués pour la variété Kent.

Pour la variété Keitt, l'**Annexe 8** met en évidence une prépondérance de *C. cosyra* avec 93.4 % des effectifs suivis par *C. rosa* 4.2 %, *C. silvestrii* 1.1 %, *C. ditissima* 0.8 %, *C. anonae* 0.4 % et *C. quinaria* 0.1 %.

Nous avons obtenu une moyenne de 16 pupes par kg de fruits piqués pour la variété Keitt.

Pour la variété Brooks, l'**Annexe 9** met en évidence une prépondérance plus relative de *C. cosyra* avec seulement 81.2 % des effectifs, suivi par *C. silvestrii* 11 %, *C. quinaria* 6.7 % et *C. rosa* 1.1 %.

Nous avons obtenu une moyenne de 45 pupes par kg de fruits piqués pour la variété Brooks.

Pour la variété Smith, l'**Annexe 10** met en évidence une prépondérance de *C. cosyra* avec 98.5 % des effectifs suivis par *C. silvestrii* 1.2 % et *C. rosa* 0.3 %.

Nous avons obtenu une moyenne de 57 pupes par kg de fruits piqués pour la variété Smith.

Nous constatons une attractivité de ces deux dernières variétés, vis à vis des Tephritidae, plus importante, observations déjà faites à Kankan en Guinée (Vayssières, 1995).

4.1.3. Importance économique des différentes espèces :

- ***C. cosyra*** : L'adulte est de taille variable (3.34 - 5.40 mm) avec de larges bandes jaunes sur les ailes. Les antennes sont jaunes-orangées. Le scutellum, blanc dans sa partie basale et jaune dans sa partie apicale (De Meyer, 1998), porte trois taches noires dans sa partie apicale; il présente aussi deux petites taches brunes dans sa partie basale. Le mesonotum, pâle avec une légère teinte orangée, porte des taches variables (De Meyer, 1998) dans leur taille mais aussi leur coloration (**Figure 4**).

C. cosyra est un ravageur très important de la mangue en Afrique que ce soit en Afrique du Sud, au Kenya, Malawi, Mozambique, Soudan, Tanzanie, Zaïre, Zambie, Zimbabwe (White & Elson-Harris, 1992), au Cameroun (Nonveiller, 1984), à Madagascar (Hancock, 1984), en Côte d'Ivoire (N'Guetta, 1994 ; Barbet, 2000), en Guinée (Vayssières, 2000) et probablement dans de nombreux autres pays de l'Afrique de l'Ouest.

Outre le manguier (*Mangifera indica* L.), ce ravageur s'attaque également au goyavier (*Psidium guajava* L.), à la bergamote (*Citrus aurantium* L.), à l'avocat (*Persea americana* P. Miller), à la pomme cannelle sauvage (*Annona senegalensis* Pers.), et à de nombreux autres fruitiers cultivés et sauvages (Hancock, 1987 ; White & Elson-Harris, 1992 ; De Meyer,

1998). Il a été également signalé au Mali (Noussourou & Diarra, 1995) sur fruitiers cultivés tels que le mandarinier (*Citrus reticulata*), l'oranger (*Citrus sinensis*) et sur fruitiers sauvages tels que le karité (*Butyrospermum parkii*), le pêcher africain (*Nauclea latifolia*), et une liane (*Landolphia senegalensis*).

Cette espèce est donc un redoutable ravageur à la fois par la multiplicité de ses plantes-hôtes, sauvages et cultivées, par sa large répartition géographique sur le continent africain et également par sa précocité puisqu'on le rencontre en tout début de campagne au Mali (Noussourou & Diarra, 1995) comme en Côte d'Ivoire (N'Guetta, 1998) ou en Guinée (Vayssières, 2000) pour ne citer que l'Afrique de l'Ouest.

- ***C. silvestrii*** : L'adulte a une taille plus faible en général (3.75 - 4.00 mm) et des antennes jaunes. Le scutellum, est blanc dans sa partie basale et jaune dans sa partie apicale (De Meyer, 1998) ; il porte trois taches noires bien distinctes dans sa partie apicale, sans petites taches brunes dans sa partie basale. Le mesonotum est blanc (**Figure 5 g**) avec seulement deux taches noire latérale partant de la suture transverse. Le postpronotum est blanc sans tache noire.

Cette espèce se rencontre au Nigéria et au Sénégal (Silvestri, 1913). Elle vivrait sur des fruitiers sauvages tels que *Chrysobalanus* sp et *Vitellaria paradoxa* (De Meyer, 1998). Le manguier (*M. indica* L.) serait donc un hôte non encore signalé. *C. silvestrii* est un ravageur important puisqu'il vient en seconde position avec plus de 7 % des effectifs derrière *C. cosyra* et qu'il est relativement précoce également.

Il serait intéressant de débiter les récoltes de fruits piqués plus tôt (en février-mars) de façon à préciser sa niche écologique par rapport à celle de l'espèce précédente.

- ***C. quinaria*** : L'adulte est de taille variable (3.60 – 4.75 mm) avec des antennes jaunes à jaunes-orangées. Le scutellum, est blanc dans sa partie basale et jaune dans sa partie apicale (De Meyer, 1998) ; il porte cinq taches noires, trois dans sa partie apicale et deux petites taches dans sa partie sub-apicale. Le mesonotum, de couleur pâle, ne porte pas de taches vraiment visibles (**Figure 5 h**).

C. quinaria est répandue en Afrique que ce soit en Afrique du Sud, Bostwana, Malawi, Namibie, Soudan, Zimbabwe (White & Elson-Harris, 1992).

C'est un ravageur potentiel de fruitiers cultivés et sauvages (White & Elson-Harris, 1992) des savanes sèches africaines. Ce serait donc la première citation à la fois du manguier (*M. indica* L.), hôte non encore signalé et également de l'Afrique de l'Ouest (De Meyer, com. pers.). Il serait intéressant d'étudier cette espèce comme la précédente en février-mars et dans plusieurs régions du Mali pour définir leurs gammes de plantes-hôtes, leurs phénologies et leurs incidences exactes en tant que ravageurs du manguier par rapport à *C. cosyra*.

Ces trois espèces constituent donc des ravageurs importants du manguier à la fois par leurs effectifs considérables et aussi parce qu'ils attaquent des variétés d'intérêt commercial (Amélie, Kent, etc.) en début de campagne.

- *C. rosa* : L'adulte est de taille variable (4.5 - 6 mm) avec de larges bandes brunes sur les ailes. Le scutellum est divisé en trois zones noires par des bandes blanches ou jaunes caractéristiques.

C. rosa est répandue en Afrique que ce soit en Afrique du Sud, en Angola, en Ethiopie, au Kenya, Malawi, Mozambique, Nigéria, Ouganda, Rwanda, Swaziland, Tanzanie, Zaïre, Zambie, Zimbabwe (White & Elson-Harris, 1992), au Cameroun (Nonveiller, 1984), en Côte d'Ivoire (N'Guetta, 1994 ; Barbet, 2000), en Guinée (Vayssières, 2000) et probablement dans de nombreux autres pays de l'Afrique de l'Ouest.

Cette espèce est un ravageur très important d'une cinquantaine de fruitiers cultivés et sauvages en Afrique (White & Elson-Harris, 1992) dont le manguier comme dans les Mascareignes et à la Réunion en particulier (Etienne, 1982 ; Quilici, non publié). Elle n'est vraiment importante quantitativement qu'à partir du mois de juin et surtout des mois de juillet et d'août au niveau des fruits piqués mis en observation. Comme nous le verrons dans le chapitre suivant les résultats du piégeage sont complémentaires de ces observations de fruits piqués.

- *C. anonae* : C'est une espèce voisine de la précédente qui s'en distingue, chez les mâles, par des tibias et des fémurs médians garnis de peignes aux soies noires particulièrement longues.

C. anonae est répandue en Afrique que ce soit au Cameroun, Congo, Côte d'Ivoire, Ghana, Nigéria, Ouganda, Tanzanie, Togo, Zaïre (White & Elson-Harris, 1992).

