

T H È S E

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE PARIS

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR DE 3ème CYCLE

Spécialité : Biologie animale

Mention : Entomologie

par

Annie MONSARRAT

BIONOMIE DE LA CIGALE YANGA GUTTULATA Sign.

EN CHAMP DE CANNES A SUCRE A MADAGASCAR

Soutenue le

devant la Commission d'Examen

M. B. POSSOMPÈS Président

Mme J. RACCAUD }
M. J. CARAYON } Examineurs

M. P. GRISON Invité

O.R.S.T.O.M.

PARIS

1971

SOMMAIRE

CHAPITRE I

Généralités

- A. Caractéristiques générales du milieu
 - a) Situation géographique
 - b) Caractéristiques générales du milieu
 - 1) le climat
 - 2) le sol

- B. La Canne à sucre, plante-hôte de *Yanga guttulata*
 - a) Historique
 - b) Méthodes culturales actuelles

- C. Les ravageurs de la Canne à sucre à Madagascar
 - a) Insectes autres que les Homoptères Auchenorhynches
 - b) Homoptères Auchenorhynches

- D. *Yanga guttulata* Sign.
 - a) Position systématique
 - b) Répartition géographique et habitat
 - c) Plantes-hôtes

- E. *Yanga guttulata* sur la Canne à sucre
 - a) Situation des champs avant la découverte de l'attaque
 - b) Découverte des larves de Cigales sur la Canne
 - c) Rapports phénologiques
 - d) Dommages causés par *Y. guttulata*
 - 1) Rapports entre l'Imago et la Canne
 - 2) Rapports entre les larves et la Canne

CHAPITRE II

Technique expérimentales

- A. Techniques d'étude des larves
 - a) Echantillonnages souterrains
 - b) Enfouissements artificiels
 - c) Etude de l'alimentation des larves au moyen du P32

B. Technique d'études des adultes

- a) marquage et recapture des adultes
- b) Observations en cages grillagées

CHAPITRE III

Résultats

A. Caractères d'une population de *Y. guttulata* dans un milieu
Champ de Canne à sucre.

- a) La période larvaire
 - 1) nombre de stades
 - 2) Hétérogénéité de la population
 - 3) Durée des stades larvaires
 - 4) Mortalité larvaire
 - 5) Le stade nymphoïde
 - 6) La métamorphose
- b) L'imagob
 - 1) Longévitité au champ
 - 2) Comportement
 - répartition dans le champ
 - l'alimentation
 - l'accouplement
 - la ponte
 - les oeufs

B. Bionomie en cages et potentiel d'accroissement de la population

- a) Echelonnement des sorties d'adultes
- b) Longévitité
- c) Accouplement
- d) ponte et fécondité
 - 1) données d'observations
 - 2) Evaluation de la fécondité maximale
 - 3) Comparaison avec l'extérieur

C. Variations des populations de *Y. guttulata* dans les différentes
plantations de Canne à sucre.

- a) populations larvaires
 - 1) Nature des distributions des populations

- 2) Etude des moyennes des distributions
 - variations au cours d'une année
 - variations d'une année à l'autre
- 3) Etudes des variances des distributions de population
 - changement de la variance en fonction du temps
 - relation variance-moyenne par classes d'âge de champs
- 4) Niveau d'équilibre des populations larvaires.
- b) Populations d'adultes
 - 1) Dispersion
 - marquage
 - recaptures
 - 2) Action des prédateurs

CHAPITRE IV

Discussion

A. Validité des résultats

- a) durée du cycle
- b) échelonnement des pontes
- c) observations en cages

B. Facteurs intervenant sur la proportion des larves à cycle de 1 an et des larves à cycle de 2 ans.

C. Adaptation de *Y. guttulata* à la Canne à sucre

- a) Généralités - pullulations d'insectes dans le monde
- b) Cas de *Y. guttulata*, hypothèses avancées
 - 1) pullulation naturelle
 - 2) pullulation due à l'action de l'homme
 - 3) Adaptation physiologique ajoutée à la concordance de facteurs cultureux

D. Application agronomique des résultats

CONCLUSION

BIBLIOGRAPHIE

INTRODUCTION

Depuis 1962, la production de certaines plantations malgaches de Canne à sucre est compromise par les attaques d'une Cigale : *Yanga guttulata* Sign.

Rappelons que les Cigales sont des insectes passant la plus grande partie de leur vie à l'état de larves souterraines, la période imaginale, aérienne, étant très courte.

Depuis très longtemps, certaines Cigales américaines dites "périodiques" ont attiré l'attention de nombreux naturalistes (RILEY, 1885 ; MARLATT, 1907 ; BEAMER 1929), en raison de la durée exceptionnelle de leur vie larvaire. Cette durée peut aller jusqu'à 17 ans chez *Magicicada septendecim* L. Il en résulte des pullulations d'adultes qui se répètent périodiquement, tous les 17 ans par exemple, avec des sorties annuelles moins importantes entre ces pullulations. Ce phénomène n'est pas sans rappeler les apparitions soudaines, également périodiques, du Hanneton.

En dehors des Cigales dites "périodiques" du Nouveau Monde, les Cigales de l'Ancien Monde, dont le développement est généralement plus court, ont été beaucoup moins étudiées. Les espèces européennes ont fait l'objet d'observations anciennes de REAUMUR (1740), AMYOT (1847) et surtout FABRE (1897). A une période plus récente, BOULARD (1965) a complété ces études par des données nouvelles sur le comportement larvaire. CUMBER (1952) et KATO (1956) ont apporté des informations biologiques sur les espèces orientales, en particulier *Melampsalta cruentata* Fab. et *Graptopsaltria nigrofuscata* Motsch.

La plupart des Cigales ne provoquent guère de dégâts sur les plantes cultivées. Si l'on se réfère aux publications de WYMORE (1934), BLUNCK (1956) et BOULARD (1969), une cinquantaine d'espèces au total peuvent présenter une certaine incidence économique, mais quelques unes seulement sont très nuisibles, parmi lesquelles :

Magicicada septemdecim L. qui cause des dommages sur arbres fruitiers aux Etats-Unis (MORRIS, 1848 ; MARLATT, 1907)

Carineta fasciculata Germ., *Fidicina pullata* Berg. et *Quesada gigas* Ol. qui attaquent les caféiers du Brésil.

(HEMPEL 1913 ; MOREIRA, 1928 ; FONSECA et ARAUJO, 1939)

Melampsalta incepta Walk. fait des dégats sur arbres fruitiers et Eucalyptus en Australie (FROGATT 1913)

Jusqu'à une date récente la Canne à sucre n'avait jamais été attaquée par les Cigales, hormi le cas de *Mogannia hebes* Walk. dont SCHUMACHER en 1915 a rapporté les dégats sur cette plante à Formose. Or, à partir de 1962, des Cigales sont devenues brusquement et restent encore des ennemies majeures de la Canne à sucre dans quatre régions du Monde.

- A Formose, *Mogannia hebes*, déjà citée, ravage à nouveau les plantations (CHEN et HUNG, 1966).
- En Australie, *Melampsalta puer* Walk. et *Parnkalla muelleri* Dist. causent des dégats considérables dans quelques exploitations du Queensland (WILSON, 1962).
- A Madagascar, *Yanga guttulata* Sign. est signalée pour la première fois comme nuisible. (BRENIERE et SYFRIG 1965).
- Enfin, tout dernièrement, en Argentine, *Proarna bergi* Dist. provoque de sérieux dommages sur les plantations de la région de Tucuman. (COSTILLA, 1969).

A Madagascar le problème posé par *Yanga guttulata* dans les trois régions de Nossi-Bé, Ambilobé et Namakia, a pris d'emblée une importance telle qu'il a nécessité les travaux de plusieurs chercheurs. D'une part, les entomologistes de l'I.R.A.T. se sont préoccupés de l'organisation d'une lutte immédiate ; d'autre part, l'O.R.S.T.O.M. m'a confié l'étude de la bionomie et de la dynamique des populations de cette Cigale, avec la perspective de découvrir des moyens de protection et éventuellement d'améliorer la lutte contre cet insecte.

Au moment où j'ai commencé mes recherches (juin 1965) les seules données existantes sur la biologie étaient celles, succinctes, publiées par BRENIERE et SYFRIG (1965). J'ai bientôt pu obtenir une série de résultats nouveaux dont certains ont fait l'objet de publications préliminaires (MONSARRAT, 1966 a et b). Quelques autres ont été publiés par DUBOIS (1966) en ajoutant dans son mémoire, des observations personnelles, concernant l'influence possible de diverses modifications culturelles récentes de la Canne sur les populations de *Yanga guttulata* et de ses prédateurs, en particulier les fourmis.

L'étude que j'ai entreprise de la bionomie de *Yanga guttulata* présentait un double intérêt : d'une part elle devait fournir des

informations indispensables à la protection contre cet insecte ; d'autre part, elle pouvait contribuer à élucider le problème général posé par les pullulations soudaines, en diverses cultures surtout tropicales, d'Insectes jusque là réputés non nuisibles.

Mes recherches ont porté sur :

- La composition, la répartition spatiale et l'évolution des peuplements larvaires dans le temps.
- la durée du cycle biologique
- une étude qualitative et quantitative des dégats provoqués par *Yanga guttulata*.
- la bionomie de l'adulte et son comportement de dispersion
- l'action exercée sur les populations de *Y. guttulata* par les prédateurs et parasites, en champ de Canne et en milieu naturel.

Certains travaux, conduits en utilisant des méthodes statistiques, ne sont pas encore achevés. Ils ne pourront autoriser une conclusion certaine qu'après une dizaine d'années, car il faut tenir compte de la longue période pendant laquelle la Canne reste en végétation perenne et des difficultés dans l'analyse démographique.

Dans le présent mémoire, je me propose de rapporter les résultats jusqu'à présent acquis, pouvant permettre d'entreprendre une étude plus approfondie sur la dynamique des populations de *Y. guttulata*. Le stade imaginal étant responsable de la création de nouveaux foyers, une importance particulière sera accordée aux adultes, à leur bionomie en champ (chapitre III A) à leur bionomie en cages (chapitre III B). Dans un autre paragraphe (Chapitre III C) le comportement de dispersion, le prédatisme seront exposés. Un premier essai d'explication des phénomènes régissant l'évolution des populations de *Y. guttulata* sera tenté. Enfin le dernier chapitre sera consacré à une discussion générale montrant comment les données acquises peuvent permettre, sous réserve d'y adjoindre des résultats complémentaires, de prévoir avec une probabilité satisfaisante, l'évolution à moyen terme des populations de *Y. guttulata*. Il y sera question aussi des nouveaux problèmes qui ont été soulevés par mes recherches.



Ce travail a été réalisé au Laboratoire de Lutte Biologique et de Zoologie Appliquée du centre O.R.S.T.O.M. de Tananarive sous la direction scientifique de M. J. CARAYON, Professeur au Museum, Directeur du Laboratoire d'Entomologie Economique à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Je dois à sa très grande connaissance des Hemiptéroïdes, à ses précieux conseils et encouragements d'avoir pu réaliser ce travail. Qu'il me permette de lui exprimer ici ma très profonde gratitude.

Je prie M. le Professeur L. HIRTH, Président du Comité Technique de Phytopathologie et Zoologie Appliquée de l'O.R.S.T.O.M. de bien vouloir accepter mes remerciements pour l'appui bienveillant qu'il m'a apporté dans la poursuite de mon travail.

J'exprime ma respectueuse gratitude à M. le Professeur B. POSSOMPES pour l'honneur qu'il me fait de présider le jury de cette thèse. J'adresse mes sincères remerciements à tous les professeurs du certificat d'Entomologie Approfondie et en particulier à M. le Professeur A.S. BALACHOWSKY pour avoir bien voulu me permettre d'achever mon travail dans son Laboratoire du Museum.

A. M. P. GRISON, Directeur de la Station de Lutte Biologique et de biocoenotique de La Minière, j'exprime ma très profonde gratitude tant pour m'avoir orienter sur l'Entomologie et l'Ecologie que pour l'intérêt constant et bienveillant qu'il a bien voulu porter à mes travaux.

Je suis heureuse d'assurer M. le Professeur J.R. LE BÈRRE de ma sincère reconnaissance pour l'analyse critique de mon travail qu'il a bien voulu faire. Je ne saurais oublier les précieux conseils qu'il m'a prodigués ainsi que ceux de M. le Professeur J. BERGERARD lors de leur passage à Madagascar.

Je remercie M. M. BOULARD, Directeur Adjoint de Laboratoire à l'E.P.H.E. pour avoir bien voulu critiquer et corriger mon exposé avec une inlassable gentillesse. Sa très grande connaissance des Cicadidae m'a été d'une aide précieuse.

Qu'il me soit permis de remercier ici le personnel des Sucreries où ont eu lieu les expérimentations et en particulier MM. C. MEUNIER, P. MALINGE, J.R. TERRASSE et Y. HERVE. La franche collaboration qui a peu à peu présidé à nos relations, ainsi que l'aide matérielle qu'ils n'ont cessé de m'apporter, m'ont permis de travailler dans les meilleures conditions.

Il me reste l'agréable devoir de remercier mes collègues des Centres O.R.S.T.O.M. de Tananarive et de Bondy auprès de qui j'ai trouvé un encouragement constant et tout particulièrement M. P. ROEDERER, Directeur délégué du Centre de Tananarive.

CHAPITRE I

A.- Caractéristiques générales du milieu

a) Situation géographique

Mes recherches bioécologiques ont été conduites pour la plupart dans la région d'Ambilobe, vaste plaine de la côte Nord Ouest de Madagascar (à environ 14° de latitude Sud). Cette zone est limitée, à l'Est par les contreforts nord du massif volcanique du Tsaratanana, au Nord par le Massif karstique de l'Ankarana, à l'Ouest et au Sud par le canal du Mozambique.

b) Caractéristiques climatiques et édaphiques

1°) le climat :

La région considérée est soumise à un climat tropical chaud, sub humide à saison sèche bien marquée. Les températures moyennes mensuelles varient de 24,8°C à 28°C. Les minima oscillent de 16,7°C en juillet à 22,7°C en décembre, tandis que la moyenne mensuelle des maxima journaliers va de 30,2°C en Juillet à 34,7°C en novembre (fig. 14) La durée de l'Insolation varie de 6,8 à 11 heures par jour avec des minima pendant la saison des pluies et des maxima en fin de saison sèche.

Enfin la plaine d'Ambilobe est fréquemment perturbée, durant la saison humide, par le passage de dépressions intertropicales ou de cyclones. Au cours de ces périodes, les quantités de pluies enregistrées peuvent être de l'ordre de 8 à 900 mm en 3-4 jours avec des vents très violents près du centre de la dépression.

La pluviométrie annuelle est de l'ordre de 1560 mm avec des maxima de décembre à mai, période pendant laquelle tombent les 85 % des pluies totales, et des minima d'hiver austral de mai à octobre. Malgré un réseau de drainage très important, la saturation en eau des sols durant cette période est la règle générale, et le niveau de la nappe phréatique ne descend guère en dessous de 50 cm.

2°) Le sol :

La plaine d'Ambilobé est formée par les alluvions jaunâtres plus ou moins évoluées provenant du delta de la Mahavavy Nord, et de quelques petits fleuves côtiers. Cette région, basse, bordée d'une côte à large mangrove, présente une faible pente générale Ouest-Sud-Ouest. Avant sa mise en valeur, elle était émaillée de petites dépressions marécageuses de faible profondeur correspondant à d'anciens bras morts plus ou moins comblés. Les nécessités du drainage et de l'irrigation par gravité ont conduit à un nivellement assez brutal au bulldozer, expliquant, dans une certaine mesure, la très grande hétérogénéité de la granulométrie des sols rencontrés dans un même champ. Néanmoins, la majorité de ces sols peut se ranger dans la catégorie des "limono-sableux".

Je ferai mention, dans mon exposé, d'expérimentations ayant eu lieu à Namakia ; cette zone alluviale, à l'Ouest-Sud-Ouest de Majunga, diffère essentiellement de la région d'Ambilobé par une pluviométrie totale légèrement inférieure et une saison sèche beaucoup plus marquée. Au point de vue agronomique, les sols à Cannes à sucre de Namakia sont en général plus fertiles. Ce sont des alluvions brunes, micacées, légèrement calcaires, avec, par endroits, des plages salées, et reposant sur une couche de sable.

B.- La Canne à sucre, plante-hôte de *Yanga guttulata*.

a) Historique

La Canne à sucre, d'origine Indo-Malaise, existait à Madagascar avant 1506, car à cette date, Jean GOMES d'ABREU, un des capitaines de la flotte du portugais TRISTAN de CUNHA s'est vu offrir de la Canne à sucre par les indigènes à l'embouchure de la "Matatana" (Matitanana actuelle. Cote Est de Madagascar), d'après un vieux texte retranscrit par CANITROT (1921). FLACOURT en 1658 signale, p. 112, la fabrication de vin de Canne sur la Cote Est. On peut donc penser que les premiers Malgaches ont apporté la Canne à sucre de Malaisie*. Dès 1845, la culture est industrialisée dans la région de Tamatave. En 1858, l'Ile de Sainte Marie fournit déjà 300 tonnes de sucre (BARBIE du BOCAGE).

Les plantations de Canne de la Côte Ouest de Madagascar sont relativement plus récentes : Elles datent de 90 ans à Nossi-Bé, 40 ans à Namakia et 20 ans dans la région d'Ambilobé.

* D'après le professeur VERIN, spécialiste du passé malgache, le mot "fary" (Canne à sucre) aurait une origine malaise. Par ailleurs le mot "toaka" qui signifie rhum sur la Cote Est provient de façon certaine du mot malais "tuwak" ayant la même signification.

b) Méthodes culturelles actuelles

Je rappelle ici quelques renseignements technologiques et culturels auxquels je ferai référence par la suite.

- La Canne à sucre est cultivée comme une plante perenne : les tiges sont coupées au niveau du collet tous les ans pendant la saison sèche.
- Pour éviter un encombrement inutile à l'usine, les feuilles sèches sont brûlées avant la coupe. Le sommet des tiges, "bout blanc", est abandonné sur le terrain.
- Dès que les conditions du milieu sont favorables, (irrigation ou pluie), la souche émet de nouvelles tiges qui auront leur plus forte croissance en saison pluvieuse. Avec la saison sèche, après 10 à 14 mois de végétation, l'accumulation de saccharose dans les tiges devient optimale.
- Après la coupe, la souche de Canne, non seulement émet de nouvelles tiges, mais renouvelle également tout son système racinaire d'une façon progressive (HUMBERT, 1968). Il est établi qu'en deux mois toutes les nouvelles racines sont en place et fonctionnelles.
- Un champ nouvellement planté est appelé "Vierge" en première année de culture avant la récolte. Un champ en 1^{re} repousse a déjà subi une coupe et se trouve en fait en 2^{ème} année de végétation.
- Les mêmes souches de Canne peuvent rester ainsi jusqu'à 8 et 10 ans dans un champ, avant le labour et la mise en place d'une nouvelle plantation. La Canne à sucre est une plante très rustique. Cette qualité est conservée à travers la sélection constante dont elle est l'objet en vue d'augmenter sa teneur ensucre, son rendement à l'hectare et sa résistance aux maladies.
- La durée d'un cycle de culture dépend essentiellement de son rendement à la repousse et varie en fonction des variétés, des types de sol et des attaques parasitaires.

C.- Les ravageurs de la Canne à sucre à Madagascar

Avant d'aborder l'étude de *Yanga guttulata*, il importe de donner un bref aperçu de nos connaissances sur les insectes s'attaquant à la Canne à sucre.

Le plus récent et le plus complet des travaux consacrés à ce sujet est celui de CARESCHE et BRENIERE (1962) qui passe en revue les principales espèces d'importance économique à Madagascar avec des indications sur leurs bionomies. Ces espèces sont les suivantes :

a) Insectes autres que les Homoptères Auchenorhynches

1°) Les Lépidoptères. C'est parmi eux et les Coléoptères que, jusqu'à ces dernières années l'on trouvait les ennemis les plus dangereux pour la Canne. Les Chenilles mineuses des tiges de *Chilo (Proceras) sacchariphagus* Bojer et de *Sesamia calamistis* Hamp. sont connues sous les noms communs de borer ponctué et borer rose. La première espèce s'attaque aux entre-noeuds sommitaux des jeunes cannes et ses dégâts s'accompagnent de pourriture rouge et d'inversion du saccharose. Les chenilles de *Sesamia* se développent principalement dans les rejets dans les jeunes plantations, causant leur destruction et éclaircissant la végétation.

