



MEMOIRE DE DIPLOME D'ETUDE APPROFONDIE (D.E.A)
OPTION : ENTOMOLOGIE

IDENTIFICATION ET EVALUATION DE QUELQUES ENNEMIS NATURELS DES LEPIDOPTERES
FOREURS DE TIGE DE MAÏS A MADAGASCAR

Soutenu par Mr. **RASAMIZAFY** Lerry Adrien le 22 mars 2006

Devant la commission de jury :

- Président : Mr. **RAZAFINDRASATA** Fidimanana
Professeur Titulaire
- Rapporteur : M^{me} **RAVOMANARIVO** Lala Harivelo
Maître de conférence
- Examineurs : M^{me} **RAFARASOA** Lala Sahondra
Maître de conférence
- Mr. **RANDRIANARISOA** Ernest
Maître de conférence



A tous ceux à qui je n'ai pas eu le temps de dire :

« Je t'aime »

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet « *Biological control of cereal stemborers* » qui est une collaboration entre :

1. L'**ICIPE** ou International Center of Insect Physiology and Ecology; Nairobi Kenya
2. Le Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la Pêche (**MAEP**) représenté par le Service de la Protection des Végétaux (**SPV**)
3. Le Ministère de l'Education Nationale et de la Recherche Scientifique représenté par l'Université d'Antananarivo et le **FOFIFA**

Ainsi, je tiens à remercier :

- M^{me} **RAVOLOLONANDRIANINA Jeannette**, Chef de la Division Stratégie de Lutte et Expérimentation au sein du Service de la Protection des Végétaux, et coordinateur national du projet «*Biological control of cereal stemborer*», pour ses soutiens aussi bien matériel que moral ;
- M^{me} **RAOELIJAONA Claudine**, Chef de la division Entomologie au sein du Service de la Protection des Végétaux ; qui a toujours été pour nous comme une mère,
- M^{me} **RAVAOMANARIVO Lala Harivelo**, Maître de conférence et enseignant chercheur à l'Université, mon encadreur, pour ses encouragements et critiques ;
- **M. RAZAFINDRASATA Fidmanana** Professeur Titulaire et Responsable de la formation doctorale au sein du Département d'Entomologie, pour ses précieux conseils ;
- M^{me} **RAFARASOA Lala Sahondra**, Maître de conférence, Chef du Département d'Entomologie
- **M. RANDRIANARISOA Ernest**, Maître de conférence, d'avoir accepté de faire partie du Jury ;
- M^{me} **RALISOA Randrianasolo Baholy Olga**, Professeur Titulaire, pour sa préoccupation au bon déroulement de notre travail ;
- M^{lle} **RAHALIVAVOLOLONA Nyaka** Maître de conférence et chercheur au FOFIFA, pour ses conseils ;
- **M. RABEATOANDRO Gaston**, technicien au sein du Service de la Protection des Végétaux, pour ses conseils et ses aides lors des prospections ;
- Tous les collègues qui ont bien voulu me prêter main forte lors du dépouillement des données ;
- Les membres de ma famille, pour leur prière et leur soutien moral ;

Ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué à l'accomplissement de ce travail.

SOMMAIRE

	Page
I.INTRODUCTION :	1
II. MATERIELS ET METHODES :	3
II.1. MATERIELS :	3
II.1.1. Les sites d'étude :	3
II.1.2. Les insectes hôtes :	7
II.1.3.Les matériels de prospection :	
II.1.3.1 Pour les œufs.....	10
II.1.3.2 Pour les larves	11
II.1.3.3 Pour les chrysalides.....	11
II.1.4.Les matériels d'élevage et de laboratoire :	11
II.2.METHODES.....	12
II.2.1. planification des prospections:.....	12
II.2.2. Méthodes d'échantillonnage :	14
II.2.3. Identifications :	18
II.2.3.1 Identification morphologique des foreurs :.....	18
II.2.3.2 Identification morphologique des parasitoïdes :.....	19
II.2.4. Méthode de dépouillement des données :	21
III. RESULTATS ET ANALYSE :	23
III.1. RESULTATS DE LA PLANIFICATION DES PROSPECTIONS :	23
III.2. RESULTATS DES ECHANTILLONNAGES :	23
III.3. RESULTAT DES IDENTIFICATIONS :	23
III.3.1- Identification des foreurs :	25
III.3.2- Identification des parasitoïdes :	26
III.4 LES PARASITOÏDES:.....	32
III.4.1- Les parasitoides des œufs :	32
III.4.2- Les parasitoides des larves :	32
1. <i>Megascelia scolaris</i> :	33
2. <i>Syzeuctus gaullei</i> :	34
III.4.3- Les parasitoides des chrysalides :	39
1. <i>Pediobius furvus</i> :	39

2. <i>Tetrastichus howardi</i> :.....	45
III.5.TAUX DE PARASITISME CHEZ LES LARVES ET CHEZ LES CHRYSALIDES : ...	47
III.4.1 taux de parasitisme chez les larves :	47
III.4.2 Taux de parasitisme chez les chrysalides :	47
III.6. CORRELATION ENTRE PARASITISME ET ECHANTILLONS RECOLTES :	48
IV. DISCUSSION :	49
V.CONCLUSION :	50
BIBLIOGRAPHIE :	51

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.1 : Relation entre l'incidence des foreurs et leurs parasitoïdes avec les stades phénologiques du maïs	13
Tableau 2 : La saison maïsicole à Madagascar :	13
Tableau 3 : Les six générations de <i>Sesamia. calamistis</i> :.....	13
Tableau 4 : le calendrier des prospections :.....	23
Tableau 5 : Durée moyenne du développement larvaire de <i>Pediobius furvus</i> suivant les espèces hôtes :.....	42
Tableau 6 : Durée moyenne du développement nymphal de <i>Pediobius furvus</i> suivant les espèces hôtes:	42
Tableau 7 : Durée moyenne du cycle complet de <i>Pediobius furvus</i> suivant les espèces hôtes :.....	43
Tableau 8 : Nombre moyen d'individus adultes de <i>Pediobius furvus</i> produits suivant les espèces hôtes :.....	43
Tableau 9 : influence de l'âge des chrysalides sur le nombre de parasites produits:.....	44
Tableau 10 : Taux de Parasitisme larvaire :.....	47
Tableau 11 : Taux de Parasitisme nymphal :.....	47

LISTE DES FIGURES

	Page
Figure1 : les trois grandes zones à Madagascar:.....	5
Figure2 : Les localités prospectées :.....	7
Figure 3 : Ponte et œuf de <i>Sesamia calamistis</i> :.....	12
Figure 4 : Ponte et œuf de <i>Chilo orichalcociliellus</i> :.....	12
Figure 5 : Larve de <i>Sesamia calamistis</i> :.....	14
Figure 6 : Fausse patte abdominale de <i>Sesamia calamistis</i>	14
Figure 7 : Larve de <i>Chilo orichalcociliellus</i>	14
Figure 8 : Fausse patte abdominale de <i>Chilo orichalcociliellus</i> :.....	14
Figure 9 :Chrysalide de <i>Sesamia calamistis</i> :.....	16
Figure 10 : Chrysalide de <i>Sciomesa biluma</i>	16
Figure 11 : Chrysalide de <i>Chilo orichalcociliellus</i>	16
Figure 12 : Matériels de prospection, d'élevage et de laboratoire :.....	20
Figure13 : incidence entre cycle de développement du maïs foreurs et parasitoïdes:	11
Figure 14 : Schéma d'une répartition de type agrégatif :.....	14
Figure 15 : <i>Sesamia calamistis</i> en train de miner une tige de maïs:.....	15
Figure 16 : Observation des symptômes de dégâts causés par <i>Sesamia calamistis</i> :.....	15
Figure 17 : Schéma d'un échantillonnage selon la méthode des quadras :.....	17
Figure 18 : Dissection des tiges présentant des symptômes de dégât:.....	24
Figure 19 : <i>Megaselia scolaris</i> adulte.....	33
Figure 20 :Aile antérieure droite de <i>Megaselia scolaris</i> :.....	33
Figure 21 : <i>Syzeuctus gaullei</i> femelle adulte femelle.....	34
Figure 22 :Aile antérieure gauche de <i>Syzeuctus gaullei</i> :.....	35
Figure 23 :Dernier segment thoracique et premier segment abdominal de <i>Syzeuctus gaullei</i>	35
Figure 24 : Tête et thorax vue latérale gauche de <i>Syzeuctus gaullei</i>	36
Figure 25 :Extrémité abdominale d'une femelle de <i>Syzeuctus gaullei</i>	36
Figure 26 : Bocal pour parasiter les larves et les chrysalides :.....	38
Figure 27 : <i>Pediobius furrus</i> Gahan adulte femelle:.....	39
Figure 28 : Une aile mésothoracique gauche de <i>Pediobius furrus</i> :.....	40

Figure 29 : patte métathoracique gauche de <i>Pediobius furrus</i> :.....	40
Figure 30 :Thorax de <i>Pediobius furrus</i> :.....	41
Figure 31 : <i>Tetrastichus howardi</i> adulte femelle:.....	46
Figure 32 :mésosoma et métasoma de <i>Tetrastichus howardi</i> :.....	46
Figure 33 :Courbe montrant la corrélation entre nombre d'échantillons et parasitisme :.....	48

LISTE DES PLANCHES

Planche I : Clé d'identification des larves des principaux foreurs de tige de maïs :.....	18
Planche II : Les caractères d'identification des principaux « borers » :.....	25
Planche III : Clé d'identification des principales familles d'hyménoptères parasites des foreurs de tige de maïs :.....	26
Planche IV : Nervations alaires des principales familles d'hyménoptères parasitoïdes adultes :	
1 et 2 : Les deux types de nervation alaire chez les BRACONIDAE.....	27
3 et 4 : Les deux types de nervation alaire chez les ICHNEUMONIDAE.....	28
5 : Nervation de l'aile antérieure chez les CHALCIDOIDEA :.....	29
Planche V : Clé d'identification des principales familles de diptères parasites des foreurs de tige de maïs :.....	30
Planche VI : Nervations alaires chez les SYRPHIDAE :.....	31
Planche VI : Nervations alaires chez les TACHINIDAE :.....	31

ANNEXE

ANNEXE I :

I. RESULTATS DES PROSPECTIONS :

PROPORTION DES PIEDS INFESTES, DENSITE MOYENNE PAR PIEDS ET REPARTITION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES

Tableau 1 : les hauts plateaux sud :.....	ii
Tableau 2 : le moyen ouest :.....	iii
Tableau 3 : le sud est :.....	iv
Tableau 4 : le moyen est :.....	v
Tableau 5 : le sud :.....	vi

ANNEXE II

FICHE DE PROSPECTION POUR LES ŒUFS DE FOREURS DE TIGE DE MAÏS :.....vii

FICHE DE PROSPECTION POUR LES LARVES ET LES CHRYSALIDES :.....viii

ANNEXE III

II. RESULTATS DES ELEVAGES AU LABORATOIRE

Tableau 1 : *Pediobius furrvus* :..... ix

Tableau 2 : *Tetrastichus howardi*.....ix

Tableau 3 : *Syzeuctus gaullei*..... ix

ANNEXE IV

INFLUENCE DE L'AGE DES CHRYSALIDES HOTES SUR LE NOMBRE DE *Pediobius* ADULTE PRODUIT :.....x

ANNEXE V

IMPLANTATION REUSSIE DE PARASITOÏDES EXOTIQUES A MADAGASCAR :.....xi

I. INTRODUCTION

Dans le domaine de la lutte contre les ravageurs des plantes cultivées, les pesticides avaient la monopole jusqu'à l'apparition depuis quelques temps, des problèmes liés à leur utilisation abusive telles que l'accumulation de résidus toxiques dans les différents organismes de la chaîne alimentaire, la résistance accrue de nombreux ravageurs aux doses couramment employées. Des problèmes qui ont suscité la révision des réflexes vis-à-vis des ravageurs, faisant place à de nouvelles stratégies ayant pour objectifs l'efficacité et le respect de l'environnement.

La lutte biologique au moyen d'organismes antagonistes comme les parasitoïdes en est une. Elle est avantageuse du fait que chaque auxiliaire est spécifique à un ravageur déterminé, et que l'on peut les produire à moindre coût, sans craindre de contaminer ni de perturber l'environnement. Toutefois, chaque introduction et acclimatation d'auxiliaire dans un pays nécessitent certaines conditions dont une connaissance approfondie de leur biologie, une connaissance de la faune autochtone, des conditions climatiques et écologiques déterminées.

A Madagascar, le laboratoire d'entomologie agricole de l'IRAM¹ existait depuis 1931. Depuis sa création, l'inventaire de l'entomofaune nuisible et utile aux cultures a été constamment poursuivi et complété, dans le but de favoriser la lutte biologique. D'où les introductions et lâchers de parasitoïdes dans les années soixante et soixante dix (J. Appert et al 1971). Ce qui signifie que les populations d'auxiliaires autochtones ne suffisaient pas pour contrôler les ravageurs. Mais depuis la fermeture de ce laboratoire, aucun suivi des travaux réalisés n'a été fait. D'où cette étude qui a pour objectif de revaloriser la lutte biologique surtout après l'invasion acridienne de 1992 qui était à l'origine du déséquilibre écologique que nous vivons actuellement dû à l'épandage massif du FIPRONIL².

Cette étude a été axée sur les ennemis naturels des foreurs de tige de maïs et plus particulièrement les parasitoïdes pour diverses raisons :

-En premier lieu, le maïs occupe la seconde place après le riz dans l'alimentation humaine et animale à Madagascar ; et bien qu'il soit cultivé sur de petites parcelles de terrain un peu par tout, et en association avec d'autres cultures tels l'arachide et le haricot (comme c'est le plus souvent le cas sur les haut plateaux), le maïs constitue une source de revenu substantiel pour les paysans ;

-En second lieu, à part le déficit hydrique, une des principales causes de perte de rendement dont souffre le maïs est celle causée par les foreurs. Une étude effectuée dans les grandes exploitations de maïs en Afrique du sud dans le cas de *Busseola fusca* (Lépidoptère Noctuidae) a montré que le seuil économique³ est atteint lorsque 10% des plants d'une parcelle présentent des symptômes de dégât au niveau des cornes foliaires (Van Den Berg *et al* ; 1997) or le taux d'infestation 10% est souvent dépassé sur les petites exploitations.

-Et enfin, même sans faire entrer en ligne de compte les risques de toxicité et de déséquilibre faunistique, la lutte chimique est trop onéreuse pour être envisageable.

Pour bien cerner le problème, des recherches bibliographiques relatant les travaux déjà réalisés ont du être effectués au préalable ; ainsi, on sait que :

1. durant les années soixante et soixante dix l'IRAM, dans le cadre du programme « vingt années de lutte biologique » a réalisé des sondages entomologiques et a reconnu trois espèces de foreurs à savoir *Sesamia calamistis* (Lépidoptères Noctuidae), *Sciomesa biluma* (Lépidoptères Noctuidae) et *Chilo oricchalcociliellus* (Lépidoptères

1 : Institut de Recherche Agronomique de Madagascar

2 : Insecticide

3 : Le niveau des dégâts qui justifie une intervention phytosanitaire afin d'empêcher une population de ravageurs d'atteindre un niveau de préjudice économique (Dent, 1991)

crambidae) (J. Appert *et al*, 1971). Une quatrième espèce *Chilo partellus* serait aussi présente (J. Appert *et al*1973). Ainsi que diverses espèces de parasitoïdes autochtones s'attaquant aux foreurs de tige de graminées parmi lesquels *Trichogramma australicum*(Ichneumonidae) *Syzeuctus gaullei*(Ichneumonidae), *Telenomus sp*(Scelionidae) *Amesospilus sp*, *Enicospilus sp.*, *Ichneumon tananarive* (Ichneumonidae), *Chaetospila eleans*(Eulophidae), *Sturmiopsis inferens* (Tachinidae) dont les activités se sont avérées insuffisantes. (J. Appert *et al*, 1969).

2. De ce fait, des introductions et des lâchers de parasitoïdes des foreurs du maïs et d'autres graminées ont été réalisés (ANNEXE V) dont certains ont donné de résultat satisfaisant comme le cas de *Pediobius furvus* (Hyménoptères, Braconidae) contre *Sesamia calamistis* en 1968 (J. Appert et Al, 1971).

Mais depuis lors, aucun autre ouvrage ne parle d'investigation d'ennemis naturels des foreurs de tige de maïs.

Dans cette étude, nous avons effectué des échantillonnages afin d'avoir des œufs, des chenilles et des chrysalides de foreurs du maïs, et de là obtenir les éventuels parasitoïdes qui leur sont associés après élevage au laboratoire.

Notre travail consiste surtout à :

- Identifier les différentes espèces de parasitoïdes associées à chacune des espèces de foreurs de tige de maïs selon leur stade de développement ;
- Etudier la biologie de ces parasitoïdes
- Evaluer le taux de parasitisme.

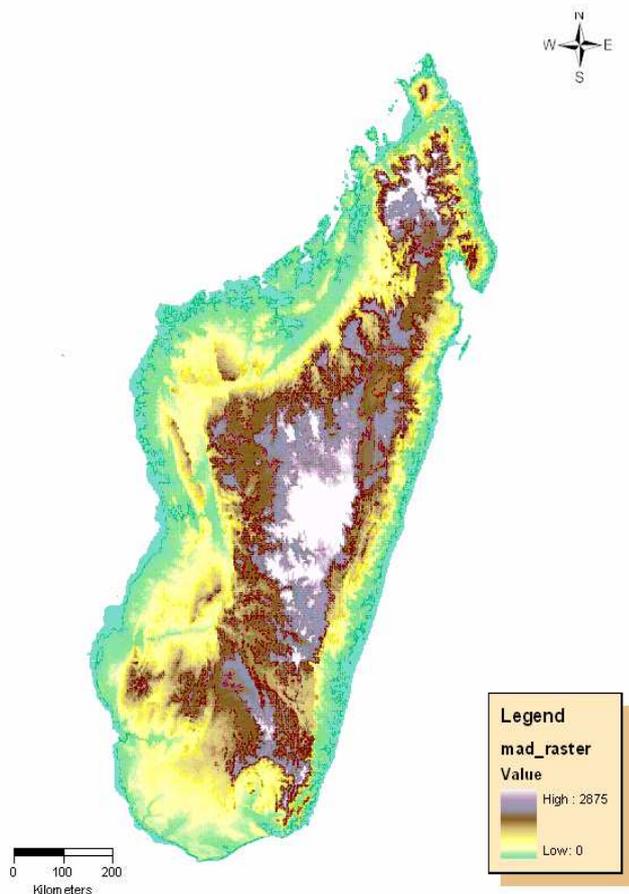
II. MATERIELS ET METHODES

II.1. MATERIELS :

II.1.1. Les sites d'études :

À Madagascar on distingue trois grandes zones suivant les caractéristiques du relief et du climat de chaque région (fig.1):

fig.1 - LES TROIS GRANDES ZONES A MADAGASCAR



La dorsale montagneuse d'axe nord-sud qui s'étend pratiquement de l'extrême nord jusqu'à l'extrême sud du pays. Elle est formée de sommets culminant de 2600 à plus de 2800 m, et sépare le pays en deux versants inégaux : oriental et occidental.

Le versant oriental qui est exposé aux alizés du sud-Est et est uniformément arrosé par des pluies abondantes pendant pratiquement toute l'année. Il bénéficie d'un climat de type subéquatorial.

Le versant occidental qui se trouve à l'abri de l'influence de l'alizé du sud-Est et qui jouit d'un climat de type tropical avec deux saisons bien nettes : une saison pluvieuse sous l'influence d'une mousson d'été venant du nord-ouest de novembre à mars et une saison sèche bien marquée d'avril à octobre.

Le versant occidental peut encore être réparti en deux zones :

1- Une partie nord centre avec des pluviométries moyennes annuelles de l'ordre de 1500mm ;

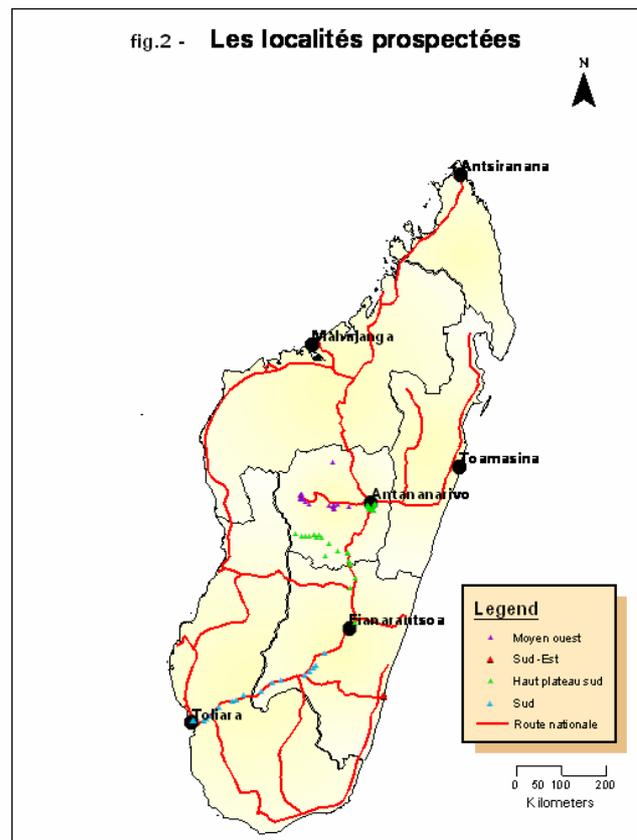
2- Et une partie sud-ouest tropicale sèche, recevant mal la mousson et de pluviométrie moyenne annuelle inférieure à 800mm.