Cette espèce est un ravageur important d'une dizaine de fruitiers cultivés et sauvages en Afrique (White & Elson-Harris, 1992) dont le manguier. Elle n'est vraiment apparue, au niveau des fruits piqués mis en observation, qu'à partir du mois de juin et surtout du mois de juillet et en nombre relativement faible. Elle semblerait un peu plus précoce que *C. rosa* et son importance économique réelle est difficile à déterminer exactement au Mali. Il semblerait que cette espèce ait une plus grande importance en tant que ravageur de la mangue dans les zones soudaniennes plus humides (en Guinée) que dans les zones sahéliennes (Vayssières, 2000).

- *C. ditissima* : Les mâles de cette espèce ont le mesonotum qui porte, dans leur partie antérieure, une tache brune en forme de faucille qui couvre toute la largeur antérieure du mesonotum. Les femelles ont, dans la moitié inférieure de l'anepisternum, des soies sombres et dans sa partie supérieure une pilosité plus claire.

Ce serait également une espèce d'importance secondaire sur manguier comme *C. anonae* tout au moins au Mali.

La répartition exacte de *C. ditissima* sur le continent africain n'est pas connue avec précision, d'autant plus qu'il est possible qu'elle ait été confondue avec *C. punctata*.

Signalons que l'espèce identifiée comme *P. punctata* par MM. Noussourou et Diarra (1995) est en fait fort probablement *C. ditissima* : en effet, ce sont des espèces très voisines.

4.1.4. Elevages de parasitoïdes :

Nous avons obtenu les parasitoïdes larvo-pupaux suivants essentiellement de la « mouche de la mangue » *C. cosyra* et également, dans une moindre mesure, de *C. rosa*.

Il s'agit de :

- *Psytalia perproximus* (Silvestri).....Braconidae, Opiinae
- *Psytalia cosyrae* (Wilkinson).....Braconidae, Opiinae
- *Fopius caudatus* (Szépligeti).....Braconidae, Opiinae
- *Diachasmimorpha fullawayi* (Silvestri).....Braconidae, Opiinae
- *Tetrastichus giffardianus* SilvestriEulophidae, Tetrastichinae
- *Spalangia simplex* Perkins.....Pteromalidae, Pteromalinae
- *Pachycrepoideus vindemmiae* (Rondani).....Pteromalidae, Pteromalinae
- *Leptopilina victoriae* NordlanderFigitidae, Eucoilinae
- *Leptopilina aff. fimbriata* (Kieffer)..... Figitidae, Eucoilinae
- *Asobara sp.*.....Braconidae, Alysiniinae.

Cet inventaire peut paraître important, compte tenu de l'importance des populations de mouches, mais les facteurs de régulation des relations hôtes-parasitoïdes sont en fait très mal connus. Si l'on voulait renforcer l'action des agents de contrôle naturels la première étape serait d'étudier ces relations.

D'autre part, il faut préciser que les quatre dernières espèces peuvent vivre également aux dépens de larves et de pupes de diptères Drosophilidae.

4.2. SUIVI DU SYSTEME DE PIEGEAGE :

4.2.1. Cumuls des captures pour les 3 sites :

Le cumul des captures pour chaque espèce et pour les 17 semaines consécutives de piégeage figure dans le **Tableau 1** (ci-dessous).

Tableau 1 :

| CUMULS DES CAPTURES DE TEPHRITIDAE PAR PIEGEAGE AU MALI SUR 3 SITES DURANT 17 SEMAINES CONSECUTIVES (du 12.06 au 2.10.2000) | | | | | | | | |
|---|---------|-------|--------|-------|---------|-------|---------------|-------|
| | Waibera | % | Madina | % | Konyini | % | TOTAUX | % |
| <i>C. cosyra</i> | 24131 | 93.94 | 54224 | 90.82 | 41921 | 96.14 | 120276 | 93.24 |
| <i>C. silvestrii</i> | 697 | 2.71 | 317 | 0.53 | 623 | 1.43 | 1637 | 1.27 |
| <i>C. quinaria</i> | 186 | 0.72 | 133 | 0.22 | 25 | 0.06 | 344 | 0.27 |
| <i>C. rosa</i> | 399 | 1.55 | 4232 | 7.09 | 74 | 0.17 | 4705 | 3.65 |
| <i>C. anonae</i> | 24 | 0.09 | 244 | 0.41 | 3 | 0.01 | 271 | 0.21 |
| <i>C. capitata</i> | 14 | 0.05 | 11 | 0.02 | 6 | 0.01 | 31 | 0.02 |
| <i>C. ditissima</i> | 4 | 0.02 | 37 | 0.06 | 0 | 0.00 | 41 | 0.03 |
| <i>C. bremii</i> | 59 | 0.23 | 97 | 0.16 | 106 | 0.24 | 262 | 0.20 |

| | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------------|------|
| <i>B. cucurbitae</i> | 4 | 0.02 | 190 | 0.32 | 840 | 1.93 | 1034 | 0.80 |
| <i>D. ciliatus</i> | 7 | 0.03 | 10 | 0.02 | 1 | 0.00 | 18 | 0.01 |
| <i>D. punctatifrons</i> | 121 | 0.47 | 47 | 0.08 | 1 | 0.00 | 169 | 0.13 |
| <i>D. bivittatus</i> | 36 | 0.14 | 149 | 0.25 | 5 | 0.01 | 190 | 0.15 |
| <i>D. vertebratus</i> | 5 | 0.02 | 15 | 0.03 | 0 | 0.00 | 20 | 0.02 |
| <i>TOTAUX</i> | 25687 | | 59706 | | 43605 | | 128998 | |

Ces 180 pièges nous ont permis de capturer un total de 128.998 Tephritidae adultes appartenant à 13 espèces différentes ; les 6 espèces de mouches inféodées au manguier représentent près de 99 % de cet effectif.

C. cosyra reste l'espèce prédominante sur les 3 sites avec plus de 90 %. Dans la zone de Sikasso et de Bamako c'est *C. silvestrii* qui vient en deuxième position tandis que dans la zone de Bougouni, c'est *C. rosa*.

C. capitata est une cératite que nous avons élevée essentiellement des agrumes au Mali même si elle peut piquer les mangues ; d'ailleurs, nous l'avons obtenue de mangues en Guinée (Vayssières, 2000) tout comme *C. breinii*. Les larves de *C. capitata* se rencontrent aussi dans les piments et poivrons (Solanaceae).

B. cucurbitae, *D. ciliatus*, *D. punctatifrons*, *D. bivittatus* et *D. vertebratus* sont des mouches Tephritidae de la tribu des Dacini qui sont essentiellement inféodées aux légumes-fruits de la famille des Cucurbitaceae. Néanmoins, nos collègues de Korhogo ont obtenu *D. bivittatus* de mangues en petites quantités (N'Guetta, 1998 ; Barbet, 2000).

C'est la première signalisation de *B. cucurbitae* au Mali, redoutable ravageur des Cucurbitaceae en Asie, dans le Pacifique, à la Réunion (Vayssières, 1999) et présent en Afrique de l'Est (White & Elson-Harris, 1992).

4.2.2. Cumuls des captures pour Waibera :

L'annexe 11 nous donne le détail des captures hebdomadaires en fonction des attractifs utilisés.

Nous vérifions ici ce que nous avons constaté lors des mises en observation des fruits piqués :

- *C. silvestrii* et *C. quinaria* sont des espèces précoces de saison sèche piégées durant les premières semaines et qui disparaissent ensuite à Waibera et Madina.
- *C. cosyra* est une espèce présente durant toute la campagne en saison sèche comme en saison humide sur les 3 sites.
- *C. rosa*, *C. anonae* et *C. ditissima* sont des espèces présentes en fin de campagne essentiellement durant la saison humide en juillet-août à Waibera et Madina

4.2.3. Cumuls des captures pour Madina :

L'annexe 12 nous donne le détail des captures hebdomadaires en fonction des attractifs utilisés.

Nous pouvons constater le même type de séquençage dans l'apparition des espèces avec néanmoins un léger retard. Le pic de population de *C. rosa*, par exemple, se situe fin août-début septembre.

4.2.4. Cumuls des captures pour Konyini :

L'annexe 13 nous donne le détail des captures hebdomadaires en fonction des attractifs utilisés.

Les conditions climatiques plus sèches (peu de pluies en juin et juillet) de la zone de Bamako ont permis un étalement des captures de *C. silvestrii* et de *C. quinaria* durant toute la campagne. Par voie de conséquence la mouche du Natal, *C. rosa*, n'a été capturée que de façon sporadique.