2°) Certains Coléoptères Scarabeides peuvent avoir une incidence économique plus ou moins grande, tels que *Hoplochelus rhizotrogoides* Blanch. dont la larve ou ver blanc, se nourrit aux dépens des racines et 4 espèces d'*Heteronychus* dont les adultes, vivant sur les collets des Cannes, causent de sérieux ravages lors de plantations tardives.

3°) Parmi les Orthoptères, il faut signaler les Acridiens migrants qui constituent un danger permanent pour la Canne comme pour toute autre culture.

4°) Enfin parmi les Homoptères, la Cochenille *Saccharicoccus sacchari* Coch. vit en colonies aux dépens de la Canne, sur la souche et au-dessus des noeuds ; le puceron, *Rhopalosiphum maidis* Fitch., vecteur de la mosaïque de la Canne, constitue de ce fait une menace latente pour cette plante.

b) Les Homoptères Auchenorhynches

Avant d'aborder les espèces malgaches, il est nécessaire, pour obtenir des éléments de comparaison, de mentionner les Homoptères Auchenorhynches qui, ailleurs dans le monde, sont nuisibles à la Canne.

1°) Le Cercopide *Aeneolamia (Tomaspis) saccharina* Dist. cause de sérieux dégâts dans les plantations de Trinidad (WILLIAMS, 1921). D'une part, la spoliation de sève, due aux adultes et aux larves, est extrêmement importante ; d'autre part, les piqûres multiples provoquent de grandes taches de nécrose sur la plante. Des champignons phytopathogènes sont fréquemment associés à cet insecte.

2°) A Ceylan, les larves du Fulgoride *Pyrilla aberrans* Kirk. peuvent faire baisser la teneur en sucre des Cannes de 34 % (d'après BLUNCK 1956).

3°) Le Jasside, *Cicadulina mbila* Naudé, signalé en Inde, en Afrique du Sud et à Maurice, peut transmettre une maladie à virus, le "sugar cane streak virus", (STOREY 1933).

4°) Le Delphacide, *Perkensiella saccharicida* Kirk et l'espèce voisine *P. vastatrix* Bred, peuvent transmettre le virus de la maladie de Fidji (MUNGOMERY & BELL 1933) les symptômes apparents de cette maladie sont des galles jaunes, très allongées, le long des faisceaux libéro-ligneux suivies du pourrissement des sommets (LYON 1910, OCFEMIA 1933).

L'espèce *P. saccharicida* se retrouve également à Madagascar où elle est largement répandue en dehors de la zone des plateaux, notamment à Ambilobé et Nossi-Bé (SIGWALT 1962). La maladie de Fidji, grâce à la mise en place d'une barrière sanitaire, est restée localisée à la Cote-Est où elle est en voie de disparition. Cette maladie, disséminée par *P. saccharicida* a causé, en 1954, des dommages proportionnellement aussi importants sur la Cote-Est que ceux, occasionnés actuellement par *Y. guttulata*, dans les Sucreries de l'Ouest, qui fournissent plus de 80 % du sucre produit à Madagascar.

D.- Yanga guttulata Sign.

a) Position systématique de Yanga guttulata (Signoret)

La faune de Madagascar comprend une trentaine d'espèces de Cigales réparties en une douzaine de genres intéressant les deux familles principales des *Cicadidae* et des *Tibicinidae*. Le genre *Yanga* (Distant) appartient à la première de celles-ci où, plus précisément il se range dans la sous-famille des *Platypleurinae*. Il réunit des espèces de taille moyenne à très grande dont les caractéristiques communes essentielles résident dans :

- la présence chez le ♂ de protège-timbales (→ *Cicadidae*),
- la position, perpendiculaire au plan sagittal du corps, des paranota pronotaux (→ *Platypleurinae*),
- la tête, légèrement conique, dont la largeur est supérieure à celle de la base du mésonotum,
- l'ampleur, aux homélytres, de la membrane costale dont l'étendue est au moins égale à celle de la cellule costale.

La considération de ces deux derniers caractères génériques suffit, en général, pour séparer les *Yanga* des représentants des genres voisins : *Platypleura* Amyot et Serville, *Pycna* A. et S., *Umjaba* Dist. et *Kongota* Dist., comme le montre la clé de détermination suivante imitée de DISTANT 1906, mais très modifiée et que je dois à M. BOULARD :

- a) Tête plus large que la base du mesonotum..... 1
- b) Tête moins large que la base du mesonotum..... 3
- 1). bord costal des homélytres très arqué dès l'insertion, membrane costale dilatée..... 2
 - . bord costal des homélytres non très arqué dès l'insertion, membrane costale très étroite ou étroite..... *Platypleura*
- 2). Tête conique, largeur de la membrane costale étant au plus égale à deux fois celle de la cellule costale *Yanga*
 - . Tête plate, largeur de la membrane costale ayant plus de deux fois la valeur de celle de la cellule costale.. *Kongota*
- 3). Membrane costale moins étendue que la cellule costale... *Umjaba*
 - . Membrane costale égale ou supérieure à la cellule costale..... *Pycna*

L'espèce *guttulata* a été décrite en 1860 par SIGNORET qui la plaça dans le genre *Platypleura* A. et S. Ce n'est que bien plus tard, en 1904, que DISTANT, au cours de sa revue systématique de la famille des Cicadidae, créa le genre *Yanga* fondé sur *P. hova* Dist. ; c'est à partir de 1906 que, sans équivoque, cet auteur classa *guttulata* Sign. dans son nouveau genre.

Il se trouve que cette séparation correspond assez bien à deux régions géographiques différentes : les *Platypleura* sont fort nombreuses en Afrique surtout, et on ne connaît qu'une seule espèce malgache (*P. spicata* Dist.) tandis que les *Yanga* n'existent qu'à Madagascar et dans les îles voisines ; une espèce, *Y. pembana* Dist., a bien été décrite de Pemba, au nord de Zanzibar, mais d'après M. BOULARD il s'agirait en réalité d'une *Kongota*.

A Madagascar cohabitent une dizaine de *Yanga* qu'il est relativement aisé de reconnaître les unes des autres grâce, d'une part à leurs tailles et, d'autre part, aux coloris des ailes, des inférieures surtout. *Y. guttulata* est la plus petite des *Yanga* : son corps mesure 25 à 28 mm de longueur pour 74 à 79 mm d'envergure homélytrale. La teinte fondamentale de ses ailes métathoraciques est le jaune plus ou moins ocré avec une bande submarginale brune qui, partant du champ anal, suit la nervure ambiante, se courbe

avec elle à l'apex, longe le bord costal jusqu'à la nervation transverse au niveau de laquelle elle s'étale un peu plus largement ; l'ensemble dessine une sorte de grand point d'interrogation (fig. 1). La tête, le thorax et les homélytres revêtent en général une couleur brun-verdâtre avec des reflets dorés ; cependant, j'ai observé des individus très clairs et d'autres très sombres et il existe toutes les formes de transition possibles entre ces deux extrêmes.

f) Répartition géographique et habitat.

Alors que les différentes Cicadidae malgaches semblent avoir des biotopes assez bien définis, *Yanga guttulata* se caractérise par la grande diversité de ses habitats.

BRENIERE et SYFRIG (1965), DUBOIS (1966) indiquent que cette espèce se rencontre aussi bien à Ambanja, Tanandava, Bėtioky, dans les forêts de Tapias d'Ambositra, au Lac Alaotra qu'à Moramanga.

La carte de la répartition géographique (fig. 15) complète ces observations et situe les biotopes de *Y. guttulata* dans les grands territoires phytogéographiques définis par HUMBERT (1955).

Les zones bioclimatiques caractérisées par MORAT (1969) d'après le quotient pluviothermique d'EMBERGER, dans lesquelles se trouve *Y. guttulata* sont :

- zones perhumides : Maroantsetra (pluviométrie moyenne annuelle de 3703 mm). Tamatave.
- zones humides : Nossi-Bé, Sambava
- zones sub-humides : Majunga - Ambilobé
- zones semi-arides : Bėtioky - Ambovombé - Tuléar
(pluviométrie moyenne annuelle de cette dernière localité : 356 mm).

La région la plus froide où l'on trouve *Y. guttulata* est Ankazobé (minima moyens = 8,9°C). A Bėtioky, on note une différence de 23°C entre la moyenne des maxima du mois le plus chaud et la moyenne des minima du mois le plus froid, mais cette espèce n'a pas à supporter de telles variations non plus que les écarts diurnes nocturnes de la saison froide, car les larves sont enfouies dans le sol et de ce fait protégées.

c) Plantes-hôtes.

La grande diversité des biotopes de *Yanga guttulata* se retrouve également au niveau des plantes-hôtes. Les larves peuvent vivre aux dépens de racines de nombreuses espèces importées, à des dates plus ou moins lointaines, aussi bien qu'endémiques : citons parmi les premières, le manguier, *Mangifera indica*, Les Légumineuses d'ombrage, *Inga dulcis* et *Albizia lebeck*, les Bananiers et parmi les secondes, des Cyperacées et des Graminées telles que *Loudetia simplex*, *Neyraudia madagascariensis*, *Imperata cylindrica* et *Phragmites communis* var. *mauritiana*.

Le seul caractère commun des habitats de pelouses graminéennes semble être la présence d'arbres qui paraissent indispensables lors du "chant" et de l'accouplement (fig. 3).

E.- *Yanga guttulata* sur la Canne à sucre.

a) Situation des Champs avant la découverte de l'attaque.

En 1958, dans le cadre de la lutte dirigée contre *Hoplochelus rhizotrogoïdes*, les nombreux échantillonnages totaux de la faune du sol, réalisés à Nossi-Bé par SYFRIG et RAVELOJOANA*, n'avaient pas révélé la présence de larves de Cigales.

b) Découverte des larves de Cigales sur la Canne.

En dépit des campagnes de traitements insecticides menées pendant plusieurs années contre le Scarabeide précité, l'état des Cannes, dans certaines zones de Nossi-Bé, ne s'améliorait pas ; au contraire même, le dépérissement s'accroissait. En décembre 1962, on procéda alors à de nouveaux échantillonnages qui firent découvrir, pour la première fois, et en abondance, des larves de Cigales sur les racines des souches déficientes. On attribua d'emblée l'état souffreteux des Cannes au grand nombre de ces larves, appartenant à l'espèce *Yanga guttulata* (BRENIERE et SYFRIG 1965). Les années suivantes, les zones infestées s'étendirent à Nossi-Bé, où l'on enregistre depuis des baisses importantes dans la production de sucre.

Par la suite, des invasions semblables sont enregistrées dans les plantations de Canne, dans d'autres régions de la Côte Ouest :

- A Ambilobé, les premières Cigales sont repérées grâce à leur stridulation en Déc. 1963 dans un champ de la zone du Mahabo et

* Communication personnelle de SYFRIG et RAVELOJOANA.

les échantillonnages entrepris dès la connaissance des dégâts causés à Nossi-Bé, ont montré que, déjà, en 1965, des Cigales se trouvaient sur l'ensemble des 6 000 hectares cultivés, avec deux foyers principaux pour autant provoquer des dommages visibles.

- A Namakia, également en 1965, une prospection, sur l'ensemble du domaine, a indiqué que seules quelques zones étaient atteintes, en particulier dans le secteur de Morafeno.

Il est remarquable que certaines densités de populations larvaires, observées alors localement, étaient aussi élevées que celles qui, aujourd'hui, entraînent des dommages importants. Ces dégâts ne paraissent qu'indirectement dûs à l'infestation de Cigales, mais semblent liés à une dégradation générale de l'état phytosanitaire (Cf. P. 19). Dans les trois régions sucrières infestées, il s'agit de la même Cigale, *Yanga guttulata* Signoret, qui semble avoir brusquement trouvé dans les champs de Canes à sucre un milieu très favorable.

c) Rapports phénologiques

La nouvelle plante-hôte a fourni tout à la fois à *Y. guttulata* une source abondante d'alimentation et un support indispensable à ses activités imaginaires (stridulation, accouplement etc.).

Au moment de la sortie des adultes, les Canes suffisent à l'alimentation des Cigales, et la hauteur des tiges, (2,50-3 m), satisfait leurs besoins d'un perchoir élevé, remplaçant ainsi les arbres que les *Yanga* recherchent en milieu naturel.

Au moment de la ponte, la femelle trouve également sur la Canne de nombreuses feuilles sèches à la base des souches, qui suppléent aux supports habituels de ponte : les tiges sèches de Graminées ou l'écorce des arbres. Parmi les nombreuses feuilles à tous les degrés de dessèchement, la femelle peut choisir celles qui lui paraissent convenables. Elles semblent d'ailleurs préférer, en champ de Canes, ce nouveau support de pontes aux tiges de Graminées sauvages.

Une autre espèce que *Yanga guttulata*, ayant les mêmes exigences pour l'alimentation, l'accouplement et la ponte, mais des dates de sorties d'adultes très différentes, n'aurait pas pu trouver dans la Canne un milieu favorable. Si les adultes de cette espèce hypothétique apparaissaient en fin de saison des pluies, une grande partie des pontes seraient détruites par le brûlage lors de la coupe, avant d'éclore. Si, au contraire, les adultes sortaient beaucoup plus tôt que *Yanga guttulata*, les champs de Canes, juste coupés.

ne présenteraient pas une végétation assez haute pour convenir aux adultes, et les femelles ne trouveraient pas encore les feuilles sèches conformes à leurs besoins pour la ponte, sauf dans les Cannes dites de "grande saison" qui sont coupées après 18 mois de végétation. Cette pratique de Cannes de "grande saison" est aujourd'hui extrêmement rare et ne s'opère que lors de la mise en culture trop tardive. Elle était naguère plus courante et a pu favoriser l'adaptation de *Y. guttulata* à la Canne. En effet, comme nous le verrons plus loin, les imago des populations naturelles sortent sensiblement plus tôt, et pour pouvoir s'adapter à cette plante, ont dû trouver, dès leur éclosion, des tiges assez hautes et présentant beaucoup de feuilles sèches, comme c'est le cas pour les Cannes de "grande saison".

De plus, la Canne offre à *Y. guttulata* un abri efficace contre les intempéries. J'ai déjà observé que, par temps de cyclone, sous une pluie continue, les adultes se rassemblaient dans l'amas de feuilles à la base des souches. Le fait que des marques à la gouache, déposées sur ces insectes aient résisté à 48 heures de pluie ininterrompue, montre la qualité du refuge offert par le végétal.

On arrive ainsi à la conclusion que les populations de *Y. guttulata* actuellement présentes dans les Cannes, y ont trouvé tout un ensemble de conditions favorables à leur reproduction et leur développement. En revanche, la Canne à sucre souffre de la présence de cette Cigale, par suite, comme nous allons le voir, de l'activité alimentaire des larves.

d) Domages causés par *Y. guttulata*

1) Rapports entre l'imago et la Canne

α dégats directs.

Avant de les examiner, il importe de rappeler brièvement les dommages, de nature très différente, causés à la Canne par d'autres Homoptères.

- *Sphenorhina liturata*, appelé parfois *Tomaspis liturata*, Cercopide, est connu par ses lésions dites de spoliation, résultant du fait qu'un adulte peut aspirer en moyenne 4,8 g de liquide par heure et se maintenir jusqu'à 9 heures sur une plante pour s'alimenter (MOREIRA 1925).

- Rappelons qu'un autre Cercopide, *Aeneolamia (Tomaspis) saccharina* provoque des lésions nécrotiques consécutives aux piqûres.

- Les Cicadidae *Carineta fasciculata* Ger et *Fidicina pullata* Berg. sont connues par leurs dégats dûs aux incisions de ponte (RISBEC 1936).

Contrairement aux espèces précitées, les *Y. guttulata* adultes ne provoquent apparemment aucun dommage à la Canne. Il n'y a pas spoliation, car si, les Cigales peuvent se nourrir jusqu'à 45 minutes consécutives sur une même plante, elles y sont peu nombreuses à la fois, rarement plus de deux. Il n'y a pas de lésion de piqûre. Quant aux incisions de ponte, nous avons vu qu'elles n'intéressent que les feuilles sèches.

β dégats indirects

Aucun des auteurs que nous avons pu consulter ne signale de transmission de germes phytopathogènes par les adultes de Cigales. Toutefois, j'ai pu faire les constatations suivantes à Madagascar :

- A l'endroit des piqûres d'alimentation il y a parfois pénétration d'un champignon phytopathogène (*Colletotrychum* sp., *Fusarium* sp.) avec formation d'une nécrose ponctuelle éventuellement auréolée de brun rouge.

- Le charbon, également maladie cryptogamique, s'étend d'autant plus, sur les variétés sensibles que la population de Cigales y est plus importante. Des relevés champ par champ montrent bien cette corrélation. La dissémination par *Y. guttulata* n'a pas été directement prouvée ; cependant le transport mécanique des spores par les adultes est très plausible, les spores étant facilement disséminées.

- D'autre part, une maladie à *Xanthomonas*, le "Leaf Scald", dont la propagation se fait habituellement par les blessures au moment de la coupe, avec des couteaux contaminés, semble avoir trouvé un vecteur dans l'adulte de *Y. guttulata* qui pique pour s'alimenter. J'ai pu, en effet, constater la concordance exacte de "taches d'infestation" de Cigales et de la maladie, sur les variétés sensibles à cette dernière. D'autres facteurs liés à *Yanga* et favorisant l'apparition des maladies en question seront étudiés dans le paragraphe suivant. Par ailleurs, mon attention et celle de M. MONSARRAT ont été attirées par un symptôme de rabougrissement à la reprise des Cannes de Namakia, BAUDIN a constaté dans les Cannes de la variété la plus cultivée, la présence de particules à l'aspect viral, qui semble être en relation avec ce symptôme. L'extension de ce rabougrissement suit l'accroissement de la population de Cigales.

2. Rapport entre les larves et la Canne.

α dégats directs

La présence de larves de *Y. guttulata*, en quantité importante dans les plantations, fig. 5, se traduit par les dégats suivants :

- Une mauvaise reprise de végétation après la coupe, pouvant aller jusqu'à inhibition complète et mort de la souche (fig. 4).

- Un jaunissement général du feuillage, une réduction du nombre et de la taille des rejets par souche.

L'influence sur la production est telle que, à Nossi-Bé, en 1964, la perte due aux Cigales a été estimée à 2000 tonnes de sucre (BRENIERE et SYFRIG 1965). Malgré l'importance des moyens de lutte mis en oeuvre, ce préjudice a été estimé à 4 000 tonnes en 1965 puis 8 000 tonnes de sucre en 1966, soit 30 % de la production de 1963.

On n'a généralement fait état de dégâts directs provoqués par les Cigales qu'à une période tardive de l'attaque, où le dépérissement de la plante est bien apparent. On constate alors la présence d'un très grand nombre de larves que l'on rend responsable des dommages ; (Miss MORRIS, 1848, parle de 500 larves de *Magacicada septendecim* sur les racines d'un seul arbre fruitier).

Il n'y a pas toujours une relation directe entre la densité des larves et le dégat ; certaines plantes supportent un nombre important de larves sans apparemment en souffrir. J'ai moi-même pu constater ce fait à propos de *Y. guttulata* et de la Canne. Il convient, en effet, de noter que l'apparition d'un dommage visible dépend de nombreux facteurs, parmi lesquels je donnerai une place prépondérante aux conditions de nutrition de la plante. J'ai observé que, dans un champs à population de Cigales homogène mais présentant une grande hétérogénéité pédologique, les effets du déprédateur se font d'abord sentir dans les zones où les conditions de sol sont limités pour la culture de la Canne. En outre, il est pratiquement impossible de différencier à l'oeil les dégâts dûs aux Cigales, du mauvais état végétatif causé par une remontée de sel ou par une loupe de sable. Cette observation m'amène à penser que la nature essentielle du dégat tient à l'insuffisante alimentation de la plante.

L'ensemble de ces faits explique que certains planteurs aient pu mettre en doute l'influence de *Y. guttulata* sur les rendements de Canne. Différentes raisons ont alors été invoquées pour expliquer la baisse régulière des rendements de quelques champs, (mauvaises conditions climatiques, épandage d'engrais défectueux, remontées de sel dans le sol etc...).