Partant de cette première grande différenciation ainsi que la combinaison climatique et édaphique, l'île peut être découpée en dix zones agroécologiques à potentialités agricoles différentes.

1. **Nord** : Fivondronana d'Antsiranana I et II, Ambilobe, Nosy-Be, Ambanja, Vohémar, Sambava, Antalaha, Maroantsetra.
2. **Moyen-Est** : Fivondronana d'Andilamena, Amparafaravola, Ambatondrazaka, Moramanga, Anosibe an'Ala, Maroantsetra.
3. **Nord-Est** : Fivondronana de Mananara, Soanieranivongo, Fénérive-Est, Sainte-Marie, Vavatenina, Toamasina I et II, Brickaville, Vatomandry, Mahanoro, Marolambo, Antanambao Manampotsy.

4. **Nord-Est** : Fivondronana de Mananara, Soanieranivongo, Fénériver-Est, Sainte-Marie, Vavatenina, Toamasina I et II, Brickaville, Vatomandry, Mahanoro, Marolambo, Antanambao Manampotsy.
5. **Moyen-Est** : Fivondronana d'Andilamena, Amparafaravola, Ambatondrazaka, Moramanga, Anosibe an'Ala.
6. **Sud-Est** : Fivondronana de Nosivarika, Mananjary, Ifanadiana, Fort-Carnot, Manakara, Vohipeno, Farafangana Vondrozo, Midongy du Sud, Fort-Dauphin, Befotaka, Iakora.
7. **Hauts plateaux Nord** : Fivondronana d'Andapa, Bealanana, Befandriana et Mandritsara.
8. **Hauts plateaux sud** : Fivondronana d'Anjozorobe, Antananarivo Atsimondrano, Antananarivo Avaradrano, Antananarivo Renivohitra, Ambohidratrimo, Manjakandrina, Arivonimamo, Andramasina, Ambatolampy, Faratsiho, Antanifotsy, Antsirabe I et II Fandriana, Ambositra, Ambohimahasoa, Fianarantsoa I et II, Ambalavao.
9. **Nord-Ouest** : Fivondronana d'Analalava, Antsohihy, Port-Bergé, Mampikony, Marovoay, Ambato-Boéni, Mahajanga, I et II, Mitsinjo, Soalala, Besalampy, Morafenobe, Antsalova, Ambatomainty, Maintirano.
10. **Moyen-ouest** : Fivondronana de Tsaratanàna, Maevatanana, Ankazobe, Fenoarivobe, Tsiroanomandidy, Miarinarivo, Soavinandriana, Betafo, Ambatofinandrahana, Ihosy, Ivohibe, Betroka, Kandreho.
11. **Centre-Ouest** : Fivondronana de Miandrivazo, Belo sur Tsiribihina, Morondava, Mahabo, Manja.
12. **Sud et Sud-Ouest** : Fivondronana de Morombe, Ankazoabo, Sakaraha, Toliara I et II, Beloha, Tsihombe, Benenitra, Bekily, Ampanihy, Ambovombe, Amboasary.

77 localités où le maïs est peu, assez ou abondamment cultivé ont été prospectées (fig.2).



Ces localités sont réparties dans cinq zones agroécologiques qui sont :

1. Les hauts plateaux sud
2. Le moyen ouest
3. Le Moyen est
4. Le Sud
5. Le Sud- Est

DESCRIPTION DES SITES D'ETUDE

1. Les hauts plateaux sud

C'est une zone à climat tropical d'altitude, avec gelée durant la période juin – août qui est relativement sèche. Toutefois :

- la partie orientale de la région d'Antananarivo (région de Manjakandrina) a un climat plus humide et plus froid que la partie centrale,
- au sud dans la région de Vinaninony à 1.800m d'altitude, l'on a un froid qui est à la limite extrême de la culture de riz
- la région de Betafo, à l'ouest d'Antsirabe, est soumise à l'influence occidentale et est relativement chaude et ensoleillée.

Cette région est caractérisée par une riziculture intense dans les vallées perchées entre 1200 et 1700m d'altitude. La pluviosité dépasse 1300mm, répartie sur 160 jours, d'octobre à mai, période où l'on enregistre les températures maximales (moyenne de la période 22°C).

2. Le Moyen Ouest

Le Moyen Ouest présente un climat de transition entre celui chaud et semi-aride de l'Ouest, et celui tropical d'altitude des hauts Plateaux. La température moyenne annuelle est de 22°C et la pluviométrie de 1450mm en 150 jours.

Les tanety de la région du Moyen Ouest sont dominées par des sols de type ferralitique moyennement désaturé, de fertilité moyenne et généralement exploitée pour les cultures sèches dont le maïs, le manioc et le riz pluvial.

Les bas fonds sont généralement occupés par la riziculture irriguée, quand les disponibilités en eau le permettent.

3. Le Moyen est

Elle présente un climat de type tropical d'altitude à hiver sec, tempéré par l'altitude et moins arrosé, le climat se compose de 2 saisons bien marquées :

- saison pluvieuse de Novembre à Mars
- saison sèche d'Avril à Octobre à forte variation inter annuelle.

La pluviosité moyenne est de 1.100 mm/an se répartissant sur 150 jours environ de pluies. En zone de plaine, de vallée et bas-fonds, l'on a des sols hydromorphes tourbeux, des sols hydromorphes organiques ainsi que des sols minéraux d'apports alluvionnaires de type argilo limoneux (baiboho). En zone de tanety, l'on a des sols ferralitiques fortement désaturés. Les tanety érodés constituent les bassins versants des rivières alimentant le lac Alaotra et présentent un grand danger pour les aménagements.

4. Le Sud:

Le climat est du type tropical semi-aride, à saison sèche très marquée, allant de Mai à Octobre. La pluviométrie moyenne est de 600mm avec un nombre de jours secs qui se trouve entre 185 et 265 et le nombre de jours humides inférieur à 75. La plus forte concentration des pluies se situe entre Décembre et Mars.

La température moyenne annuelle est de 28°C et permet une double riziculture, pourvu qu'il y ait une irrigation adéquate. L'altitude est inférieure à 100m.

Les sols sont formés de matériaux d'origine fluviale récents. Les types dominants sont ceux limono sableux stratifiés et les sols limono sableux très fins (60%). Le reste est formé par les sols hydromorphes argileux calcaires et les " Baiboho " lourds.

5. Le Sud- Est

On est en présence d'un climat tropical chaud et humide avec une saison sèche marquée vers septembre octobre. La pluviométrie est importante et irrégulière (de 1.700 à 3.500mm selon le site ou l'année). L'hygrométrie en saison des pluies avoisine les 80%.

L'on peut distinguer alors 2 types de saisons dans le Sud-est :

- la saison du Vatomandry ou saison des pluies chaudes et humides entre Décembre à Mai, apportant de fortes précipitations et des risques d'inondation ;
- la saison du Ihosy, de Juin à Novembre Décembre, légèrement plus fraîche et beaucoup plus sèche.

En arrière pays, vers la partie forestière assez dégradée de l'Ouest, on a des sols ferrallitiques, toujours occupés par le tavy traditionnel. Les rizières les plus anciennes, concentrées surtout dans les plaines côtières, sont établies sur les sols hydromorphes. De part et d'autre des rivières, on distingue cependant des bourrelets de berge alluviaux appelés " tany manga " et des cuvettes de débordement ou " tany fasika ".

L'importance des superficies alluviales vient du fait que le Sud-est est drainé par une dizaine de grandes artères fluviales qui ne font qu'intensifier cet alluvionnement.

II.1.2 Les foreurs de tiges de maïs en tant qu'insectes hôtes:

Selon J APPERT et al (1970), *Sesamia calamistis* HAMPSON ou « borer rose » (Lépidoptères Noctuidae), *Sciomesa biluma* NYE « Borer rose » Malgache (Lépidoptères Noctuidae) et *Chilo orichalcociliellus* STRAND (Lépidoptères Crambidae) sont les principales espèces de foreurs rencontrées à Madagascar.

II.1.2.1. Les pontes

Pour *Sesamia calamistis* la ponte est déposée dans les interstices des gaines foliaires du maïs et composée de 50 à 100 œufs disposés en plusieurs rangées (fig.3). Elle est complètement cachée ou à moitié exposée à l'entrée de la gaine foliaire. La couleur des œufs change durant le développement embryonnaire : blanchâtres au début du stade embryonnaire, ils deviennent jaunâtres puis orangée et enfin noirâtres à la fin de ce stade. Ils sont plan-convexes (diamètre = 0,35mm) et présentent de nombreuses côtes verticales qui convergent au pôle. Le pôle apical de l'œuf est arrondi, légèrement saillant et marqué d'une tâche sombre (Maurice TRAN 1981).

La ponte de *Sciomesa biluma* est déposée entre la gaine foliaire et la tige ; elle est composée de 100 à 150 œufs qui ont le même aspect que les œufs de *Sesamia calamistis* HAMPSON (NEY, 1960).

Les femelles de *Chilo orichalcociliellus* déposent leurs œufs sur la face inférieure des feuilles, essentiellement près de la nervure centrale ; Il s'agit d' ooplaque formée de 10 à 80 oeufs chevauchant comme des écailles de poisson (HARRIS , 1989-1990) et disposés en 2 ou 3 rangées longitudinales (Barnière, 1976). Les oeufs sont de couleur jaune pâle. Ils sont de forme ovale et aplatie (fig.4).

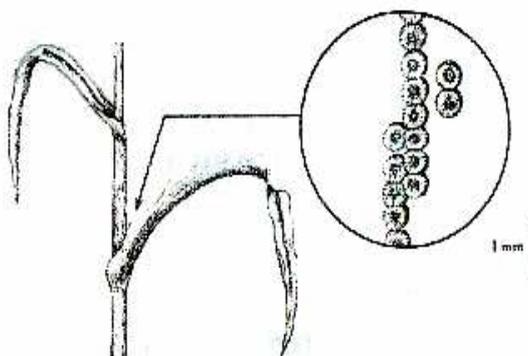


Fig. 3- PONTE ET ŒUFS DE *Sesamia calamistis* (LIEM 79)

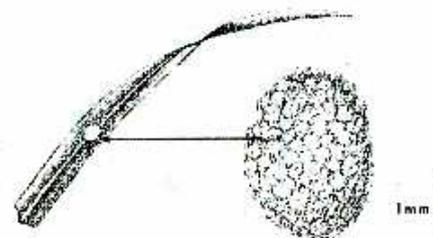


Fig. 4- PONTE ET ŒUFS DE *Chilo orichalcociliellus*

II.1.2.2. Les larves

Pour *Sesamia calamistis*, la larve néonate mesure de 2 à 2,5 mm alors que la larve âgée atteint 20 à 28mm de long ; Sa tête est brune et présente six stemmates dont cinq sont disposés en arc de cercle et le sixième situé en avant, au-dessous de l'antenne. Les mandibules sont à cinq dents. La plaque prothoracique est de couleur brun jaune et est légèrement sclérifiée (**fig.5**). La partie dorsale du corps est rose. Les stigmates sont noirs et ovales. Les fausses pattes abdominales sont semi-coronates et sont formées d'une seule rangée de crochets presque égaux (**fig.6**) L'écusson anal est très développé mais peu sclérifié, de couleur brun jaune.

La larve de *Sciomesa biluma* ressemble beaucoup à celle de *Sesamia calamistis* mais en diffère par la taille (36mm de long pour la larve âgée), sa couleur plus sombre d'un rose violacé ; les mandibules ont quatre dents dont la deuxième et la troisième sont plus claires et plus développées que celles de *S. calamistis*.

Pour *Chilo orichalcociliellus* selon **Mathez 1972** et **Delobel 1975** (cités par **L.Mejerman** et **S.A.Ulenberg**), les caractères des chenilles diffèrent selon qu'elles soient diapausantes ou non. Ainsi, les chenilles non diapausantes sont de couleur crème et présentent un grand trapézoïdal brun et des stries longitudinales qui leur donnent un aspect tacheté. Les chenilles diapausantes peuvent être totalement pâles ou striées (**fig.7**). La capsule céphalique, l'écusson prothoracique et la plaque supra anale sont de couleur brune. Les stigmates sont noirs et de forme ovale. La face dorsale du corps porte quatre stries longitudinales brun rougeâtre ou pourpres. Les crochets des fausses pattes abdominales sont disposés en cercle, en série de 2 ou 3 longueurs différentes (**fig.8**).

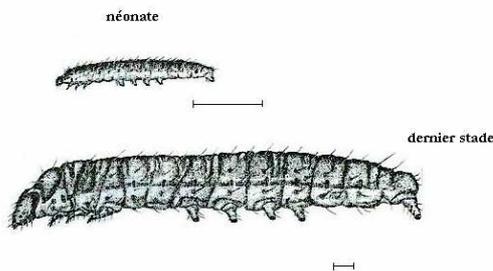


fig.5 Larve de *sesamia calamistis* (LIEM1979)

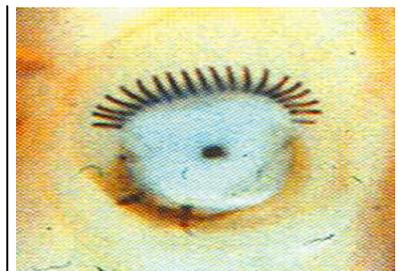


Fig.6 - fausse patte abdominale de *Sesamia calamistis* (K.V.N.MAES 2000)

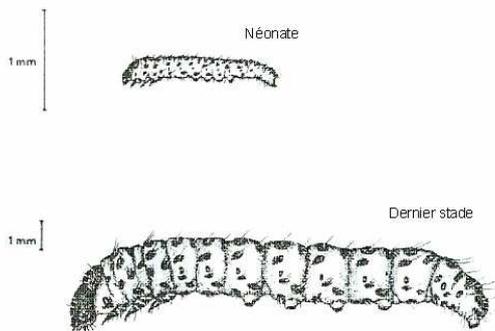


fig.7- Larve de *Chilo orichalcociliellus* (auteur 2004)



Fig.8- fausse patte abdominale de *Chilo orichalcociliellus* (K.V.N.MAES 2000)

II.2.2.3. Les chrysalides

La nymphe de *Sesamia calamistis* est brune. La nymphe femelle est beaucoup plus grande (18 à 20mm) que la nymphe mâle (12 à 15mm de long). Le dos est plus foncé que le ventre. Le vertex est muni d'une excroissance rugueuse en son milieu. Le prothorax porte des protubérances petites mais bien saillantes. La portion antérieure des segments abdominaux présente des petites taches circulaires. Le crémaster possède deux épines dorsales incurvées et une protubérance ventrale tuberculée (**fig.9**).

La nymphe de *Sciomesa biluma* est brun rougeâtre, très foncé. La nymphe femelle est beaucoup plus grande (18 à 24mm) que la nymphe mâle (12 à 14 mm), toutes plus grandes que celles de *Sesamia calamistis*. Il existe également des petites taches circulaires sur les segments abdominaux. Le crémaster est muni de deux épines longues, droites et très pointues (**fig.10**).

La nymphe de *Chilo orichalcociliellus* est brun jaunâtre mesurant 12 à 14 mm les segments abdominaux VI à VIII portant des épines marginaux antérieurs (**fig.11**)

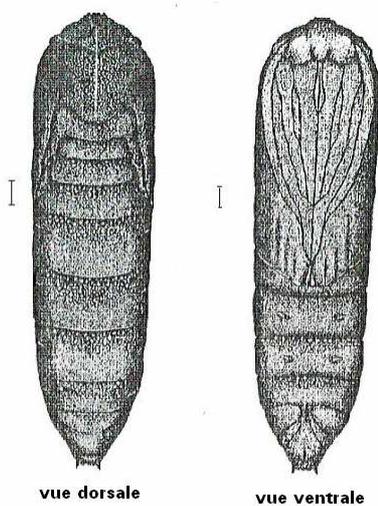


fig.9- Chrysalide de *Sesamia calamistis* (LIEM 1979)

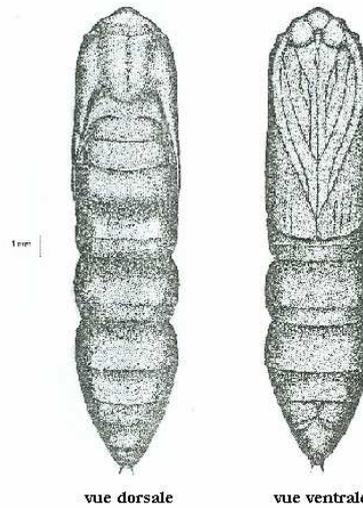


fig.10- Chrysalide de *Sciomesa biluma* (Auteur 2004)

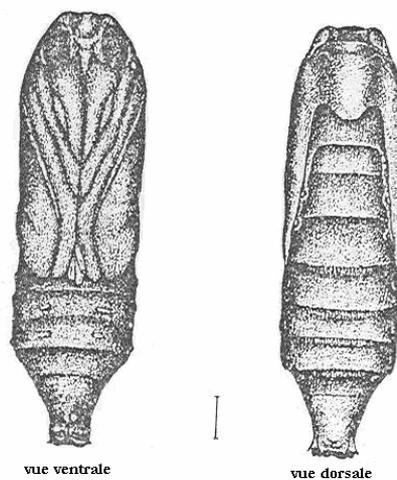


fig.11 -Chrysalide de *Chilo orichalcociliellus* (Auteur 2004)

II.2.2.4. Biologie sommaire des foreurs :

Sesamia calamistis est polyphage et se rencontre sur de nombreuses espèces de graminées, tant cultivées que spontanées (J.APPERT et H.RANAIVOSOA 1970), surtout un foreur du riz pluvial (TRAN 1977), du maïs (BINSO; 1980) et de la canne à sucre (COCHEREAU; 1981). A Madagascar et dans les îles voisines, c'est un ravageur important des jeunes cannes et du maïs (J.APPERT et H.RANAIVOSOA 1969). Sous les conditions tropicales (comme le cas de Madagascar) cinq à six générations sont possibles en un an. Les larves passent d'une tige à l'autre. La durée du stade larvaire est de 30 à 60 jours selon les conditions climatiques. La polyphagie et la faculté migratrice des larves rendent cette espèce aussi dangereuse que difficile à combattre par les insecticides. En contrepartie, le fait qu'elle ne passe pas la totalité de sa vie larvaire enfermée dans une tige, la rend plus vulnérable aux parasites et aux prédateurs. (J. APPERT, M.BETBEDER-MATIBET et H. RANAIVOSOA, 1969). La nymphose a généralement lieu dans les tiges âgées et des fois entre la gaine foliaire et la tige. La durée de la pupaison est de 10 à 12 jours à 25°C.

Sciomesa biluma a été décrite de Madagascar en 1959. C'est une espèce endémique. Elle est signalée dans différentes régions de l'île. Elle se comporte exactement comme *Sesamia calamistis* sur le maïs ; on peut exceptionnellement l'observer sur le riz, la canne à sucre et *Cyperus* (J .APPERT, M. BETBEDER-MATIBET et H. RANAIVOSOA 1969).

Chilo orichalcociliellus a été décrite de l'Est Africain où l'on la rencontre dans les régions côtières du Kenya et de Tanzanie, d'altitude inférieure à 600m ; elle existe aussi au Malawi. A Madagascar, *Chilo orichalcociliellus* est fréquente sur le sorgho entre Tuléar et Fort Dauphin et sur le maïs dans l'Ouest (Morondava, Sakay) (J.APPERT, 1973). La durée du cycle biologique de *Chilo orichalcociliellus* est de 25 à 50 jours lorsque les conditions sont favorables, et on compte au moins 5 générations successives par campagne culturale. Les chenilles néonates se déplacent sur les plantes, pénètrent dans les gaines foliaires et s'y nourrissent.

Les chenilles plus âgées creusent des galeries dans les tiges et après s'être nourries pendant 2 à 3 semaines, elles s'y nymphosent (HARRIS; 1989-1990). Lorsque les conditions du milieu deviennent défavorables (température basse ou sécheresse), les chenilles entrent en diapause à l'intérieur des tiges; La diapause peut durer jusqu'à 6 mois (HARRIS, 1989-1990).

II.1.3.Les matériels de prospection

- Un Global Positionning System (GPS) pour relever les positions géographiques ;
- Des fiches de prospection (ANNEXEII).

Et les autres matériels spécifiques de chaque stade.