4.2.5. Synthèse des espèces capturées par type d'attractif :

Contrairement aux attractifs alimentaires à base d'hydrolysate de protéine (buminal), les attractifs sexuels ou paraphéromones ne prennent que des mâles de Tephritidae (à l'exception du terpinyl acétate).

- **Le trimedlure** : Cette paraphéromone attire essentiellement les mâles de *C. rosa*, *C. capitata*, *C. anonae*. Il nous est arrivé de prendre quelques mâles de *C. cosyra* à Madina avec cet attractif mais cela reste une exception. Bien que le terpinyl capture également des *C. rosa* le trimedlure reste sans doute le meilleur attractif pour la mouche du Natal.

Par ailleurs, sur un échantillonnage de 650 adultes de *C. rosa*, nous avons 99 % de mâles (à Madina).

- **Le terpinyl acétate** : Cette paraphéromone est à la fois un attractif relativement performant et en même temps polyvalent pour *C. cosyra*, *C. silvestrii*, *C. quinaria*, *C. rosa*, *C. anonae* et même *C. ditissima*. C'est le seul attractif performant susceptible de prendre les mâles des 3 espèces précoces au Mali, *C. cosyra*, *C. silvestrii*, *C. quinaria*.

Il n'est pas inintéressant de souligner que le terpinyl acétate capture également des femelles de *C. rosa*. En effet sur un échantillonnage de 550 adultes capturés avec cet attractif (à Madina) nous avons 23 % de femelles (pour 77 % de mâles).

- **Le méthyl eugénol** : Cette paraphéromone est le seul attractif à prendre les mâles de *C. breinii* mais parfois quelques *C. rosa* également (Madina).
- **Le cuelure** : Cette paraphéromone capture les mâles de *B. cucurbitae*, *D. ciliatus*, *D. punctatifrons*, *D. bivittatus* et *D. vertebratus*.
- **Le buminal** : Le buminal seul est beaucoup moins performant que l'attractif suivant et permet de prendre essentiellement des *C. cosyra* et parfois des *C. rosa* (Madina).

Le buminal seul permet la capture de 85 % de femelles pour *C. cosyra* et de 70 % de femelles pour *C. rosa*. Ces résultats ont été obtenus avec un échantillonnage de 600 mouches capturées avec le buminal seul, pour les 3 sites confondus.

- **Le buminal + borax :**

Le mélange de buminal et de borax permet de prendre des *C. cosyra*, *C. silvestrii*, *C. quinaria*, *C. rosa*. L'acidité du mélange, grâce au borax, permet une meilleure attractivité.

Le mélange de buminal et de borax permet de capturer 85 % de femelles pour *C. cosyra* et 71% de femelles pour *C. rosa*. Ces résultats ont été obtenus avec un échantillonnage de 600 mouches capturées avec le buminal + borax, pour les 3 sites confondus.

4.3 - SUIVI DE L'EVOLUTION DU POURCENTAGE D'ATTAQUE :

4.3.1. Parcelles garnies de pièges et traitées :

Les résultats sont présentés sous forme des tableaux suivants (Tableaux 2 à 5) en fonction du site, de la date des observations et des principales variétés encore présentes dans les plantations :

Tableaux 2 à 5 : ESTIMATION DES DEGATS SUR 4 VARIETES (parcelles garnies de pièges et traitées).

| Var. KENT | Waibera (Sikasso) | Madina (Bougouni) | Konyini (Bamako) |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| du 12.06 au 15.06 | 47 % | 19 % | 29 % |
| du 19.06 au 22.06 | 44 % | 25 % | 37.5 % |
| du 26.06 au 29.06 | 28 % | 34.5 % | |
| du 03.07 au 06.07 | | 31.5 % | |
| du 10.07 au 13.07 | | 28 % | |
| du 17.07 au 20.07 | | 24 % | |
| du 24.07 au 27.07 | | 20 % | |
| du 31.07 au 03.08 | | 14 % | |
| du 07.08 au 10.08 | | 16.8 % | |

| Var. KEITT | Waibera (Sikasso) | Madina (Bougouni) | Konyini (Bamako) |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| du 12.06 au 15.06 | 38 % | 39 % | 38 % |
| du 19.06 au 22.06 | 39 % | 35 % | 39 % |
| du 26.06 au 29.06 | 41 % | 49.5% | 26 % |
| du 03.07 au 06.07 | 27.5 % | 41 % | |
| du 10.07 au 13.07 | 24.5 % | 28.6 % | |
| du 17.07 au 20.07 | 14.6 % | 23.3 % | |
| du 24.07 au 27.07 | 15 % | 15.6 % | |
| du 31.07 au 03.08 | 10.3 % | 9.3 % | |
| du 07.08 au 10.08 | 8.3 % | 10 % | |

| Var. BROOKS | Waibera (Sikasso) | Madina (Bougouni) | Konyini (Bamako) |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| du 12.06 au 15.06 | 36 % | | |
| du 19.06 au 22.06 | 38.5 % | | |
| du 26.06 au 29.06 | 62 % | | 87 % |
| du 03.07 au 06.07 | 38.5 % | | |
| du 10.07 au 13.07 | 32 % | | |
| du 17.07 au 20.07 | 22.6 % | | |

| | | | |
|-------------------|--------|--|--|
| du 24.07 au 27.07 | 21 % | | |
| du 31.07 au 03.08 | 15.3 % | | |
| du 07.08 au 10.08 | 14 | | |

| Var. HADEN | Waibera (Sikasso) | Madina (Bougouni) | Konyini (Bamako) |
|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|
| du 12.06 au 15.06 | | | 48 % |
| du 19.06 au 22.06 | | | 40 % |
| du 26.06 au 29.06 | | | 42 % |
| du 03.07 au 06.07 | | | |

- Sur le site de Waibera la variété Kent est la plus dépréciée par les piqûres de Tephritidae durant les 2 premières semaines. Durant la troisième et la quatrième semaine, c'est la variété Brooks qui supporte l'essentiel des déprédations des mouches. L'absence de résultat pour la Kent au début du mois de juillet est dû au fait que les derniers fruits ont été récoltés. L'essentiel des dégâts sur fruits se situe dans la strate inférieure de l'arbre sur les deux premiers mètres, particulièrement pour la Keitt. Les fruits ombragés et entourés de feuillage sont particulièrement touchés. Les dégâts décroissent ensuite régulièrement en juillet et en août.
- Sur le site de Madina la variété Keitt est plus attractive que la Kent vis à vis des mouches. Cela pourrait peut-être s'expliquer par l'influence pédologique sur la coloration des fruits ; en effet, contrairement aux substrats latéritiques, ce sol argilo-sableux ne permet pas une vive coloration des Kent et des Keitt ; les Keitt gardent ici une coloration jaune qui semble être particulièrement attractive pour les cératites. D'autres facteurs doivent intervenir également. Là encore, l'essentiel des piqûres touchent les fruits de la strate inférieure particulièrement pour les Keitt. A partir de la mi-juillet les dégâts décroissent ensuite régulièrement en juillet et en août.
- Sur le site de Konyini la variété Haden est celle qui a subi en moyenne l'essentiel des déprédations. Le pourcentage d'attaques très important sur la Brooks est à relativiser car les comptages n'ont été réalisés que sur un arbre unique. Les récoltes étaient également en cours à la fin du mois de juin.

4.3.2. Parcelle sans piège et non traitée :

Dans les tableaux suivants (6 et 7) nous faisons figurer les résultats des dégâts des variétés Kent et Keitt à Madina mais sur des « parcelles témoin » (sans piège et sans traitement par tache).

Tableaux 6 et 7 : ESTIMATION DES DEGATS SUR 2 VARIETES (parcelle non traitée)

| Var. KENT | | Madina (Bougouni) |
|-------------------|--|-------------------|
| du 10.07 au 13.07 | | 48 % |
| du 17.07 au 21.07 | | 42 % |
| du 24.07 au 27.07 | | 35.3 % |
| du 31.07 au 03.08 | | 29.3 % |
| du 07.08 au 10.08 | | 35.3 % |

| Var. KEITT | | Madina (Bougouni) |
|-------------------|--|-------------------|
| du 10.07 au 13.07 | | 42 % |
| du 17.07 au 21.07 | | 39 % |
| du 24.07 au 27.07 | | 35.6 % |
| du 31.07 au 03.08 | | 28.3 % |
| du 07.08 au 10.08 | | 36.6 % |

Ces résultats comparatifs entre parcelles traitées (Tab. 2 et 3) et parcelles témoin (Tab. 6 et 7) sont significativement différents et mettent en valeur l'importance des moyens de lutte mis en place.