J'ai donc été amenée à démontrer la corrélation entre le dommage et la densité de larves. Différentes preuves de cette corrélation ont été recherchées par :

- évaluation de la prise alimentaire des larves au moyen de marquage de la Canne au P32. En raison de la dispersion irrégulière du traceur dans la plante, cette technique n'a pas apporté de résultats quantitativement utilisables.
- analyse de la variation de l'état physiologique* de la Canne en fonction du nombre de Cigales. Du fait des nombreux facteurs pouvant agir sur cet état physiologique je n'en ai pas encore retiré les résultats escomptés.
- étude de la corrélation directe entre le rendement et le nombre de larves. Un essai d'infestation (fig. 6) conduit sur 8 grandes parcelles à granulométrie homogène, de 10 m x 10 m chacune, entièrement isolées par un grillage fin, m'a donné au bout de 2 ans des résultats significatifs. Ces 4 parcelles infestées artificiellement avec des adultes et des pontes accusent à la coupe de la 1re repousse une différence de rendement de 26 tonnes/ha, par rapport aux parcelles témoins (disposition alternée). L'écart est d'autant plus grand qu'à la première coupe, les parcelles infestées avaient fourni un tonnage légèrement supérieur à celui des Témoins. Ce résultat surprenant s'est expliqué par les éléments fertilisants supplémentaires qu'ont fourni les 3 300 adultes introduits par parcelle. Cet apport de matière vivante est de l'ordre de 250 kg à l'hectare. Les échantillonnages sous les Cannes montrent actuellement qu'une population moyenne, estimée à 10 larves par souche, entraîne une chute du rendement de 5 - 6 tonnes de Cannes à l'hectare. Des sondages ont confirmé l'absence des Cigales dans les parcelles témoins. L'essai doit se poursuivre encore quelques années et permettre de suivre la chute des rendements en fonction de l'évolution de la population.

Se basant sur un autre critère, à Taiwan SHIA et al, (in PAN et YANG, 1968), trouvent également une corrélation entre le dégât et le nombre de larves, et ils considèrent eux, le nombre et la croissance des bourgeons émis par la souche après la coupe. PAN et YANG ont essayé d'expliquer la raison des dégâts causés par *Mogannia hebes* à la Canne à sucre. Ces auteurs pensent que l'action principale de cette Cigale est due à une action toxique de la salive qui contiendrait une substance capable d'inhiber le débourrement des bourgeons ou de ralentir leur croissance. En ce qui concerne *Y. guttulata*, je ne pense pas que l'on puisse imputer à une substance inhibitrice présente dans la salive, la majorité des dégâts. En outre, étant donné ce que l'on sait déjà de la biologie des Cigales, qui semblent n'in-

* les techniques du diagnostic foliaire de la Canne dues à HALAIS ont été développées par la suite. SAMUEL (1969) en fait le point dans son ouvrage : Foliar Diagnosis for Sugar Cane. Rio Piedras, Puerto-Rico.

jecter que très peu de salive dans leur plante-hôte, les affirmations de ces auteurs me paraissent surprenantes. Les résultats dont ils font état, assez discordants en général, ne m'ont pas entièrement convaincue.

Ø dégats indirects

Un seul type de dégât indirect, à notre avis, peut être constaté : l'affaiblissement des Cannes par la spoliation des larves, entraîne une réceptivité plus grande aux attaques phytopathogènes. On sait notamment, que l'extension du Charbon est favorisée par un déficit en eau dans les plantes. Ainsi, à La Réunion, le Charbon est surtout répandu sur les cultures "sous le vent" où les plantes se dessèchent rapidement (BAUDIN 1962). A Madagascar, où j'ai souvent constaté une relation étroite entre les populations de Cigales et le Charbon, le déficit en eau de la plante, provoqué par les larves, facilite de façon spectaculaire l'implantation, sur les Cannes sensibles, de la maladie, vraisemblablement transportée par les adultes.

+++++++

+++++

CHAPITRE II

Techniques expérimentales

Les processus expérimentaux que j'ai utilisés, ont été très différents selon le stade étudié de l'insecte. Les populations larvaires souterraines ont fait l'objet d'échantillonnages, d'enfouissements artificiels et de marquage par traceur radioactif. Les adultes et leur biologie ont été observés au moyen de marquages à la peinture en cages et en plein champ.

A.- Techniques d'études des larves

a) Echantillonnages souterrains

La population larvaire a été étudiée par prospection sous les souches de Cannes et comptage des insectes récoltés. La technique employée en 1965 à Ambilobé a été normalisée : un bloc de terre de 50 cm x 50 cm x 50 cm (fig. 8), comprenant la majeure partie du système racinaire et 58 % environ des larves se trouvant sous la souche. L'examen du bloc, débité en tranches fines, permet d'obtenir une évaluation aussi précise que possible de cette fraction de population. On retrouve la même composition de la population dans le bloc et dans la partie extérieure. Le nombre de Vers Blancs est également compté. Ces échantillonnages, à raison d'environ 1 tous les 2 hectares pour les 6 000 ha d'Ambilobé et 1 tous les ha pour les 2 000 ha de Namakia m'ont permis de déterminer les zones à forte infestation et de choisir ainsi les emplacements des observations et des expérimentations, sous réserve de sondages ultérieurs plus rapprochés.

b) Enfouissements artificiels

Pour étudier la durée de la période larvaire, j'ai infesté avec des larves de stade connu, des jeunes Cannes, isolées par des cylindres en treillage métallique très fin, enterrés à 90 cm de profondeur. Les boutures de Cannes ont été plantées en champ, dans un sol indemne de Cigales. Des échantillonnages souterrains réguliers ont permis de suivre l'évolution des larves.

c) Etude de l'alimentation des larves au moyen du P32

Lors de tentatives diverses pour obtenir une estimation quantitative satisfaisante des dégâts causés par *Y. guttulata* à la Canne, j'ai été amenée à utiliser le phosphore radioactif. Si je n'ai pas encore obtenu les résultats quantitatifs escomptés, j'ai cependant recueilli quelques données qualitatives en ce qui concerne l'alimentation du stade préimaginal. (1) Des souches de Cannes, choisies en terrain indemne de Cigales ont été infestées artificiellement avec les larves, une huitaine de jours avant la mise du traceur radioactif.

2 souches ont reçu 15 larves à yeux jaunes
2 " " 15 larves à yeux rouges
2 " " 15 larves à yeux bruns

une tige de Canne est coupée par souche. Le traceur radioactif est versé dans le tronçon de tige, légèrement évidé. La blessure est colmatée à l'aide de mastic. La dose employée a été de 5 millicuries d'acide phosphorique radioactif par souche. Les larves récoltées isolément 14 et 21 jours après la mise du traceur ont été adressées au Laboratoire de Radioisotopes de Tananarive (2). La radioactivité, mesurée en coups minute, des échantillons a été multipliée par un correctif K afin de la ramener au taux d'origine. Le correctif K a été calculé suivant la formule :

$$K = \frac{1}{e^{-0,693 \frac{t}{T}}}$$

où t est le temps écoulé en jours depuis la mise du traceur jusqu'au comptage ; T est la période du traceur, soit 14,3 jours pour le P32

Remarques :

Lors de l'expérimentation, il a été nécessaire d'isoler les larves dès la récolte, sinon elles se blessent avec leurs pattes antérieures et l'on observe, dans les 48 heures, une forte mortalité due à des septicémies microbiennes.

1) Rappelons que les larves de Cicadidae au 5ème stade, passent avant l métamorphose par un état nymphoïde durant lequel les fourreaux alaires sont plus épais, les téguments et les yeux pigmentés, (PESSON in GRASSE 1951, BOULARD 1965). Chez *Y. guttulata*, on observe la succession suivante dans la couleur des yeux : jaune, orange, rouge, brun chocolat, brun vert.

(2) Je remercie très sincèrement M.P. MOUTONNET, Ingénieur au Laboratoire des Radioisotopes de Tananarive, qui m'a procuré la souche radioactive, et a bien voulu mesurer la radioactivité des larves récoltées.

Une mortalité importante est intervenue du fait que les larves en état nymphoïde reforment difficilement une nouvelle galerie. J'ai constaté une répartition irrégulière du P32 dans les feuilles et les racines d'une même souche. Ceci peut être dû en partie au choix de la tige, (primaire, secondaire, tertiaire), utilisée pour la mise en place du traceur.

B.- Techniques d'étude des adultes

a) Marquage et Recapture des adultes

1) Processus expérimental :

Dans le cadre d'un programme rationnel de lutte contre *Y. guttulata*, il était important d'avoir une idée de la dispersion des populations d'adultes. C'est donc dans ce but que j'ai procédé à des marquages et recaptures. Il s'agissait de marquer, puis de lâcher, une très grande quantité d'adultes sur une surface assez réduite, dans le minimum de temps, puis de procéder à des recaptures, en prospectant le plus de terrain possible autour du lieu de marquage, afin d'essayer de déterminer les distances maximales que peut couvrir cet insecte, et les directions préférentielles de déplacement si elles existent.

La technique de marquage devait tenir compte de la végétation importante, à cette époque de l'année, et du fait que les tiges de Cannes, déjà hautes, commencent à se coucher. A priori le marquage par éléments radioactifs était séduisant, cependant il présentait les inconvénients suivants :

- difficultés de marquer souche par souche plusieurs hectares.
- danger que présentent de grandes surfaces marquées avec un élément radioactif du fait de la consommation traditionnelle de la Canne par les ouvriers.
- difficulté de détection des Cigales marquées à travers le feuillage au moyen des détecteurs de terrain disponibles.
- impossibilité d'obtenir des renseignements sur la longévité, le marquage étant continu.

Pour ces différentes raisons, ai-je préféré le marquage à la peinture, déjà utilisé par TETEFORT (1963) sur les Criquets. Cet auteur avait employé la peinture à l'huile ; sur ses conseils j'ai essayé la gouache Paillard d'usage plus aisé et moins onéreux. Cette technique présentait de plus les avantages suivants :

- non toxicité de la gouache pour les insectes. Adhérence satisfaisante et persistante. Des essais ont montré que les marques subsistaient sans délayage.

- Possibilité de changer de couleur à chaque opération de marquage.

Les équipes de marquage comprenaient chacune 3 ouvriers qui capturaient les Cigales, les marquaient à la peinture sur le thorax, les relachaient aussitôt et inscrivaient leur sexe sur une fiche. Chaque équipe prospectait un interligne de Canne. Les équipes de recapture étaient constituées de 2 ouvriers. L'un d'eux notait la couleur et le sexe tandis que l'autre mesurait la distance entre le point de recapture et le début du rang prospecté. Après avoir conçu ce protocole, j'en ai surveillé attentivement toute l'exécution en coordonnant et contrôlant toutes les opérations avec l'aide du responsable du Service Expérimentation d'Ambilobé.

2) Conditions de réalisation

Les endroits de marquage ont été choisis en fonction des caractéristiques suivantes :

- Présenter une population d'adultes importante
- être entourés de champ jeunes et de différentes barrières naturelles (rivières, route, jachère...)
- avoir une végétation assez dense pour éviter l'action des pique-boeufs, prédateurs actifs des adultes en champ à faible végétation.

Selon ces critères deux parcelles ont été choisies, distantes de 6 kms l'une de l'autre et ayant respectivement 0,7 ha et 2,5 ha de superficie. L'expérience se fit au moment des sorties maximales d'adultes. Le marquage commença à 5 heures du matin et dura jusque vers 10 heures. En effet, pendant cette période, les Cigales venant juste de se métamorphoser sont encore accrochées à leurs exuvies et les autres manifestent une activité réduite. Chaque fois, les recaptures ont eu lieu, le premier jour à proximité du lieu de marquage et le second jour à des distances plus éloignées. Dans un souci de vérification toute Cigale recapturée a été conservée. Les secteurs de prospection, ont été alternés afin de laisser aux adultes la possibilité de partir plus loin. Des passages réguliers sur les lieux de marquages m'ont permis d'essayer d'estimer la proportion de Cigales restant en place et d'avoir des renseignements sur la longévité. La vie de l'adulte étant relativement brève, il fut nécessaire d'employer un personnel nombreux *. A chaque essai, 40 ouvriers par jour ont procédé

* Je tiens à remercier M. MEUNIER, Directeur de la Culture et M. MALIN, Chef du Service Expérimentation pour avoir mis ce personnel à ma disposition et m'avoir apporté une aide précieuse lors du déroulement de ces opérations.

aux marquages et 108 par jour aux recaptures, les Cigales étant capturées à la main.

3) Difficultés

L'expérimentation a eu lieu pendant la saison des pluies 1967-1968. Au deuxième marquage nous avons essuyé une fin de cyclone pendant laquelle il a plu pendant 48 heures après le début des opérations.

b) Observations en cages grillagées :

1) Processus expérimental :

Afin d'étudier les adultes dans les conditions les plus naturelles possibles, j'ai placé de grandes cages grillagées (voir fig. 9), à 6 m environ de la bordure, dans un champ infesté par une forte population larvaire de *Y. guttulata*. A l'intérieur de ces cages, les adultes naissants ont été marqués à la peinture et j'ai pu suivre ainsi, d'une façon assez précise, certains points de leur biologie. Les dimensions des 3 cages grillagées étaient les suivantes :

	base.	hauteur	grillage
cage 1	2,40 m x 1,90 m	1,90 m	toile moustiquaire
cage 2	2 m x 2 m	1,80 m	métallique sur
cage 3	2 m x 2 m	1,80 m	5 faces. maille de 2 mm.

Un thermomètre enregistreur, enterré à 20 cm, a permis de connaître les variations de la température du sol. Les sorties d'adultes et la mortalité ont été notées tous les deux jours, les nouvelles Cigales étant repérées à la peinture sur le thorax à chaque passage.

2) Difficultés :

Pour permettre les observations, j'ai été obligée de réduire le nombre de tiges de Canne et le feuillage à l'intérieur des cages, ce qui a pu avoir des répercussions sur le comportement des adultes ainsi que nous le verrons plus loin. Le comptage des sorties d'adultes est devenu malaisé lorsqu'on a enregistré 30 Cigales nouvelles dans des cages où la population globale vivante était de 55. Le nombre de

Cigales mortes retrouvées a été inférieur au nombre des émergences, du fait surtout de la destruction par des insectes détritiphages, en général des fourmis.

+++++

+++++

CHAPITRE III

Résultats

Au début de mes recherches, les seules informations connues sur la bionomie de *Yanga guttulata* étaient celles, apportées par BRENIERE et SYFRIG (1965) que l'on peut résumer ainsi : les sorties d'adultes se produisent pendant la saison des pluies. Les larves, passant vraisemblablement par 5 stades, restent au moins deux ans sous terre avant l'exuviation. Les oeufs, par groupes de 15 ou 20, sont insérés dans la nervure centrale à la face inférieure des feuilles ; leur incubation dure au moins 4 semaines. De plus, ces auteurs donnent un aperçu de la situation des larves par rapport aux souches de Cannes. Ces données m'ont servi de point de départ pour l'étude entreprise.

A.- Caractères d'une population de *Y. guttulata* dans un milieu champ de Canne à sucre.

a) la période larvaire :

1) Nombre de stades :

Je suis en mesure d'affirmer que les stades larvaires de *Y. guttulata* sont bien au nombre de 5 (fig. 7). La clé de détermination, chaque stade, au moyen de l'examen des tarsi et des scies fémorales des pattes antérieures, définie par BOULARD 1965, s'applique à cette espèce. Cependant la reconnaissance sur le terrain se fait plus aisément en mesurant la largeur du post clypeus. CUMBER, 1952, avait utilisé un caractère voisin, à savoir la largeur de la capsule céphalique entière, pour discriminer les stades de *Melampsalta cruentata*. J'ai pu vérifier pour *Y. guttulata* qu'il ne s'agit pas là d'une méthode approximative car les histogrammes, s'ils sont côte à côte pour les dimensions des 2 premiers stades, ne se chevauchent pas pour les suivants (fig. 16)

2) Hétérogénéité de la population

★ population considérée dans son ensemble :

Les résultats des échantillonnages larvaires montrent que, d'une façon générale, les populations de larves de *Y. guttulata* se rangent dans la catégorie "populations à agrégats" ou encore population de type "contagious" terme utilisé par SOUTHWOOD, 1966, en opposition

à "regular". L'hétérogénéité des populations se manifeste à deux niveaux différents :

- au niveau des souches : des sondages à distances très rapprochées font apparaître des différences importantes dans le nombre des larves récoltées (fig. 18).
- au niveau du champ : Dès la découverte des dégâts, nous avons constaté un phénomène d'infestation par "taches" ; la population des larves semble rassemblée en plages délimitées, avec une évolution centrifuge et une tendance à l'homogénéisation.

2) Composition des populations larvaires

La composition de la population est variable d'une souche à l'autre. Une partie de ses éléments, constituée par les jeunes larves, échappe à toute évaluation ; il est pratiquement impossible de retrouver les larves de stade 1. J'ai essayé plusieurs méthodes, dont le lavage des blocs de terre, sans obtenir un résultat meilleur. Ceci m'amène à dire que l'hétérogénéité est en partie artificielle puisque les larves de stade 1 et 2, non repérées à une certaine époque de l'année, vont intervenir dans les comptages plus tardifs. Nous voyons sur la fig. 17 que le nombre moyen de larves par échantillonnage passe du simple au triple entre le mois de Mai et le mois d'Octobre de la même année.

3) Durée des stades larvaires

Au moyen d'infestations expérimentales, j'ai essayé de définir la durée du cycle larvaire de *Y. guttulata* et la durée de chaque stade. A partir de larves de premier stade (L1), juste écloses, enfouies en Février, j'ai obtenu :

- au bout de 4 mois : 25 % des larves survivantes en L3 et 75 % en L4. Des L3 étaient déjà toutes au 4ème stade au bout de 50 jours et en L5, 60 jours après leur enfouissement. Dans le cas de cette expérience la durée de développement du stade L1 au stade L5 est donc inférieure à 6 mois.
- au bout de 12 mois toutes les larves étaient à l'état nymphoïde.

Cette série d'infestations expérimentales a été recommencée et les premiers résultats ont été confirmés par l'apparition d'adultes 11 mois après un enfouissement de L1 écloses début février. Ces larves nouveau-nées provenaient d'oeufs pondus, au plus tôt, début Décembre, ce qui, dans ce cas précis, montre un cycle biologique de 13 mois de l'oeuf à l'adulte. Cependant lors des échantillonnages en champ, on trouve des L2 jusqu'en Octobre, donc, deux mois avant le début des sor-

ties d'adultes. De plus, en Novembre, on constate que les larves du 5ème stade appartiennent à deux types assez distincts bien que l'on puisse trouver des intermédiaires : les larves du premier type, en état nymphoïde sont proches de la métamorphose ; les larves du second (1) viennent tout juste d'accomplir leur mue de dernier stade et auront encore à passer un an sous terre, ainsi que je l'ai vérifié expérimentalement.

Il en résulte que *Y. guttulata* peut présenter un cycle de 1 an, comme je l'ai mis en évidence à Ambilobé, et un cycle de 2 ans, qui semble propre aux larves nées au moins un à deux mois plus tard que celles nées en Février . Des enfouissements de L1 nées après le 10 mars ont montré que, dans ce cas-là, le cycle était de 2 ans.

4° Mortalité larvaire :

La mortalité constatée chez les larves est importante. Lors des quelques essais effectués, elle a été de l'ordre de 75 % sur les stades L1 à L4 et de 94 % pour l'ensemble de la population larvaire. Il semble que le premier stade soit le plus vulnérable.

5° Le "stade nymphoïde"

α sex ratio

On reconnaît très aisément le sexe des larves au 5ème stade (fig. 19). Sur 232 larves examinées, la proportion a été de 125 femelles pour 107 mâles. Il y a donc sensiblement égalité entre les deux sexes.

β Durée de l'état nymphoïde :

L'âge des larves à l'état nymphoïde, et le laps de temps qui sépare les larves de la métamorphose peuvent être évalués grâce à la couleur de leurs yeux (fig. 21). La pigmentation jaune clair caractérise le début de cet état. Les larves à yeux jaunes mettront au moins 37 jours pour que leur pigmentation oculaire passe au rouge, puis se produit un virage au brun qui dure 20 à 28 jours ; à peu près 7 à 10 jours s'écoulent ensuite avant que les larves à yeux bruns accomplissent leur métamorphose.

γ Alimentation à l'état nymphoïde :

Les résultats de la fig. 21 font apparaître qu'il peut y avoir prise alimentaire moins de 14 jours avant l'éclosion imaginale. Il est

(1) Les L5 venant juste de muer se reconnaissent par leur teinte générale blanc rosé, un thorax translucide et mou, des yeux incolores et un abdomen très court aux segments resserrés.

probable que la persistance de l'alimentation pendant presque toute la durée de l'état nymphoïde, est liée au fait que la maturation des ovaires s'accomplit en majeure partie pendant cette période.