II.1.3.1 Pour les œufs :

- des boîtes de pétri pour contenir chaque plaque d'œufs afin de les isoler les unes des autres ; chaque boîte porte une étiquette mentionnant les données d'échantillonnage.
- une loupe pour identifier les pontes selon les espèces ;
- un ciseau pour couper les gaines foliaires et les feuilles qui portent des pontes ;
- un stylo à encre indélébile pour spécifier les boîtes de pétri ;

II.1.3.2 Pour les larves :

- des boîtes cylindriques mesurant 11cm de longueur et 5cm de diamètre munies de couvercle grillagé à maille fine pour contenir les larves. Dans chaque boîte, on ne met qu'une seule larve ; chaque boîte porte une étiquette pour faciliter l'identification des larves lors de l'élevage et des éventuels parasitoïdes qui émergent au laboratoire;
- une pince molle, pour prélever délicatement les larves sans trop les presser ;
- quelques tiges fraîches de maïs pour nourrir les larves.
- un morceau de bois aiguisé pour perforer les tiges de maïs avant d' y introduire les larves ;
- du papier buvard pour aspirer les gouttelettes d'eau sur les parois des boîtes dues à l'évapotranspiration des tiges de maïs ;
- un couteau pour la dissection des tiges de maïs infestées ;

II.1.3.3 Pour les chrysalides:

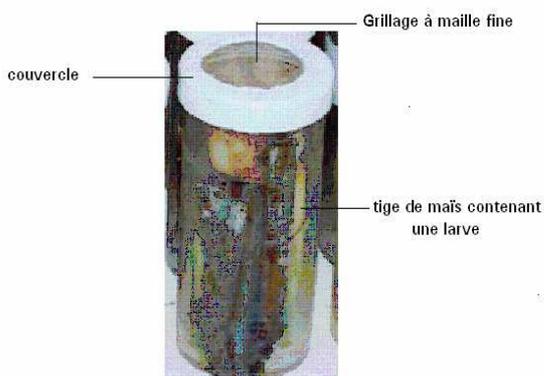
- une pince molle pour manipuler les chrysalides ;
- des piluliers dans lesquels on met une à une les chrysalides et portant chacune sa propre code d'identification.
- du coton hydrophile imbibé d'eau est mis dans chaque boîte afin d'y maintenir une certaine humidité relative ;

II.1.4. Les matériels d'élevage et de laboratoire

- un incubateur insectarium équipé d'un thermostat, de lampe photopériodique afin d'assurer des conditions favorables au développement des foreurs et des parasitoïdes;
- des œufs, des larves et des chrysalides récoltés sur terrain durant les prospections ;
- des jeunes tiges de maïs pour nourrir les larves ;
- du miel en boîte pour la nourriture des éventuels parasitoïdes ;
- des boîtes d'élevage des larves et des chrysalides ;
- une loupe binoculaire et un microscope photonique pour l'identification des spécimens.



- 1 : Un ciseau
- 2 : Une pince molle
- 3 : Une boîte de pétrie
- 4 : Un pilulier pour les chrysalides
- 5 : Un couteau
- 6 : Une loupe
- 7 : une boîte pour les larves récoltées



BOITE D'ELEVAGE DES LARVES

Fig.12 - Matériels de prospection, d'élevage et de laboratoire

II.2.METHODES

II.2.1. Planification des prospections

Comme tout être en co-évolution, des relations complexes résultant d'un échange constant d'information se sont développées entre les parasitoïdes et leurs hôtes. Ainsi les parasitoïdes se sont spécialisés en parasitoïdes des oeufs ou des larves ou des chrysalides et ont adapté leur cycle de développement en fonction des périodes d'apparition des différents stades des foreurs. Mais les foreurs eux aussi vivent au dépens des plants de maïs ; ainsi ils sont contraints d'adapter leur mode de vie suivant les stades phénologiques du maïs. Le schéma suivant (fig.13) résume ces interrelations.

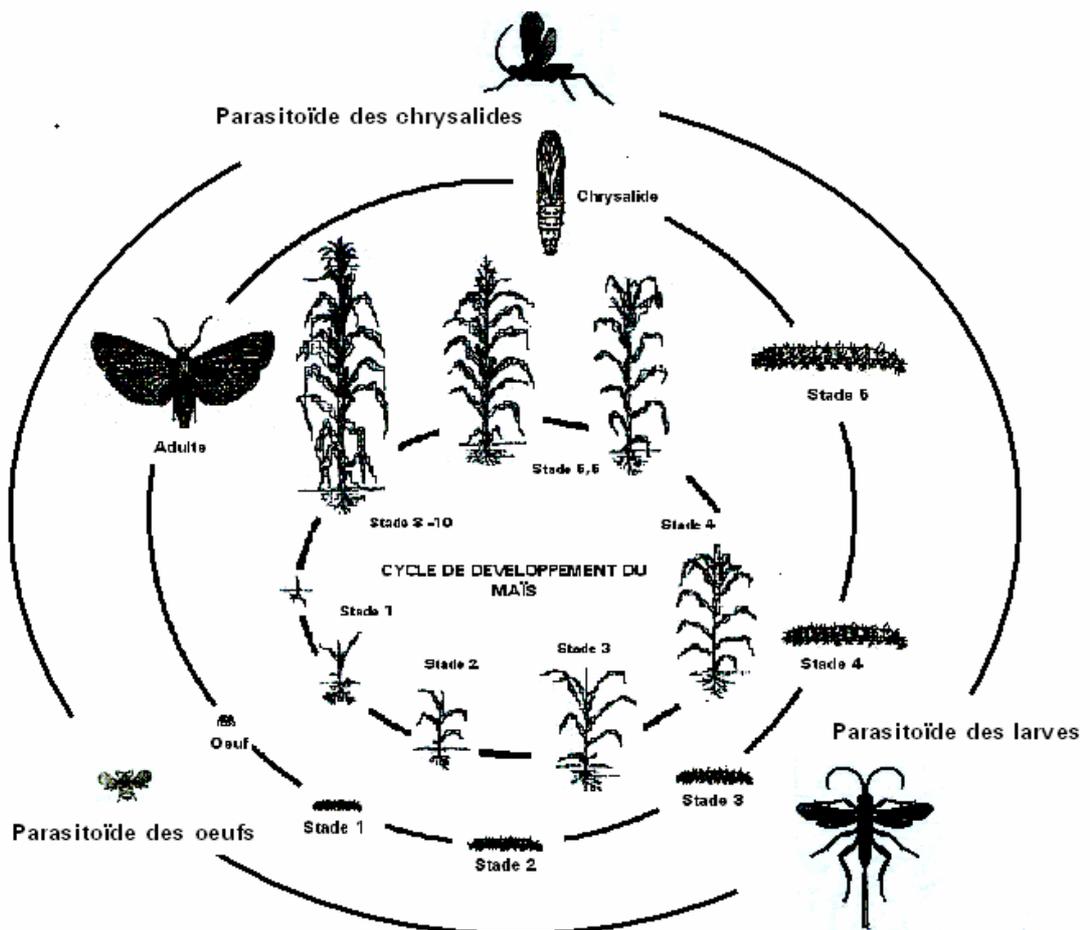


Fig.13 - incidence entre cycle de développement du maïs - foreurs et parasitoïdes

II.2.2. Méthodes d'échantillonnage

Une méthode d'échantillonnage exige une ou plusieurs techniques de collecte des données et l'établissement d'un plan d'échantillonnage en fonction d'une stratégie. La stratégie est choisie au préalable grâce aux quelques informations que l'on a de la population.

▪ La distribution spatiale

Il est très important de savoir à quel type de dispersion spatiale se réfèrent les espèces étudiées, car ce paramètre est pris en compte lors du choix non seulement de la technique d'échantillonnage, mais également de la loi de distribution qui estime au mieux la population.

D'après Taylor (1961), *Sesamia calamistis* présenterait un mode de répartition de type **agrégatif** au champ (**fig.14**)

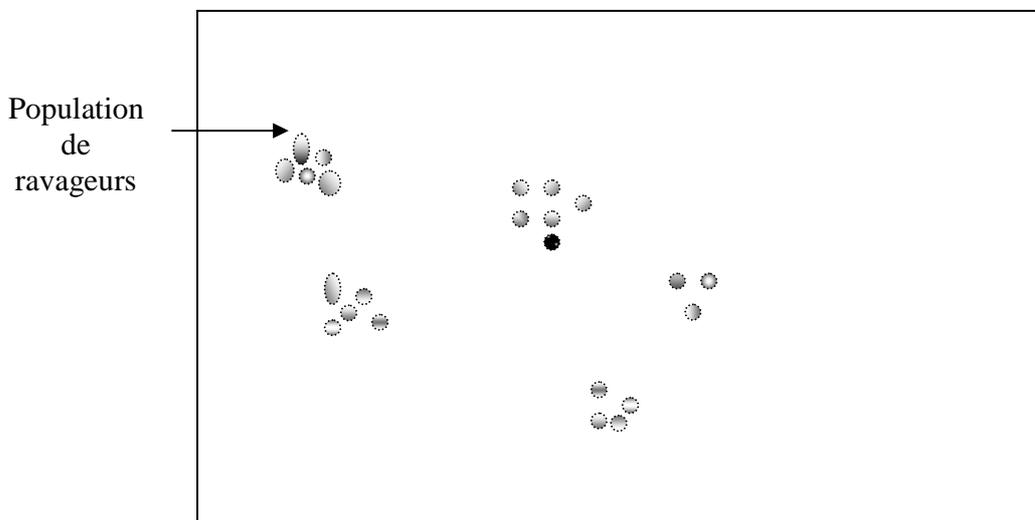


Fig.14 Schéma d'une répartition de type agrégatif
(Source : combattre les ravageurs de cultures Guy RIBA et Christine SYLVIE)
(1989)

Pour un caractère dont le type de distribution spatiale est agrégatif, on utilise la **loi binomiale** (Guy RIBA et Christine SYLVIE, 1989).

La loi binomiale permet de déterminer le nombre de tirages nécessaires pour l'observation d'un caractère étudié qui est dans notre cas la présence ou non de foreurs hôtes des parasitoïdes dans les tiges de maïs.

Ceci implique un échantillonnage **séquentiel** mais seul l'échantillonnage aléatoire peut être séquentiel.

La loi binomiale est caractérisée par :

$$\text{L'espérance mathématique } E(x) = np$$

$$\text{et la variance } V(x) = npq$$

n : nombre de répétitions ; **p** : l'événement attendu ; **q** : l'événement contraire.

On dit qu'une variable aléatoire X suit une loi binomiale $X \sim \beta(n, p)$ si X est la répétition n fois et d'une façon indépendante d'une épreuve de BERNOULLI.

Dans une épreuve de BERNOULLI, il n'y a que deux valeurs possibles (infesté ou pas)

Un échantillonnage est dit aléatoire si chacun des éléments d'une population a la même probabilité de faire partie de l'échantillon.

D'après Schulthess et al (1991) ainsi que Shanower et al (1991) au moins **quarante pieds** par champ seraient nécessaires lors des échantillonnages, et ceci devrait se faire de façon aléatoire.

➤ Récolte d'échantillons

Deux méthodes d'échantillonnage nous sont disponibles :

1. l'échantillonnage détaillé et destructif, qui consiste à couper et à disséquer des tiges de maïs;
2. l'échantillonnage visuel qui est un examen visuel des symptômes des dégâts.

Comme l'échantillonnage détaillé demande beaucoup de temps et coûte trop cher car il va falloir dédommager les paysans, alors la seconde méthode a été adoptée.

Mais comme le travail ne consistait pas uniquement à l'évaluation des foreurs maïs plutôt de leurs parasitoïdes, alors il est impératif que le nombre de pieds observés soit augmenté pour accroître la probabilité d'obtenir suffisamment de foreurs, aussi représentatifs que possible pour expliquer la situation des parasites. Ainsi cent pieds par champ vont être observés visuellement pour trouver des traces d'activité des foreurs tel que les déjections (**fig.15**), des pontes et/ou des symptômes de dégât comme les perforations des feuilles et des tiges (**fig.16**)

Les pieds présentant les symptômes et /ou activités vont être coupés et disséqués pour en extraire les larves et /ou les chrysalides.

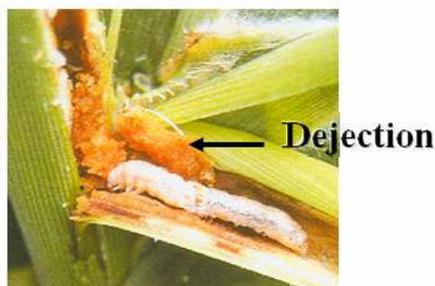


Fig.15 - Une larve de *Sesamia calamistis* en train de miner une tige de maïs



Fig.16 - Des symptômes de dégâts causés par *Sesamia calamistis* sur des feuilles, des tiges et les épis de maïs

A propos des œufs, comme ils se trouvent sur les feuilles ou entre les gaines foliaires celles - ci vont être soigneusement découpées à l'aide d'un ciseau à l'endroit où se trouveraient les ooplaques.

Les ooplaques ainsi obtenues seront codifiées et mises une à une dans des récipients et ramenées au laboratoire. En effet, il est possible que dans une même localité l'on récolte des hôtes très proches sur le plan taxonomique, morphologiquement identiques et dont émergent des parasitoïdes, également très proches.

Une fois arrivée au laboratoire, les œufs vont être comptés par plaque et observés au microscope pour voir ceux qui sont parasités. Le comptage des œufs parasités, va nous permettre d'évaluer le taux de parasitisme des œufs. A partir des œufs, on peut obtenir après élevage soit des larves de borers, soit des parasitoïdes.

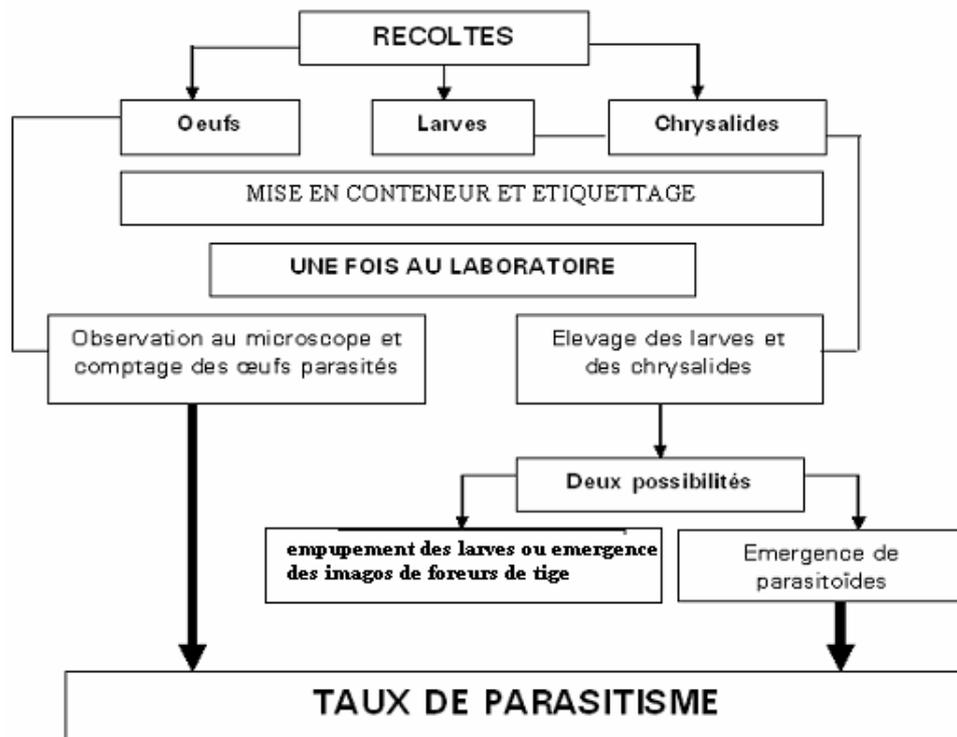
Quant aux chenilles, après identification elles seront élevées une à une dans de petites boîtes cylindriques de 11cm de longueur et 5cm de diamètre, munies chacune d'un couvercle grillagé à maille très fine (pour empêcher les éventuels parasitoïdes émergés de s'enfuir). Elles seront nourries avec des tiges de maïs qu'on a perforées au préalable afin de les aider à ne pas dépenser trop d'énergie.

Comme pour les larves, les chrysalides une fois arrivées au laboratoire seront élevées une à une dans des boîtes cylindriques munies chacune d'un couvercle grillagé, et comme elles ne se nourrissent plus, il n'est plus nécessaire de mettre des tiges de maïs dans les boîtes.

Pour les larves et les chrysalides deux éventualités sont possibles :

1. Les larves et les chrysalides élevées vont continuer leur cycle de développement normalement et deviennent respectivement des chrysalides et des imagos ;
2. les larves et les chrysalides seront mortes pour diverses raisons ; de certaines d'entre elles vont émerger des parasitoïdes. Ce sont ces larves mortes parasitées qui seront comptées donnant ainsi le taux de parasitisme par rapport au nombre total d'échantillon récoltés.

En récapitulant, on peut résumer ainsi :



➤ **Déroulement des prospections**

-Les champs observés sont faciles d'accès, en général ils se trouvent près des routes nationales ; ils sont distants d'environ 10km ;

-l'échantillonnage a été fait selon la méthode de quadrats c'est à dire chaque champ a été divisé de façon imaginaire en quatre parcelles égales : **Q₁, Q₂, Q₃, Q₄** (fig.4);

Sur chaque quadrat, 25 pieds (c'est à dire 100 pieds au total pour les 4 quadrats) **ont été choisis de façon aléatoire.**

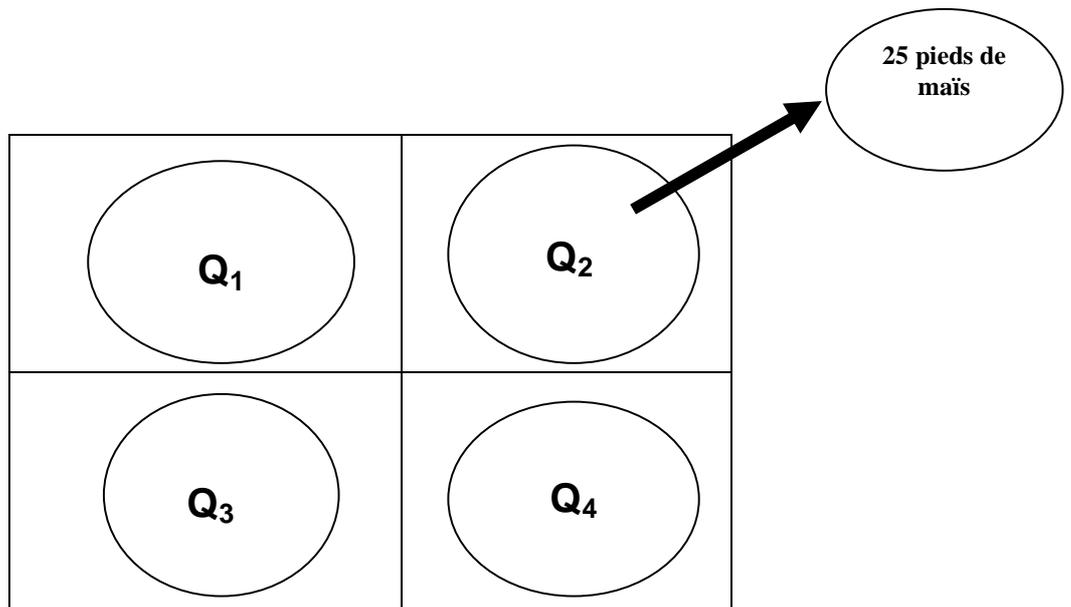


Fig.17- Schéma d'un échantillonnage selon la méthode des quadrats

II.2.3 Identification :

II.2.3.1 Identification des foreurs :

Une identification précise des foreurs est nécessaire pour bien distinguer les espèces de parasitoïdes associées à chaque espèce de foreurs.

Différentes méthodes sont utilisées pour identifier les foreurs de tige :

1. La technique la plus utilisée pour distinguer les **Noctuidae** des **Pyraloïdea** est l'observation de la disposition des crochets sur les fausses pattes abdominales des larves (**L.Meijerman** et **S.A.Ulenberg**)
2. Pour l'identification des :

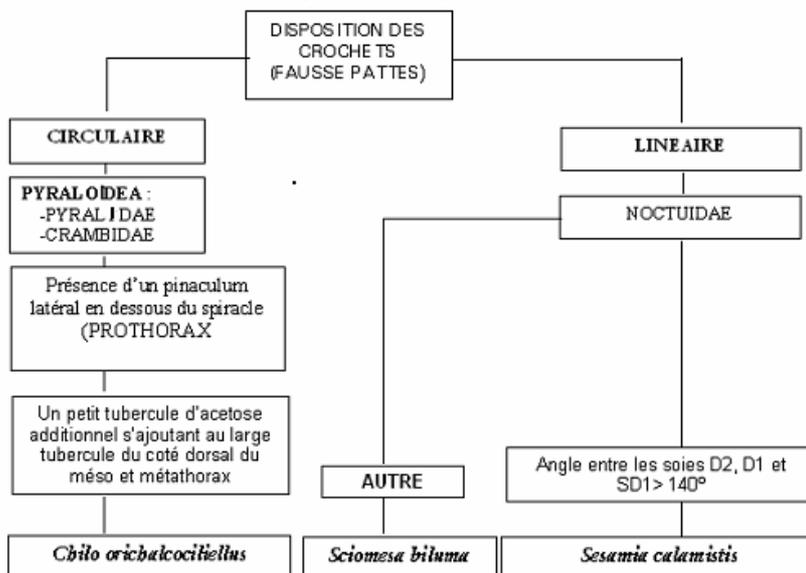
- **Oeufs**

On observe surtout leur disposition sur les plants de maïs (**Maurice TRAN**) et leur aspect morphologique.

- **Larves** - il y a l'identification morphologique (**L.Meijerman** et **S.A.Ulenberg**) ;
 - l'identification chétotaxique (**L.Meijerman** et **S.A. Ulenberg**);
 - l'identification moléculaire ;
 - l'identification électrophorétique **W.E.Ginkel, L. Meijerman** et **S.A. Ulenberg**).
- **Chrysalides** : c'est surtout une identification morphologique.

Dans notre cas c'est l'identification morphologique qui a été utilisée selon les clés de détermination de **Dr.Alberto T.Barrio** dans "TAXONOMY OF CEREAL STEMBORERS IN AFRICA (**Planche I**)

PLANCHE I : CLE D'IDENTIFICATION DES PRINCIPAUX FOREURS DE TIGE (K.V.N.MAES)



II.2.4.2 Identification morphologique des parasitoïdes :

- **Parasitoïdes** : Chez les insectes, le terme parasitoïde désigne les espèces dont les larves se développent aux dépens d'un autre arthropode et provoquent en général la mort de ceci.

- **hyperparasitoïdes** : ce sont des parasites des parasites, des parasites secondaire.