Dans d'autres vergers (visités au mois d'avril) non traités, nous avons enregistré de 26 à 61 % de dégâts sur fruits pour la variété Amélie.

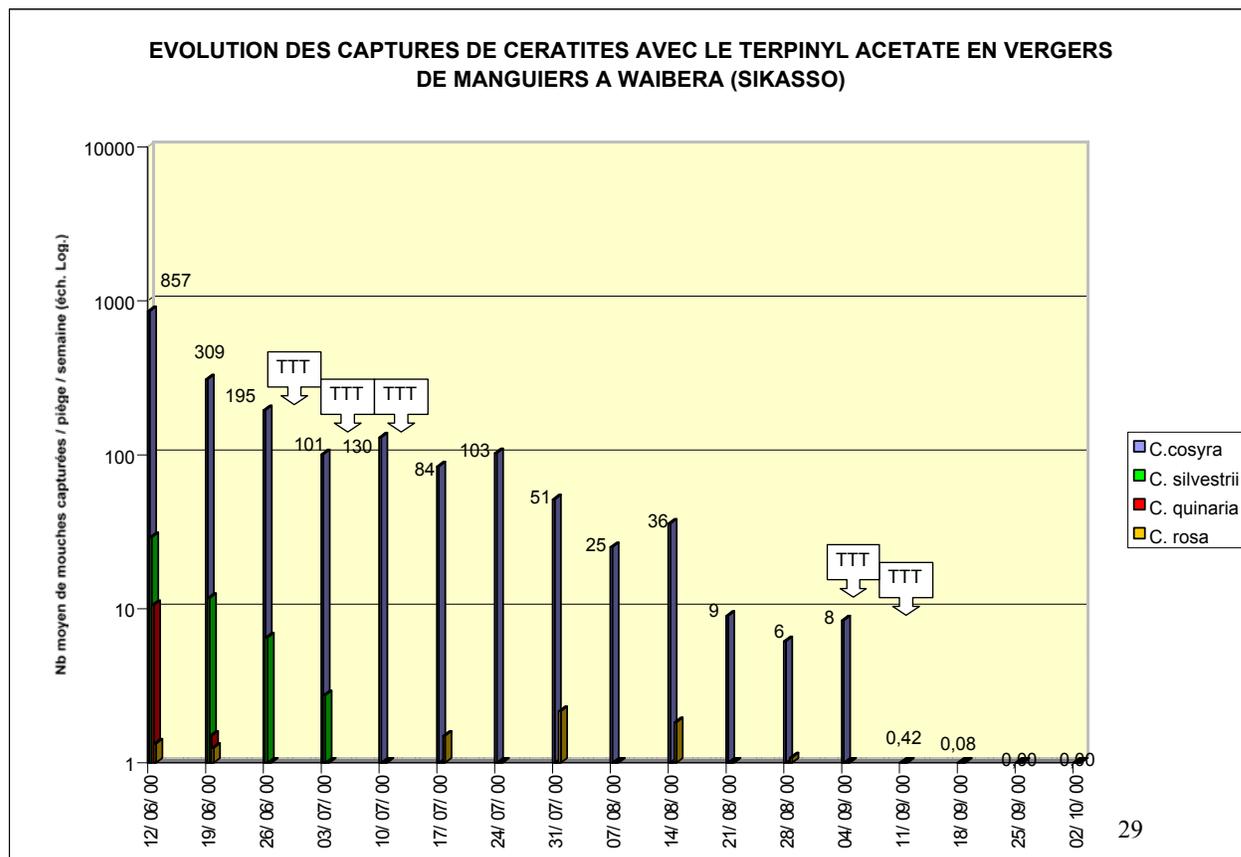
4.4. TRAITEMENTS PAR TACHES :

Nous n'attendions qu'une autorisation (celle de l'USAID) pour débiter les traitements par taches, les seuils économiques de nuisibilité étant bien entendu complètement dépassés dès les premières semaines au niveau des relevés des pièges.

4.4.1. Site de Waibera :

La première série de traitements fut exécutée (**figure 6**) dans la dernière semaine du mois de juin (26.06), la seconde durant la première semaine de juillet (3.07), la troisième durant la seconde semaine de juillet (10.07), la quatrième et cinquième durant la première semaine (4.09) et la deuxième de septembre (11.09).

Figure 6 :



A Waibera (**Figure 6**) le premier traitement a fait chuter de 50% en une semaine le nombre moyen de *C. cosyra* capturées par piège.

Le second n'est pas efficace puisque l'on est passé d'une moyenne de 101 *C. cosyra* capturées par piège à 132. Cela s'explique par des précipitations qui ont eu lieu le soir même du traitement et toute la journée du lendemain conduisant ainsi à un lessivage de la bouillie dispensée.

Le troisième traitement a permis de passer d'une moyenne de 130 *C. cosyra* capturées par piège à 84. L'efficacité modérée de ce traitement est encore due aux précipitations des jours suivants les pulvérisations.

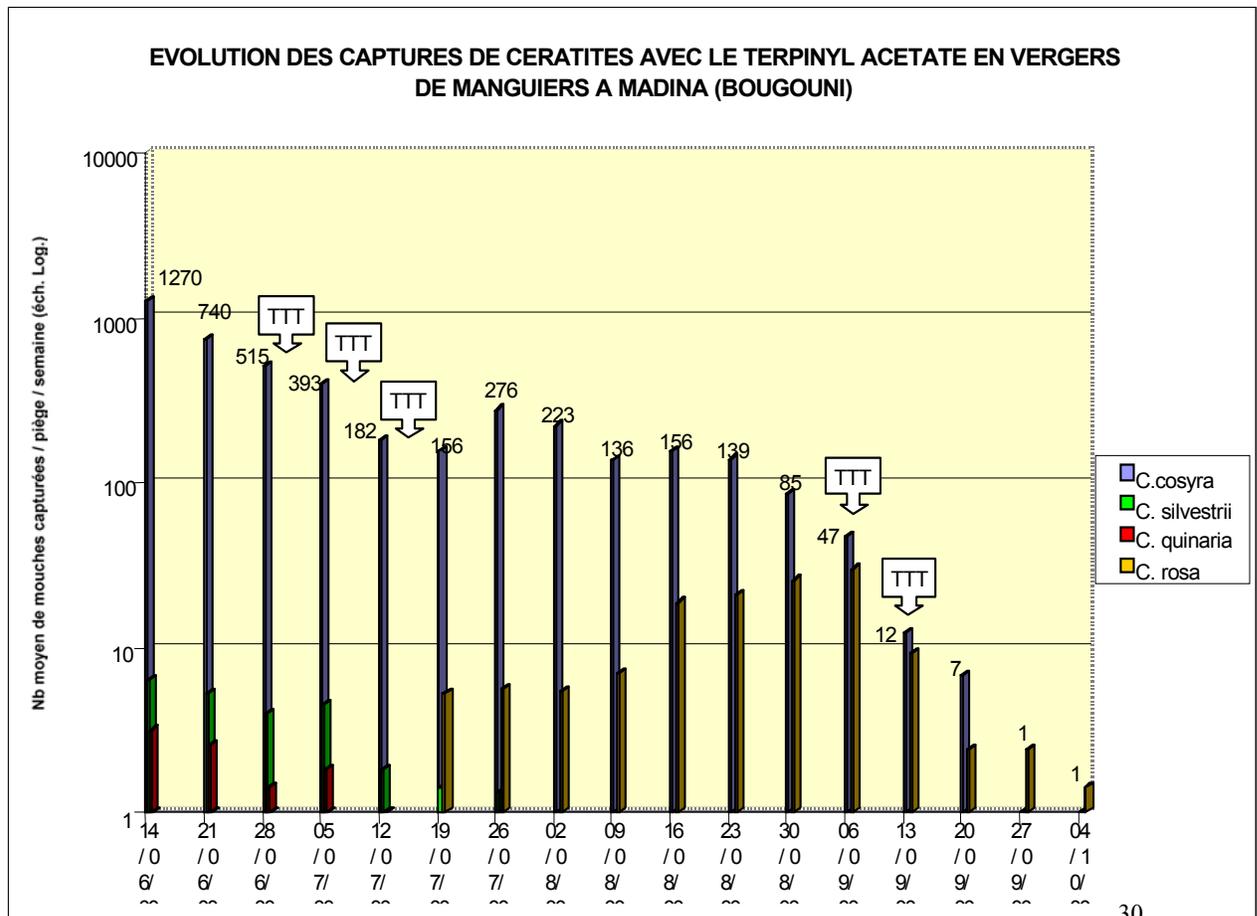
Les quatrième (4.09) et cinquième (11.09) ont permis par contre d'annihiler les populations résiduelles de *C. cosyra* comme celles des autres espèces.