De très nombreuses études, portant sur d'autres insectes*, ont montré l'importance de l'alimentation larvaire sur la fécondité des femelles et la fertilité des oeufs.

6) La métamorphose

L'apparition des premiers adultes de *Y. guttalata* coïncide en champ de Canne à sucre avec le début de la saison des pluies.

La larve nymphoïde sort de terre à la tombée de la nuit. Elle progresse sur le sol pendant environ une demi-heure avant de grimper à une tige de Canne puis à une feuille de la base, à la face inférieure de laquelle elle s'arrête et s'agrippe solidement. Elle entreprend alors, pendant une vingtaine de minutes, un massage méticuleux : des yeux et des antennes par les pattes antérieures, du thorax et des premiers segments abdominaux par la deuxième paire de pattes et des derniers segments abdominaux par les pattes postérieures. Une seule patte travaille à la fois. Puis, fixée au moyen de ses six pattes, la larve consolide encore son point d'appui au niveau des pattes postérieures. Quelques minutes plus tard une déchirure apparaît sur le thorax, le long de la ligne ecdysiale. Le mécanisme de sortie semble être du type habituel d'après les pulsations qui animent le corps de l'insecte. Une gibbosité se forme et l'on aperçoit la tête, les ailes et les fémurs des pattes antérieures de l'adulte. La Cigale se renverse vers le bas pour dégager complètement toutes ses pattes. Elle s'accroche ensuite par les postérieures seules et, avec des oscillations dans un plan vertical, le corps déjeté en dehors de l'exuvie, elle commence à libérer son abdomen jusqu'à apparition du 3ème tergite abdominal. Elle se redresse alors et, par traction sur ses pattes, finit de sortir de son abdomen.

Une demi-heure après l'éclatement du thorax, elle commence à étirer ses ailes ; après trois quart d'heure l'adulte a sa forme définitive mais il reste sur son exuvie pendant toute la nuit, au cours de laquelle il prend ses couleurs spécifiques.

* LABEYRIE (1967), dans une large revue bibliographique intitulée "Répercussion de l'état physiologique des parents sur la descendance chez les Insectes" fait le point de la question.

b) L'imgo

1) Longévité au champ :

Des passages quotidiens, sur les lieux de marquage à la gouache, m'ont permis d'avoir une idée de la longévité des adultes en champ. (tableaux, fig.22). J'ai ainsi pu capturer des adultes jusqu'à 21 jours après les dates de marquage. Le fait que des Cigales repérées de blanc ou de bleu, (marquages effectués respectivement un et deux jours après celui avec la teinte rouge), n'aient pas été recapturées après 20 jours, laisse penser que la longévité est voisine de ce chiffre, bien que mes observations soient limitées, puisque l'âge des Cigales n'était pas connu avec certitude à la date des marquages*.

2) Comportement :

α Répartition dans le champ :

Lors de marquages d'adultes, nous avons pu suivre, rangée par rangée, la répartition des adultes dans un champ jeune assez infesté (25 larves par souche en moyenne). La fig. 23 , montre que les adultes se répartissent d'une façon homogène sur toute la parcelle. Il semble qu'on ne puisse attribuer aucune signification précise aux variations enregistrées ligne par ligne. A partir de population larvaire à agrégat nous obtenons ainsi une tendance à l'homogénéisation des populations.

La répartition des mâles et des femelles est également comparable sur cette parcelle.

Ces informations étaient importantes à obtenir à un moment où une lutte contre les adultes par insecticide chimique avait été envisagée uniquement sur les bordures des champs.

β Alimentation :

Les mâles et les femelles de *Y. guttulata* s'alimentent en piquant dans les tiges jeunes, les gaines foliaires et les nervures des feuilles de Canne. Bien que je n'ai pas pu le vérifier, il est probable que la nourriture est de la sève élaborée, prélevée dans le phloème. La prise alimentaire a été observée dès 9h du matin, et peut

* Il y avait cependant une plus grande probabilité pour que les Cigales marquées en blanc et bleu sur le même endroit que celles en rouge, soient nées dans la nuit précédent chaque opération.

se poursuivre toute la journée.

♂ Accouplement :

J'ai observé quelques accouplements dès la fin de la matinée mais la plupart ont lieu dans l'après-midi, sur le haut des tiges de Cannes. La stridulation devient intense, et, à ce moment de la journée, on assiste à des groupements très nets, formés de plusieurs mâles et femelles, dans des endroits généralement bien éclairés, ce qui confirme les études de HEATH (1967) à propos de *Magiicada cassini*.

La formation du couple se fait par déplacement du mâle et de la femelle l'un vers l'autre. Dès que les deux individus sont en contact, le mâle cesse de striduler, agrippe la femelle et maintient son corps contre le bord droit du corps de celle-ci, pendant que s'opère l'intromission des pièces génitales. Les deux insectes peuvent rester ainsi pendant toute la durée de la copulation, ou bien s'écarter légèrement les deux abdomens formant un angle aigu, les ailes du mâle intriquées dans celles de la femelle. J'ai quelquefois observé que l'angle s'ouvre jusqu'à 180°, les deux Cigales étant opposées l'une à l'autre et reliées par leurs pièces génitales. Cette position peut se produire à la fin de l'accouplement.

L'accouplement dure en moyenne 20 minutes, pendant lesquelles un second mâle reste parfois très près et continue à striduler (fig. 2).

§ La ponte

Peu de temps après l'accouplement, comme nous l'avons observé en cage, les femelles pondent le matin à partir de 9 heures et durant toute la journée. Elles prospectent de préférence les feuilles sèches des souches. Partant de la base du limbe, elles se déplacent lentement à la face inférieure, tête toujours dirigée vers le haut, en apposant la pointe de l'ovipositeur sur la nervure centrale jusqu'à la découverte d'un endroit propice pour pondre. Elles enfoncent alors leur tarière dans la nervure, creusent une logette et déposent une quinzaine d'oeufs en commençant par le fond de la logette et en retirant peu à peu sa tarière. La ponte dure environ trente secondes. Puis les femelles se reposent quelques minutes avant de monter encore de quelques pas et de se remettre à pondre.

La ponte d'une femelle comprend une série ininterrompue de logettes ovigères (fig. 20), (en moyenne 6), qui apparaissent à l'extérieur comme des incisions ou "boutonnières" sur la nervure. Les logettes sont espacées de 2 cm en moyenne et sont profondes de 10 mm. Très rarement, une femelle peut déposer un nombre d'oeufs double du nc

bre habituel, les oeufs étant déposés sur deux plans superposés, correspondant à une seule incision. Ce fait, assez rare, a également été signalé par CUMBER (1952) chez *Melampsalta cruentata*.

§ Les oeufs :

- nombre d'oeufs par logette :

Le nombre moyen d'oeufs par logette est de 17,1, calculé sur 209 logettes ouvertes, avec un écart-type de 4,51. D'après le test *t* de STUDENT, il y a une probabilité de 99 % pour que la moyenne réelle du nombre d'oeufs par logette soit de $17,1 \pm 0,81$.

- séries de logettes ovigères :

J'ai examiné 36 pontes composées de plusieurs logettes, afin de voir si le nombre d'oeufs par logette croissait ou décroissait dans une série. Je n'ai pas trouvé de différence nette entre les nombres d'oeufs par logette suivant leur position dans la série, sauf en ce qui concerne le premier dépôt d'oeufs, qui est généralement moins important que les suivants.

Le maximum d'oeufs comptés dans une série de logettes creusées par une seule femelle a été de 276. Or, ainsi que nous le verrons plus loin, le nombre moyen d'ovarioles par ovaire est de 172 chez *Y. guttulata*. Dans le cas de cette observation de 276 oeufs, environ 80 % des ovarioles avaient donc un ovocyte chorioné au même moment.

- éclosion des oeufs :

La durée d'incubation des oeufs a été très variable suivant les conditions dans lesquelles les pontes étaient placées. Des pontes, dont la date d'émission était connue, (grâce aux cages), ont eu les durées d'incubation suivantes :

A Tananarive : en salle climatisée à 25° C, les premières éclosions ont eu lieu 5 semaines et les dernières 11 semaines après la ponte, pour des pontes déposées le même jour mais par plusieurs femelles ; le maximum d'éclosion se produisant après 7 semaines d'incubation

en laboratoire, où les températures oscillent entre 18°C et 26°C, la durée d'incubation a varié de 7 à 10 semaines.

à l'extérieur, sur terrasse, où les écarts diurnes-nocturnes sont plus importants, l'incubation a demandé de 9 à 13 semaines.

A Ambilobé : en salle climatisée à 22°c, incubation de 5 à 10 semaines.

à l'extérieur : incubation de 9 à 13 semaines, avec un maximum d'éclosions 10 semaines après la ponte. Cette dernière observation montre que la durée de l'incubation à Ambilobé est supérieure à celle observée à Nossi-Bé par SYFRIG (in DUBOIS 1966), qui était de 6 à 8 semaines avec un maximum de naissances vers le 7ème semaine.

Cet échelonnement des éclosions d'oeufs pondus un même jour m'a intriguée. Il m'a donc semblé indispensable d'ouvrir les logettes pour examiner l'état de développement des oeufs qui y sont enfermés. J'ai ainsi pu constater que dans tous les cas, les oeufs d'une même logette, à un même moment, se trouvent à différents stades de développement embryonnaire. Par exemple, dans une série de 6 logettes d'où venaient de sortir 5 larves nouveau-nées, j'ai noté, à partir du fond de la logette et vers l'ouverture :

1re logette : 2 oeufs blancs (B) ; 3 brunâtres (br) ;
1 enveloppe vide ; à nouveau 2 blancs et 5
embryons déjà bien formés et reconnaissables
à leur taches oculaires rouges (E).

2ème logette : 19 B ; 1 E

3ème logette : 7 B ; 1 E ; 11 b ; et 1 E

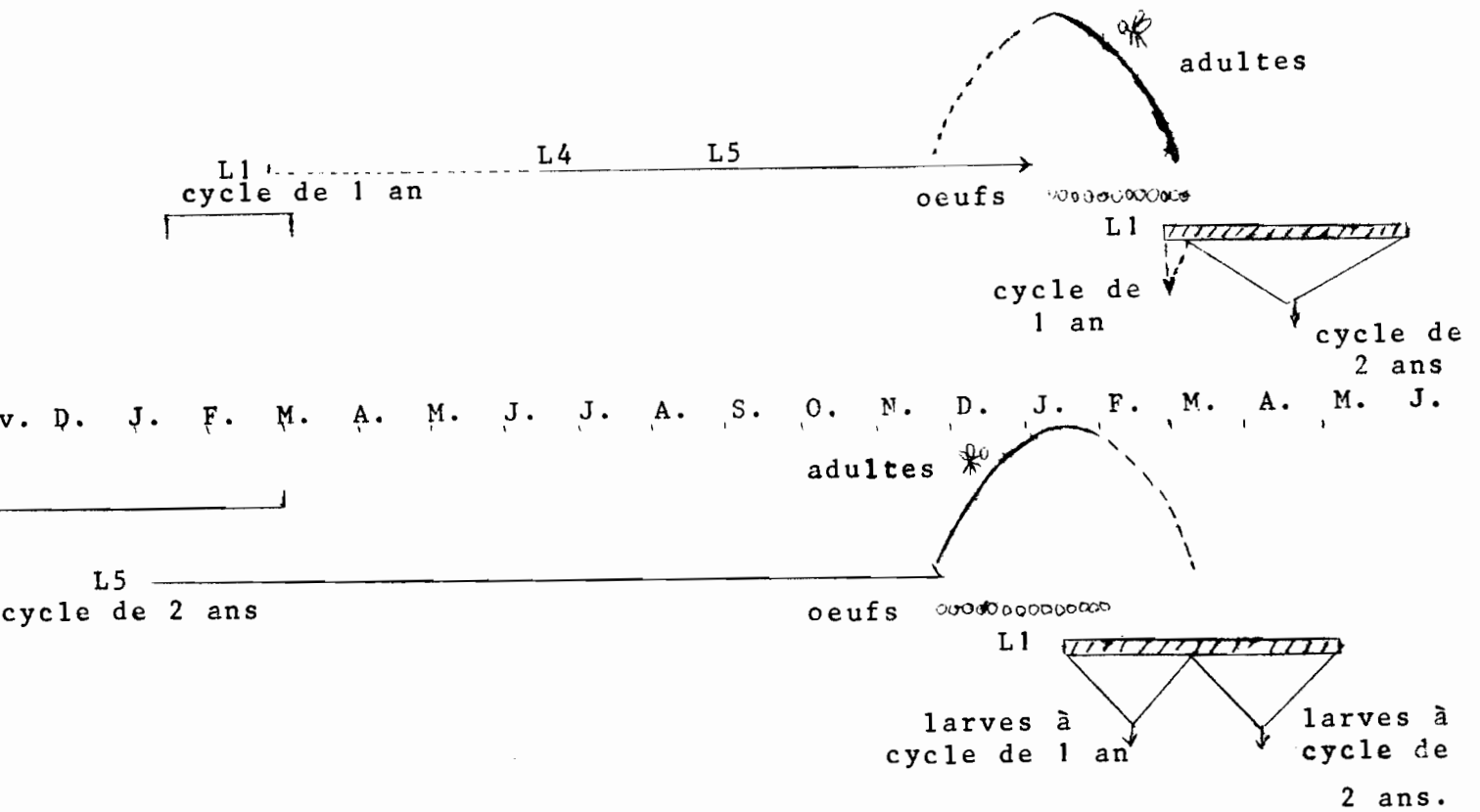
4ème logette : 13 B ; 2 enveloppes vides

5ème logette : 5 B.

6ème logette : 8 E ; 2 B ; 1 translucide ; 2 enveloppes
vides ; 1 E.

Tous les oeufs d'une même ponte n'évoluent donc pas simultanément et le développement embryonnaire ne semble pas avoir de relation précise avec la place qu'occupent ces oeufs dans la logette. Les conditions de milieu variant probablement très peu dans une même logette et paraissant à priori comparables d'une logette à l'autre, on peut penser que ces différences sont préétablies au moment de la ponte, et que ce sont les facteurs, qui induisent un arrêt du développement, sont propres à l'Insecte lui-même.

Cet échelonnement des éclosions est un phénomène important. Ajouté à l'étalement des sorties d'adultes sur deux mois et demi, il permet d'expliquer, du moins en partie, l'existence des deux durées possibles dans le cycle vital : 1 et 2 ans. Cette dernière étant évidemment prédominante (schéma ci-après)



Compte tenu de la tardivité des pontes issues d'insectes de 1 an, celles-ci donneront presque uniquement des larves à cycle de 2 ans. Par contre ces dernières donneront des insectes précoces; les pontes de ceux-ci fourniront une fraction non négligeable de larves à cycle de 1 an. Il faut cependant ajouter que d'autres facteurs, tels que l'alimentation en saison sèche, le refroidissement relatif du sol à cette saison, une plus ou moins forte densité larvaire etc..., peuvent également intervenir sur la durée du cycle ; certains de ces facteurs sont à l'étude actuellement.

- Fertilité :

La fertilité des oeufs a été observée à partir de pontes récoltées dans les champs. Le pourcentage d'éclosion a été :

- à Ambilobé, de 67,1 % calculé sur 1787 oeufs.
- à Namakia, de 80,3 % calculé sur 913 oeufs (pour 47 logettes une éclosion de 100 %).

Le pourcentage d'éclosion observé à Ambilobé est comparable à celui établi par DUBOIS sur des pontes prélevées à Nossi-Bé : 68,66 %.

B.- Bionomie et Potentiel d'accroissement de la population

Les résultats précédents ont été complétés par des données quantitatives relevées en cages grillagées.

a) Echelonnement des sorties d'adultes

Les sorties d'adultes s'échelonnent du 28 novembre au 14 mars. Il est toutefois possible de trouver quelques Cigales en dehors de cette période. De l'examen des courbes de sorties (fig.24-25) de *Y. guttulata* à Ambilobé, il ressort que :

- 1) Pour une même année l'échelonnement des sorties a peu varié d'une cage à l'autre.
- 2) les dates de sorties maximales d'adultes se situent entre le 2 janvier et le 21 janvier. Il n'y a cependant pas un rapport constant entre ces dates et les pourcentages cumulés des sorties, contrairement à ce qui avait été noté lors de la première année d'expérimentation. Nous avons en effet observé (MONSARRAT - MALINGE 1968) qu'aux dates de sorties maximales, correspondaient les 50 % de la courbe des pourcentages cumulés (fig. 26) bien que les émergences commencent avec l'arrivée des pluies.
- 3) Pour une même année les pics des 3 courbes de sorties ne correspondent pas toujours aux mêmes dates : on note jusqu'à 20 jours de différence. Ceci semble indiquer que les sorties ne sont pas toujours sous la dépendance étroite des variations macroclimatiques. Cette observation est aussi différente de ce que j'ai pu constater dans la région d'Ambalavao (Sud des Plateaux), où les sorties d'adultes de *Y. guttulata* sont très nettement induites par les rares mais fortes pluies, moins bien réparties qu'à Ambilobé.
- 4) En coordonnées arithmétiques et gaussiennes, la courbe des pourcentages cumulés des fréquences des sorties peut facilement être ajustée à une droite (fig.27-28-29) et les distributions des émergences dans le temps seront donc considérées comme normales. Toutefois, l'examen de ces courbes conduit à penser à la présence simultanée de 2 populations intriquées, du fait du changement de pente que l'on observe*. J'ai essayé, par les méthodes de HARDING (1949) et de BHATTACHARYA (1967) de séparer ces deux populations et de calculer leur pourcentage respectif. Ces méthodes ne m'ont pas donné de résultats satisfaisants

* Je remercie très sincèrement M. DEJARDIN, biométricien à l'O.R.S.T.O.M qui a attiré mon attention sur ces déviations et m'en a indiqué la signification possible.

car ces deux populations, si elles existent, sont trop étroitement mélangées. Des expérimentations futures me permettront, je l'espère, de confirmer l'existence de ces deux populations dont la première correspondrait aux Cigales ayant un cycle de 2 ans et la seconde à celles ayant accompli leur développement en un an.

Les résultats de l'expérimentation en cage 1, 1965-1966, semblent apporter un argument en faveur de cette hypothèse. (fig. 24). En effet, les émergences d'adultes se sont arrêtées du 17 janvier et un retournement total du sol de la cage à cette dernière date a révélé la présence de 52 larves nymphoïdes, lesquelles seraient donc sorties avant la fin du comptage d'adultes qui, normalement, devait se poursuivre jusqu'à fin février. Si nous admettons que ces larves représentaient la deuxième population, nous obtenons, cette année-là, les pourcentages respectifs de 71, pour les larves ayant un cycle de 2 ans, et de 29, pour celles ayant un cycle de 1 an, ce qui est en accord avec les résultats qui seront mentionnés plus loin à propos des pourcentages respectifs des deux cycles.

Les dates moyennes des distributions des sorties ainsi que les écarts-types de chaque population étudiée, sont présentées dans le tableau, (fig. 30). Pour une même année, les différences entre les écarts-types calculés dans les distributions des émergences de chaque cage sont faibles, et nous pouvons en conclure que les sorties s'effectuent sensiblement de la même façon. Sur les fig. 27,28,29, la moitié des populations d'adultes (situées entre les 25 % et les 75 % des émergences cumulées) sort dans un délai assez court, généralement de trois semaines.

L'examen des courbes de sorties des mâles et des femelles (fig. 25) montre, sans que ce phénomène soit absolument constant, qu'il y a une légère tendance à une sortie plus précoce des mâles.

A la fin de l'expérience, un comptage total montre que les sorties représentent entre 27,6 et 43,7 % de la population totale. Cette variation dans la proportion du nombre de larves et d'adultes d'un endroit à un autre est imputable à deux facteurs au moins : d'une part, il y a pendant deux années consécutives dépôt d'oeufs au hasard, à différentes périodes possibles, d'autre part, les populations larvaires sont composées d'individus à cycle de un an (type 1) et d'individus à cycle de 2 ans (type 2), mélangés en proportions certainement variables chaque année, et malheureusement inconnues actuellement. Il n'est pas improbable aussi que le taux de mortalité qui affecte les larves de type 1 et de type 2 ne soit pas le même.