Les parasites des foreurs sont généralement des Hyménoptères de la famille des Braconidae, Ichneumonidae, Chalcididae et des Diptères de la famille des Syrphidae et Tachinidae. (A. Polaszek ,2000)

LES HYMENOPTERES :

1. LES BRACONIDAE :

Les Braconidae constituent l'une des plus importantes familles d'hyménoptères. Ils représentent avec leur groupe frère, les Ichneumonidae, plus de la moitié de l'effectif total des espèces de parasitoïdes associés aux foreurs des tiges de maïs.

- *Stenobracon rufus*



Description : Le corps mesure 10 à 13 mm chez la femelle, 7 à 12 mm chez le mâle, Les ailes antérieures 7,6 à 10,5 mm chez la femelle, 5,7 à 9,1 mm chez le mâle ; 83 à 100 articles antennaires chez la femelle ,71 à 74 chez le mâle ; corps roux ou testacé ; le front de la femelle avec une tache noire, parfois largement noir autour du triangle ocellaire, exceptionnellement le front est entièrement jaune ou roux ; face jaune chez le male ; antenne partie visible de l'ovipositeur et tarse postérieur, noirs ; parfois le tarse postérieur est en grande partie assombri avec

seulement les télotarses brun sombre ; tarse antérieur et médian brun sombre ; ailes avec une bande jaune sous la base du ptérostigma, moitié basale des ailes jaune ou brun sombre , tiers apical du ptérostigma et rest des ailes en grande partie brun sombre excepté une tache claire autour de 2- Rs+M et r – m ; quatrième tarsomère postérieur brun sombre ou noir dorsalement, de même couleur que le télotarse ; soies sur la face externe du tibia postérieur brun sombre ou noire ; mésosoma lisse, y compris le propodéum, ce dernier présente au mieux quelques rugosités latérales postérieurement ; premier tergite 1 à 1,3 fois plus long que sa largeur apicale ; premier e deuxième tergites longitudinalement striés ou rugueux, ainsi que les parties médiane et postérieure des troisième et quatrième tergites ; dépressions antérolatérales des deuxième et troisième tergites larges et profondes, relativement étroites sur le quatrième tergite ; troisième et quatrième tergites présentant des sillons transverses finement crénelés et un apex légèrement concave ; tergite 5 à 7 lisses , sans sillons ; partie visible de l'ovipositeur 1,2 à 1,38 fois plus longue que l'aile antérieure.

- *Cotesia sesamiae*



Description : Ailes antérieures de 1,8mm ; antenne relativement courte chez la femelle, égale à 0,6 fois la largeur du corps, allongée chez le mâle égale à 1,4 fois l'ensemble du corps ; les deux derniers articles antennaires 1,2 fois plus longs que large chez la femelle, 3,2 fois chez le mâle ; mésosoma comprimé dorsoventralement, 1,7 à 1,8 fois plus long que haut ; mésoscutum avec une ponctuation très éparse ; scutellum lisse ; face ventrale du mésopleure engrande partie lisse ; hanche postérieure brillante, mais fortement ponctuédorsalement ; éperon externe du tibia postérieur légèrement plus courte que l'éperon interne ; deuxième tergite lisse latéralement ; édéage du mâle arrondi à son apex ; scape et flagelle

brunâtres ; pédicelle entièrement testacé ; pattes jaunes testacé avec la hanche postérieure assombrie à sa base ; ptérostigma brun sombre.

2- LES CHALCIDOÏDEA

Parmi les hyménoptères parasites, les Chalcidoïdea constituent une super famille extrêmement importante. La grande majorité des espèces sont des parasitoïdes ; Ils sont à l'origine de la plupart des succès remportés par les programmes de lutte biologiques.

- *Telenomus applanatus*



Description : Avec le mesosoma comprimé dorsoventralement, le le dorsellum presque lisse, ou présentant une sculpture très superficielle ; aucun autre caractère distinctif.

- *Trichogramma*



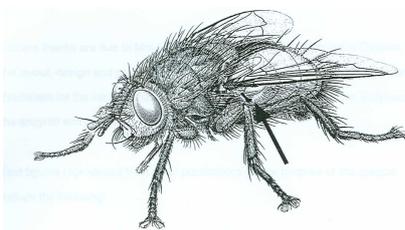
Description : Ce sont des espèces minuscule (0,15 à 1,20 mm). elles sont faciles à reconnaître, en dépit de leur petite taille, car elles ne présentent que trois articles aux tarse. Ce sont des parasites oophages. Le flagelle du mâle formé d'un seul article très allongé. Rs1 présente sur l'aile antérieure, sous forme d'une ligne de soies.

LES DIPTERES :

Les diptères qui parasitent les foreurs de tige de maïs sont moins abondants et moins connus que les Hyménoptères parasitoïdes.

LES TACHINIDAE

- *Sturmiopsis parasitica*



Description : Taille moyenne, environ 8 mm de long, principalement noire mais présentant une pruinosité plus claire, grise à blanche, dorsalement sur le thorax notamment, et en large bande transverses sur les tergites. La femelle est facile à distinguer du mâle, à travers la présence d'une paire de soies orbitale proclinées, absent chez ce dernier. Costa noire, les autres nervures brun clair. Yeux relativement petits de sorte que la hauteur de la joue dépasse généralement la largeur de l'antenne ; yeux avec une pubescence très courte et clairsemée, seulement discernable à fort grossissement. Soies ocellaires

proclinées. Carènes faciales avec de très courtes soies sur leur moitié inférieure. Pilosité des parafaciaux s'étendant jusqu'à la joue chez le mâle mais interrompue par une aire glabre intermédiaire chez la femelle. Vibrisses situées à peu près au même niveau que la marge de l'épistome. Prosternum avec des soies. Quatre soies postérieures dorsocentrales présentes ; deux soies katépisternales ; scutellum avec deux paires de soies latérales ; soies préalaires plus développée que les autres soies du mésonotum, beaucoup plus longue que la première intra-alaire postérieure, et presque toujours plus longue que la première dorsocentrale postérieure. Tibia médian portant deux soies antérodorsales et une soie ventrale submédiane.

II.2.4 Méthode de dépouillement des données

II.2.3.1 Mesure de la tendance centrale : La moyenne \bar{X}

$$\text{La moyenne } \bar{X} = \frac{\text{Somme des données}}{\text{Nombre de données}} = \frac{\sum F_i X_i}{N}$$

X_i : nombre de pieds infestés par localité, F_i : fréquence

II.2.4.2 Mesure de la variabilité des données : Déviation standard S

Elle nous permet d'apprécier l'homogénéité ou la disparité des données

$$S^2 = \frac{\text{Somme des carrés des écarts à la moyenne}}{\text{Nombre de degrés de liberté}} = \frac{\sum F_i X_i^2 - \left[\frac{(\sum F_i X_i)^2}{N} \right]}{(N \times 100) - 1}$$

N : Nombre d'observation ; 100 : nombre de pieds observés

$$\text{La déviation standard } S = \sqrt{S^2}$$

En réalité, nous avons opéré de telle sorte que nous considérons la série N données comme un échantillon extrait d'une population idéale ; \bar{X} et S ne sont que les estimations de la moyenne et de l'écart type (ou déviation standard) de cette population idéale.

D'où le calcul de l'erreur type (ou standard) de moyenne, S_m :

$$S_m = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

II.2.4.3 Comparaison des moyennes (Analyse de variance) :

Nous désirons savoir si les différentes moyennes diffèrent significativement. En fait, nous cherchons à évaluer la probabilité que les différentes séries aient été tirées d'une même population.

Il y a deux types d'analyse de variance :

1. Le test de t (ou de Student), quand nous avons à comparer deux moyennes ;
2. Le test de F (ou de Fisher) quand les moyennes à comparer sont plus de deux.

On conçoit l'intérêt de ce problème pour l'interprétation des résultats, tels que la comparaison des valeurs d'un facteur.

Ainsi, on décompose la variance totale en variance partielle que l'on compare et on obtient :

- La variation totale
- La variation entre groupe
- La variation à l'intérieur des groupes

Aux quelles on calcule :

- Le Degré de liberté ou d.d.l;
- Le carré moyen, qui est égal au quotient de la somme des carrés des écarts par le nombre de d.d.l correspondant ;
- Le rapport de variance F, égal au quotient des deux carrés moyens.

II.2.4.4 Corrélation

Elle permet de voir les interactions négatives ou positives qu'un paramètre exerce sur un autre (Abondance des espèces et taux de parasitisme). Ainsi un coefficient de corrélation « r » et un seuil de significativité p doivent être calculés.

-Il faut noter que les valeurs de $r < |p|$ ne seront pas considérées dans l'observation.

-Il faut noter aussi que pour $-1 \leq r < 1$:

-si $0.7 \leq r < 1$, on a une *bonne corrélation*

-si $0.9 \leq r < 1$, on a une *très bonne corrélation*

III. RESULTATS ET ANALYSE

III.1. PLANIFICATION DES PROSPECTIONS

En se référant à toutes les données nous avons pu réaliser que:

1. Les œufs sont pondus au stade quatre feuilles du maïs c'est-à-dire entre deux semaines et un mois après le semis, ce qui correspond à la fin Novembre début Décembre selon le calendrier cultural;
2. Quant aux larves, celles-ci sont abondantes au stade dix feuilles c'est-à-dire deux mois après semis correspondant au début du mois de Janvier pour les semis avancés et au mi février pour les semis tardifs ;
3. Les larves âgées et les chrysalides font leur apparition au début de l'épiaison tombant ainsi à la fin du mois de Février pour les maïs à cycle court et début Mars pour les plus longs cycles.

Ainsi, nous pouvons dresser un tableau récapitulatif des périodes pendant lesquelles les récoltes devraient être effectuées :

Tableau. 4 : le calendrier des prospections

Période	Novembre- Décembre	Janvier- Février	Février- mars
Stade de développement des foreurs	OEUFS	LARVES	CHRYNALIDES

III.2. RESULTATS DES ECHANTILLONNAGES :

Après observation, les tiges présentant des symptômes de dégât sont disséquées (**fig.17, 18**)

III.2.1- les œufs :

Nous n'avons pu trouver que quelques ooplaques de *Sesamia calamistis*.

III.2.2 - les larves et les chrysalides :

Durant les échantillonnages 574 larves de *Sesamia calamistis*, de *Sciomesa biluma* et de *Chilo orichalcociliellus* ont été récoltées ; elles sont immédiatement triées selon leurs espèces et sont mises une à une dans des boites d'élevage sur lesquelles sont mentionnés les localités où elles ont été récoltées et l'endroit de la plante où elles ont été prélevées (cf. ANNEXE I).

III.3. IDENTIFICATION :

III.3.1- Identification des foreurs :

Nous présentons dans la **planche II** les caractères distinctifs des différentes larves.

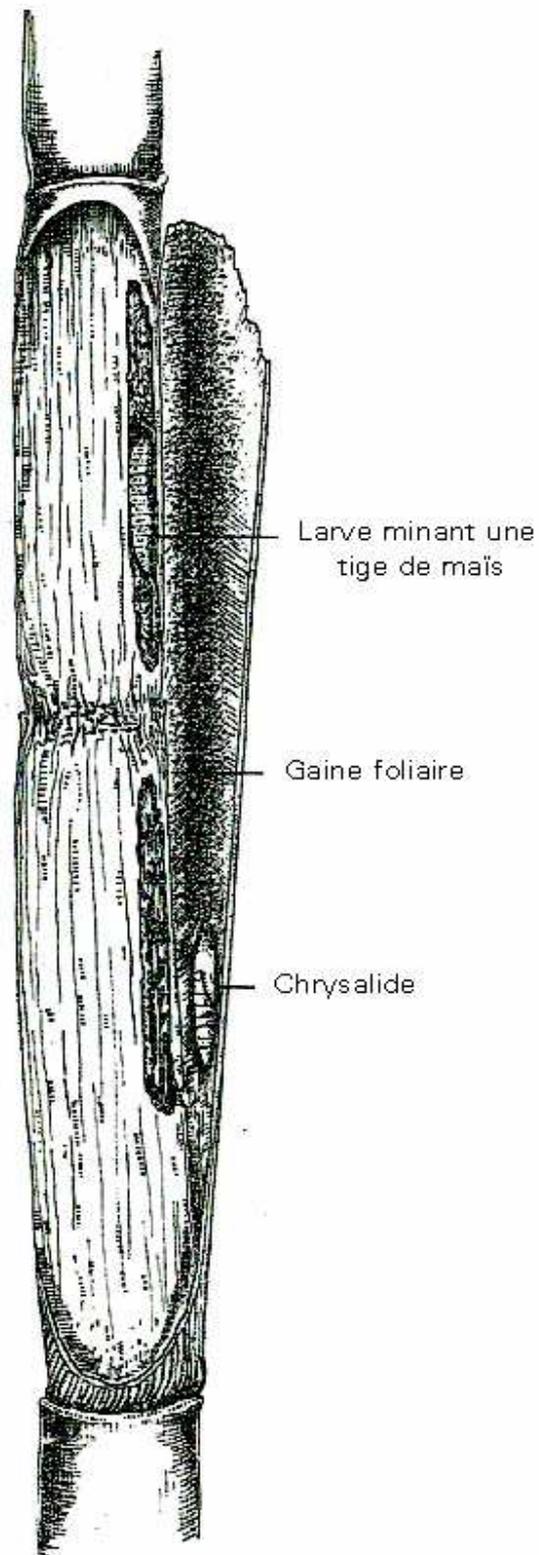
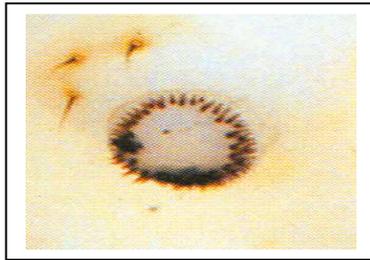
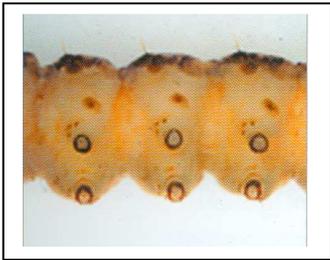
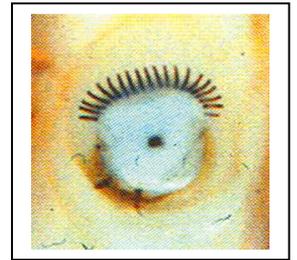
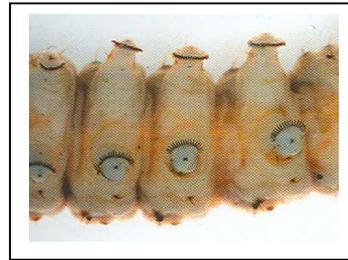


Fig.18. Dissection des tiges présentant des symptômes de dégât

Planche II
 CARACTERES D'IDENTIFICATION DES BORERS (synthétisé par l'auteur)



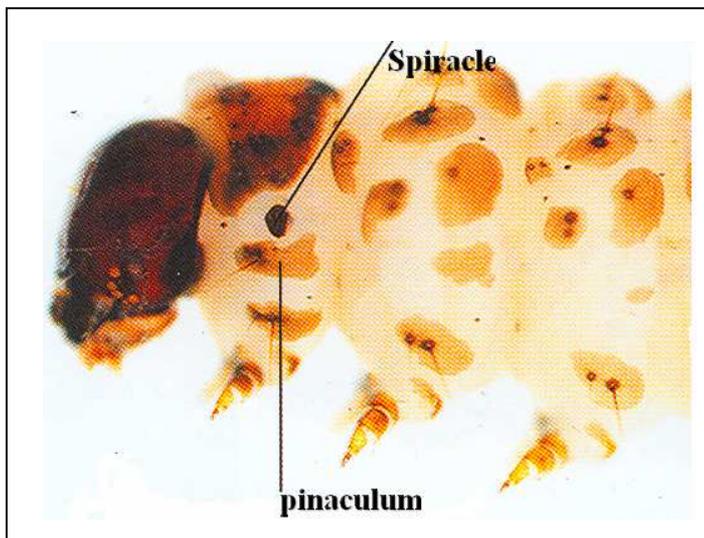
CROCHET DISPOSES DE MANIERE CIRCULAIRE



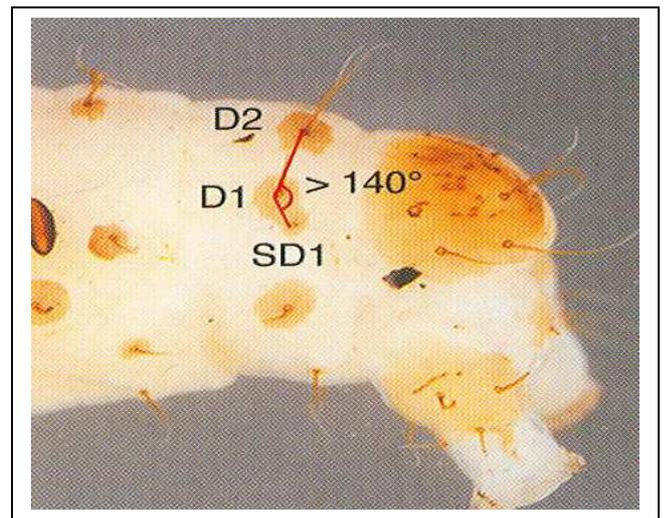
CROCHET A DISPOSITION RECTILIGNE

PYRALES

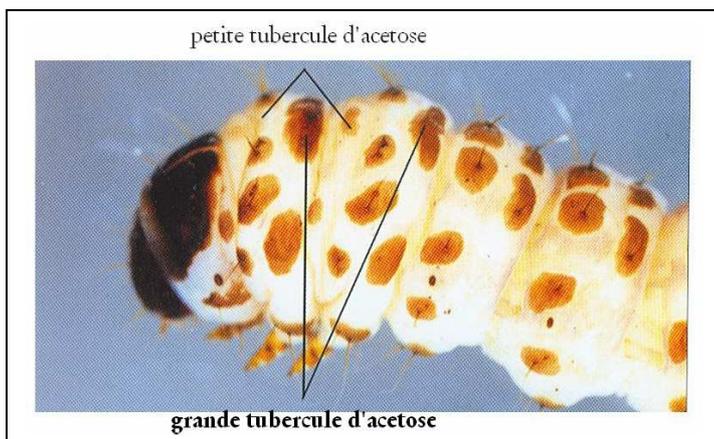
NOCTUIDAE



Emplacement du pinaculum latéral protoracique : en dessous du spiracle



Disposition des soies sur l'extrémité abdominale $< 140^\circ$:
Sesamia calamistis



Presence de petites tubercules d'acetose additionnelles sur le côté dorsale du meso et metathorax : *Chilo orichalciciliellus*

III.3.2- identification des parasitoïdes

Partant du clés d'identification relaté dans la partie méthodologie nous avons pu établir un clé synthétisé

Planche III : CLE D'IDENTIFICATION DES PRINCIPALES FAMILLES D'HYMENOPTERES (synthetisé par l'auteur)