Dans le même intervalle de temps cela a permis de réduire des $\frac{3}{4}$ les populations de *C. rosa* existantes à la fin du mois d'août, sachant que l'on avait encore des fruits épars de Keitt et de Brooks jusqu'à la troisième semaine de septembre.

4.4.2. Site de Madina :

La première série de traitements fut exécutée (**Figure 7**) dans la dernière semaine du mois de juin (28.06), la seconde durant la première semaine de juillet (5.07), la troisième durant la seconde semaine de juillet (12.07), la quatrième et cinquième durant la première semaine (6.09) et la deuxième de septembre (13.09).

Figure 7 :



A Madina (**Figure 7**), le premier traitement a obtenu des résultats modestes en une semaine en faisant passer le nombre moyen de *C. cosyra* capturées par piège de 515 à 393.

Par contre le second a été plus efficace puisque l'on est passé d'une moyenne de 393 *C. cosyra* capturées par piège à 182.

Le troisième traitement n'a pas obtenu les résultats escomptés car on est a passé d'une moyenne de 182 *C. cosyra* capturées par piège à 156. Cela s'explique par des précipitations qui ont eu lieu toute la journée du lendemain conduisant ainsi à un lessivage différé de la bouillie dispensée.

Les quatrième (6.09) a permis de passer en dessous du seuil fixé à 25 mouches par piège et par semaine.

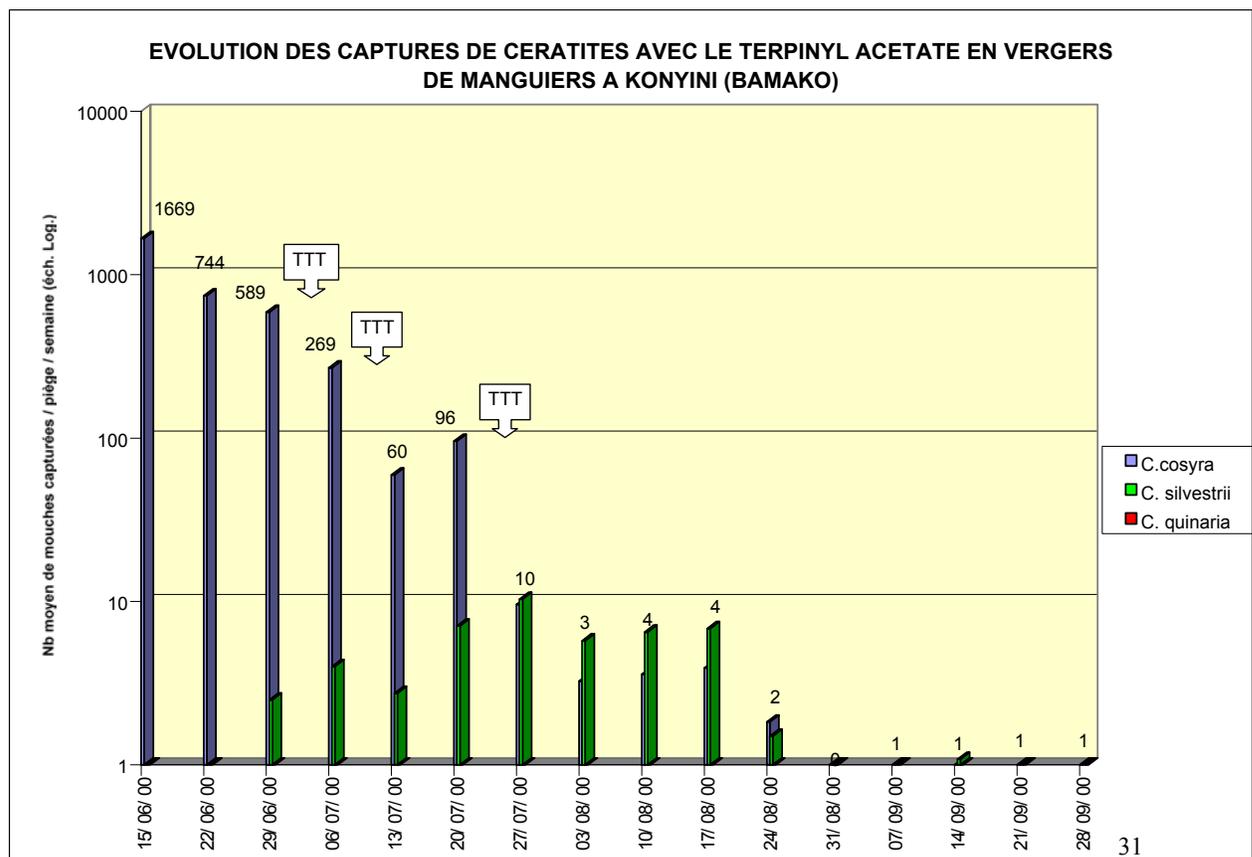
Le cinquième (13.09) a renforcé la chute rapide des populations de *C. cosyra* comme celles des autres espèces.

Ce qui est donc particulièrement intéressant, c'est de constater que la quatrième série de traitements a permis de passer en dessous du seuil économique de nuisibilité aussi bien pour *C. cosyra* que pour *C. rosa*. En effet, nous avons une moyenne de 47 *C. cosyra* par piège de terpinyl et de 39 *C. rosa* par piège de trimedlure le 6.09, pour arriver à une moyenne de 12 *C. cosyra* par piège de terpinyl et de 11 *C. rosa* par piège de trimedlure le 13.09. Si l'on suit les populations de *C. rosa* piégées non plus avec le trimedlure, mais avec le terpinyl on aboutit aux mêmes conclusions. Et comme l'on sait (cf § 4.1 et 4.2.) que *C. cosyra* et *C. rosa* sont les deux espèces importantes à neutraliser, alors le résultat est encourageant.

4.4.3. Site de Konyini :

La première série de traitement fut exécutée (**Figure 8**) durant la dernière semaine du mois de juin (29.06), la seconde durant la première semaine de juillet (6.07), le troisième durant la troisième semaine de juillet (20.07).

Figure 8 :



A Konyini (**Figure 8**) le premier traitement a fait chuter de plus de 50 % en une semaine le nombre moyen de *C. cosyra* capturées par piège en passant d'une moyenne de 589 à 269 *C. cosyra* capturées par piège.

Le second est encore plus efficace, puisque l'on est passé d'une moyenne de 269 *C. cosyra* capturées par piège à 60. L'absence de traitement à la mi-juillet a permis aux populations de *C. cosyra* de remonter à 96 *C. cosyra* capturées par piège.

Le troisième et dernier traitement a permis de diviser par 10 le nombre moyen de *C. cosyra* capturées par piège et ainsi de passer largement en dessous d'un seuil économique de nuisibilité que nous avons fixé à 25.

Il est intéressant de constater une incidence de ces traitements, tant au niveau des pourcentages de dégâts enregistrés sur les fruits (sur l'arbre) qu'au niveau du nombre de mouches capturées. En effet, durant la première semaine de juillet, les données disponibles sur Waibera et Madina indiquent une diminution des piqûres et du nombre de captures.