La longévit

Saison des pluies :	Cage 1				Cage 2				Cage 3			
	♂		♀		♂		♀		♂		♀	
	Nbre	l.m.	Nbre	l.m.	Nbre	l.m.	Nbre	l.m.	Nbre	l.m.	Nbre	l.m.
1965-1966	52	7,6	45	10,2	150	6,2	169	7,9	173	6,4	168	7,2
1966-1967	74	5,9	82	6,3	60	6,1	65	6,3	50	5,3	43	5,9
1967-1968	95	8,1	97	8,5	87	7,0	82	7,4	46	7,3	52	9,6

Ce tableau montre que les femelles vivent en moyenne plus longtemps que les mâles, ce qui est en accord avec ce que l'on observe chez la plupart des Insectes. Cette longévit

En traçant, en coordonnées arithmétiques et gaussiennes (fig. les courbes des pourcentages cumulés des mortalités en fonction de la date, j'ai constaté de légères déviations par rapport à la droite normale. Ces déviations semblent se produire à des périodes identiques. au moment où les cages abritent les plus grandes quantités d'imago vivants. Il était intéressant de savoir s'il s'agissait d'un effet de groupe ou de l'influence des dates d'émergence. J'ai donc étudié ces deux facteurs séparément :

- comme critère permettant de relier la longévit

- Pour étudier l'influence de la date d'émergence j'ai divisé le temps de sortie des adultes en 4 périodes égales :

la première	du 27 novembre au 22 décembre
la seconde	du 23 décembre au 16 janvier
la troisième	du 17 janvier au 10 février
enfin la quatrième	du 11 février au 6 mars

Je me suis aperçue que les Cigales naissant dans la première et la dernière période avaient une longévité moindre que celles éclosant au milieu de la saison, fig. 32. Bien qu'au moment où il y a le plus d'adultes, la probabilité de rencontrer des individus ayant une longévité supérieure soit accrue, il semble cependant qu'il y ait à la fois, un effet de groupe positif et une période optimale favorisant la longévité des imago.

Ces résultats ont été obtenus en étudiant les populations des cages 1 et 2. Les observations en cage 3, ont porté sur trop peu d'individus. L'effet de groupe n'a pu être mis en évidence tandis que l'influence de la date d'émergence a été confirmée et a joué favorablement aussi pendant la dernière période des émergences.

Cet effet positif de date peut être dû à des meilleures conditions de milieu (climat, alimentation...) ou bien être propre aux insectes naissant lors de cette période. Il sera intéressant, lors d'expérimentations futures, d'essayer de voir si, à ce moment là, les individus vivant plus longtemps n'appartiennent pas à la population de type 2 (cycle de 2 ans), et ceux à longévité réduite, à la population de type 1. Il ne faut cependant pas oublier que ces observations ont eu lieu en cage et qu'elles ont pu être déformées de ce fait, notamment par le volume de feuillage, laissé à l'intérieur, variable d'une cage à l'autre et difficilement mesurable.

c) Accouplement

Dans les cages, des femelles et des mâles éclos de la nuit, ont été introduits tous les deux jours et marqués chaque fois d'une couleur différente. Dans cette observation les femelles étaient prélevées après chaque accouplement et mises dans une autre cage.

46 accouplement ont pu être observés en 8 jours (tableau ci-après). Les mâles s'accouplent en moyenne à 3,2 jours de vie adulte alors que les femelles s'accouplent en moyenne lorsqu'elles sont âgées de 2,2 jours. A chaque accouplement, les mâles étaient marqués d'un signe différent. De nombreux mâles se sont accouplés deux fois. Un

mâle âgé de 3 jours s'est accouplé 3 fois dans la même journée. La durée de l'accouplement, observée sur 43 accouplements, est en moyenne de 27 minutes. Elle peut aller jusqu'à 55 minutes. Cette durée moyenne correspond à celle observée en plein champ.

Age au moment de l'accouplement	Horaire au début des accouplements en cage.	
	♂	♀
1 jour	4	9
2 jours	2	19
3 jours	31	17
4 jours	3	1
5 jours	2	0
6 jours	4	0
7 jours	0	
8 jours	0	

d) Ponte et fécondité

1) Données d'observation

Contrairement à ce que BRENIERE et SYFRIG (1965) ont écrit, p. 26, "la maturation des ovaires est assez longue de sorte que les premières pontes n'apparaissent que vers mi-janvier", l'oviposition intervient aussitôt après l'accouplement, c'est-à-dire lorsque les femelles ont, en moyenne, 3 jours de vie. Pendant la saison des pluies 1965-1966, les pontes ont été récoltées dans les cages après la mort de tous les adultes. J'ai obtenu les résultats suivants :

	Nombre de ♀	longévité moyenne par ♀	N. L.	N. o. f.
Cage 1	58	10,2	22,8	374
Cage 2	208	7,9	9,3	153
Cage 3	209	7,2	5,2	97

Soit N.L le nombre moyen des logettes ovigères par femelle. N.o.f. le nombre moyen d'oeufs émis par femelle calculé comme suit $N.o.f = N.L \times N.o.L.$ où N.o.L. est 16,5, nombre moyen d'oeufs par logette, calculé avec 148 logettes issues des cages. On remarque que

ce nombre 16,5 appartient à la même classe que celui calculé à partir de pontes récoltées en plein champ (17,1) ; ceci montre que les conditions de milieu en cage étaient comparables à celles du champ en ce qui concerne l'oviposition.

J'ai essayé d'obtenir des données sur la quantité journalière de logettes. La mise au point des méthodes d'expérimentation à cet égard ne m'a permis d'obtenir des résultats que pendant la saison des pluies 1967-1968 : fig. 34-35-36 et tableau ci-après.

	N. de ♀	longévité moyenne des ♀	N.L.	N.o.f.
Cage 1	97	8,56	16,6	274
Cage 2	82	7,4	5,9	97
Cage 3	52	9,6	12,8	211

La très grande variabilité des résultats obtenus d'une cage à l'autre, en ce qui concerne le nombre moyen de logettes ovigères par femelle, permet d'avoir seulement une idée de l'ordre de grandeur de la fécondité en cages. Il n'est, pour l'instant, difficile d'expliquer ces variations. Il paraît possible d'envisager un effet de la longévité, de l'importance de la végétation dans la cage et éventuellement du nombre d'adultes vivant en cage. L'examen des figures des pontes journalières, malgré une absence de relevés durant une courte période, montre que cette corrélation avec la longévité moyenne, par classes d'environ 25 jours, peut être assez sérieusement envisagée, en corrélation avec un effet négatif de groupe. Sachant que les femelles s'accouplent en moyenne lorsqu'elles sont âgées de 2 jours, j'ai tracé une seconde courbe indiquant pour chaque jour, le nombre de ♀ de plus de 3 jours, restant en cage. La présence de quelques larves de 2ème stade, lors de comptages sous la cage après l'expérimentation, semble indiquer que des pontes ont échappé au contrôle journalier (dépôt dans les montants en bois par exemple).

2) Evaluation de la fécondité maximale.

Il m'a paru intéressant de compléter ces observations par une estimation de la fécondité maximale telle qu'on peut l'apprécier par comptage d'ovarioles et du nombre d'ovocytes mûrs.

Le nombre d'ovarioles a été compté sur 17 ovaires disséqués, il est en moyenne de 172 par ovaire, avec un écart type de 9,71. Il y a une probabilité de 95 % pour que le nombre moyen réel soit compris entre 168,04 et 176,9. Cette donnée est du même ordre de grandeur que celle indiquée par PESSON, (in GRASSE), qui note 100 à 150 ovarioles chez les Cigales.

Le nombre d'ovocytes chorionés par ovariole varie de 1 à 5 suivant l'âge de la femelle.

- A la naissance de la femelle, 70 % des ovarioles renferment un seul ovocyte chorioné.

- Une femelle de 1 jour possède 50 % de ses ovarioles ayant deux ovocytes chorionés et un troisième en fin de vitellogenèse.

- Chez les femelles de 4 jours, j'ai observé cette composition moyenne des ovarioles :

- 2 ovocytes chorionés et 1 en fin de vitellogenèse	12,1 %
- 3 ovocytes chorionés	18,2 %
- 3 ovocytes chorionés et le 4ème en fin de vitellogenèse	51,5 %
- 4 ovocytes chorionés	9,1 %
- 4 ovocytes chorionés et le 5ème en fin de vitellogenèse	9,1 %

le premier ovocyte mûr de chaque ovariole avait atteint sa taille maximale. Chez quelques rares femelles, âgées de 4 jours, j'ai également observé parfois 6 ovocytes par ovarioles.

A la naissance de la femelle, les ovocytes chorionés n'ont pas tout-à-fait leurs dimensions définitives. Ils mesurent alors en moyenne 1,39 mm de long et 0,36 mm de large. En deux ou trois jours leur longueur atteint : 1,97 mm en moyenne.

La fécondité potentielle de *Y. guttulata* est remarquable. Si l'on suppose que 4 ovocytes par ovariole ont le temps d'être émis, on arrive à un total de 1376 oeufs par femelle et à un total de 2064 oeufs si les 6 ovocytes arrivent à maturité. Lors d'une dissection, j'ai dénombré 1226 ovocytes chorionés, chez une femelle âgée de 4 jours qui n'avait pas été fécondée.

J'ai, cependant, pu observer un certain pourcentage de dégénérescence sur des ovocytes de femelles laissées sans mâles dès la naissance. Des observations in vivo, en solution physiologique, après coloration au rouge neutre, ont montré que 7 % des ovarioles avaient un ovocyte en voie de résorption chez des femelles âgées de 3 jours. Cette dégénérescence atteignait généralement le 2ème, parfois le

3ème ovocyte. Le même phénomène, à un degré moindre, peut se produire chez des femelles fécondées et nourries. Cette dégénérescence est un des facteurs qui expliquent que la fécondité maximale théorique n'est en pratique jamais atteinte.

3) Comparaison du nombre de logettes ovigères à l'intérieur de la cage et à l'extérieur.

En supposant que la population de Cigales adultes était comparable à l'intérieur de cages et à proximité de ces cages, j'ai comparé en 1965-66 le nombre de logettes ovigères obtenu en cages et sur des surfaces égales aux cages :

	Dans la cage N. de logettes	à l'extérieur N. de logettes	Rapport : $\frac{\text{Extérieur}}{\text{Cage}}$
Cage 1	1.325	560	0,422
Cage 2	1.934	1132	0,585
Cage 3	1.273	211	0,165

Il semble que ces différences puissent être imputées à la fois au prédatisme qui était très important et aux déplacements des adultes. En tenant compte des différents éléments d'appréciation proposés par JOURDHEUIL (1965) dans sa formule $R = \left(\frac{1}{1+S} \right) \times (1-M) \times o$

où R = taux net de reproduction

. S = sex ratio d'où $\frac{1}{1+S}$ = pourcentage de femelles

M = taux de mortalité jusqu'au stade reproducteur, d'où 1-M est le taux de survie.

o = nombre moyen d'oeufs fertiles émis par chaque femelle,

j'ai essayé de calculer grosso modo le taux effectif de reproduction, en prenant comme base de référence une fécondité de 400 oeufs par femelle (maximum obtenu en cage). J'ai utilisé à cet effet, les données déjà obtenues sur la fertilité des oeufs, le sex-ratio, la mortalité à chaque stade larvaire. Afin de montrer comment des facteurs extérieurs aux cages interviennent pour réduire encore la population par rapport au nombre de référence de 400 oeufs par femelle, j'ai étudié les cas des trois cages, indiqués cas I, cas II,

cas III, précédemment considérés, où les rapports obtenus entre l'extérieur et la cage étaient respectivement de 0,422, 0,585, 0,165.

Pour 400 oeufs par femelle en cage, il en subsiste à l'extérieur des cages :

	cas III (0,165)	cas I (0,422)	cas II (0,585)
	66,0 oeufs	168,8 oeufs	234,0 oeufs
fertilité 68 %	44,88 L1	114,78 L1	159,12 L1
mortalité larvaire 94 % d'où survivantes 6 %	2,692 L5	6,886 L5	9,547 L5
sex ratio 1/2	1,346 ♀	3,443 ♀	4,773 ♀
mortalité à la métamorphose 4,1 % survivantes : 95,9 %	1,29 ♀	3,29 ♀	4,58 ♀

Ces taux semblent assez voisins de ceux observés à Namakia où le taux d'accroissement de la population globale de Cigales a été de 2,26 entre 1968 et 1969. De plus, la comparaison des niveaux de population de Cigales, sur les mêmes champs en 1967 et 1969, indique un taux d'accroissement de 2,70 pour 2 ans. Le schéma approximatif que j'ai présenté ci-dessus, ne tient compte ni des durées de cycle, ni de l'échelonnement des éclosions, de l'influence de la densité de population sur la longévité et la fécondité, entre autres facteurs qu'il sera nécessaire de préciser pour avoir une image réelle des populations et pour essayer d'en prévoir l'évolution.

Après avoir analysé les caractéristiques des populations de *Y. guttulata* considérées dans un endroit donné et pendant une période donnée, nous examinerons maintenant les variations de ces populations sur l'ensemble des champs et d'une région à une autre pendant plusieurs années.

C. - Variations des populations de *Y. guttulata* dans les différentes plantations de Canne à sucre.

a) Populations larvaires

1) Nature des distributions des populations :

Avant d'étudier les variations des populations, il faut signaler un caractère commun aux distributions obtenues lors des échantillonnages souterrains : quel que soit le champ considéré, la moyenne

du nombre de Cigales par sondage est voisine de l'écart-type. Il y a donc entre la moyenne et la variance une relation de type $\sigma^2 = a m^b$, désignée sous le nom de Loi de puissance de TAYLOR (1961 ; 1965) dans laquelle :

σ^2 est la variance de la distribution obtenue dont m est la moyenne

a peut être considéré comme un facteur d'échantillonnage

b semble être un véritable indice d'agrégation, caractéristique de l'espèce, suivant TAYLOR (in SOUTHWOOD, 1966).

Cette relation concerne une série continue de types de distribution allant de celles qui sont régulières aux distributions à forte agrégation en passant par celles régies par le hasard.

Le report, sur du papier logarithme, des points représentant les couples variance-moyenne des distributions des populations de chaque champ, montre que l'ensemble de ces points peut être assimilé à une droite de pente 2. Ce cas particulier correspond à une loi de distribution Log. normale, ou loi de GALTON-MAC ALLISTER (1879) (in AITCHISON et BROWN, 1969). Les distributions suivant cette loi peuvent être ramenées à des distributions normales par un changement de variable du type $X = \alpha \text{Log} (x + x_0) + \beta$. Malheureusement, l'estimation, même graphique, des paramètres du changement de variable est très difficile. Aussi ai-je été obligée de procéder par approximation en considérant, avec une bonne vraisemblance mais sans preuves mathématiques, que les résultats des sondages dans les différents champs de même âge, pouvaient être considérés comme des échantillonnages d'une même population. C'est à partir de ce postulat, que les variations des moyennes et des variances des distributions ont été étudiées en fonction de l'âge des champs. Elles ont été calculées selon les méthodes habituelles.

2) Etude des moyennes des distributions :

Les résultats des échantillonnages souterrains montrent que le nombre moyen de larves par souche varie en fonction de l'âge des champs. Ce renseignement avait déjà été mis en évidence, en 1965, par le service de statistique de la sucrerie d'Ambilobé, d'après une série de sondages plus ou moins normalisés. DUBOIS (1966) en avait déduit une courbe d'accroissement correspondant à une fonction exponentielle.

Sur la figure 37, on voit très nettement que les champs en vierges et en lère repousse n'hébergent qu'une faible population de larves. A partir des 3ème et 4ème repousses, le niveau de population atteint un plateau assez élevé.

La Canne étant une plante perenne, cultivée à Madagascar pendant 10 ans environ, il semblait à première vue que la dynamique des populations de Cigales, ainsi liées à l'âge de la Canne, doive s'étudier également sur 10 ans. Cependant comme l'exploitation comporte des champs de Canne à tous les âges, il peut paraître possible de mener beaucoup plus rapidement une telle étude en comparant les moyennes des populations de Cigales par classes d'âge de champs. Il faut alors supposer au départ, d'abord que l'infestation demeure constante pour les champs de même âge, (population totale en équilibre), ensuite que les lots de champs de même âge restent comparables tous les ans. S'il en est bien ainsi, la comparaison de la situation des champs d'âges différents, une même année, permet d'établir une courbe représentant l'évolution des populations de Cigales en fonction du temps, courbe que j'appellerai D.P.-A.C. car elle exprime les variations de la densité de population en fonction de l'âge des champs.

Après avoir établi cette courbe pour l'année 1965, fig. 38, j'ai pu constater que pour les années suivantes, les courbes étaient différentes. L'une au moins des deux hypothèses formulées plus haut était donc inexacte. En fait le taux d'infestation est variable ainsi que nous le verrons plus loin. Cette raison m'a donc obligée à comparer les courbes D.P.-A.C. de plusieurs années ce que j'ai fait sur 4 ans à Namakia et 3 ans (*) à Ambilobé. La comparaison de ces courbes n'autorise pas de conclusions définitives sur la dynamique des populations, mais permet, néanmoins quelques constatations. Après avoir présenté les courbes pour une seule année à Ambilobé et à Namakia, j'étudierai les variations des courbes d'une année à l'autre dans ces deux régions :

(*) A partir de 1968, la technique d'échantillonnage souterrain précédemment décrite a été abandonnée à Ambilobé car trop longue et onéreuse à pratiquer sur 6 000 ha. La surveillance des populations de Cigales, actuellement à des niveaux très bas, s'y fait par comptage des trous de galerie.

α Variations au cours d'une même année

À Ambilobé, fig. 38, la courbe D.P.-A.C. de 1965 est à mon avis typique d'un début de pullulation (très faible infestation dans les jeunes champs et accroissement important de la densité de larves à partir de la classe des champs en 4ème repousse). Les champs en 9ème repousse représentent seulement 2 % de l'ensemble planté en Cannes. Avant 1965 aucun champ n'avait été labouré en raison de l'infestation de Cigales. Sur cette courbe, il semble que l'on puisse distinguer un phénomène de périodicité à partir de la 4ème repousse (accroissement brutal de la population entre les classes de 4ème et 5ème repousses, de 6ème et 7ème et de 8ème et 9ème repousse). Par contre, à Namakia, figure 37, les densités de population étaient déjà fortes au début des échantillonnages, aussi cette périodicité dans l'accroissement de population n'apparaît-elle pas nettement entre deux classes de champs sur une même courbe D.P.-A.C. Les courbes des deux régions ne présentent donc pas la même allure montrant par là que l'infestation était à des stades différents dans les deux localités au moment où l'étude a débuté.

β Variations d'une année à l'autre :

Sur la fig. 38, on voit que, à Ambilobé, les fortes populations larvaires ne sont établies que sur les champs âgés de 8 ans et plus. En 1966 et 1967, il y a eu labourage de ceux de ces champs qui abritaient les plus fortes densités de larves. Les courbes D.P.-A.C. de 1966 et 1967 traduisent ces modifications. Cependant, les champs en vierges, 1er, 2e, 3e et 4e repousses, supportent en 1966 et 1967, des nombres moyens de larves légèrement supérieurs à ceux observés en 1965. Cette augmentation résulte de la dispersion et de la réinfestation à partir des populations de champs à fortes densités de Cigales, avant leur labourage.

À Namakia, fig. 37, où la lutte par labourage* a été réduite et a commencé tardivement, nous constatons les faits suivants :

- les courbes D.P.-A.C. de 1967 et de 1968 coïncident presque. A un autre niveau, celles de 1969 et de 1970 en font autant, ce qui semble indiquer une périodicité de 2 ans dans l'accroissement des populations pour chaque âge de champ. Je n'ai malheureusement pas encore d'hypothèse, même conjecturale, pour expliquer cette pé-

* La technique de lutte utilisée actuellement contre les populations de *Y. guttulata* consiste en une destruction des larves par labourage des champs les plus infestés, les larves étant très sensibles à la dessiccation.

riodicité de deux ans. Les résultats des échantillonnages sont constitués en majeure partie de larves de stade 5 et la fraction la plus importante de la population larvaire est formée de larves à cycle de 2 ans. L'accroissement de population larvaire observé entre 1968 et 1969 proviendrait donc de sorties massives d'adultes pendant la saison des pluies 1967-1968. Etant donné la périodicité de 2 ans que j'ai constatée, on peut s'attendre à observer un nouvel accroissement de population larvaire entre 1970 et 1971, qui serait lié à des sorties massives d'adultes pendant la saison des pluies 1969-1970.