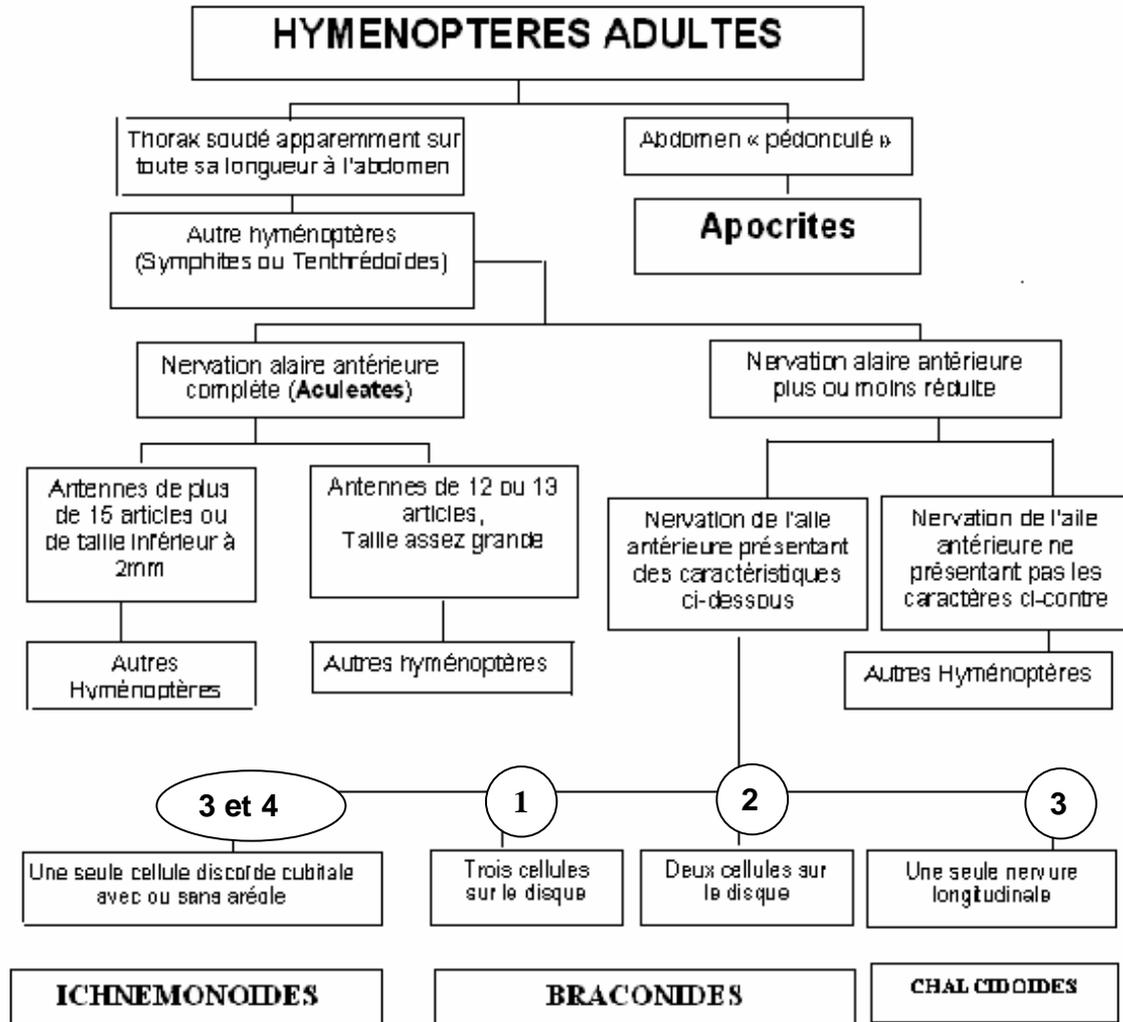


Planche III-1

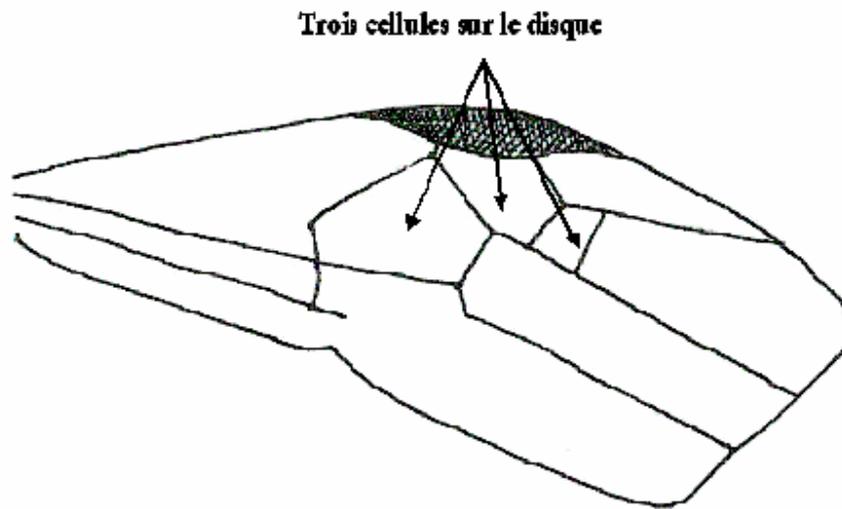
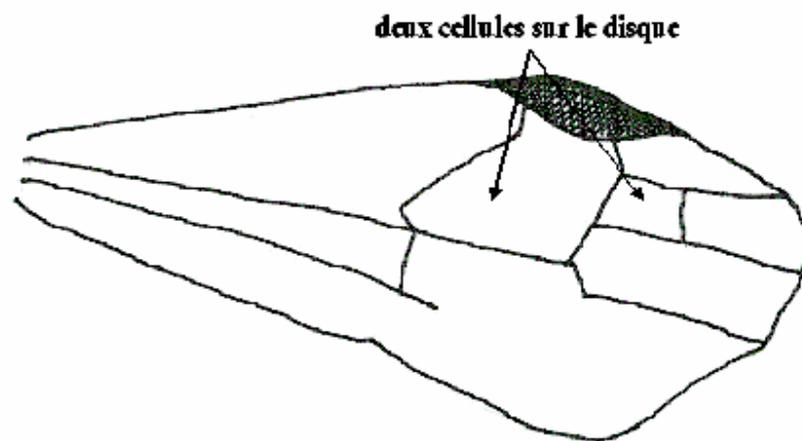


Planche III-2



LES DEUX TYPES DE NERVATION ALAIRE CHEZ LES
BRACONIDES

Planche III-3

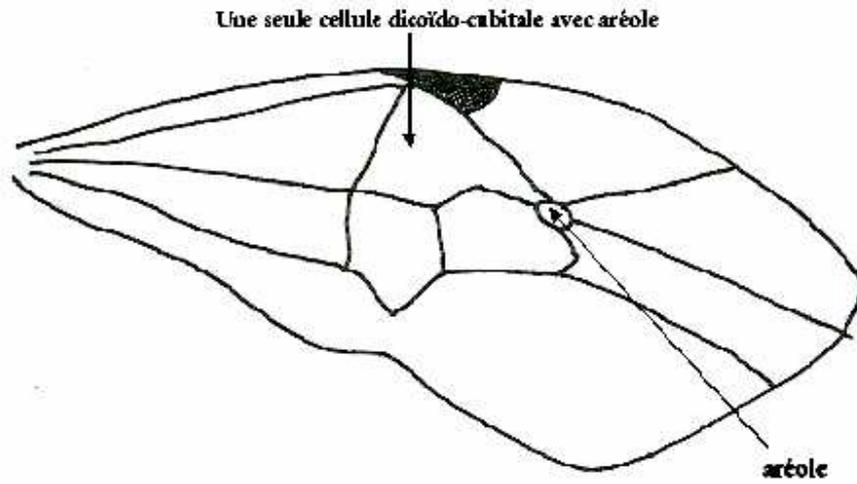
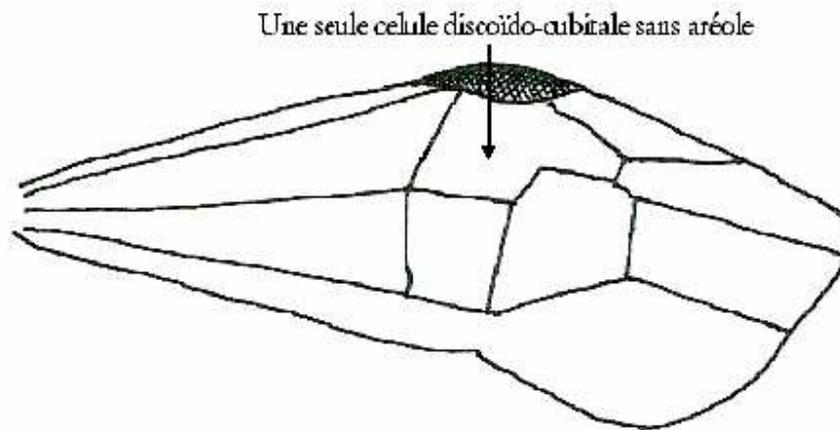
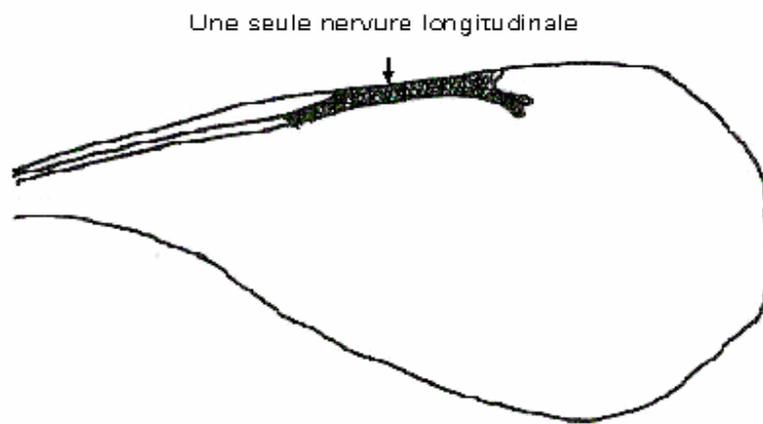


Planche III-4



LES DEUX TYPES DE NERVATION DE L'AILLE
ANTERIEUR CHEZ LES ICHNEMONOIDES

Planche III-5



NERVATION DE L'AILE ANTERIEURE CHEZ LES
CHALCIDOÏDEA

Planche IV : CLE D'IDENTIFICATION DES PRINCIPALES FAMILLES DE DIPTERES PARASITES DES FOREURS
(Synthétisé par l'auteur)

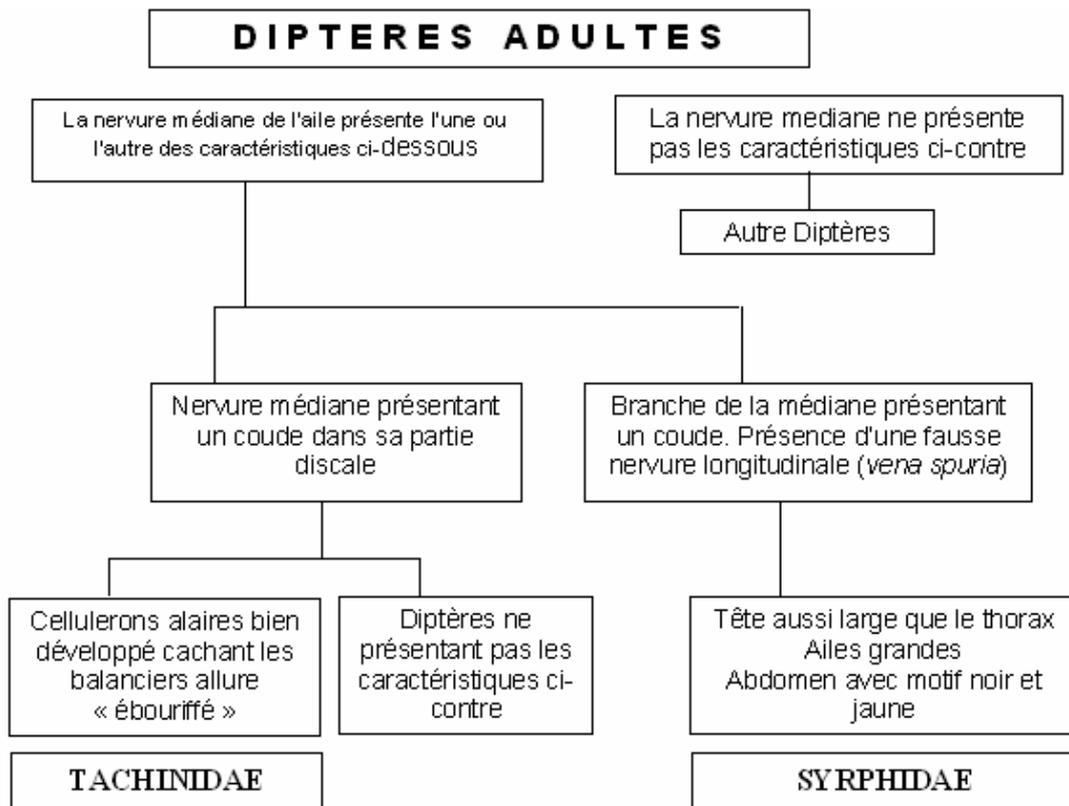
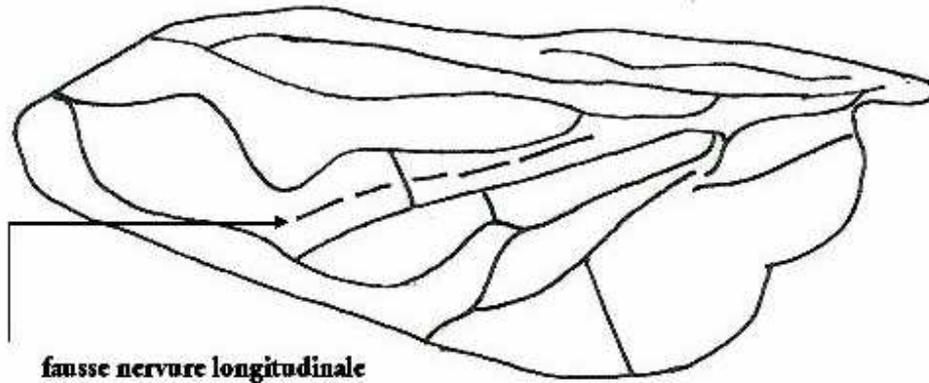
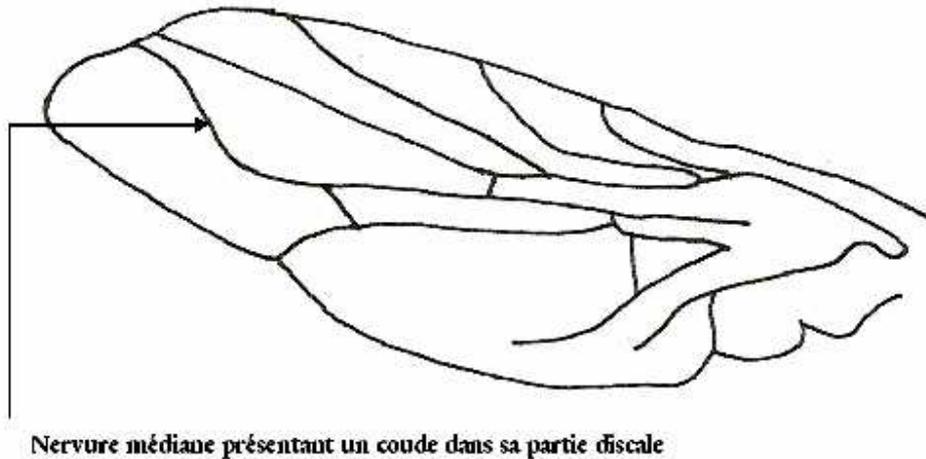


Planche VI



NERVATION ALAIRE CHEZ LES SYRPHIDAE

Planche VII



NERVATION ALAIRE CHEZ LES TACHINIDAE

III.4- LES PARASITOÏDES

III.4. 1- les parasitoïdes des œufs

Même avec la méthode destructive, nous n'avons pu trouver que quelques ooplaques de *Sesamia calamistis* qui n'ont pas été parasitées.

Ceci est dû à la différence entre les calendriers spéculatifs, et ce qui se produit dans la réalité. En effet les paysans n'adoptent pas un calendrier rigoureux et systématique de culture ; plutôt, ils attendent l'abondance des pluies pour semer ; ainsi les dates de semis sont très variables, et les foreurs à défaut du maïs, vont utiliser les graminées sauvages comme hôtes de substitution pour leur ponte.

III.4.2- Les parasitoïdes des larves

Après les échantillonnages les larves sont mises une à une dans des boîtes d'élevage sur lesquelles sont mentionnés les localités où elles ont été récoltées et l'endroit de la plante où elles ont été prélevées. Ces larves sont ramenées au laboratoire où elles sont élevées.

À part quelques larves de *Chilo orichalcociliellus* qui ont été parasitées par un hyménoptère solitaire *Syzeuctus gaullei*, la majeure partie des larves infestées (toutes espèces) a été parasitée par un petit diptère, *Megaselia scolaris*.

1. *Megaselia scolaris* (fig.19)

Ordre : Diptère

Famille : PHORIDAE

C'est un insecte de petite taille 1,5mm, de couleur grisâtre avec un corps bombé dorsalement, et une tête dont les antennes sont apparemment réduites à un seul article, le flagelle étant très développé masquant le scape et le pédicelle ; les ailes sont caractérisées par des nervures radiales épaissies et rassemblées près de la marge antérieure de l'aile, la costa interrompue à mi-longueur de l'aile, et quatre autres nervures très fines et parallèles qui occupent le reste de la surface alaire (fig.20). En fait il s'agit d'un saprophage qui se nourrit de matières organiques en décomposition ; il est fréquemment présent dans les élevages de foreurs, certainement attiré par l'odeur de la défection des foreurs et la décomposition des tiges de maïs dû à l'action des foreurs, car elle est aussi présente même dans les ordures ; par conséquent son rôle de vrai parasitoïde est peu probable.

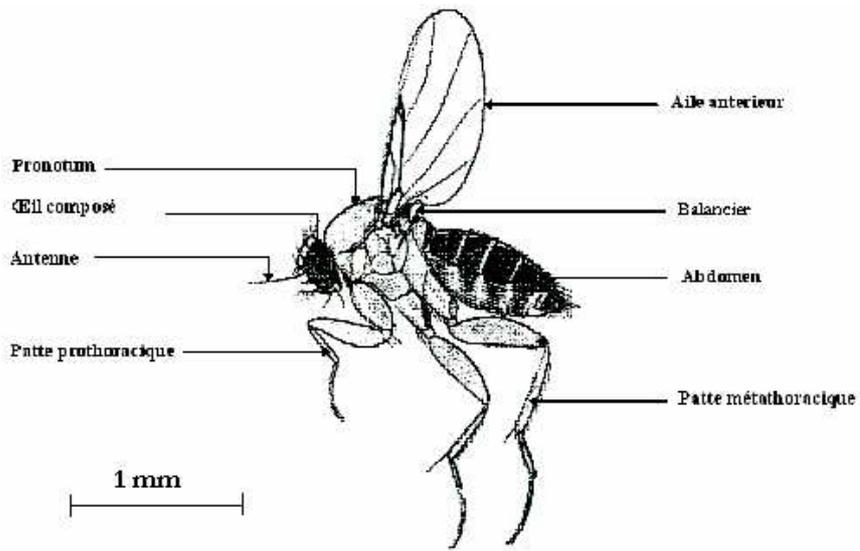


fig.19 *Megaelia scolaris* adulte

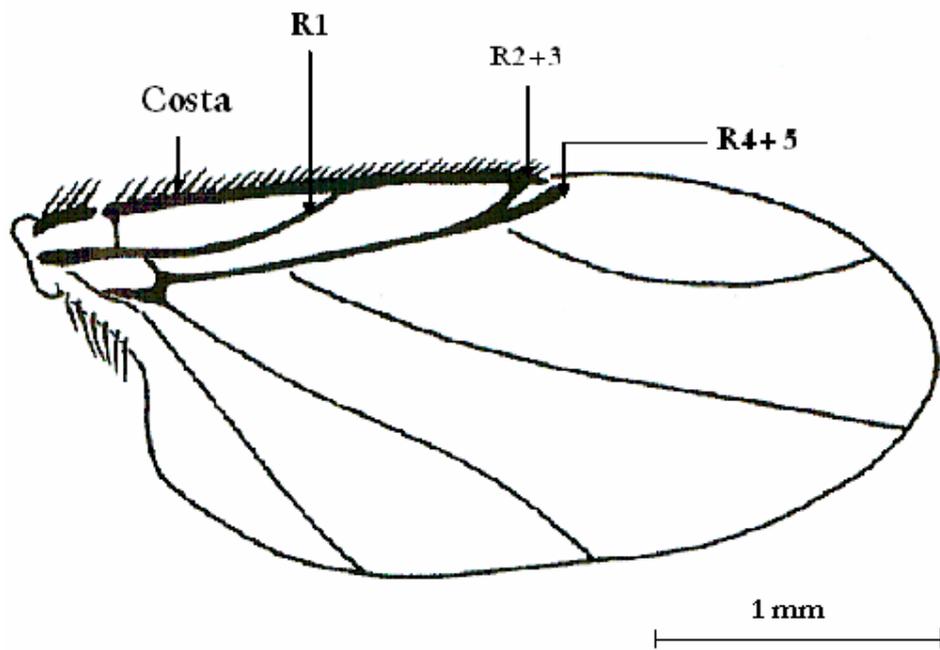


fig.20 - Aile antérieur droite de *Megaelia scolaris*

2. *Syzeuctus gaullei* (fig.21)

CLASSIFICATION

Règne : ANIMAL
Embranchement : ARTHROPODES
Classe : INSECTES
Super Ordre : PTERYGOTES
Ordre : HYMENOPTERES
Sous Ordre : APOCRYTES
Groupe : TEREBRANTES
Super famille : ICHNEUMONOÏDES
Famille : ICHNEUMONIDAE
Genre : *Syzeuctus*
Espèce : *gaullei*

C'est une espèce de taille moyennement grande (1,5cm), facilement reconnaissable par son abdomen uniformément noir, le thorax brun foncé sur sa face dorsale et un peu rouge latéralement ; les antennes sont longues et effilées et composées de 33 articles ; les ailes antérieures portent des nervures secondaires récurrentes (fig.22) ; pétiole relativement large à sa base, à peine plus étroit que le postpétiole, le premier tergite s'élargissant progressivement vers l'apex avec le stigmate du premier tergite situé dans sa moitié antérieure (fig.23) , l'angle latéroventrale du métapleuron forme un lobe très développé au dessus des hanches médianes (fig.24). Chez la femelle, l'abdomen aminci est muni d'un saillant ovipositeur long et grêle avec un hypopygium relativement développé et visible latéralement(fig.25).