Par ailleurs, les mauvaises conditions climatiques (pluies orageuses) nous ont considérablement gêné dans l'application de ces traitements par taches. En effet, il est bien évident que nous avons annulé ces traitements par temps pluvieux et également lorsque l'orage menaçait. Néanmoins, nous n'avons pu éviter certaines précipitations dans la soirée ou la nuit suivant les pulvérisations avec pour conséquence une stagnation voire une remontée des populations de mouches la semaine suivante.

Nous ne saurions que souligner encore une fois la nécessité de débiter le piégeage et les éventuels traitements en début d'année prochaine (avant le début de la campagne) afin de pouvoir réellement tester cette méthode de lutte dans les meilleures conditions. En effet, si l'on arrive, en appliquant les traitements très tôt dès que le seuil avoisine une moyenne de 25 mouches par piège et par semaine, à empêcher toute infestation et tout dépassement du seuil, alors on pourra sans doute se libérer de la contrainte climatique en espaçant les traitements tardifs et en supprimant ceux qui comportent des risques de lessivage.

4.5. DEROULEMENT DU PLAN DE FORMATION :

- Le 30 mai nous nous sommes rendus à Makandiassa, conformément à l'échéancier du plan d'action, afin de tenir notre séance de formation ; M. I. Cissé officiait comme traducteur.
- Le 20 juin nous avons tenu notre séance de formation à Waibera sous l'égide du chef du village M. Diafara Diarra et avons bénéficié des talents de traducteur du Chef d'antenne du CAE à Sikasso M. Cheikh Soumaré.
- Le 24 juin nous nous sommes rendus à Farako afin de tenir notre réunion de formation ; M. I. Cissé officiait comme traducteur.
- Le 11 juillet nous nous sommes rendus à Kapala, conformément à l'échéancier du plan d'action, afin de tenir notre séance de formation sur les mouches des fruits. Elle fut tenue sous l'égide du chef du village M. Zana Berté ; M. G. Livingstone et C. Soumaré y assistaient également.
- Le 14 juillet nous avons tenu notre séance de formation à Konyini sous l'égide du chef du village M. Fama Traoré ; M. S. Bouaré officiait comme traducteur.

- Le 17 juillet nous avons tenu notre séance de formation à Sibirasso sous l'égide du chef du village M. Sékou Traoré ; M. C. Soumaré officiait comme traducteur.
- Le 20 juillet nous avons tenu une réunion de sensibilisation sur les techniques culturales et les problèmes phytosanitaires du manguier à Nyessoumala suite à une demande générale relayée par un planteur M. T. Soumaoro.
- Le 21 juillet nous avons tenu à Kaï notre séance de formation sur les mouches des fruits sous l'égide du chef du village M. T. Sogodogo ; M. C. Soumaré officiait également comme traducteur.
- Le 28 juillet nous avons tenu une réunion de sensibilisation, avec les exportateurs, sur les problèmes phytosanitaires du manguier à Bamako (salle de réunion du CAE) et plus spécialement sur les méthodes de détection et de lutte contre les mouches des fruits mais aussi contre certains pathogènes (pourriture pédonculaire) et désordres physiologiques (« nez mou »).
- Le 4 août nous avons tenu à Mandela (rendez-vous reporté) notre séance de formation sur les mouches des fruits sous l'égide du chef du village M. K. Ballo ; M. I. Cissé officiait comme traducteur.
- Le 5 août nous avons tenu à Loulouni (rendez-vous reporté) notre séance de formation sur les mouches des fruits sous l'égide du chef du village M. B. Mélégué ; M. I. Cissé officiait comme traducteur. D'autres problèmes furent abordés notamment la conduite culturale des manguiers mais aussi des agrumes.
- Le 9 août nous avons tenu à Madina (rendez-vous reporté) notre séance de formation sur les mouches des fruits sous l'égide du chef du village ; M. I. Cissé officiait comme traducteur.

Par ailleurs de nombreux planteurs ont cherché à connaître l'adresse de notre bureau CAE à Sikasso. Certains nous ont rendu visite ultérieurement.

Le tableau suivant (**Tableau 8**) nous donne le récapitulatif des formations que nous avons tenues durant la consultation. Signalons que deux formations n'étaient pas prévues dans le plan d'action, celles de Bamako avec les exportateurs maliens et de Nyessoumala avec les planteurs frontaliers. Il nous a paru important de les inclure dans notre planning malgré un programme de travail déjà bien chargé.

Tableau 8 : Récapitulatif des séances de formation

| Localités | Dates | Participants | Résultats |
|------------------|--------------|---------------------|------------------------------------|
| Makandiassa | 30.05 | 19 | Séance prévue et tenue |
| Waibera | 20.06 | 28 | Séance prévue et tenue |
| Farako | 24.06 | 31 | Séance prévue et tenue |
| Kapala | 4.07 | | Séance prévue et reportée le 11.07 |
| Konyini | 29.06 | | Séance prévue et reportée le 14.07 |
| Kapala | 11.07 | 8 | Séance prévue et tenue |

| | | | |
|--------------|-------|----|----------------------------|
| Konyini | 14.07 | 22 | Séance prévue et tenue |
| Sibirasso | 17.07 | 15 | Séance prévue et tenue |
| Nyessoumala | 20.07 | 22 | Séance non prévue et tenue |
| Kaï | 21.07 | 17 | Séance prévue et tenue |
| Bamako (CAE) | 28.07 | 12 | Séance non prévue et tenue |
| Mandela | 04.08 | 31 | Séance prévue et tenue |
| Lolouni | 05.08 | 11 | Séance prévue et tenue |
| Madina | 09.08 | 18 | Séance prévue et tenue |

CINQUIEME PARTIE : RECOMMANDATIONS

5.1. INVENTAIRE DES TEPHRITIDAE INFEODEES AU MANGUIER :

L'inventaire des espèces de Tephritidae ravageurs des mangues greffées n'a réellement débuté qu'à la mi-avril dans la zone de Sikasso et de Bamako mais seulement à la mi-juin dans la zone de Bougouni.

Il serait donc important de combler cette lacune l'an prochain en mettant en observation des fruits piqués de février à juin. Il est possible que des espèces particulièrement précoces nous aient échappé. D'autre part il serait particulièrement utile de mieux connaître les niches écologiques des 3 espèces précoces que nous avons mises en évidence *C. cosyra*, *C. silvestrii* et *C. quinaria*. Des applications pratiques au niveau de la lutte en découleront.

Au mois de février, il serait intéressant de récolter par échantillonnage les petites mangues qui viennent à tomber par éclaircissage naturel et qui prennent une couleur jaune-orangée. En effet, nous nous sommes aperçus en Guinée (zone de Kankan) que ces petits fruits tombés prématurément pouvaient héberger une ou deux larves de cératites (Vayssières, 1995) de *C. cosyra*. Cela permet ainsi à une espèce de commencer à se reproduire avant même la campagne. Ce serait donc à vérifier car les dates d'intervention dans les vergers ne seront pas forcément les mêmes dans ce cas.

D'autre part, nous n'avons pas récolté de « mangots » et nous ne connaissons donc pas les espèces de Tephritidae qui les piquent. C'est probablement les espèces de Tephritidae que nous avons obtenues des variétés améliorées (greffées) mais cela reste à prouver.

Par ailleurs, nous n'avons pas fait d'investigations et de collectes concernant les fruits sauvages et c'est un domaine particulièrement important dans le cadre de la mise en place d'une stratégie de lutte. De nombreux fruits sauvages permettent non seulement une multiplication à grande échelle des populations de mouches mais peuvent également faciliter la survie de colonies résiduelles en dehors de la période de fructification des mangues (en saison sèche).

5.2. MISE EN PLACE D'UN SYSTEME DE PIEGEAGE PLUS ETENDU :

Le système de piégeage que nous avons mis en place nous a permis de capturer les espèces de mouches que nous avons obtenues des mangues piquées et également de tester plusieurs attractifs afin de mettre en évidence les plus performants.

Par ailleurs toute étude sur le suivi de l'évolution des captures d'insectes, et de Tephritidae ici, doit être faite durant plusieurs années consécutives afin de pouvoir la valider.