- Le plateau sur les courbes, correspond à un niveau de population beaucoup plus élevé en 1969 et 1970 que les années précédentes. Il signifie qu'à partir d'une certaine densité de population, pour une même année, l'infestation reste à peu près constante, quel que soit l'âge des champs. La hauteur de ce plateau dépend de la population totale de Cigales sur l'ensemble du domaine.

- Le début des courbes est décalé sur la gauche chaque année, ce qui traduit un accroissement annuel des densités de Cigales que supportent les jeunes champs.

- Les variations des 2 courbes D.P.-A.C. 1969 et 1970 que nous constatons à partir de la classe des 7èmes repousses sont dues à la lutte par labourage qui porte sur des champs âgés ayant une population de Cigales élevée.

La fig. 39 montre l'accroissement des populations de Cigales des mêmes champs d'une année à l'autre. Il est visible que les courbes sont parallèles. Sur chacune d'elles on remarque un palier entre 1967 et 1968 et un autre entre 1969 et 1970 ; ces paliers montrent le faible accroissement de population entre les années citées, tandis que le plus fort accroissement est représenté par les segments de courbe presque verticaux. Nous retrouvons là, sous une forme différente, le phénomène de brusque augmentation de population tous les deux ans.

3) Etudes des variances des distributions de population :

Rappelons tout d'abord que dans les distributions larvaires de *Y. guttulata*, la moyenne et la variance sont liées, en première approximation, par la relation :

$$\sigma^2 = am^2$$

Toutefois si l'on examine les choses de plus près on constate que cette relation n'est pas constante mais présente quelques variations, dont je me propose de donner une idée en essayant de les interpréter. Dans tous les cas que nous allons étudier, nous constaterons les deux faits suivants : D'une part, les populations de Cigales tendent à devenir plus homogènes dans les champs âgés et fortement infestés, d'autre part, les champs jeunes qui se réinfestent, ont au contraire des populations de Cigales faibles mais très hétérogènes.

× Changement de la variance en fonction du temps dans divers cas.

Lorsque la moyenne de la population d'un champ augmente d'une année à l'autre, la variance augmente également en suivant sensiblement la relation indiquée. Cependant lorsque, dans un champ donné, la moyenne du nombre de larves reste constante, on assiste à une diminution de la variance. Je citerai de ce fait quelques exemples observés à Namakia :

champs :-140	en 1969	m = 46	$\sigma^2 = 1277$
	en 1970	m = 45	$\sigma^2 = 163$
" :-141	en 1969	m = 30	$\sigma^2 = 500$
	en 1970	m = 33	$\sigma^2 = 164$
" :-221	en 1969	m = 55	$\sigma^2 = 3304$
	en 1970	m = 55	$\sigma^2 = 1026$

cette tendance à l'homogénéisation, bien mise en évidence par la diminution de la variance correspond d'ailleurs à ce qu'on peut observer directement d'une manière plus approximative : A partir d'un foyer initial de forte population de Cigales, il y a évolution centrifuge et bientôt se réalise une répartition plus homogène des Cigales sur l'ensemble d'un champ. Ce phénomène est lié à la fois à la dispersion de la population propre au champ et à l'apport important de populations extérieures, lorsqu'il y a un champ fortement infesté à proximité. Il peut donc se produire plus ou moins vite, en fonction de l'environnement.

¶ Relation variance-moyenne par classes d'âge de champs.

Si nous traçons sur un même graphique, en coordonnées logarithme logarithme, les points correspondant aux moyennes et aux variances par

classe de champ du même âge (fig. 40), nous constatons qu'en 1968, par exemple, les points correspondant aux classes des Vierges, 1re, 2e, 3e, 4e et 5e repousses sont sensiblement alignés. Par contre pour les champs très âgés, les points représentant les couples moyenne-variance forment un nuage relativement dense et peu étendu. La moyenne et la variance restent constantes quel que soit l'âge des champs. Cette particularité correspond aux plateaux des courbes D.P.-A.C. déjà commentés et s'explique également par les départs d'une partie des insectes des champs très infestés vers les jeunes champs et la formation d'un équilibre à un niveau élevé de population.

Les différentes droites, tracées d'après les données de 3 années d'expérimentation à Namakia et portées sur un même graphique (fig. 41), montrent entre elles des différences de pente assez faibles. Cependant nous constatons que les droites obtenues pour les années 1969 et 1970 sont presque confondues tandis que celle tracée d'après les données de 1968 a une pente différente, sensiblement plus forte. Nous assistons donc, à une légère diminution de l'indice b de TAYLOR ou indice d'agrégation qui, d'après SOUTHWOOD (1966), serait une constante spécifique. Ces variations sont trop peu importantes pour qu'on puisse en tirer une conclusion. Il sera intéressant de voir si la droite obtenue en 1971, pourra être confondue avec l'un des deux groupes, ou si elle traduira une nouvelle baisse de l'indice b , montrant ainsi que la population tend à prendre une distribution spatiale moins agrégée et plus liée au hasard (loi de POISSON où $b = 1$).

Nous remarquons actuellement une hétérogénéité croissante dans les populations des champs en Vierges, tandis qu'une homogénéisation semble se produire dans les populations de Cigales des Champs plus âgés.

5) Niveau d'équilibre des populations larvaires

Nous avons déjà constaté, tant sur les courbes D.P.-A.C. que sur les représentations des couples moyenne-variance, qu'à partir d'un certain âge de champ, il y avait une infestation identique. Ceci peut faire penser à la formation d'un niveau d'équilibre dans les populations.

Pour déceler ce phénomène j'ai porté sur un même graphique fig. 42, les points correspondant aux variations de population de chaque champ. L'abscisse de chaque point est la densité de population en 1968 et l'ordonnée, celle du même champ en 1969. Pour des raisons de clarté du graphique, j'ai choisi pour les abscisses une unité double

de celle des ordonnées, par conséquent la droite passant par l'origine et de pente apparente $1/2$ représente les populations en équilibre. De même les droites de pente apparente 1 et 1,5 correspondent respectivement aux champs dont les populations ont doublé ou triplé en 1969. L'examen de cette figure montre que :

- Pour une population initiale en 1968 comprise entre 0 et 10 Cigales par souche, cette population en 1969 a plus que triplé.

- Entre 10 et 25 Cigales à l'origine, les populations peuvent doubler ou tripler l'année suivante.

- De 25 à 35 Cigales, le nombre de Cigales par souche devient double.

- A partir de 35 Cigales, la population est en moyenne inférieure au double de la population initiale et qu'il y a un changement de pente de la courbe moyenne d'accroissement des populations qui tend à devenir parallèle à l'abscisse. Cette parallèle à l'axe des abscisses signifie que pour les densités de population supérieures à 35 Cigales par souche en 1968, l'infestation moyenne résultante a été environ 70 Cigales.

L'équilibre moyen observé se situe donc en 1968 à environ 70 Cigales par souches. Il serait intéressant de vérifier si cet équilibre est stable lors du prochain accroissement périodique de population qui devrait se situer entre 1970 et 1971.

Les causes de la formation de cet équilibre doivent à mon avis être recherchées dans deux facteurs principaux que nous allons examiner.

1°) une "saturation" des champs de Canne en Cigales

2°) des transferts de population des champs très infestés vers des champs peu atteints.

Cette "saturation" correspond au nombre maximum de Cigales par souche que la Canne peut supporter. D'après le graphique obtenu en 1969 ce nombre semble se situer vers 70 Cigales, niveau à partir duquel la Canne est en général assez déficiente. Il est évident que de nombreux facteurs agronomiques influent sur l'état végétatif des souches. Ces multiples causes de variation ne nous permettent pas de dire si la densité moyenne de population de 70 Cigales représente réellement la saturation. Ce n'est que par le tracé de courbes similaires que je pense pouvoir définir ce niveau dans les conditions agronomiques de Namakia.

La dispersion est uniquement le fait des adultes. Les déplacements horizontaux de larves souterraines étant limités à quelques décimètres. J'ai eu l'occasion d'observer une fois l'importance de ces déplacements sur un champ en Vierge à proximité d'un champ très infesté. Il y a eu transfert massif des adultes sur le champ en Vierge, ce qui a été confirmé par des échantillonnages souterrains l'année suivante. De nombreux autres résultats d'échantillonnages m'ont amenée à la conclusion que les transferts d'adultes sur les jeunes champs dépendaient essentiellement de leur environnement.

Les parts respectives de la saturation et de la dispersion dans l'obtention de l'équilibre sont difficile à évaluer. On peut toutefois penser que la quantité d'adultes quittant un champ est plus importante dans les champs très infestés.

b) Populations d'adultes

1) Dispersion

La dispersion est considérée par ANDREWARTHA et BIRCH (1954) comme l'activité normale de la plupart des espèces, à quel stade que ce soit de leur vie et elle pourrait être indépendante de la densité de population si l'on en croit les travaux de DAVIDSON et ANDREWARTHA 1948, sur *Thrips imaginis*. Toutefois il y a de nombreuses observations qui mettent en évidence l'influence de la densité sur les phénomènes de dispersion et de migration. Nous citerons par exemple le cas des Criquets, des Pucerons... (voir la mise au point de SOLOMON 1957).

Les dispersions des Homoptères supérieurs ont été très peu étudiées, hormis celles des Aphididae et des Cicadellidae, qui sont rapportés par JOHNSON, 1969. Cependant, à six occasions, des migrations de Cigales ont été rapportées par BEEBE (1951), lors de 3 ans d'observations au Col de Portachuelo (Vénézuéla) à 1136 m d'altitude. Ce furent le plus souvent des Cigales de grande taille mais, en Juillet 1848 BEEBE a observé, en quelques minutes, le passage de 19 petites Cigales **vertes** qui étaient, d'après lui, des *Taphura* sp. Par ailleurs, dans une analyse des peuplements verticaux des couches aériennes, GLICK 1939, lors d'observations portant sur 1600 m de dénivellation, signale la présence d'une Cicadidae à environ 70 m de hauteur.

Ces diverses études m'ont apporté aucun renseignement sur les distances que peuvent parcourir les Cigales, données indispensables pour apprécier la capacité de dispersion de ces insectes.

Les observations rapportées ci-dessus ont été effectuées de jour. L'influence de la température sur l'activité de vol de quelques Insectes est en effet bien connue. LE BERRE (1953) l'a montrée chez *Leptinotarsa decemlineata* où il y a corrélation étroite entre la température et l'envol de l'insecte. HEATH, (1967), a également observé que les principales manifestations du comportement de l'adulte de *Magicicada cassini* étaient liées à la température, température environnante et température du corps de l'insecte. Toutefois, d'après lui, le vol des femelles est moins sous la dépendance de ce facteur que celui des mâles. A Madagascar, je n'ai personnellement observé que des déplacements de Cigales individuels et diurnes. Cependant, SYFRIG m'a signalé avoir assisté à un déplacement massif de *Yanga guttulata*, à la tombée de la nuit. Une partie de ce vol, (en particulier les mâles), avait été attirée par la lumière des vérandas. Dans les champs de Cannes, de tels vols massifs peuvent passer complètement inaperçus.

Les résultats déjà présentés m'ont conduit à étudier la dispersion de *Y. guttulata* à partir de population d'adultes importantes en champs de Cannes à Ambilobé. J'ai ainsi pu acquérir les données suivantes :

α marquages :

34 000 Cigales (16936 ♂ et 17065 ♀) ont été capturées, marquées puis relâchées au cours de 5 journées. Dans le schéma expérimental, 14 lignes de Cannes ont été visitées pendant 3 jours successifs et toutes les Cigales s'y trouvant ont été repérées à la peinture.

- le premier jour il a été marqué 1710 adultes
- le second " " " 1139 adultes [n'ayant pas été
- le troisième jour " " 1195 adultes [marqués précédemment

Le fait que le nombre de Cigales, repérées le deuxième et le troisième jour soit sensiblement le même est assez intéressant. Tout en tenant compte des possibilités de déplacement des Cigales et de la perturbation créée par le passage, on peut penser que ces derniers nombres correspondent aux émergences d'adultes éclos dans

la nuit précédent le marquage. Les 33 % des Cigales supplémentaires marquées le premier jour pourrait donc représenter les adultes âgés de plus de 1 jour, restant encore dans la parcelle. Pendant cette même période, le nombre de sorties journalières observé dans les cages a été constant. Les adultes âgés de plus de 1 jour constituaient alors les 85 % de la population en cages. On voit donc que le pourcentage de Cigales de plus de 1 jour observé en champ est nettement inférieur à celui en cages. Cette différence peut avoir deux causes qui s'ajoutent sans doute :

- la dispersion des adultes et leur départ du lieu du marquage
- une mortalité plus importante que dans les cages, cette mortalité pouvant être attribuée en grande partie aux prédateurs, les conditions écologiques en cages et dans le champ restant par ailleurs très voisines.

β recaptures

Lors de dispersion au hasard, comme cela semble être le cas pour *Y. guttulata* en champ de Canne, une étude statistique se révèle pratiquement impossible (JOHNSON 1969), car le nombre de recaptures dans toutes les directions est trop petit. J'ai obtenu les résultats suivants :

. premier lieu de marquage :

- Recaptures à proximité	♂	♀
distance moyenne 100 m		
recaptures en % de la population marquée	10 %	8 %

- Recaptures à longue distance :

- 1 mâle et 1 femelle âgés au moins de 2 jours ont été capturés à 1,2 km à l'est du lieu de marquage.

. second lieu de marquage

- Recaptures à proximité :	♂	♀
- 1 jour après le marquage	3,7 %	3,0 %
- 2 jours après le marquage	3,0 %	3,1 %
- 3 jours après le marquage	4,4 %	5,0 %

Le tableau ci-après indique les recaptures réalisées dans un rayon de 500 m en prenant pour origine la lisière de la parcelle de marquage la plus proche du lieu de capture.

plus petite distance	1 jour après le marquage			2 jours après le marquage			3 jours après le marquage			4 jours après le marquage		
	♂	♀	T	♂	♀	T	♂	♀	T	♂	♀	T
0-30 m	2	4	6	2	1	3	0	0	0	-	-	-
30-60 m	1	1	2	1	1	2	1	2	3	-	-	-
60-90 m	2	1	3	0	3	3	2	2	4	pas		
90-120 m	1	1	2	2	1	3	3	4	7	prospecté		
120-150 m	1	2	3	2	3	5	1	1	2	-	-	-
150-180 m	2	1	3	1	1	2	0	1	1	-	-	-
180-250 m	1	1	2	1	1	2	0	2	2	1	1	2
250-400 m				2	1	3	2	1	3	3	2	5
+ de 400 m					1	1	1	0	1	1		1

Nous voyons que, un jour après le marquage, la majorité des adultes a été recapturée entre 0 et 30 mètres. Il y a peu de différence entre les distances parcourues deux jours et 3 jours après le marquage. Cependant les adultes après 3 jours étaient tous partis à plus de 30 mètres.

Les directions du vent, notées pendant la période considérée s'inversent au cours de la journée, (vent de terre, vent de mer), sur un axe Sud-Est - Nord-Ouest. Les recaptures ont été enregistrées dans toutes les directions et les adultes étaient généralement isolés les uns des autres. Cependant, nous avons remarqué un petit rassemblement de 18 Cigales à 120 m au Nord, Nord-Est du lieu de marquage. Tous les insectes ont été récoltés sur une surface de 100 m² environ.

- Recapture à longue distance :

Le tableau ci-après indique ces recaptures :

sexe	distance	N. de jours après marquage	vitesse moyenne journalière
1 ♀	1 000 m	4	250 m
1 ♂	1 200 m	4	300 m
1 ♂	2 200 m	2	1 100 m
1 ♂	2 100 m	6	350 m
1 ♂	2 800 m	7	400 m
1 ♀	2 900 m	6	480 m

En conclusion, nous noterons que :

- le comportement de dispersion semble être le même pour les mâles et les femelles
- la vitesse maximale de déplacement observée a été de 1100 m par jour
- les espaces nus ou non plantés en Cannes tels que routes, rivières, canaux, jachères ne constituent pas un obstacle infranchissable ; une rivière large de 250 m a été franchie d'une seule traite par des Cigales. Le fait semble toutefois suffisamment exceptionnel pour que de tels espaces nus puissent être utilisés comme barrières au cours d'une opération de lutte.
- Aucun déplacement massif n'a été constaté bien qu'un certain regroupement ait été noté à 120 m environ du lieu de marquage. De même, je n'ai pu mettre en évidence un axe préférentiel de déplacement.
- La distance maximale observée, 3 km, a été parcourue par une femelle. Cependant, après cette expérimentation, M. GARCIA* a capturé un exemplaire d'*Y. guttulata* à 5 km au large de la côte en direction des Iles Mitsio où cette espèce existe. Ce déplacement à grande distance a pu être favorisé par le vent.

* M. GARCIA, responsable de Port Saint-Louis à Ambilobé.

2) Action des prédateurs :

MYERS, 1929, donne une large bibliographie des parasites et prédateurs de Cigales. Les ennemis des Cigales japonnaises ont été étudiés par KATO, 1956, et OHGUSHI, (1953), qui a découvert un Lépidoptère, *Epipomponia nawai* Dyar, (Epipyropidae) parasitant les adultes de certaines espèces. Les Epipyropidae sont bien connus pour s'attaquer aux Homoptères, principalement aux Fulgoridae (WESTWOOD, 1876 ; KATO, 1940 ; IWASE, 1950). Cette famille est représentée à Madagascar mais n'a pas été observée s'attaquant à *Y. guttulata*.

L'influence de ces ennemis et leur rôle dans la dynamique des populations ont toutefois été relativement peu étudiés, en dehors de LLOYD et DYBAS, 1966, qui insistent sur le rôle des prédateurs vertébrés, en particulier des taupes dans l'évolution des populations de Cigales périodiques.

En champ de Canes à sucre, à Ambilobé, j'ai eu l'occasion d'observer quelques prédateurs ayant un rôle régulateur non négligeable sur les populations de *Y. guttulata* :

- Un Hyménoptères Stizidae, *Sphecius grandidieri*, (fig. 10), attaque les adultes, les paralyse et les jeunes larves de *Sphecius* se nourriront de Cigales encore en parfait état de conservation. C'est là un comportement général chez les *Sphecius* déjà observé par FABRE (1897) MARLATT (1907), et DAMBACH et GOOD (1943) ont décrit ce comportement de prédation pour des Cigales américaines. *Sphecius grandidieri* est répandu dans les biotopes naturels de *Y. guttulata*.

- Des fourmis prédatrices de larves au moment de la métamorphose des adultes et de l'éclosion des larves ont été signalées par DUBOIS 1966. Ce sont *Tetramorium blockmanni* Forel et *Pheidole megacephala* Fab.

- Un petit mammifère de la famille des Centetidae, *Centetes caudatus*, communément appelé "tenrec" ou "hérissons malgache", réduit les populations de *Y. guttulata* en se nourrissant de larves nymphoïdes, dans le sol et en surface, ainsi que d'adultes juste métamorphosés. Malheureusement le "tenrec" constitue pour la main d'oeuvre locale un met très apprécié. La chasse dont il est l'objet diminue d'autant son action sur les populations de Cigales.

- Mais de tous les prédateurs, ce sont les pique-boeuf, *Bubulcus ibis ibis*, ou "Kilandy" malgache, qui me paraissent avoir une action prépondérante. Alors qu'ils se nourrissent d'organismes

tels que Vers de terre, Crustacés d'eau douce, Criquets etc..., dès que les populations de Cicadidae se sont accrues dans les champs de Canne d'Ambilobé, les pique-boeufs ont adopté un régime alimentaire presque uniquement composé de Cigales : des adultes pendant la période des pluies et des larves au moment des labours (fig. 12). Un tel changement de comportement chez d'autres espèces d'Oiseaux a déjà été observé par MC ATEE (1920), HOWARD (1937), RIIS (1940), lors de l'émergence d'adultes de Cigales périodiques.

Les pique-boeufs parcourent les champs de Cannes très tôt le matin et le soir peu avant la tombée de la nuit, c'est-à-dire aux deux moments de la journée où l'activité des Imago est réduite. Tous ensemble prospectent les rangées de Cannes en avançant de front. Souvent ils préfèrent chercher les Cigales dans les champs où la végétation est réduite : soit par suite d'une très forte infestation, soit en raison de coupes tardives.