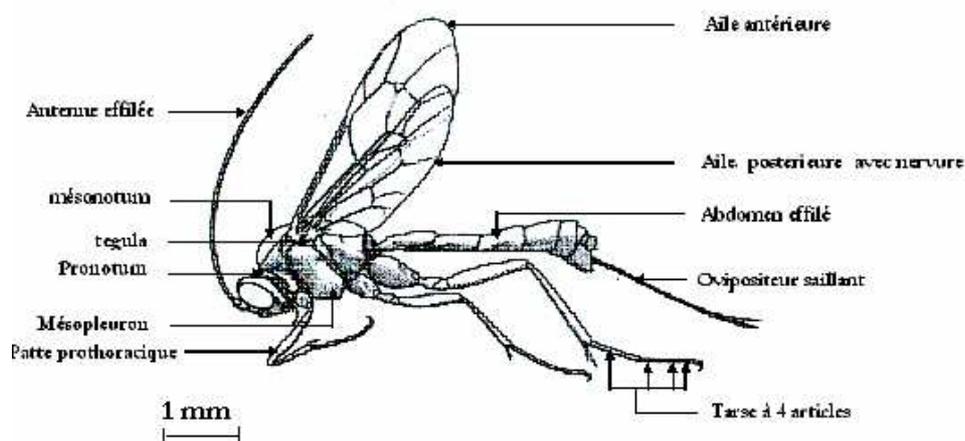


fig.21 - *Syzeuctus gaullei* Adulte femelle

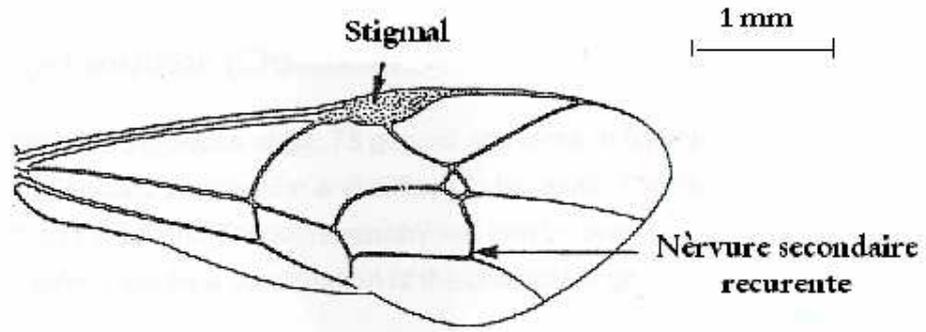


fig.22 - Aile antérieure droite de *Syzeuctus gaullei*

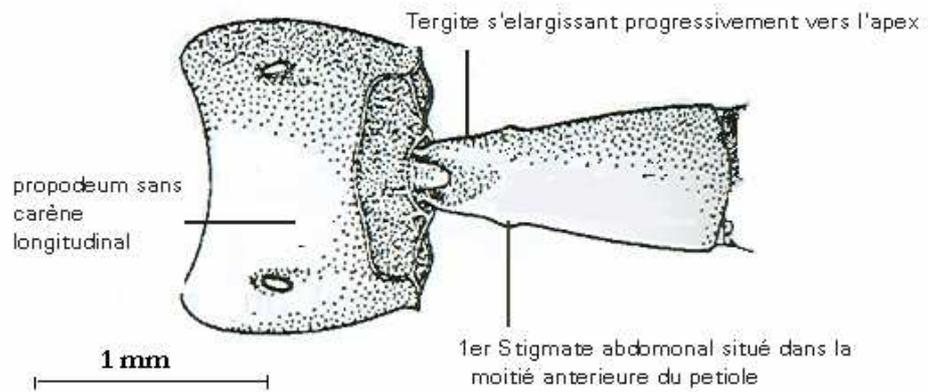


fig.23 - Dernier segment thoracique et premier segment abdominal de *Syzeuctus gaullei*

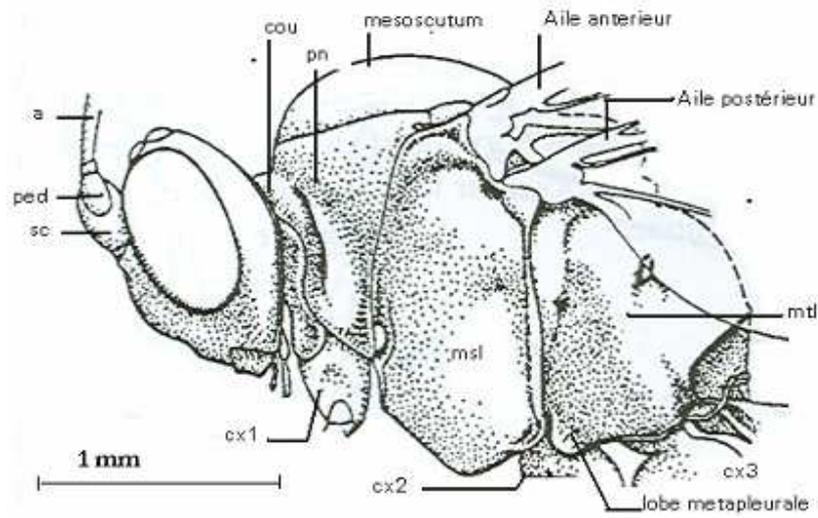


fig.24- Tête et thorax vue laterale gauche de *Syzenctus gaullei*
 Sc: scape; pn: pronotum; mtl: metapleur; msl: mesopleure

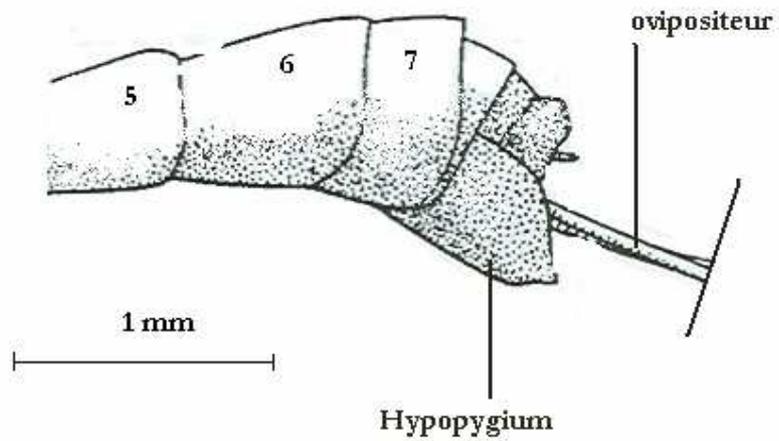


fig.25- Extremité abdominale de *Syzenctus gaullei*

Biologie :

L'élevage a été fait à partir des adultes issus de larves parasitées de *Chilo orichalcociliellus* collectées durant les échantillonnages. Les adultes de *Syzeuctus gaullei* ont été libérés dans de petits bocaux en verre dont le fond est tapissé de coton imbibé d'eau et surmonté d'un bout de papier filtre et la partie supérieure est recouverte par un tissu de mousseline. Les parasitoïdes sont nourris avec de l'eau miellée à 20%, à l'aide de boules de coton placées sur le couvercle des bocaux (fig.26). L'élevage a été conduit à 25°C±1 avec une humidité relative de 65%±5, une photopériode de 12/12 et utilisant comme hôte des larves de *Chilo orichalcociliellus*.

Les larves à parasiter ont été présentées de deux façons :

- dans de fragment de tiges de maïs accroché à l'aide d'un fil métallique,
- placée directement au fond des bocaux mais attaché à un fil de soie.

Les larves sont renouvelées tous les deux heures et élevées dans de tige de maïs dans de même type de bocaux que précédemment

1. Accouplement et oviposition

L'accouplement a eu lieu tout de suite après l'émergence. La femelle ne s'accouple qu'une seule fois, puis s'en suit une période de 3 à 6 jours où il ne se passe rien c'est la période de préoviposition ; en suite l'oviposition a eu lieu.

2. Cycle de développement et durée de vie

Dans les tiges de maïs auxquelles les larves ont été exposées directement Les œufs éclosent quelques heures après l'oviposition et donne naissance à de petites larves blanchâtres qui se nourrisse des tissus de leur hôte jusqu'à épuisement. Après 8 à 14 jours des cocons brun rougeâtre identique à ceux trouvés, à l'intérieur des tiges de maïs lors des élevages des larves récoltées durant les échantillonnages ; par contre les larves de *Chilo orichalcociliellus* placées à l'intérieur des tiges de maïs ont continuer leur développement jusqu'à la nymphe. Ces résultats nous amènent à conclure que dans la nature, la ponte a lieu lorsque les chenilles n'ont pas encore pénétré à l'intérieur des tiges de maïs c'est-à-dire au 1^{er} ou 2^e stade, et après les chenilles pénètrent à l'intérieur des tiges et le parasitoïde continue son développement.

Après avoir épuisé les tissus de son hôte, la larve tisse un cocon dans la galerie même de son hôte et s'y nymphe. 8 jours après soit 16 à 22 jours après l'oviposition, l'adulte émerge du cocon.

Mais *Syzeuctus gaullei* est un parasitoïdes solitaire facultative des larves de foreurs car elle parasite aussi d'autres larves de Lépidoptères comme *Helicoverpa armigera*.

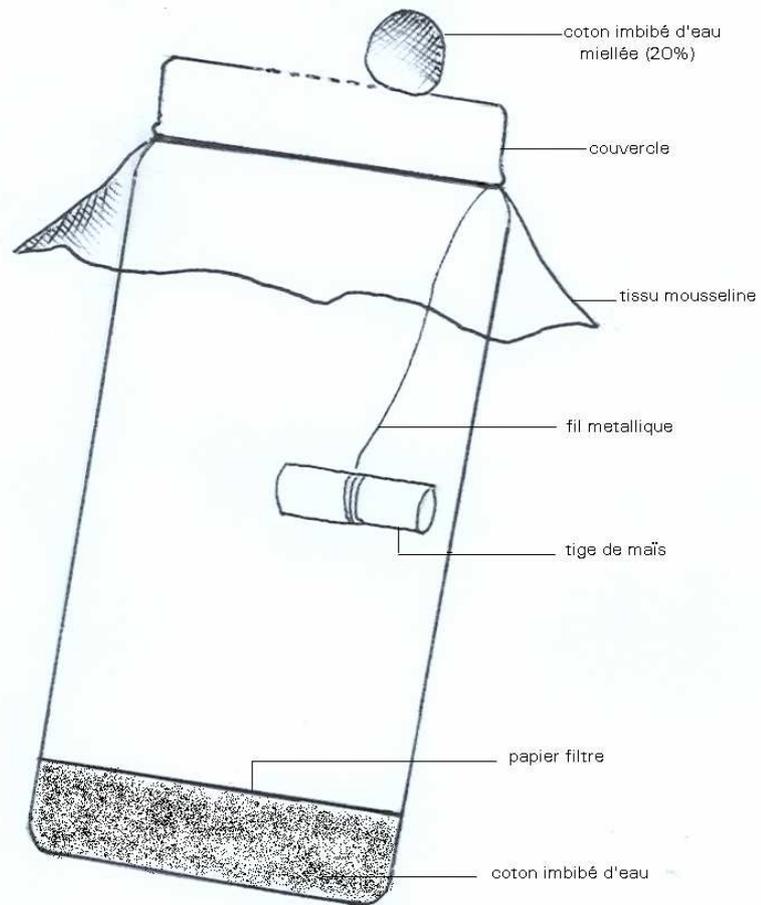


fig.26 - Bocal pour parasiter les larves et les chrysalides

III.4.3 - LES PARASITOÏDES DES CHRYSALIDES

Après échantillonnage, 71 chrysalides ont été récoltées (cf. ANNEXE I): des chrysalides de *Sesamia calamistis* et de *Sciomesa biluma* et aucune chrysalide de *Chilo orichalcociliellus*. Elles ont été placées une à une dans des piluliers munis de coton légèrement imbibé d'eau pour que les chrysalides ne se dessèchent, en effet, elles ne se nourrissent plus. Deux espèces d'Hyménoptères EULOPHIDAE parasitaient les chrysalides. Il s'agit de :

1. *Pediobius furvus* Gahan (fig.27)

Règne : ANIMAL
Embranchements : ARTHROPODES
Classe : INSECTES
Super Ordre : PTERIGOTES
Ordre : HYMENOPTERES
Sous ordre : APOCRYTE
Groupe : TEREBRANTES
Super famille : CHALCIDOÏDEA
Famille : EULOPHIDAE

Elle a été obtenue à partir de chrysalide de *Sesamia calamistis* et de *Sciomesa biluma*. Elle est reconnaissable par sa taille minuscule (1,5mm), son corps noir métallique et aux ailes antérieures sans cellule fermée ou brachyptères (fig.28); les tarsi sont composés de 4 articles (Fig.29); le pronotum n'atteint pas latéralement la tégula, le prépectus est visible sous forme d'un sclérite triangulaire situé entre le pronotum et la tégula, le scutellum ne présente qu'une seule paire de soies et sans lignes médianes, et le propodéum présente des carènes médianes divergeant postérieurement (fig.30).

Pediobius furvus est l'un des parasitoïdes primaires le plus communément obtenus de fleurs de tiges en Afrique. A Madagascar, c'est l'un des parasitoïdes introduits qui s'est implanté et a pu être utilisé pour contrôler la population de *Sesamia calamistis* (J. Appert et al, 1971).

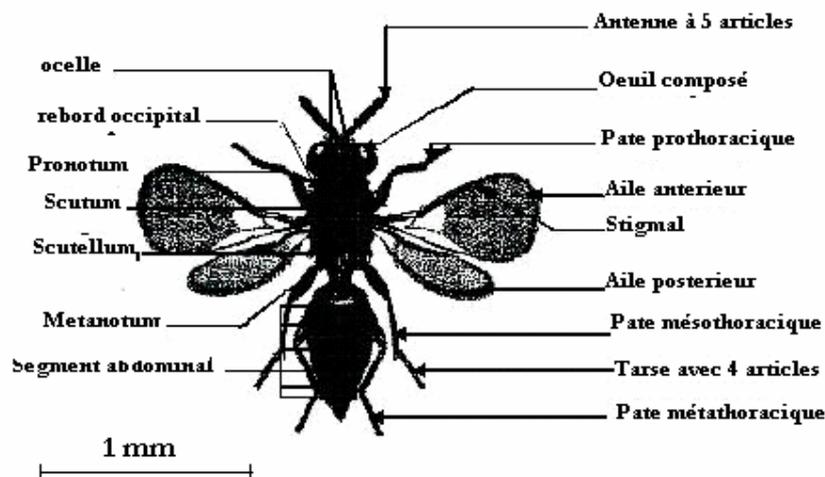


fig.27 - *Pediobius furvus* Gahan Adulte femelle

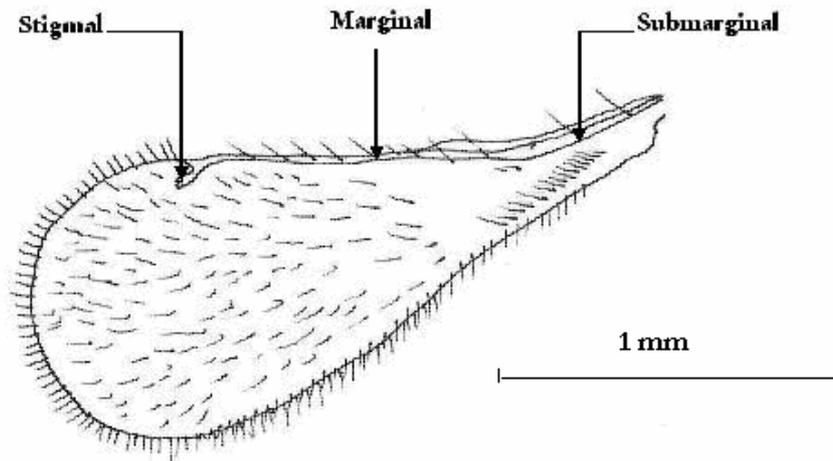


fig.28- Une aile mésothoracique gauche de *Pedobius furvus*

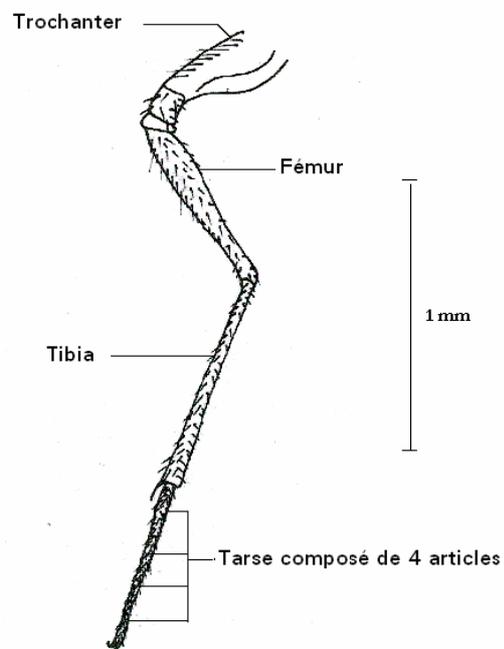


fig.29- patte métathoracique gauche de *Pedobius furvus*

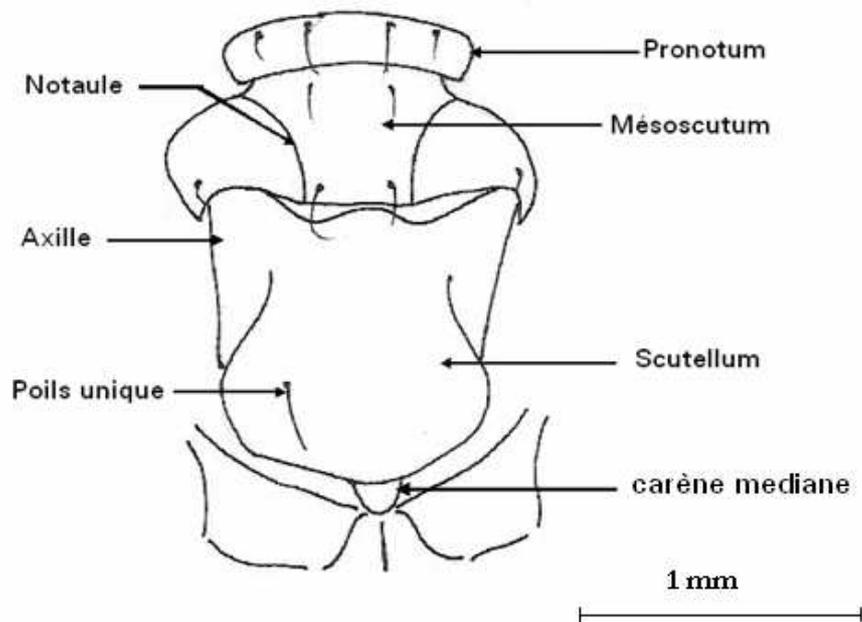


fig.30 - THORAX DE *Pediobius furvus*
(vue dorsale)

Biologie :

L'élevage a été fait en utilisant des adultes obtenus à partir des chrysalides parasitées de *Sesamia calamistis* collectées durant les échantillonnages. Les adultes de *Pediobius furvus* ont été libérés dans de petits bocaux en verre dont le fond est tapissé de coton imbibé d'eau et surmonté d'un papier filtre et la partie supérieure fermée par du tissu de mousseline. Les parasitoïdes sont nourris avec de l'eau miellée à 20%, à l'aide de boules de coton placées sur le couvercle des bocaux. Les pupes à parasiter ont été mises dans de fragment de tiges de maïs dont l'un des bouts a été perforé en forme de tunnel et qu'on a accroché à l'aide d'un fil métallique à l'intérieur des bocaux. Les pupes sont changées tous les jours. Nous avons utilisé des chrysalides de *Sesamia calamistis*, de *Sciomesa biluma* et de *Chilo orichalcociliellus* comme hôtes, et les conditions d'élevage sont à 25°C et à 70% d'hygrométrie.

1. Accouplement et oviposition :

L'accouplement suit immédiatement l'émergence, le mâle prend la femelle par le prothorax avec ses paires de pattes prothoraciques et commence à battre les ailes. Le mâle suit la femelle partout où elle va si elle se déplace, tout en restant sur son dos. Parfois, deux mâles sont à la poursuite d'une femelle, mais après quelques secondes l'un d'entre eux s'en va. Après plusieurs minutes, le mâle glisse en arrière en orientant la pointe de son abdomen en dessous de celle de la femelle, donnant lieu ainsi à l'accouplement ; pendant ce temps le mâle continue à battre les ailes. L'accouplement dure 50 minutes, après quoi le mâle quitte la femelle.

L'oviposition commence quelques heures après l'émergence et ne s'achève que quatre jours après si la femelle survit assez longtemps. La femelle met 15 minutes pour perforer un trou dans la cuticule de la chrysalide, puis y introduit son ovipositeur jusqu'à une profondeur de 0,65mm, et y pond pendant 5 heures. La femelle peut

pondre ses œufs en n'importe quel endroit de la chrysalide (tête, abdomen). En une seule ponte, de nombreux petits œufs blancs crémeux entassés les uns contre les autres sont déposés à l'intérieur des chrysalides. Plusieurs femelles peuvent pondre simultanément ou successivement sur la même chrysalide.

2. Durée du cycle de développement (résultats des élevages c.f annexe)

Durée du développement embryonnaire :

Les œufs éclosent en 24 heures chez toutes les espèces hôtes, ainsi, des larves densément serrées ou empilées en désordre à l'intérieur des chrysalides sont nées.

Durée du développement larvaire :

Nous avons résumé dans le tableau suivant, les résultats obtenus.

Tableau 5 : Durée moyenne du développement larvaire de *Pediobius furrvus* suivant les espèces hôtes

Espèces hôtes	Nb	Durée moyenne (jour)	d.d.l	F	P
<i>Chilo orichalcociliellus</i>	5	6,2a ±0,38	2	6,09	>0,014
<i>Sciomesa biluma</i>	5	4,8b ±0,38			
<i>Sesamia calamistis</i>	5	4,4b ±0,38			

d.d.l : degré de liberté, **F** : constante de Fisher, **P** : probabilité

D'après ces résultats, il n'y a pas de différence significative entre la durée du développement larvaire de *Pediobius furrvus* sur *Sesamia calamistis* et sur *Sciomesa biluma*. En moyenne, les larves se nymphosent entre 4 et 5 jours (4,8 ±0,38 chez *Sciomesa biluma*, et 4,4 ±0,38 chez *Sesamia calamistis*) après l'éclosion.

C'est sur *Chilo orichalcociliellus* qu'une différence significative a pu être observée car les larves ont besoin de 5 à 8 jours (6,2 ±0,38) pour se nymphoser. Ceci peut être dû à la taille de l'hôte, en effet les chrysalides de *Chilo orichalcociliellus* sont moins grandes que celles de *Sesamia calamistis* et *Sciomesa biluma*.