Sachant cela, nous recommandons, dans le cadre d'une nouvelle campagne, les actions suivantes :

- continuer de travailler chez les planteurs chez qui nous sommes intervenus durant la campagne 2000, i.e. M. Soumaïla DIARRA à Waibera, M. Fanto TRAORE à Konyini et de M. Bakary BALLO à Madina ;
- étendre le réseau de piégeage en faisant passer les sites d'intervention de 3 à 9 ;
- mettre en place les pièges dès le début du mois de janvier dans les vergers identifiés ;

- installer au même moment un thermo-hygrographe et un pluviomètre par verger ;
- identifier des nouveaux vergers dans les zones de Niéna, Yanfolila, Nyessoumala et Sélingué pour y poser des pièges, nouveaux sites qui auront les mêmes conditionnalités de sélection que ceux de Waibera, Madina et Konyini ;
- généraliser le piégeage avec le terpinyl acétate pour les pièges à paraphéromones puisque cet attractif capture les 4 principales espèces de mouches inféodées au manguier ;
- pour les attractifs liquides tester les nouveaux attractifs à trois composantes (putrescine, triméthylamine, acétate d'ammonium) particulièrement performants vis à vis des femelles de cératites (Quilici, 2000) : il reste à mettre en évidence au Mali les espèces susceptibles d'être piégées ;
- tester également les pièges McPhail vides pour s'en servir de pièges colorés uniquement (sans oublier d'y installer la plaquette DDVP) car nous avons eu de bons résultats ponctuels avec ces pièges utilisés, tels que ;
- tester enfin les substances photosensibles qui ont donné des résultats inégaux dans d'autres pays en fonction de diverses problématiques : pouvant remplacer les insecticides dans les traitements par taches ces substances méritent d'être testées dans le contexte malien.

5.3. SUIVI DU POURCENTAGE D'ATTAQUE :

Nous avons eu un suivi du pourcentage d'attaque des fruits des variétés floridiennes en cours et surtout en fin de campagne et cela reste insuffisant.

Il serait important de faire un suivi du pourcentage d'attaque des variétés floridiennes durant toute la campagne et en particulier au début de la campagne, moment particulièrement crucial. De même il serait très utile de faire un suivi du pourcentage d'attaque des fruits de l'Amélie comme ceux d'autres variétés exportables et tout particulièrement les variétés précoces (Irwin, Zill, etc.).

Par ailleurs, nous n'avons pu mettre en observation les fruits piqués dans le cadre de ces observations de fruits piqués, cela par manque de personnel et de place. Il ne serait pas inintéressant de le prévoir dans les actions futures de ce type.

5.4. TRAITEMENTS PAR TACHES :

Nous soulignons encore une fois la nécessité de débiter le piégeage et de se tenir prêt pour les éventuels traitements en début d'année prochaine (avant le début de la campagne) afin de pouvoir réellement tester cette méthode de lutte dans les meilleures conditions et d'assurer ainsi une meilleure protection aux mangues des vergers ciblés.

Dans le cadre de ces traitements il serait particulièrement intéressant de faire varier le nombre d'arbres à tester sur un rang : un arbre sur deux, un arbre sur trois, etc., comme la quantité de buminal qui entre dans la composition de la bouillie. En effet, pour un résultat identique, on aura tendance à préférer les méthodes d'application les plus économiques.

Comme nous l'avions précédemment évoqué, il sera nécessaire de calculer les seuils économiques de nuisibilité des Tephritidae durant la campagne prochaine en fonction de l'évolution des populations des différentes espèces en cause, des dégâts enregistrés sur fruits, des coûts de production, des ventes, et cela pour chaque variété.

Il est bien évident qu'on ne peut actuellement faire aucune recommandation de traitements par tache au niveau des Services Maliens du Développement de l'Agriculture pour la prochaine campagne, malgré la forte demande rencontrée en ce sens. Il est impératif de poursuivre en 2001 ces traitements avec rigueur chez les planteurs chez qui nous avons déjà travaillé.

5.5. PLAN DE FORMATION :

Il serait particulièrement opportun d'étendre ce plan de formation aux autres zones sur lesquelles on a réalisé une extension du piégeage. L'expérience de cette année, nous a montré la nécessité de prévoir des réunions villageoises en adéquation avec leurs programmes de travail et autres activités.

Sur le terrain, on utilisera préférentiellement des supports didactiques pratiques tels que les fiches techniques, les reproductions de tirages couleur permettant de différencier les espèces et l'évolution des dégâts.

On pourrait avantageusement, avant la campagne et en début de campagne, faire des sessions de formation en salles pour les pisteurs et les exportateurs en utilisant des supports vidéo. Ces supports mettraient l'accent sur les symptômes de piqûres de mouches vis à vis de différentes variétés et de leur évolution tant externe qu'interne. Les périodes optimales de coupe pour chaque variété ainsi que les strates préférentielles de l'arbre seront également à privilégier pour la coupe. En effet, les fruits de la strate inférieure sont toujours plus infestés que ceux des strates supérieures.

De même, on pourrait avantageusement, avant la campagne et en début de campagne, faire des sessions de formation, avec des supports vidéo, pour le personnel des stations de conditionnement en insistant essentiellement sur les symptômes de piqûres sur Amélie, Kent et Keitt ; on essaiera de présenter l'évolution externe quotidienne des piqûres pour chacune des 3 variétés. On insistera particulièrement sur la détection des piqûres de quelques jours ou au plus d'une semaine.

5.6. AUTRES RECOMMANDATIONS :

En attendant de tels développements, nous avons néanmoins à notre disposition un panel d'actions de lutte pouvant éventuellement compléter les traitements par taches préconisés et qui seraient à promouvoir également pour abaisser le niveau des populations de cératites en dessous d'un seuil économique de nuisibilité. Il est particulièrement important, de percevoir la notion de complémentarité dans ces différentes composantes de la lutte intégrée, et l'importance de leur mise en œuvre de façon simultanée en début d'infestation, sans attendre d'avoir des populations de mouches trop importantes.

Sans rentrer dans le détail nous mentionnerons les principales techniques utilisables :

5.6.1. Recommandations techniques à court terme :

- La destruction des fruits piqués, est une méthode complémentaire très utile dans tout programme de lutte contre ces ravageurs ; les fruits piqués doivent être cueillis (ou ramassés lorsqu'ils sont tombés) pour être détruits le plus rapidement possible avant que les larves ne puissent se transformer en pupes dans le sol. On voit malheureusement trop souvent des fruits en cours de décomposition sous les arbres, fruits qui servent de milieu d'élevage pour la multiplication de l'espèce. Un des meilleurs moyens est encore de les brûler ou de les asperger de pétrole car l'enfouissement n'est jamais sûr à 100%, les larves ayant une propension et une capacité importantes à remonter à la surface.
- Des procédés culturaux, par exemple la neutralisation des fruits sauvages (annonces, etc.) tout au moins à proximité des vergers de manguiers.
La promotion de variétés précoces (Irwin, etc.) pourrait être également d'un intérêt certain vis à vis de la dynamique des populations de mouches.
Les labours constituent de toute façon un petit complément dans le cadre d'un programme de lutte intégrée avec leur incidence sur la destruction ponctuelle des pupes. D'autre part, le labour est très important pour préserver les vergers des feux de brousse dévastateurs.
- La lutte biologique, enfin, pourrait être d'un apport non négligeable en essayant auparavant de mieux appréhender la complexité des chaînes trophiques et l'importance des différents facteurs (biotiques et abiotiques) de régulation des populations de parasitoïdes de mouches. En effet, nous avons de nombreuses espèces de parasitoïdes présents au Mali qui pourraient être mieux valorisés.

5.6.2. Recommandations diverses :

- Une collaboration avec l'IER, dans le cadre de la poursuite de nos actions, nous paraît être importante au sein de la filière mangue. M. F. Sanogo, qui a suivi avec intérêt nos expérimentations durant deux mois, devrait pouvoir assurer pleinement une continuité de ces activités en liaison avec des entomologistes confirmés durant l'année prochaine.
- L'identification et le montage d'un Projet Régional de Lutte contre les Tephritidae du manguiers avec pour partenaires le Mali, la Guinée, le Burkina et la RCI serait en quelque sorte la continuité pertinente à moyen terme de ce type d'action. Une stratégie de lutte à l'échelle sous-régionale s'impose en effet contre ce type de ravageur susceptible de couvrir de petites distances de son fait (vol orienté) ou d'être porté sur de grandes distances par les vents violents du F.I.T. (vol non orienté) en provenance du Sud.