La consommation est assez importante : Un de ces oiseaux, abattu après un repas du soir portait dans son estomac 16 adultes de *Y. guttulata* et 14 paires d'yeux, restes, sans doute, de la digestion du matin, ce qui porte à 30 Cigales environ le total ingéré en 24 heures dans les conditions naturelles, (fig. 11). Mais en alimentation forcée, un pique-boeuf adulte, gardé en cage, peut manger en moyenne 90 Cigales par jour. Il est capable d'engloutir 18 Cigales en quinze minutes.

Les pique-boeufs nourrissent également leurs petits avec des Cigales qu'ils régurgitent. C'est ainsi que j'ai retrouvé des débris de *Y. guttulata* sous les nids de ces oiseaux, dans une héronnière située dans une mangrove à palétuviers, à 3 km des premiers champs de Canne. L'estomac d'un oisillon ne volant pas encore contenait plusieurs adultes de *Yanga guttulata*.

L'action prédatrice de *Bubulcus ibis ibis* est donc très intéressante pour la limitation des populations de Cigales, et d'autant plus que ces oiseaux sont toujours nombreux : plusieurs vols de 100 à 300 individus ont été fréquemment observés alors qu'ils prospectaient les champs de Cannes. La population totale évaluée grosso-modo était de l'ordre de 4000 en 1965 à Ambilobé, elle paraît être le double actuellement alors que les populations de Cigales sont en nette régression depuis 1968. L'influence des pique-boeufs a pu être vérifiée sur une surface limitée très infestée :

- Des Cigales ont été marquées en fin de nuit et des recaptures ont eu lieu 1 heure après l'arrivée des oiseaux. 12 % seulement des Cigales marquées ont été retrouvées alors qu'elles ne manifestaient encore aucune activité.

Lors d'un autre essai, effectué dans les mêmes conditions, 5 % seulement ont pu être repris.

Une contre expérience de marquage et recapture, dans un endroit non prospecté par les pique-boeufs, m'a indiqué que 45 % des individus marqués sont retrouvés avant toute manifestation d'activité et 35 %, une heure après les premiers déplacements. Il semble donc bien que les pique-boeufs seraient responsables de la disparition d'environ 40 % des Cigales dans les essais précédents.

L'action bénéfique de ces oiseaux se fait également sentir lors des labours de champs très infestés : des vols de 200 à 300 pique boeufs suivent les charrues. Ces oiseaux complètent l'assainissement des champs en allant chercher les larves encore vivantes au fond des galeries découvertes par les charrues ; ces larves, protégées par des mottes de terre, échapperaient à la destruction si les pique boeufs ne les délogeaient pas.

A Namakia, bien que les pique-boeufs soient nombreux dans les rizières et les marécages non loin des champs de Cannes, leur comportement est très différent de celui observé à Ambilobé. Leurs populations paraissent plus dispersées. Aucun vol comparable en nombre à ceux d'Ambilobé n'a pu être aperçu. Cette persistance de leur ancien régime, sans adaptation nette à la consommation de *Yanga* s'explique peut être par la superficie en Cannes réduite et par la périodicité de 2 ans plus marquée à Namakia.

Depuis 1967, et à Ambilobé précisément, un rapace, le milan noir, *Milvus nigrans* et le corbeau à collier *Corvus collaris*, se sont joints aux pique-boeufs pour rechercher leur nourriture lors des labours (fig. 13). Ces oiseaux vivent en bonne intelligence, le nombre des larves étant suffisant. BRUES (1950) a également signalé que les faucons peuvent se nourrir de Cigales.

Dans cette région, l'action des oiseaux a certainement été l'un des facteurs les plus importants pour limiter la pullulation des *Yanga* et cela confirme les observations de BUCHNER (1966) sur le rôle bénéfique de cette classe de Vertébrés dans le contrôle des populations d'insectes.

Les prédateurs cités ici sont les seuls ennemis de *Y. guttulata* dont j'ai pu constater la présence en champs de Canne

à sucre *. J'ai cependant trouvé des parasites dont je signalerai l'intérêt puisqu'il s'agit de deux espèces d'Hyménoptères Chalcidiens, un Chalcididae et Eurytoridae pas encore déterminés, ne s'attaquant actuellement qu'aux pontes des populations naturelles dans le Sud. J'envisage d'essayer de les introduire en champ de Canne à sucre.

+++++

++++

* On a observé la présence du Forficule *Chelisoche morio* F. dans les champs de Cannes de la côte Est. Bien que ne sachant pas si ce prédateur d'oeufs de Cicadelles peut également s'attaquer aux oeufs de Cigales, *Chelisoche morio* a été introduit à Noësi-Bé supposant qu'il pourra y vivre ou qu'il y a naguère existé. Cependant la polyphagie de ce forficule est bien connue et PEMBERTON 1919 signale qu'il s'attaque plus volontiers aux parasites de Cicadelles qu'aux Cicadelles elles-mêmes !

CHAPITRE IV

Discussion

A. Validité des résultats :

a) durée du cycle

L'observation de l'existence des cycles de 1 an et de 2 ans a été faite grâce à des infestations artificielles qui ont porté sur un nombre relativement faible d'individus, mais elle correspond vraisemblablement à la réalité. Des cycles supérieurs à deux ans n'ont pas été mis en évidence, ce qui ne veut pas dire pour autant qu'ils n'existent pas. En particulier, je n'ai aucune observation concernant les larves nées en Mai et Juin et ne connais pas non plus la durée du cycle des larves récoltées au 2ème stade en Novembre. Cependant, si les cycles de plus de 2 ans existent, ils portent certainement sur un très petit pourcentage car ils ne viennent perturber aucun de mes graphiques de population qui semblent par contre mettre en évidence une périodicité de 2 ans.

b) Echelonnement des éclosions

Les résultats obtenus à Tananarive ont été comparables à ceux observés à Ambilobé. Bien que les jeunes stades soient difficilement retrouvés lors des échantillonnages souterrains, j'ai récolté des larves du premier stade en Août, et des larves de deuxième stade en Novembre, ce qui montre bien que l'échelonnement des éclosions est effectif dans les champs.

c) Observations en cages

Les principales activités connues des imago observées dans la nature l'ont été également en cage. Il ne semble donc pas que les conditions macroclimatiques de la cage soient très différentes de celles enregistrées au champ. Une étude de HAND et KEASTER (1967) a montré que ces conditions, à l'intérieur et à l'extérieur d'une grande cage grillagée placée en champ étaient très voisines :

pas de différence significative entre les températures ni entre les humidités relatives. Les radiations solaires étaient réduites de 19 %. Les quantités d'eau de pluie à l'intérieur de leur cage totalement 16 % de moins qu'à l'extérieur. Cependant la vitesse du vent était en moyenne de 51,5 % moins élevée et l'évaporation était réduite de 20 % à l'intérieur. Les cages que j'ai utilisées étaient légèrement plus grandes que celle employée par HAND et KEASTER, et le grillage des miennes avait une dimension de maille double si bien que les différences entre le milieu Cannes à sucre et le milieu cage devaient être encore moins prononcées que celles observées par ces auteurs. Cependant il est possible que des variations microclimatiques, difficiles à déterminer, et n'ayant pas la même importance d'une cage à l'autre, aient influencé la longévité ou la ponte. D'autre part, il faut souligner deux éléments de différence notable entre les cages et les conditions naturelles : d'une part la surpopulation artificielle due aux cages, d'autre part une réduction délibérée du feuillage fourni aux Cigales. Malgré ces deux conditions nettement différentes, il convient de rappeler les résultats concordants obtenus en cages et en champ.

- les courbes de sorties en cages semblent correspondre à ce que nous avons observé en champ.

- les longévités maximales relevées en champ et en cages sont les mêmes.

- le nombre moyen d'oeufs par logette est sensiblement le même dans les deux milieux. Cependant j'ai noté que le nombre des logettes déposées en cages est très réduit en début de sortie des adultes. Il serait intéressant de savoir s'il s'agit là d'un comportement général. En effet, si, en plein champ, les premières femelles déposent également très peu d'oeufs, ceci aurait une importance considérable sur la proportion de larves à cycle de 1 an.

B. Facteurs intervenant sur la proportion des larves à cycle de 1 an et des larves à cycle de 2 ans.

Mes résultats montrent que, à Ambilobé, les larves écloses avant la mi-Mars pourront accomplir leur développement dans l'année, les autres nées plus tardivement auront un cycle d'au moins 2 ans. Si nous considérons la durée moyenne d'incubation nécessaire avant

l'éclosion, nous voyons que seules les pontes déposées en Décembre et début Janvier pourront fournir des larves à cycle de 1 an.

Or pendant cette période :

a) les adultes sont encore relativement peu nombreux (sorties maximales d'adultes vers la mi-janvier).

b) conséquence directe du petit nombre d'adultes, l'action prédatrice des pique-boeufs se fait davantage sentir, d'autant que cette action est favorisée par une hauteur de Cannes relativement faible à cette époque-là.

c) les observations en cage montrent que la longévité des adultes est plus courte pendant cette période que lors des sorties massives. Ces trois facteurs concourent au même résultat : un nombre très faible d'oeufs déposés à ce moment de l'année. Ajoutons à cela une durée d'incubation très variable, et nous voyons combien faible est la proportion de larves qui auront un cycle de 1 an. Les observations a) et c) portent sur des facteurs inhérents en partie à l'insecte, tandis que l'action des pique-boeufs est totalement indépendante. Il semble cependant que ce soit ce dernier facteur, exogène, qui limite de façon prépondérante le nombre de larves à cycle de 1 an. Rappelons que l'action des pique-boeufs ne s'est manifestée qu'à une période de forte densité de Cigales pour ensuite décroître peu à peu quand les populations de *Y. guttulata* sont devenues plus faibles, les oiseaux reprenant leurs habitudes alimentaires primitives et délaissant les adultes de Cigales. Progressivement, la fraction de larves à cycle de un an risque d'augmenter et de favoriser un nouveau départ de pullulation.

L'existence de larves à cycle de 1 an au sein d'une population qui semble actuellement être composée en majorité de larves à cycle de 2 ans, montre le grand pouvoir d'adaptation de l'espèce si le déterminisme de la durée du cycle n'est pas génétique. La variabilité de la durée du cycle pourrait avoir été un facteur très favorable à la pullulation soudaine de *Y. guttulata* en champ de Cannes à sucre. Il me semble utile d'exposer et de discuter ici les différentes hypothèses émises à propos de l'explosion de population de cet insecte.

C. Adaptation de *Y. guttulata* à la Canne à sucre :

a) Généralités. Pullulations d'insectes dans le monde :

L'exemple de *Y. guttulata* sur Cannes à sucre rappelle le cas bien connu, surtout en milieu tropical, d'insectes indigènes ne s'intéressant pas aux plantes importées pendant des années jusqu'au jour où brusquement ils pullulent sur ces cultures. Je citerai le cas des *Antestiopsis*, Hétéroptères Pentatomides, normalement oligophages, vivant normalement sur des Rubiacées sauvages. Ces Hémiptères sont restés très longtemps à côté des *Coffea* introduits sans s'y installer et, après des délais d'adaptation variables souvent très longs, se sont attaqués aux seuls *C. arabica* sur lesquels ils ont par la suite pullulé. Depuis 1942, on assiste à des tentatives plus ou moins réussies d'invasions sur *C. Canephora robusta* (CARAYON 1954).

Un autre exemple de pullulation soudaine est celui des Lépidoptères Drépanides, un peu partout dans la zone intertropicale du globe. En Afrique, les Epicamoptères par exemple, ont parfaitement réussi leur adaptation sur caféiers cultivés qu'ils préfèrent aux Rubiacées sauvages sur lesquelles d'ailleurs on ne les trouve pas actuellement (PUJOL 1960). Contrairement au cas précédent, l'adaptation des Epicamoptères aux caféiers cultivés s'est effectuée dans des délais très courts, de la même manière que le Doryphore, dans l'Est des Etats-Unis, lorsqu'il a été mis en présence de la pomme de terre. Les phénomènes de pullulation soudaine peuvent être le fait soit d'augmentation de population dues à des conditions écologiques particulièrement favorables, ou à des modifications profondes du milieu (comme la disparition d'un parasite par traitement insecticide), soit de l'adaptation secondaire d'une espèce polyphage ou oligophage à une nouvelle plante-hôte, avec création de "races physiologiques".

b) Cas de *Y. guttulata* : hypothèses avancées :

Dès 1965, différentes théories ont été avancées pour expliquer la brusque pullulation de *Y. guttulata* sur Canne à sucre.

1) Pullulation naturelle

✶ Pullulation cyclique

Cette hypothèse de pullulation périodique, comparable à celle de *Magiacada septendecim*, a été la première émise. Il ne semble pas toutefois qu'on puisse la retenir pour les deux raisons suivantes :

- La Canne à sucre est cultivée à Nossi-Bé depuis près d'un siècle et, jusqu'à ces dernières années, on n'a jamais constaté de pullulation de *Yanga guttulata* sur cette plante.

- On n'observe pas la gradation parasitaire qui, en général, suit toute pullulation cyclique.

β Facteurs climatiques favorables :

BRENIERE et SYFRIG (1965) pensent que la succession de deux années à saison pluvieuse déficitaire a pu, en concordance avec d'autres facteurs (épandages d'insecticides notamment), favoriser le développement larvaire de *Yanga*. De fait, les premières infestations ont été remarquées dans la zone la plus sèche de Nossi-Bé. Cependant plusieurs objections paraissent s'opposer à ce que l'on considère le facteur climatique comme primordial. :

Il est probable que depuis 90 ans que la Canne à sucre et *Yanga* coexistent à Nossi-Bé, il y a déjà eu plusieurs fois deux années consécutives présentant les mêmes conditions favorables de sécheresse relative.

A Ambilobé où la sécheresse est compensée par des irrigations régulières, le même phénomène de pullulation de Cigales a été constaté avec 3 ans d'écart.

Les années pluvieuses, qui ont été enregistrées à partir de 1965, n'ont pas fait progresser les populations de *Yanga* bien au contraire.

De plus, il est normal que les premières constatations de dégâts aient eu lieu sur des champs en zone sèche, là où les Cannes souffrent non seulement de la ponction de sève des Cigales mais aussi du manque d'eau libre dans le sol.

2) Pullulation liée à l'action de l'homme :

Des modifications techniques dans la culture de la Canne sont intervenues dans les années précédant l'infestation par *Y. guttulata*. Il paraît normal de chercher là une explication du phénomène d'autant plus que 3 foyers distincts et très isolés les uns

des autres se sont déclarés presque simultanément à Madagascar.

De l'enquête menée par DUBOIS (1966) auprès des responsables des différentes sucreries, il ressort que les principales modifications d'origine culturale qui seraient liées à la pullulation de *Y. guttulata* sont :

- l'augmentation du nombre des repousses
- le brulage des Cannes avant la coupe
- les traitements insecticides
- l'introduction de nouvelles variétés.

α Augmentation du nombre des repousses

Jusqu'en 1958, les champs de Cannes étaient gardés en moyenne 4 ans en culture à Ambilobé et Namakia, 5 ans à Nossi-Bé, avant le désouchage et la mise en place de nouvelles plantations. A partir de cette date, les champs à bon rendement ont été maintenus plus longtemps si bien que progressivement des cultures de 5 ans - 6 ans - 7 ans et plus ont été conservées.

DUBOIS (1966) a émis l'hypothèse que : 1) *Yanga guttulata* a toujours vécu sur Canne à sucre en tant que plante-hôte, 2) l'augmentation du nombre des repousses et la pratique du brulage (qui sera étudiée plus loin), sont responsables de l'explosion de population. Certains faits cependant nous amènent à contredire cet auteur, dans la première partie de son hypothèse, et à ne retenir que l'influence favorisante du nombre accru des repousses :

En ce qui concerne la présence de *Yanga* :

- Les cultures indigènes pour la production de vin de Canne sont assez souvent des cultures très âgées (parfois jusqu'à 15 ans). En dehors des zones proches des sucreries atteintes par *Yanga guttulata* nous n'avons jamais trouvé de Cigales dans ces champs, malgré leur présence abondante dans les milieux "naturels" environnant les plantations.

- Sur la côte Est où *Y. guttulata* existe également, on ne la signale pas dans les plantations industrielles.

- Les échantillonnages effectués en 1958 à Nossi-Bé ne montrent pas la présence de *Y. guttulata* dans les plantations de Cannes.

- Enfin dans les sucreries de Nossi-Bé, Ambilobé et Namakia, il semble bien que l'infestation par les Cigales soit partie de foyers déterminés et ait gagné rapidement l'ensemble des domaines puis les plantations indigènes environnantes.

- De 1949 à 1951 la sucrerie de Namakia a augmenté l'âge de certains champs jusqu'à 6 ans de culture sans qu'une infestation de *Yanga guttulata* soit apparue aussitôt.

Ces diverses raisons m'ont conduite à penser que *Y. guttulata* n'avait pas la Canne à sucre comme plante-hôte habituelle.

Voyons maintenant l'influence favorisante du nombre des repousses.

Ainsi que nous l'avons déjà vu, il existe une corrélation étroite entre le nombre de Cigales par souche et l'âge des souches.

- Le seul moyen de lutte efficace contre *Y. guttulata*, à l'heure actuelle, consiste à réduire le nombre des repousses avec un désouchage par labour profond, détruisant bon nombre de Cigales, l'assainissement étant amélioré par une jachère. Ce n'est pas toujours suffisant : à Nossi-Bé, un programme très important de labourage et une réduction de l'âge des champs (1 an de moins qu'avant l'apparition du problème), ont fait considérablement baisser le taux moyen d'infestation, mais actuellement, cette sucrerie conserve un taux stable d'environ 10 larves en moyenne par souche*.

Il semble donc bien que l'augmentation du nombre des repousses ait été un facteur favorisant pour l'accroissement des populations de *Y. guttulata* mais qu'elle ne puisse expliquer de façon satisfaisante la soudaine pullulation de cette Cigale sur la Canne à sucre.

β Brulage avant la coupe :

D'après DUBOIS (loc. cit.), le feu agit en faveur des populations de Cigales en détruisant leurs ennemis. Cet auteur se réfère aux études, menées aux Hawaï, concernant les températures à l'intérieur des Cannes pendant les feux. D'après QUESTEL et BREGGER (1959), les températures atteintes au centre de tiges de Cannes varient de 32° C à 88° C. La température moyenne pour 20 variétés est de 60° C.

On a remarqué en effet que les Cannes de la sucrerie de la côte Est et des "petites plantations de bouche" qui ne sont pas brûlées sont en général exemptes de Cigales. Mais contre cette hypothèse de DUBOIS, il convient de noter que :

* La technique d'échantillonnage a été standardisée depuis 1966 pour les 3 sucreries.

- Le brulage des Cannes pratiqué avant la coupe se traduit par un feu de paille spectaculaire mais passant très rapidement. Une simple motte de terre ou une feuille humide posée sur le sol suffisent à protéger les petits insectes mauvais voiliers.

- Ce feu a lieu en saison sèche à une période où la plupart des insectes sont protégés d'une action directe (oeufs, diapause, etc.). On trouverait dans la littérature de nombreuses références qui montrent que le feu en saison sèche ne détruit pas les parasites d'autres prédateurs de la Canne, (BETBEDER-MATIBET et MALINGE 1967, BRENIERE in FAUCONNIER et BASSEREAU 1970). Il semble inutile d'insister plus avant, puisque en ce qui concerne *Y. guttulata*, le taux de parasitisme en champ de Cannes paraît très bas sinon nul.

De plus, j'ai récolté en 1968 ET 1969, dans la région d'Ambalavao, deux microhyménoptères, parasites d'oeufs. Or cette zone avait brûlé pendant la saison sèche de 1968, c'est-à-dire entre les deux prospections.

Enfin, le brulage des Cannes se pratique à Ambilobé depuis 1952, mais ce n'est que 13 ans plus tard que les premières Cigales y ont été aperçues. Le brulage paraît donc avoir une importance très secondaire dans le développement des populations de *Yanga guttulata*.

§ Traitements insecticides :

BRENIERE et SYFRIG (1965), au cours d'un essai concernant l'effet phytotoxique possible de l'aldrine pour la Canne, rapportent ce résultat surprenant : le nombre de larves de Cigales vivantes semble augmenter avec la dose de l'insecticide. Ces auteurs pensent alors que la pullulation de *Yanga* s'explique par la disparition de certains ennemis de cet insecte due à l'épandage de l'insecticide sur l'ensemble des cultures de Nossi-Bé. Si nous pensons avec eux que l'emploi de ces produits chimiques a pu favoriser la croissance brutale de la population en éliminant des ennemis de *Yanga guttulata* (tels que le Pique-boeuf ou le "tenrec"), il nous semble que son action n'a pas été décisive: à Namakia où aucun traitement insecticide n'a été pratiqué, nous avons cependant assisté à une pullulation semblable de *Yanga*.