Durée de la nymphose :

Elle a été évaluée à partir du moment où la larve s'immobilise, et se transforme en prénymphe jusqu'à l'émergence des adultes. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Tableau 6 : Durée moyenne du développement nymphal de *Pediobius furrvus* suivant les espèces hôtes

Espèces hôtes	Nb	Durée moyenne (jour)	d.d.l	F	P
<i>Chilo orichalcociliellus</i>	5	10,2a ±0,46	2	2,31	< 0,14
<i>Sciomesa biluma</i>	5	9,6a ±0,46			
<i>Sesamia calamistis</i>	5	8,8a ±0,46			

d.d.l : degré de liberté, **F** : constante de Fisher, **P** : probabilité

Les adultes émergent par des orifices circulaires pratiqués dans le tégument de l'hôte. Les larves de *Pediobius furrvus* deviennent adultes en moyenne 9 à 11 jours (10,2 ±0,46) après l'empupement sur *Chilo orichalcociliellus*, 8 à 10 jours (9,6±0,46) sur *Sciomesa biluma* et 8,8 ±0,46 sur *Sesamia calamistis*, la différence n'étant pas significative.

Le tableau suivant présente le cycle complet de développement de *Pediobius furrvus*.

Tableau 7: Durée moyenne du cycle complet de *Pediobius furvus* suivant les espèces hôtes

Espèces hôtes	Nb	Durée moyenne (jour)	d.d.l	F	P
<i>Chilo orichalcociliellus</i>	5	20,2a ±0,47	2	2,11	< 0,16
<i>Sciomesa biluma</i>	5	20,2a ±0,47			
<i>Sesamia calamistis</i>	5	19,0a ±0,47			

d.d.l : degré de liberté, **F** : constante de Fisher, **P**: probabilité

Ainsi, le cycle complet est de 19 à 22 jours ($20 \pm 0,47$) sur *Chilo orichalcociliellus*, 19 à 21 jours ($20 \pm 0,47$) sur *Sciomesa biluma* et de 19 à 20 jours ($19 \pm 0,47$) sur *Sesamia calamistis*, la différence n'étant pas significative.

3. Nombre d'individus produits par chrysalides :

Après comptage des adultes obtenus à partir de chaque chrysalide parasitée, nous avons eu les résultats suivants :

Tableau 8: Nombre moyen d'individus adultes de *Pediobius furvus* produits suivant les espèces hôtes

Espèces hôtes	Nb	nombre moyenne (individu)	d.d.l	F	P
<i>Chilo orichalcociliellus</i>	5	94,6a ±6,72	2	1,014	<0,39
<i>Sciomesa biluma</i>	5	91,4a ±6,72			
<i>Sesamia calamistis</i>	5	104,4a ±6,72			

d.d.l : degré de liberté, **F** : constante de Fisher, **P**: probabilité

Le nombre d'individus adultes de *Pediobius furvus* produits par chrysalide varie de 71 à 115 ($94,6 \pm 6,72$) sur *Chilo orichalcociliellus*, 98 à 118 ($104,4 \pm 6,72$) sur *Sesamia calamistis* et 80 à 108 ($91,4 \pm 6,72$) sur *Sciomesa biluma*, la différence n'étant pas significative.

4. Influence de l'âge des chrysalides sur le développement :

Des chrysalides de *Sesamia calamistis* de *Sciomesa biluma* et de *Chilo orichalcociliellus* âgées de 1 à 10 jours vont se faire parasiter simultanément, chacune étant mise dans des tiges de maïs et présentée aux adultes de *Pediobius furvus*.

Les résultats de ces élevages sont résumés dans le **tableau 9**.

Ainsi, nous avons remarqué que le nombre d'individus émergeant varie en fonction de l'âge des chrysalides hôtes sans distinction d'espèces hôtes.

Nous avons aussi remarqué que pour les chrysalides de 6 jours, le nombre d'individus produits diminue considérablement et il est nul pour les chrysalides de 7 jours et plus. Ainsi, les parasitoïdes préfèrent les chrysalides fraîchement formées.

Tableau 9: influence de l'âge des chrysalides sur le nombre de parasites produits

Age des chrysalides hôtes	Nb	Nombre moyen de <i>Pediobius furvus</i> produit chez		
		<i>Sesamia calamistis</i>	<i>Sciomesa biluma</i>	<i>Chilo orichalcociliellus</i>
1jour	5	109,8 ±4,05	103,4 ±1,43	107,0 ±3,37
2jours	5	95,8 ±1,84	97,4 ±4,05	95,2 ±1,35
3jours	5	86,6 ±1,8	82,2 ±2,35	83,0 ±4,35
4jours	5	68,2 ±6,56	62,8 ±4,42	68,6 ±3,31
5jours	5	32,0 ±8,06	36,2 ±5,05	43,0 1±1,15
6jours	5	2,0 ±0,89	3,4 ±1,53	0,8 ±0,58
7jours	5	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00
8jours	5	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00
9jours	5	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00
10jours	5	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00	0,0 ±0,00

5. Capacité de recherche d'hôte :

Des tests ont été menés pour savoir si *Pediobius furvus* est aussi capable de parasiter des chrysalides hors des tiges. Ainsi, nous avons constitué deux lots de 5 bocaux contenant d'une part des chrysalides dans des tiges et d'autre part des chrysalides dans des rouleaux de feuille de maïs. Toutes ces chrysalides ont été exposées aux adultes de *Pediobius furvus*. Nous avons observé autant de chrysalides parasitées chez les premiers que chez les deuxièmes. Elle est donc capable de localiser son hôte où qu'il soit.

2. *Tetrastichus howardi* (fig.31)

Regne : ANIMAL

Ebranchement : ARTHROPODES

Classe : INSECTES

Super Ordre: PTERYGOTES

Ordre : HYMENOPTERES

Sous ordre : APOCRYTES

Groupe : TEREBRANTES

Super famille : CHALCIDOIDEA

Famille : EULOPHIDAE

Le genre *Tetrastichus* a été traditionnellement utilisé dans un sens très large, et est attribué à un grand nombre d'espèces appartenant à la sous famille des Tetrastichinae. Mais ceux ci ont récemment fait l'objet de reclassification et le genre a été redéfini de manière plus étroite (Graham, 1987 et 1991 ; Boucek, 1998 ; LaSalle, 1994). *Tetrastichus howardi* a été obtenue de chrysalide de *Sesamia calamistis* ; de taille encore plus petite que *Pediobius*, la femelle se distingue du mâle par son corps plus large mais aussi par la couleur noire du scape antennaire (contre jaune chez le mâle). Une des caractéristiques de *Tetrastichus howardi* est la présence d'un propodéum¹ à carène paraspiraculaire et d'une autre carène en forme de Y inversée située près du stigmate côté interne ; il n'y a qu'une seule soie dorsale sur la nervure submersible (fig.32), c'est le principal caractère qui la distingue des autres genres de Tetrastichinae.

Biologie :

L'élevage a été fait à partir des adultes issus de pupes parasitées de *Chilo Sesamia calamistis* collectées durant les échantillonnages. Les adultes de *Tetrastichus howardi* ont été libérés dans de petits bocaux en verre dont le fond est tapissé de coton imbibé d'eau et surmonté d'un bout de papier filtre et la partie supérieure est recouverte par un tissu de mousseline. Les parasitoïdes sont nourris avec de l'eau miellée à 20%, à l'aide de boules de coton placées sur le couvercle des bocaux. L'élevage a été conduit à 25°C±1 avec une humidité relative de 65%±5, une photopériode de 12/12 et utilisant comme hôte des larves *Sesamia calamistis*. Les pupes à parasiter ont été mises dans de fragment de tiges de maïs dont l'un des bouts a été perforé en forme de tunnel et qu'on a accroché à l'aide d'un fil métallique à l'intérieur des bocaux. Les pupes sont changées tous les jours.

1. Accouplement et oviposition

Les adultes s'accouplent immédiatement après leur émergence. La femelle entre dans les trous des tiges où se trouvent les pupes et commence à pondre des œufs 1 à 5 jours après la période préovipositive, et continue de pondre jusqu'à sa mort.

2. Durée du cycle de développement

Les œufs éclosent 24h après l'oviposition, de petites larves blanches tapissent la paroi des pupes parasitées, les larves se développent et nymphosent au bout de 8 à 10 jours après l'éclosion. 10 jours après l'empupement soit 18 à 20 jours après l'éclosion des adultes de *Tetrastichus howardi* commencent à émerger.

Le nombre d'individus adultes produits sur 8 chrysalides élevées varie de 80 à 110 mais *Tetrastichus howardi* est un endoparasite grégaire facultatif des pupes de foreurs de tige de maïs car elle a un très large spectre d'hôte.

A. Polaszek affirme que les principaux hôtes de *Tetrastichus howardi* sont des Diptères, des Coléoptères, des Lépidoptères et parfois les parasitoïdes primaires des foreurs, ainsi que certains Tenthredinidés (A. Polaszek *et al* ; 2000)

1 : Chez hyménoptères apocrites, premier segment abdominal, fusionné avec le thorax et séparé du reste par un étranglement

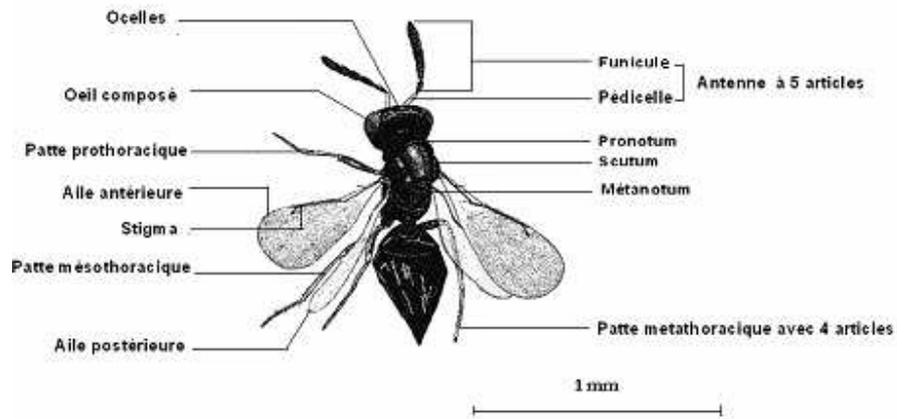


fig.31- *Tetrastichus howardi* adulte femelle

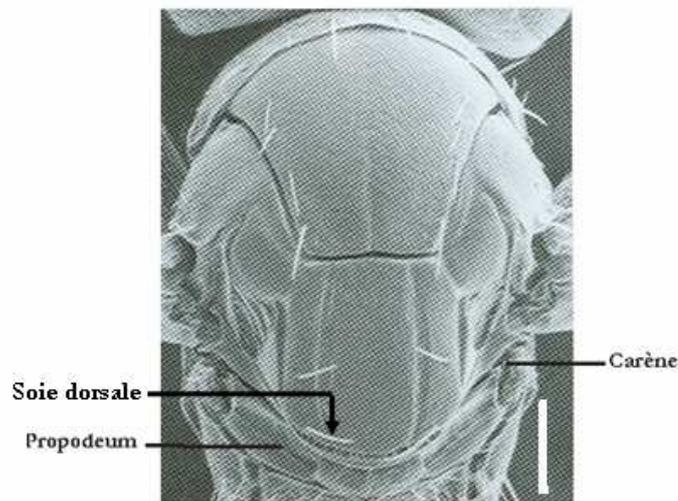


fig.32- Mesosoma et métasoma de *Tetrastichus howardi*
A. Polaszek et G.Delavare 2000

III.5 TAUX DE PARASITISME CHEZ LES LARVES ET CHEZ LES CHRYSALIDES

III.5.1 taux de parasitisme chez les larves

Le parasitisme a été évalué au rapport en pourcentage du nombre de larves parasitées au nombre total des larves récoltées.

Les résultats obtenus dans les différentes zones prospectées sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 10 : Taux de Parasitisme larvaire

Zones agroécologiques	Larves récoltées	Larves parasitées	Parasitisme (%)			F	P
			Total	<i>Megascelia scolaris</i>	<i>Syzeuctus gaullei</i>		
HAUT PLATEAU SUD	193	21	10,88 ±0,12	10,88	0	9,12	<0.0001
MOYEN EST	26	1	3,84 ±0,34	3,84	0		
MOYEN OUEST	255	2	0,78 ±0,11	0,39	0,39		
SUD	98	3	3,06 ±0,17	3,06	0		
SUD EST	2	0	0,00 ±0,00	0	0		

Dans toutes les zones prospectées, la majorité des larves était parasitées par un même diptère saprophage de la famille des PHORIDAE, *Megaselia scolaris* qui, comme nous l'avons dit auparavant, n'est même pas un véritable parasitoïde. C'est uniquement dans le moyen ouest que ce parasite est présent en même temps que l'ICHNEUMONIDAE *Syzeuctus gaullei* sur les larves de *Chilo orichalcociliellus*.

Le taux de parasitisme dans les cinq zones varie de 10% à 0 % mais la différence n'est pas du tout significative (F=9,12, p>0.0001) ce qui signifie que dans toutes les zones prospectées, le faible taux de parasitisme est généralisé. Mais comme pour tout échantillonnage, ces résultats ne sont pas forcément le reflet de la réalité vus les décalages des dates du semis et de ce fait, les erreurs de calendrier de descente.

III.5.2. Taux de parasitisme chez les chrysalides

Nous présentons dans le tableau suivant un résumé des résultats obtenus. Le taux de parasitisme étant le pourcentage du nombre de chrysalides parasitées par rapport aux chrysalides récoltées:

Tableau 11 : Taux de Parasitisme nymphal

Zones agroécologiques	Pupes récoltées	Pupes parasitées	Parasitisme (%)			F	P
			total	<i>P. f</i>	<i>T. h</i>		
HAUT PLATEAU SUD	20	3	15% ±0,01	10	5	22,60	<0.0001
MOYEN EST	0	0	0,00% ±0,00	0,00	0,00		
MOYEN OUEST	35	1	2,85% ±0,01	2,85	0,00		
SUD	10	0	0,00% ±0,02	0,00	0,00		
SUD EST	6	4	66,66% ±0,08	66,66	0,00		

P.f : *Pediobius furvus* , *T.h*: *Tetrastichus howardi*

Contrairement à celui des larves, le taux de parasitisme chez les chrysalides est assez élevé pouvant atteindre 15 à 66% et diffère significativement dans les cinq zones : il varie de 0% à 66,6% (F=22,60 ; p<0,0001). Dans le moyen Est et le sud, aucun parasitoïde n'a été capturé. Sur le haut plateau sud, un taux élevé de 15% a été enregistré et deux

espèces de parasitoïdes ont été recensées : *Pediobius furvus* et *Tetrastichus howardi*, mais la qualité en tant que parasitoïdes potentiel est incertaine pour ceci, *Pediobius furvus* est seule présente dans les autres zones.

Toutefois, nous sommes obligés d'admettre que ces résultats ne reflètent pas la réalité, car par exemple le taux de parasitisme enregistré dans la zone sud Est vient seulement de 6 chrysalides récoltées, dû au fait que la culture de maïs y est très faible. Peut être que si nous avons échantillonné sur des riz qui y sont très importants, il se peut que le résultat aurait pu être différent car *Sesamia calamistis* est aussi foreur de tige de riz.

Ainsi, vu ces faibles taux de parasitisme chez les larves et le peu de chrysalides qui ont pu être récoltées, une étude de corrélation entre nombre d'échantillons prélevés et taux de parasitisme serait nécessaire pour expliquer ces résultats.

III.6. CORRELATION ENTRE PARASITISME ET ECHANTILLONS RECOLTES

Il s'est avéré qu'effectivement le nombre d'échantillons est en corrélation positive avec le taux de parasitisme, ainsi nous avons une droite de régression (dont la courbe est présentée en Fig.33):

$$Y = 0,27 + 0,0053 X \quad \text{avec} \quad r = 0,0053$$

r : coefficient de corrélation

En faisant le carré de la constante r nous avons $r^2 = 0,000028$ qui signifie que le taux de parasitisme est à 0,0028% dû au nombre d'échantillons.

Par conséquent, augmenter le nombre d'échantillons n'y changera pas grand-chose. Ainsi on peut interpréter ce résultat comme une faible densité de population de parasitoïdes.

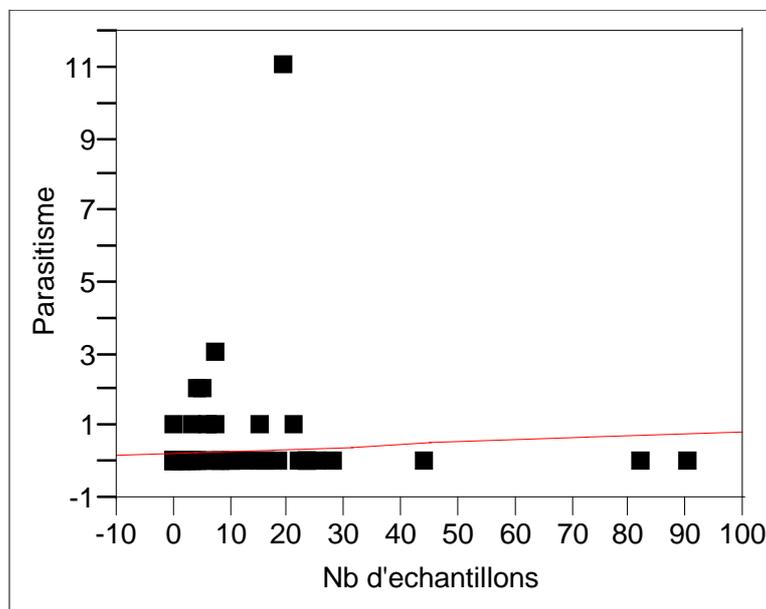


Fig.33- Courbe montrant la corrélation entre nombre d'échantillons et parasitisme

IV. DISCUSSION

Au cours de cette étude, quatre espèces de parasitoïdes ont été recensées, il s'agit de :

1. *Megaselia scolaris* (Diptère - Phoridae) qui n'est pas un véritable parasitoïde mais un saprophage présent partout où il y a des organismes en décomposition (même dans les ordures) ;

2. *Syzeuctus gaullei* (Hyménoptère - Ichneumonidae) un des parasitoïdes autochtones signalé par J. Appert (1969) et dont l'activité a été insuffisante (J. Appert *et al*, 1969) confirmé par le faible taux de parasitisme enregistré (0,39%). En fait il s'agit d'un parasitoïde facultatif des larves de foreurs de tige, car si l'efficacité d'un parasitoïde réside dans sa spécificité elle présente un spectre d'hôte assez large, c'est-à-dire qu'elle s'attaque à des larves de plusieurs espèces de Lépidoptères. Ceci est probablement dû au fait qu'elle est limitée par sa grande taille qui l'oblige à rester à l'extérieur des tiges et à traverser l'épaisseur des tiges avec son ovipositeur pour pouvoir atteindre les foreurs. mais comme les tiges de maïs sont relativement épaisses, la longueur de l'ovipositeur est insuffisante, alors pour la survie de son espèce elle est obligée de parasiter d'autres espèces qui ne sont pas des foreurs de tiges.

3. *Tetrastichus howardi* (Hyménoptère – Eulophidae) un des parasitoïdes les plus faciles à élever en laboratoire, elle ne requiert pas de conditions de parasitage strictes pourvu qu'on lui fournisse de l'eau et de la nourriture (du sucre en l'occurrence). Étant très petite elle est capable de pénétrer dans les galeries creusées par les foreurs, elle reste néanmoins un parasitoïde facultatif car elle est polyphage. En laboratoire, à défaut de foreurs elle arrive à se développer facilement sur *Helicoverpa armigera*.

4. *Pediobius furvus* (Hyménoptère – Eulophidae) Une espèce introduite en 1968. Le fait qu'elle soit capturée avec un taux de parasitisme moyennement élevé (10 à 66%) signifie qu'elle s'est acclimatée dans les conditions écologiques de Madagascar.

Beaucoup d'autres parasitoïdes signalés par Appert telles des braconidae comme *Stenobracon*, *Apanteles flavipes* qui sont des endoparasites grégaires des foreurs de tige de graminées (J. Appert *et al* 1969), n'ont pas été recensés, on peut attribuer ceci à la concurrence avec *Pediobius furvus* mais aussi au déséquilibre écologique faisant suite à la campagne antiacridienne pendant laquelle une importante quantité de pesticides a été répandue sur de vastes surfaces tuant sans aucune distinction les ravageurs et auxiliaires ; d'où la baisse du nombre de population de parasites.

Pediobius furvus serait le seul et unique véritable parasitoïde des foreurs de tige de maïs à Madagascar parce qu'il a un potentiel¹ biotique assez élevé :

- cette étude a montré que *Pediobius furvus* était capable de pénétrer aussi bien à l'intérieur des tunnels creusés par les foreurs dans les tiges de maïs que dans les rouleaux de feuilles de maïs, pour y attaquer les chrysalides grâce à sa petite taille. Contrairement à *Syzeuctus* qui, contraint par sa grande taille à demeurer à l'extérieur et à utiliser leur ovipositeur pour atteindre les foreurs.

- cette étude nous a aussi montrés la spécificité de *Pediobius furvus* pour les foreurs de tige de graminée.

Bien que la plupart des parasitoïdes recensés sont des polyphages, par cette étude on a pu remarquer que les durées de leur cycle de développement sont plus courtes (19 à 24 jours) que celui des foreurs (40 à 72 jours).