Les bailleurs qui seraient susceptibles d'être contactés pour ce montage, par l'intermédiaire de l'IER, sont le SCAC et surtout l'UE dans le cadre de la discussion du 9^{ème} FED par exemple durant l'année 2001.

CONCLUSION

Cette action, d'étude et de lutte, entreprise par le CAE contre les mouches Tephritidae du manguier au Mali, nous a donné des résultats novateurs sur le plan scientifique, intéressants au niveau de la recherche appliquée et prometteurs pour les planteurs ; ces résultats seront à confirmer durant les années à venir.

Les données bibliographiques que nous avons sur l'entomocoenose des Tephritidae du manguier et de leurs agents de contrôle naturel se sont notablement enrichies en passant de 3 à 6 espèces de ravageurs primaires des mangues ; en effet, les espèces *C. anonae*, *C. quinaria* et *C. ditissima* n'étaient pas encore répertoriées au Mali. Pour les parasitoïdes larvo-pupaux (micro-hyménoptères) plus de 80% du matériel récolté ne semble pas avoir encore été signalé du Mali.

Les dégâts que nous avons estimés par échantillonnage de fruits ne sont pas aussi importants sur les variétés exportables (Kent, Keitt) que les prévisions initiales pouvaient le laisser supposer. Néanmoins, ils restent considérables puisque nous avons enregistré de 30 à 50 % de dégâts dus aux mouches sur des parcelles témoin.

Le piégeage a donné d'excellents résultats (bien que prévisibles) et nous permettent de recommander la généralisation du terpinyl acétate pour détecter et évaluer les populations des mâles des principales espèces de Tephritidae en début et en cours de campagne. Dans le cadre de nos recommandations, nous préconisons la recherche de 6 autres sites en plus des 3 connus pour étendre notre réseau de suivi et d'alerte dans les zones méridionales de la troisième région.

Les traitements par taches ont donné des résultats encourageants, mais n'ont pu être testés dans les conditions optimales car nous les avons débuté en cours de campagne au lieu du début de campagne requis. Ils devront être repris dès le début de la campagne en 2001 chez les planteurs où nous sommes intervenus cette année et testés éventuellement sur d'autres sites potentiels (Sélingué, Yanfolila, Nyessoumala).

Les séances de formation ont révélé un enthousiasme et une disponibilité des planteurs tout à fait remarquables qu'il ne faudrait pas décevoir ultérieurement. Il est donc fondamental, de prévoir une poursuite et une extension de ces actions au niveau de la troisième région en liaison avec les services compétents de l'IER malien.

La suite logique de ce type d'action serait la création d'un Projet Régional de Lutte contre les Tephritidae du manguier en Afrique de l'Ouest avec pour partenaires potentiels le Mali, la Guinée, le Burkina et la RCI. L'élaboration d'une stratégie de lutte à l'échelle sous-régionale est fondamentale à moyen terme vis à vis d'un ravageur sous-régional.

TABLE DES PRINCIPAUX SIGLES

| | |
|--------|---|
| ACP | Pays de la zone Afrique Caraïbes Pacifique |
| APROFA | Agence pour la Promotion des Filières Agricoles |
| CAE | Centre Agro-Entreprise |
| CIRAD | Centre International de Recherche Agronomique pour le Développement |
| DRA | Division de la Recherche Agronomique |
| FAO | Food Agricultural Organisation |
| FED | Fonds Européen de Développement |
| FIT | Front Inter Tropical |
| IER | Institut d'Economie Rurale |
| IPM | Integrated Pest Management |
| SCAC | Service de Coopération et d'Action Culturelle |
| SPV | Service de Protection des Végétaux |
| UE | Union Européenne |
| USAID | United States Agency for International Development |

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Barbet A., 2000. Suivi des populations de cératites (Dipt. Tephritidae) en Nord Côte d'Ivoire dans la perspective d'une lutte raisonnée. Mémoire présentée au CNEARC en vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles des Régions chaudes ; 52 pp. + annexes.
- Coulibaly B., 1999. Evaluation du potentiel agricole de la filière mangue en 3^{ème} région. Mali Yiriden. Agence pour la Promotion des Filières Agricoles ; 66 pp. + annexes.
- Delvare G. et Aberlenc H.P., 1989. Ordre Diptera. In : Delvare G. et Aberlenc H.P. Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale ; clés pour la reconnaissance des familles ; 229-263. Prifas-CIRAD, Montpellier, France.
- De Meyer M., 1998. Revision of the subgenus *Ceratitits* (*Ceratalaspis*) Hancock (Diptera Tephritidae). Bulletin of Entomological Research, **88**, 257-290.
- Etienne J., 1982. Etude systématique, faunistique et écologique des Téphritidés de la Réunion. Thèse de l'Ecole pratique des Hautes Etudes, Paris, 100 pp.
- Hancock D.L., 1984. Ceratitinae (Diptera Tephritidae) from the Malagasy subregion. Journal of the Entomological Society Southern Africa, **47**, 277-301.
- Hancock D.L., 1987. Notes on some African Ceratitinae (Diptera Tephritidae) with special reference to the Zimbabwean fauna. Transactions of the Zimbabwe Scientific Association, **63**, 47-57.
- Ito Y. et Koyama J., 1982. Eradication of the melon fly : Role of population ecology in the successful implementation of the sterile insect release method. Protection ecology, **4**, 1-28.
- Kapatós E.T., 1989. Integrated Pest Management System of *Dacus oleae*. In World Crop Pests-Fruit flies : their Biology, Natural Enemies and Control. A.S. Robinson & G. Hooper (eds), Elsevier, Amsterdam, 3B, 391-396.
- Marchés tropicaux et méditerranéens. Spécial Mali ; 2842, 715-736.
- N'Guetta K., 1994. Inventaire des insectes de fruits récoltés dans le Nord Côte d'Ivoire. Fruits, **49**, 5-6 : 502-503.
- N'Guetta K., 1998. Rapport d'activité de recherche. IDEFOR / DFA, 12 pp.
- Noussourou M. et Diarra B., 1995. Lutte intégrée contre les mouches des fruits. Sahel IPM, **6**, 2-13.
- Nonveiller G., 1984. Catalogue des insectes du Cameroun d'intérêt agricole. Institut pour la protection des plantes, Mémoires XV, Belgrade, Yugoslavia.

- Quilici S., 1992. Renforcement et stimulation de la lutte raisonnée contre les mouches des fruits. Rapport annuel CIRAD / IRFA. 8 pp.
- Quilici S., 2000. Compte-rendu de participation à la première réunion du programme coordonné FAO-AIEA « développement d'attractifs optimisés pour les mouches des fruits », Sao Paulo, Brésil, 28 / 08 au 1 / 09 / 2000.
- Silvestri F., 1913. Viaggio in Africa per cercare parassiti di mosche dei frutti. Bolletino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della R. Scuola Superiore d'Agricoltura, Portici, **8**, 1-164.
- Southwood T.R.E., 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. 2nd edition. Chapman and Hall, London, 524 pp.
- Vayssières J.F. & Sangaré M., 1995. Enquête sur le potentiel de production de mangues en Haute Guinée. Projet FAC / IRAG. Ministère du Développement Rural. Conakry. Guinée 18 pp. + annexes.
- Vayssières J.F. & Carel Y., 1999. Les Dacini (Diptera Tephritidae) inféodées aux Cucurbitaceae à la Réunion : gamme de plantes-hôtes et stades phénologiques préférentiels des fruits au moment de la piqûre pour des espèces cultivées. Annales de la Société Entomologique de France, **35**, 197-202.
- Vayssières J.F. & Kalabane S., 2000. Inventory and fluctuations of the catches of Diptera Tephritidae associated with mangoes in coastal Guinea. Fruits, **55**, 259-270.
- Vincenot D., 1993. Synthèse de trois années d'expérimentation et de développement en lutte intégrée sur agrumes à l'île de la Réunion. Document CIRAD-FLHOR / C.A. de la Réunion, 36 pp. + annexes.
- White I.M. & Elson-Harris M., 1992. Fruit flies of significance : their identification and bionomics, CAB international with ACIAR, Redwood Press Ltd, Melksham, U.K., 601 pp.