1 : Les éléments du potentiel biotique d'un entomophage sont : capacité de recherche et de découverte de l'hôte
De prise de possession de celui-ci, possibilité de développement (J. Appert *et al*, 1969)

V. CONCLUSION

Cette étude nous a permis de connaître l'état actuel des parasitoïdes des foreurs de tige de maïs dans les cinq zones agroécologiques de Madagascar. Ainsi, *Pediobius furvus* est en mesure de contrôler les populations de foreurs de tige de maïs à Madagascar telles que *Sesamia calamistis*, *Sciomesa biluma* et *Chilo orichalcociliellus*. Son efficacité par rapport aux autres parasites est liée à sa petite taille, et sa spécificité vis-à-vis des foreurs. Nous avons également eu l'occasion de vérifier les conditions nécessaires pour réussir une introduction de parasitoïdes¹.

Nous pouvons conclure que *Pediobius furvus* est bien acclimatée dans notre île, par conséquent, elle peut très bien servir de solution alternative aux problèmes dus aux attaques des foreurs sur les plans de maïs, dans le contexte écologique malgache.

En 1969 J. Appert a signalé que *Cotesia sesamiae* après avoir été introduit a plusieurs reprises a fini par s'établir dans la région d'Ambilobe or nous n'y avons fait aucune prospection. De ce fait, une descente dans cette région est en perspective actuellement, ainsi que dans les quatre autres zones agroécologiques d'une part, pour compléter les données. Des enquêtes sur les graminées sauvages doivent être réalisées d'autre part, car ces graminées constituent un habitat stable² auquel un auxiliaire peut demeurer et atteindre une relation d'équilibre avec les foreurs, contrairement aux maïs, qui est un habitat de courte durée et ne laisse aux foreurs et à leurs ennemis naturels que 2 à 3 mois pour se développer. Trop souvent, dans les grands projets visant à augmenter la productivité, les efforts sont concentrés sur l'extension des terres cultivables, et l'utilisation des fumures et l'emploi massif de pesticides. Grâce à cette étude, nous avons pu réaliser qu'on peut bien prévenir les problèmes phytosanitaires en favorisant l'entomofaune auxiliaire, tout en préservant l'environnement.

BIBLIOGRAPHIE

- **Appert J.** et al (janvier 1971) : « La lutte biologique contre les chenilles mineuses des des graminées à Madagascar et aux comores »(Document 272) p.7-21
- **Appert J.** et al (1973-1974) « Entomofaune parasitaire des graminées à Madagascar (Entomophaga 18 :1)
- **Appert J. , BERBEDER H. - MATIBET et Ranaivosoa** (1969) “ ETUDE ET TRAVAUX ” : « Vingt années de lutte biologique à Madagascar » (Agronomie tropicale : 24 :p.555-572)
- **Appert J.** et **Ranaivosoa H.** (Mars 1971) : « UN NOUVEAU SUCCES DE LA LUTTE BIOLOGIQUE A MADAGASCAR : lutte contrôle de foreurs de tige de maïs par un parasite introduit *Pediobius furrus* GAHAN (HYM. EULOPHIDAE) » in (L’agronomie tropicale extrait du vol XXVI, n :3) p.1-3
- **Appert J. , BETEBEDER M.- MATIBET et Ranaivosoa H.** (janvier 1969): « Vingt année de lutte biologique à Madagascar » (Document n : 176) p.3; 13-14
- **BOUSSES Philippe** : « BIOTAXONOMIE DES HYMENOPTERES ENTOMOPHAGES. »
(Cours A.E.A UNIVERSITE D’ANTANANARIVO, année U 1992-1993) p.30-32
- **BRENIERE J.** et **BORDAT D.** (1980): “ Intérêt et difficultés de la lutte biologique par introduction d’entomophages. Cas des foreurs du riz en Afrique. ”p.6-10
- HARRIS** et **Barnière** (1989-1990) in « Les foreurs de tiges de céréales en Afrique »
p . 109-110
- **Graham**, (1987-1991) ; **Boucek**, (1998) ; **LaSalle**, (1994).in « Les foreurs de tiges de céréales en Afrique »p. 270 ;323
- **MOHYDDIN A. I.** : Notes on distribution and biology of graminaceous stem borers in Bulletin. Ent. Res 1968; 59) p.681-689
- **Maes K.V.N, Overholt W.A,** and **Goebel F.R** (2001): « Field guide to the stemborer larvae of maize, Sorghum and sugarcane in eastern and southern Africa» p.3-11
- **Meijerman L.** et **Ulenberg S.A.** in “ Les foreurs de tiges de céréales en Afrique ” p.200-202
- **A. Polaszek** et **G. Delvare** (2000) : “ Les foreurs de tiges de céréales en Afrique ” p . 13 ; 109-110 ; 200-202 ;217-218 ; 270 ;323 ; 495 ; 505
- **Guy RIBA** et **Christine SILVY** (1989) : « Combattre les ravageurs des cultures ; enjeux et perspectives » p. 30-41
- **Schulthess** et al (1991) in “ Les foreurs de tiges de céréales en Afrique ” p. 13
- **Shanower** et al (1991) in “ Les foreurs de tiges de céréales en Afrique ” p . 13
- **Maurice TRAN** (1981): « RECONNAISSANCE DES PRINCIPAUX FOREURS DES TIGES DU RIZ, DU MAIS, ET DE LA CANNE A SUCRE EN COTE D’IVOIRE » p.6-10
- CALENDRIER AGRICOLE (Mars 2001) p.4; 7; 9; 12, 13 .
- THE FAMILIES OF PARASITOIDS ASSOCIATED WITH CEREAL STEM BORERS IN SOUTHERN AFRICA. ” (a manual for a workshop on the management of cereal stem borers in south Africa hild in Pretoria and Potchefstroom September 2000) by:
ARC- Plant Protection Research Institute (PPRI; Pretoria), ARC-Grain Crops Institute (GCI), International Center of Insect Physiology and Ecology (ICIPE ; Nairobi). P.7; 15-16; 41-42

RESUME :

Dans le cadre d'une étude de détermination de la cause de mortalité naturelle chez les Lépidoptères foreurs de tige de maïs, des échantillonnages ont été réalisés dans 77 champs de maïs dont les localités appartiennent à cinq zones agro-écologiques de Madagascar : le haut plateau sud, le sud, le sud est, le moyen est, le moyen ouest. Sur chaque site, 100 plants ont été observés et disséqués dans le cas où ceux-ci présentaient des symptômes de dégâts dus aux foreurs pour en extraire ceux-ci.

Trois espèces de foreurs de tige de maïs : *Sesamia calamistis*, *Sciomesa biluma* et *Chilo orichalcociliellus*. Quatre espèces de parasitoïdes ont été obtenues à partir des larves et des chrysalides collectées. *Megaselia scolaris* (Diptères, Phoridae) la plus fréquente chez les larves mais qui est en réalité une espèce saprophage, *Syzeuctus gaullei* (Hyménoptère, Ichneumonidae) un parasitoïde des larves pour laquelle un taux de parasitisme de 0,39% a été enregistré ; *Pediobius furvus* (Hyménoptères, Eulophidae) un parasitoïde nymphale qui a enregistré un taux de parasitisme allant de 0 à 66,66% et enfin *Tetrastichus howardi* (Hyménoptères, Eulophidae) uniquement présent sur le haut plateau sud a parasité 5% des chrysalides.

Mots clés : Madagascar, parasitoïdes, *Megaselia scolaris*, *Syzeuctus gaullei*, parasitoïde des larves *Pediobius furvus*, *Tetrastichus howardi*, parasitoïde nymphale, foreurs, maïs, *Sesamia calamistis*, *Sciomesa biluma*, *Chilo orichalcociliellus*, zones agro-écologiques.

SUMMARY :

Sampling was realized in 77 localities belonging to five agro ecological areas of Madagascar (which are: the southern highland, the south, the south-east, the middle-east, and the middle-west) from April 2003 till March 2004. 100 plants per field were observed and dissected when it present a damage by borers. Three borer species feed corn *Sesamia calamistis*, *Sciomesa biluma* and *Chilo orichalcociliellus*. Four parasitoids species were got from caterpillar and pupa. *Megaselia scolaris* (Dipteran, Phoridae) the most frequent in grubs, but which is really an saprophagous ; *Syzeuctus gaullei* (Hymenoptera, Ichneumonidae) an larval parasitoid, accounted for 0,39% of the total parasitism; *Pediobius furvus* (Hymenoptera, Eulophidae) an pupal parasitoid species with 0 to 66,66% parasitism rate; and finally *Tetrastichus howardi* (Hymenoptera, Ichneumonidae) an pupal parasitoid, only present in the high land was accounted for 5% of parasitization.

Key words: Madagascar, parasitoids, *Megaselia scolaris*, *Syzeuctus gaullei*, larval parasitoid, *Pediobius furvus*, *Tetrastichus howardi*, pupal parasitoid, borer, *Sesamia calamistis*, *Sciomesa biluma*, *Chilo orichalcociliellus*, agro ecological areas.

ANNEXE

I. RESULTATS DES PROSPECTIONS :

PROPORTION DES PIEDS INFESTES, DENSITE MOYENNE PAR PIEDS ET REPARTITION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES.

Tableau i : 1. Les hauts plateaux sud

PARCELLE	Proportion des pieds infestés (/100)	FOREURS								DENSITE MOYENNE	REPARTITION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES								
		Sc		S.b		C.o		TOTAL			Tige			Feuille			Epi		
		L	P	L	P	L	P	L	P		Sc	Sb	C.o	Sc	Sb	c.o	Sc	Sb	c.o
1.AMBOHIMANAMBO LA	20	13	0	10	0	0	0	23	00	1	X	X	-	-	-	-	-	-	-
2.ANTARAMANANA	15	0	0	7	8	0	0	07	08	1	-	X	-	-	-	-	-	-	-
3.MASINDRAY	08	07	01	0	0	0	0	07	01	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
4.AMBATOTSIPAZAN A	03	0	0	2	03	0	0	02	03	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
5.AMPARAFARA	19	18	1	0	0	0	0	18	01	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
6.ANGODONA	03	03	0	0	0	0	0	03	00	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
7.AMBATOFOTSIKEL Y	09	28	0	0	0	0	0	00	00	3,11	X	-	-	-	-	-	-	-	-
8.TSIAFAHY	02	02	0	0	0	0	0	02	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
9.SOAMAHATAMANA	13	82	0	0	0	0	0	82	00	6,3	X	-	-	-	-	-	-	-	-
10.MANDANIRESAKA	13	14	01	0	0	0	0	14	01	1,1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
11.	04	16	0	0	0	0	0	16	00	4	X	-	-	-	-	-	-	-	-
12.BELAZAO	01	0	0	2	0	0	0	02	00	1	-	X	-	-	-	-	-	-	-
13.ANTANETY	00	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.VOHITRIARIVO	15	21	02	0	0	0	0	21	02	1,6	X	-	-	-	-	-	-	-	-
15.FIADANANA	18	21	01	0	0	0	0	21	00	1,16	X	-	-	-	-	-	-	-	-
16.MORONDAVAKEL Y	22	0	0	0	0	44	0	44	00	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
17.AMBOHIJOKY	10	20	3	0	0	0	0	20	03	2,5	X	-	-	-	-	-	-	-	-
18.ANTANIMENA	18	24	1	0	0	0	0	25	01	1,38	X	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau i : 2. Le moyen ouest

PARCELLE	Proportion des Pieds infestés (/100)	FOREURS								REPARTITION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES									
		Sc		S.b		Co		TOTAL		DENSITE MOYENNE	Tige			Feuille			Epi		
		L	P	L	P	L	P	L	P		Sc	Sb	C.o	Sc	Sb	c.o	Sc	Sb	c.o
1.Ampasamanantongo	04	03	01	0	0	0	0	03	01	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
2.Belanitra	00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.Maromena	03	04	02	0	0	0	0	04	02	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
4.Sahapetraka	03	33	0	0	0	0	0	03	03	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
5.Iasikely	25	42	1	0	0	0	0	04	21	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
6.Andalilava	02	4	0	0	0	0	0	04	00	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-
7.Antsinanan'ny gara	15	0	0	0	0	11	4	11	04	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-
8.Mangarivotra	05	0	0	0	0	5	0	00	05	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-
9.Amparihivato	13	09	02	0	0	0	2	11	02	1	X	-	X	-	-	-	-	-	-
10.Amparidikambana	10	02	0	0	0	2	6	04	06	1	X	-	X	-	-	-	-	-	-
11.Atsimon'ny gara	10	6	0	0	0	0	4	06	04	1	X	-	X	-	-	-	-	-	-
12.Bongakely	10	10	0	0	0	0	0	10	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
13.Ambohidrangory	5	03	0	0	0	2	0	02	03	1	X	-	X	-	-	-	-	-	-
14.Kelimiandrandra	10	0	0	0	0	0	10	00	10	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-
15.Ampararano	13	94	0	0	0	0	0	09	04	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
16.Ampizarantany	03	3	0	0	0	0	0	03	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
17.Ferma	28	8	0	0	0	0	0	28	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
18.Morafeno	38	0	0	0	0	30	8	30	08	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-
19.Anosikely	18	0	0	0	0	8	10	08	10	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-
20.Ambatomainty	33	33	0	0	0	0	0	33	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-
21.Ambohitrakanga	00	0	0	0	0	0	0	00	00	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau i : 3. Le Sud Est

PARCELLE	Proportion des pieds infestés (/100)	FOREURS										REPARTITION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES								
		Sc		S.b		C.o		TOTAL		DENSITE MOYENNE	Tige			Feuille			Epi			
		L	P	L	P	L	P	L	P		Sc	Sb	C.o	Sc	Sb	c.p	c.o	Sc	Sb	c.o
1.FARAFANGANA	04	01	03	0	0	0	0	01	03	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.FENOARIVO	00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.IFANADIANA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.SOAMAHATAMANA	02	01	02	0	0	0	0	01	02	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau i : 4. Le moyen Est

PARCELLE	Proportion des pieds infestés (/100)	FOREURS								REPARTITION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES										
		Sc		S.b		C.o		TOTAL		DENSITE MOYENNE	Tige			Feuille			Epi			
		L	P	L	P	L	P	L	P		Sc	Sb	C.o	Sc	Sb	c.o	Sc	Sb	c.o	
1.	05	05	0	0	0	0	0	05	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	05	07	0	0	0	0	0	07	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	05	01	0	0	0	6	0	07	00	1	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
4	01	02	0	0	0	0	0	02	00	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	04	04	0	0	0	0	0	04	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	02	02	0	0	0	0	0	02	00	1	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	04	08	0	0	0	0	0	08	00	2	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tableau i : 5. Le Sud

PARCELLE	Proportion des pieds infestés (/100)	FOREURS									REPARTION DES DEGATS SUIVANT LES ESPECES													
		Sc		S.b		C.o		TOTAL		DENSITE MOYENNE	Tige			Feuille			Epi							
		L	P	L	P	L	P	L	P		Sc	Sb	C.o	Sc	Sb	c.o	Sc	Sb	c.o					
1.MIARY	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2.FIERENANA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3.ANKORONGA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4.ANDRANOHINALA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5.AMBOANDELAKA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6.MASIKAMPY	01	0	0	0	0	1	0	0	0	00	00	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7.AMBATOVANDANA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8.VINETA	01	0	0	0	0	1	0	0	0	01	00	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9.ANDRANOVOORY	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10.AMBIA	07	0	0	0	0	10	0	0	0	10	00	1,4	-	-	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
11.ANDRANOMAITSO	01	0	0	0	0	3	0	0	0	03	00	3	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12.BEVILANY	12	0	0	0	0	15	6	0	0	15	06	1,2	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13.ILAKAKA	00	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14.RANOHIRA	06	0	0	0	0	18	0	0	0	00	00	3	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15.	02	0	0	0	0	8	0	0	0	00	00	4	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
16.ANDIOLAVA	10	0	0	0	0	10	0	0	0	10	00	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17.IHOSY	04	0	0	0	0	1	3	0	0	01	03	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18.AMBARARATA	01	0	0	0	0	1	0	0	0	01	00	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19.ANKAZOBETROKA	06	0	0	0	0	6	1	0	0	06	01	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20.ZAZAFOTSY	000	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21.AMBATOVAKY	6	0	0	0	0	6	0	0	0	06	00	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22.AMPATAKA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
23.IBOAKA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24.IKELILALINA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25.SOANATAO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	00	00	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26.AMBALAKAFOTSA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	01	00	1	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27.AMBATOLONGO	45	0	0	0	0	90	0	0	0	90	00	2	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-

FICHE DE PROSPECTION POUR LES ŒUFS DE FOREURS DE TIGE DE MAÏS

DATE :
LOCALITE :
LONGITUDE :
LATITUDE :

Quadrat N°	Plante infestée (nb)	Plant deséchée (Nb)	Plantes observées
1.			25.
2.			25.
3.			25.
4.			25.

LOCALITE	QUADRAT No	PLANTE No	STADE DE LA PLANTE	Foreurs (espèces)	Nb d'œufs par plaque	Œuf No	Parasitoïde (espèce)
		1.					
		2.					
		3.					
		4.					
		5.					
		6.					
		7.					
		8.					
		9.					
		10.					
		11.					
		12.					
		13.					
		14.					
		15.					
		16.					
		17.					
		18.					
		19.					
		20.					

FICHE DE PROSPECTION POUR LES LARVES ET LES CHRYSALIDES

Date	Plante No	Foreurs			Localisation T/F/E	Parasitisme	
		No	espèces	Stade		Foreur No	Parasite espèces
			<i>S.c/S.b/C.o</i>	S/M/L/P			
	1.	1.					
		2.					
	2.	1.					
		2.					
	3.	1.					
		2.					
	4.	1.					
		2.					
	5.	1.					
		2.					
	6.	1.					
		2.					
	7.	1.					
		2.					
	8.	1.					
		2.					
	9.	1.					
		2.					
	10.	1.					
		2.					
	11.	1.					
		2.					
	12.	1.					
		2.					
	13.	1.					
		2.					
	14.	1.					
		2.					
	15.	1.					
		2.					
	16.	1.					
		2.					
	17.	1.					
		2.					
	18.	1.					
		2.					
	19.	1.					
		2.					
	20.	1.					
		2.					

II. RESULTATS DES ELEVAGES AU LABORATOIRE

Tableau 1. *Pediobius furvus*

Espèces hôtes	Chrysalides N°	Eclosion (jours)	Durée du stade larvaire (jours)	Durée de la pupaison (jours)	Cycle de développement complet (jours)	Nombre de parasites produits
<i>Sesamia calamistis</i>	1	1	4	9	18	118
	2	1	4	8	20	115
	3	1	5	10	19	90
	4	1	4	8	18	101
	5	1	5	9	20	98
<i>Sciomesa biluma</i>	1	1	4	8	19	92
	2	1	5	10	21	108
	3	1	5	10	21	80
	4	1	5	10	20	82
	5	1	5	10	20	95
<i>Chilo orichalcociliellus</i>	1	1	5	9	19	110
	2	1	5	9	19	115
	3	1	7	11	21	102
	4	1	6	10	20	75
	5	1	8	12	22	71

Tableau 2. *Tetrastichus howardi*

Espèces hôtes	Chrysalides N°	Eclosion (jours)	Durée du stade larvaire (jours)	Durée de la pupaison (jours)	Cycle de développement complet (jours)	Nombre de parasites produits
<i>Sesamia calamistis</i>	1	1	8	8	18	110
	2	1	9	10	20	105
	3	1	8	9	19	90
	4	1	10	8	18	101
	5	1	8	10	20	85
	6	1	9	8	20	82
	7	1	9	8	20	95
	8	1	8	10	18	80

Tableau 3. *Syzeuctus gaullei*

Espèces hôte	Larve N	Eclosion (Heurs)	Durée du stade larvaire (jours)	Durée de la pupaison (jours)	Cycle de développement complet (Jours)	Individu produit
<i>Chilo orichalcociliellus</i>	1	5	8	8	20	1
	2	8	10	8	22	1
	3	6	12	8	24	1
	4	5	14	8	25	1
	5	6	9	8	21	1

INFLUENCE DE L'AGE DES CHRYSALIDES HOTES SUR LE NOMBRE DE *Pediobius* ADULTE PRODUIT

Age de la chrysalide hôte	Chrysalide numéro	Nombre de <i>Pediobius</i> adultes produits chez :		
		<i>Sesamia calamistis</i>	<i>Sciomesa biluma</i>	<i>Chilo orichalcociliellus</i>
1jour	1	120	108	115
	2	102	105	112
	3	100	101	110
	4	109	100	100
	5	118	103	98
2jours	1	100	112	98
	2	90	99	96
	3	98	96	98
	4	98	89	92
	5	93	91	92
3jours	1	90	80	98
	2	90	89	84
	3	88	85	82
	4	85	82	80
	5	80	75	71
4jours	1	55	50	58
	2	59	75	66
	3	87	65	69
	4	59	56	78
	5	81	68	72
5jours	1	51	53	66
	2	45	32	63
	3	37	35	52
	4	19	39	25
	5	8	22	9
6jours	1	5	9	1
	2	1	2	3
	3	3	4	0
	4	0	2	0
	5	1	0	0
7jours	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0
8jours	1	0	0	0
	2	0	0	0
	3	0	0	0
	4	0	0	0
	5	0	0	0

IMPLANTATION REUSSIE DE PARASITOÏDES EXOTIQUES A MADAGASCAR

(source A.Polaszek et G.Delavare, 2000)

Stade de l'hôte attaqué	Espèce	Hôte cible	Origine	année	Observation	référence
Chenille	<i>Cotesia flavipes</i>	<i>Sesamia calamistis</i> <i>Chilo partellus</i>	Ouganda	1961	Lutte efficace	J.Appert <i>et al</i> 1969
Chrysalide	<i>Pediobius fuvus</i>	<i>Sesamia calamistis</i>	Ouganda	1968	Eradication des populations de <i>Sesamia calamistis</i>	J.Appert <i>et al</i> 1973