§ Introduction de nouvelles variétés :

Parmi les modifications intervenues peu avant l'apparition brutale des Cigales, signalons l'introduction en grande culture de plusieurs variétés nouvelles ayant des origines différentes. Exceptée l'une d'elles (S 17), ces variétés ne sont pas les mêmes pour la côte d'Est et la côte Ouest. Elles ont été plantées en 1954 à Nossi-Bé, 1956 à Ambilobé et 1957 à Namakia. Les nouvelles variétés sont en général choisies suivant les critères ci-après : rendement accru en tonnes de sucre par hectares et un maintien de la culture le plus longtemps possible. Ces qualités impliquent obligatoirement une richesse en saccharose satisfaisante et une bonne résistance phytosanitaire.

Si l'on explique difficilement le fait que la variété S 17 cultivée à la fois sur la côte ouest et la côte est ne soit pas envahie par les Cigales dans cette dernière région (comme toutes les autres Canes), il semble toutefois que l'introduction de nouvelles variétés sur la côte ouest ait pu avoir un certain rapport avec la pullulation de *Y. guttulata*. En effet :

- Les plantations familiales sont exemptes de Cigales alors qu'elles sont en général constituées d'anciennes variétés...

- L'explosion a été à peu près simultanée dans les 3 régions sucrières avec toutefois un léger décalage dans le temps dans le même ordre que celui des introductions. L'étude de l'influence des nouvelles variétés sur les populations de *Y. guttulata* représente un domaine extrêmement complexe qui n'a été qu'effleuré. L'influence différentielle des nouvelles variétés sur le comportement d'alimentation et de ponte de *Yanga* a été étudiée par SYFRIG en 1965 (dans DUBOIS 1966). SYFRIG a observé un ordre de préférence, en proposant des feuilles des variétés introduites à la ponte des Cigales mais n'a pas du tout confirmé ce résultat par les comptages dans un champ d'essai vérial.

En ce qui concerne l'influence variétale sur la physiologie de *Yanga*, il est permis d'imaginer que la teneur accrue en saccharose des nouvelles variétés de Canne, ou bien les taux variables d'autres substances organiques, ou inorganiques ont pu jouer un rôle important, mais je ne possède aucun fait précis étayant cette théorie. Par ailleurs, des études récentes (RUSSEL et BARFORD 1971) montrent que l'augmentation du taux de certains hydrates de carbone

dans les feuilles de betteraves provoque des différences dans la résistance de ces plantes aux Pucerons.

Si nous considérons, sous réserve d'études ultérieures, que l'introduction de nouvelles variétés a pu être un facteur favorable à la pullulation, il nous est difficile de croire qu'il a été suffisant. Notre conclusion rejoint celles que nous avons déjà formulées pour certaines des hypothèses précédentes.

Nous nous trouvons en présence d'un ensemble d'éléments pouvant avoir influencé la pullulation mais à notre avis insuffisants pour l'explication complète du phénomène.

3) Adaptation physiologique ajoutée à la concordance de facteurs culturels.

Ne voyant pas d'explication suffisante à la pullulation dans les modifications du milieu, nous sommes amenés à penser qu'un autre facteur déterminant, propre à l'insecte est venu s'ajouter aux facteurs favorables déjà étudiés. Cet élément pourrait être une adaptation physiologique. Il est difficile d'expliquer que cette adaptation se soit produite simultanément ou presque dans trois sucreries de la Côte Ouest de Madagascar ainsi que pour d'autres espèces de Cicadidae au Queensland et en Argentine.

Toutefois il apparaît très vraisemblable, comme on le verra plus loin, que de nombreux essais d'adaptation physiologique ont eu lieu sans succès jusqu'au jour où la coïncidence des facteurs culturels favorables a permis leur réussite. L'hypothèse de tels essais s'accorde bien avec :

- L'importance relative des populations naturelles de *Y. guttulata* et de celles des autres espèces de Cicadidae dans les bosquets dispersés au milieu des zones de culture de la Canne.

- Le fait que les *Yanga guttulata* sont depuis peu de temps sur les Cannes.

L'existence d'une race particulière de *Yanga* adaptée à cette plante est rendue vraisemblable par l'observation suivante : Il existe un décalage très important entre les dates d'émergence de *Y. guttulata* dans les bosquets et celles notées en champ de Canne.

Les premières sortent en moyenne un mois et demi avant les secondes. Il y a là une différence de comportement qui peut être due soit à des conditions écologiques particulières soit à l'existence dans le champ d'une race physiologique différente. A l'appui de cette dernière idée vient le fait que le décalage constaté entre les deux populations est du même ordre que celui observé parfois entre des populations de Cigales appartenant à des espèces distinctes. Cette hypothèse concernant *Y. guttulata* rejoint celle émise par CARAYON (1954) à propos de l'adaptation des *Antestiopsis* sur les *Coffea* en Afrique. Cet auteur en parlant de la différenciation d'une race physiologique nouvelle sur *C. arabica* écrit qu'il en voit un "indice dans les délais variables mais souvent longs (dix années ou plus) qui s'écoulent entre l'installation des premières caféières dans une région et leur invasion par les *Antestiopsis* préexistants dans le voisinage". p. 205, puis il rapporte les observations concernant des essais récents plus ou moins réussis d'adaptation sur *C. canephora robusta*.

WILSON (1968) rapporte également que lors des pullulations de *Melampsalta puer* et *Parnkalla muelleri*, un seul champ était infesté au début de l'attaque. Il signale l'apparition presque simultanée de foyers, limités à un seul champ et distants les uns des autres de plus de 75 km.

Dans le cas de *Y. guttulata*, la différenciation d'une race physiologique nouvelle expliquerait l'absence des Cigales dans les plantations indigènes en raison des variétés qui y sont cultivées, son absence également dans les champs de la côte Est du fait des conditions et des techniques culturales différentes. Enfin elle tient compte des modalités de départ de l'infestation à partir de foyers primaires.

J'espère pouvoir vérifier par des études ultérieures cette hypothèse en faveur de laquelle n'existent actuellement que de fortes présomptions.

D. Applications agronomiques des résultats :

Au début de cette étude, le niveau de l'infestation était si élevé à Nossi-Bé, que les responsables de cette sucrerie ont utilisé tous les moyens de lutte à leur disposition, même les plus

draconiens, tels que passage de sous-soleuse qui sectionnait les souches de Canne en deux avec une injection d'insecticide au centre de la souche ! A Ambilobé, l'infestation étant à son début, mes résultats ont été utilisés au fur et à mesure de leur obtention, en vue d'une meilleure organisation de la lutte contre cet insecte, ce qui a permis de dominer très vite le problème.

- les observations en cage ont montré que, si l'on envisageait une intervention contre les adultes, celle-ci devrait couvrir la période de trois mois, durant laquelle des sorties d'imago sont observées, bien que les adultes soient les plus nombreux en Janvier.

- Les femelles déposant leurs oeufs en moyenne trois jours après leur éclosion imaginale, toute action contre les adultes devrait en principe être répétée pratiquement à des périodes rapprochées compte tenu de la faible remanence des insecticides de contact pendant la saison des pluies, pour éviter que les oeufs de Cigales soient déposés en un lieu donné.

- la répartition homogène des adultes dans les champs de Canne indique que toute action de lutte entreprise uniquement sur les bordures des champs, comme on l'a envisagée et parfois même réalisée, reste insuffisante.

- l'étude de la dispersion a apporté quelques notions sur la capacité de vol de *Yanga guttulata*. Elle a mis en évidence l'importance qu'il y avait à assainir de grandes zones en même temps et à ne pas planter un nouveau champ à côté d'un champ très infesté. A Ambilobé, des jachères ont été mises en place pour isoler les champs sains des foyers importants de Cigales.

- Le labourage des champs a été décidé à partir d'un taux d'infestation de 30 Cigales afin de limiter au maximum les départs d'adultes vers les champs jeunes.

- Les pique-boeufs étant des prédateurs plus efficaces d'adultes dans les champs à faible végétation, quelques champs infestés qui n'ont pu être labourés ont été coupés tard, afin de favoriser l'action de ces oiseaux.

- Enfin, si une action plus importante est entreprise contre *Y. guttulata* à Namakia, il serait souhaitable qu'elle tienne compte des résultats énoncés ci-dessus, et notamment en ce qui concernent le mode de réinfestation des jeunes champs et la croissance de cette réinfestation.

CONCLUSION

Au terme de cet exposé concernant divers aspects de la biologie de *Y. guttulata*, Insecte actuellement très nuisible à la Canne à sucre, je rappellerai brièvement les principaux résultats obtenus :

La longévité des adultes leur comportement d'alimentation, d'accouplement et de ponte, la fécondité ont été étudiés. Différents facteurs pouvant influencer sur la longévité comme un effet de groupe ou un effet de date ont été dégagés.

J'ai mis en évidence des cycles biologiques de 1 an et de deux ans. L'étalement de la période de sortie des adultes et l'échelonnement des éclosions expliquent en partie la séparation des populations en individus à cycle de 1 an et à cycle de deux ans. Ces deux populations semblent être intriquées au moment de la sortie des adultes de telle sorte que la courbe des sorties présente une forme normale. Il serait intéressant, par des études ultérieures, d'essayer de séparer ces deux populations et d'en rechercher les proportions par différentes méthodes, en particulier des mesures morphométriques.

Parmi les ennemis capables de limiter les populations de cette Cigale, ce sont les prédateurs qui sont de beaucoup les plus importants notamment le pique-boeuf, dont l'action, très efficace peut être mise à profit avec succès dans un programme de lutte.

L'étude des populations larvaires de *Yanga guttulata* montre que le taux d'infestation augmente généralement avec l'âge de la Canne pour atteindre un niveau d'équilibre à partir de la 4ème repousse. Il apparaît cependant un accroissement périodique de 2 ans de la population globale dans une région où celle-ci est encore en phase explosive. Les départs d'adultes des champs très infestés vers les jeunes champs s'amplifient en même temps que la population globale des Cigales augmente. S'il est relativement aisé de calculer le taux d'augmentation de la population totale, l'étude et la prévision de l'évolution des populations à l'intérieur de chaque champ paraissent plus ardues car elles dépendent des facteurs complexes souvent difficilement mesurables constituant l'environnement. Pour ANDREWARTHA

(1961) "l'environnement d'un animal est toute chose qui peut influencer ses chances de survivre et de se multiplier". Cet auteur distingue quatre grandes composantes : le temps, la nourriture, les autres animaux et maladies, un habitat. Pour *Yanga guttulata*, Les principaux facteurs, difficiles à mesurer, pouvant intervenir sur la population de *Yanga* dans un champ sont à mon avis :

- l'action des prédateurs
- l'effet de groupe sur la longévité et la fécondité
- les interactions au niveau des larves
- la dispersion des adultes.

Ce dernier facteur est lui-même très variable, étant directement lié à la Canne, elle-même dépendante de nombreux facteurs agronomiques (climatologie, sol, variétés de Canne, attaques parasitaires et action de l'homme). Ces transferts de populations de Cigales interviendront donc à un niveau d'infestation plus ou moins élevé en fonction de l'état général de la Canne. Nous en arrivons ainsi à la notion de rendement et de valeur agronomique de chaque champ, qu'il me sera sans doute nécessaire d'évaluer avant et après une attaque par les Cigales pour prévoir, à partir de quelle densité de population l'état végétatif devient très déficient et les transferts de population ont lieu.

Enfin, parmi les différentes hypothèses concernant l'origine de la pullulation, il semble que *Yanga guttulata* Sign. se soit adaptée tardivement à la Canne à sucre, avec peut-être création d'une "race physiologique", l'explosion de population ayant pu être favorisée ensuite par des modifications culturelles. Il semble que l'on puisse attendre beaucoup de la comparaison de la bionomie de *Yanga guttulata* en milieu naturel et en champ de Canne pour tenter d'expliquer la soudaine pullulation de cet insecte sur cette plante dans l'Ouest de Madagascar. C'est dans ce sens que je me propose de continuer mes recherches en comparant la dynamique des populations de cet insecte dans différents biotopes.

BIBLIOGRAPHIE

- AITCHISON, J. et J.A.C. BROWN. 1969.- The lognormal distribution
Cambridge University press., 176 p.
- AMYOT, J.C.B., 1847.- Entomologie Française. Rhynchotes suite.
Homoptères Triocellés. Ann. Soc. Ent. France, (2), V,
p. 144-149.
- ANDREWARTHA, H.G., 1961 - Introduction to the study of Animal popu-
lations. University of Chicago Press. Chicago - London, 281 p.
- ANDREWARTHA, H.G. et L.C. BIRCH, 1954.- The distribution and abun-
dance of animals. Chicago. Univ. of Chicago Press. 782 p.
- BARBIE du BOCAGE, V.A., 1858.- L'Ile de Madagascar. Bul. Soc. géo-
graphie, p. 4-56.
- BAUDIN, P., 1962.- Faits nouveaux en matière de pathologie de la
Canne à sucre à Madagascar et à la Réunion. Agr. Trop.,
(7-8), p. 576-588.
- BEAMER, R.H., 1929.- Studies on the biology of Kansas Cicadidae
Kans. Univ. Sci. Bul., (18), p. 155-263.
- BEEBE, W., 1951.- Migration of Insects (other than Lepidoptera)
through Portochucho Pass, Rancho Grande, North Central
Venezuela. Zoologica (N.Y.), 36, p. 255-266.
- BETBEDER-MATIBET, M. et P. MALINGE, 1967.- Un succès de la lutte
biologique : Contrôle de *Procera sacchariphagus* Boj.,
"borer ponctué" de la Canne à sucre à Madagascar, par un
parasite introduit, *Apanteles flavipes* Cam. Agr. Trop.,
(12), p. 1196-1220.
- BHATTACHARYA, C.G., 1967.- A simple method of resolution of a distri-
bution into gaussian components. Biometrika March 1967.,
p. 115-135.
- BLUNCK, H., 1956.- Cicadoïdea in P. SORAUER Handbuch der Pflanzen-
kranheiten Tierische Schädlinge an Nutzpflanzen 2. Teil
Hereroptera - Homoptera. P. Parey. Hambourg-Berlin,
p. 190-199.
- BOULARD, M., 1965 b.- Notes sur la biologie larvaire des Cigales
(Hom. Cicadidae). Ann. Soc. Ent. France, N.S., I (3),
p. 503-521.
- BOULARD, M., 1969.- Hemipteroïdes nuisibles ou associés aux Cacao-
yers en République Centrafricaine, 2ème part. Homoptères
Auchenorrhynches. Café, Cacao, Thé. XIII (4), p. 310-324.

- BRENIERE, J., 1970.- Les ennemis animaux de la Canne à sucre in
FAUCONNIER R. et D. BASSEREAU : La Canne à sucre. Tech.
Agr. et Prod. Trop. Maisonneuve et Larose édit. 468 p.
- BRENIERE, J. et J. SYFRIG, 1965.- Un nouvel ennemi de la Canne à
sucre à Nossi-Bé *Yanga guttulata* Sign. Cicadidae. Cong.
Prot. Cul. Trop., Marseille, Mars 1965, p. 401-8
- BRUES, C.T., 1950.- Large raptorial birds as enemies of Cicadas
Psyche, 57, p. 74-75.
- BUCHNER, C.H., 1966.- The role of vertebrate predators in the bio-
logical control of forest insects. *Ann. Rev. Ent.*, (11),
p. 449-470.
- CANITROT, 1921.- Les Portugais sur la côte orientale de Madagascar
et en Anosy au XVIIe siècle. *Rev. Hist. Col. Franç.* 9ème
année 2e tri. p. 203-238.
- CARAYON, J., 1954.- A propos d'une récente attaque du caféier robusta
par les Antestiopsis (Hemiptera, Pentatomidae) dans l'Ou-
bangui, (A.E.F.). *Jour. Agr. Trop. Bot. App.* I. (5-6),
p. 204-209.
- CARESCHE L. et J. BRENIERE, 1962.- Les insectes nuisibles à la
Canne à sucre à Madagascar. Aspects actuels de la question.
Agron. Trop. n° 7-8, Aout-Sept. 1962, p. 608-631.
- CHEN, C.B. et HUNG, T.H., 1966.- Studies on *Cicada Mogannia hebes*
Walker, attacking on sugar cane ratoon and it's control
in Taiwan. *J. Agric. Assoc. China, New séries* (53), p. 31-38.
- COSTILLA, M.A., 1969.- Un nuevo problema entomologica en cana de
azucar, la chicharra *Proarna bergi* Distant. (Homoptera
Cicadidae) *Revta. Ind. Agric. Tucuman* 46 (1) p. 127-129.
- CUMBER, R.A., 1952.- Note on the biology of *Melampsalta cruentata*
Fab. (Hemiptera - Homoptera Cicadidae) with special refe-
rence to the nymphal stages. *Roy. Ent. Soc. London*, 103,
p. 219-237.
- DAMBACH, C.A. et E. GOOD, 1943.- Life history and habits of the
Cicada killer in Ohio. *Ohio. Jour. Sci.*, (43), p. 32-41.
- DAVIDSON, J. et H.G. ANDREWARTHA, 1948.- Annual trends in a natural
populations of *Thrips imaginis* (Thysanoptera). *J. Animal
Ecol.*, 17, p. 193-9.
- DISTANT, W.L., 1905.- Additions to a knowledge of the homopterous
family Cicadidae. *Roy. Ent. Soc. London. Trans.* p. 196.

- DISTANT, W.L., 1906.- A synonymic catalog of Homoptera. Part. 1. Cicadidae p. 17.
- DUBOIS, J., 1966.- Influence de certaines modifications récentes dans la culture de la Canne à sucre sur l'évolution des populations de la Cigale *Yanga guttulata* Sign. Agr. Trop., 6-7, p. 786-821.
- FABRE, J.H., 1897.- La Cigale in Souvenirs entomologiques Ve série. p. 229-308
- FABRE, J.H., 1897.- Le Sphex à Ailes jaunes in Souvenirs entomologiques Ire série, p. 93-208.
- FLACOURT de, E., 1658.- Histoire de la Grande Isle de Madagascar Paris. J. Henault in 4e. 384 p.
- FONSECA J.P. et R.L. ARAUJO, 1939.- Informaçoes sôbre a praga dos Cigarras em S. Paulo e'sôbre as possibilidades de seu combate. Biologico, 5. p. 285-291.
- FROGATT, W.W., 1913.- Cicadas as pests, *Melampsalta incepta* Walk Agr. Gaz. N.S. Wales, 24, p. 341-344.
- GLICK, P.A., 1939.- The distribution of insects, spiders and mites in the air. Tech. Bul. U.S. Dept. Agri. 673- 150 p.
- HAND, L.F. et A.J. KEASTER, 1967. The environment of an Insect Field cage. J. Econ. Ent., 60, (4), p. 910-915.
- HARDING, J.P., 1949.- The use of probability paper for the graphical analysis of polymodal frequency distributions. J. Mar. Biol. Ass. U.K. 28, p. 141-145.
- HEMPEL, R., 1913.- As Cigarras do Cafeeiro. Pub. Secret. Agr. Ind. com. Sao-Paulo p. 1-14.
- HOWARD, W.J., 1937.- Bird behavior as a result of emergence of seventeen year locusts. Wilson Bull., 49, p. 43-44.
- HUMBERT, R. 1968.- The growing of sugar cane. Elsevier pub. comp. Amsterdam. London New York. 779 p.
- IWASE, T., 1950.- Entomophagus Lepidoptera. Bul. Takarazuka insectarium 75 (Nov. 1) p. 1-2.
- JOURDHEUIL, p., 1965.- Facteurs limitatifs et modificateurs de l'expression du potentiel de multiplication d'un animal. Ann. Epiphyties., 16, (4), p. 384-390.
- JOHNSON, C.G., 1969.- Migration and dispersal of insects by flight. Methuen et Co Ltd. New Felter Lane London E. C4, 763 p.
- KATO, M., 1940.- A monograph of Epipyropidae (Lepidoptera). Ent. World 8, p. 67-94.

- KATO, M., 1956.- The biology of Cicada. Bul. Cicada Mus. Iwasaki Shoten edit. Tokyo, 319 p. (en japonais, sous-titres anglais).
- LABEYRIE, V., 1967.- Répercussion de l'état physiologique des parents sur la descendance chez les Insectes. 3ème col. Ecol. Paris Mai 1967.
- LE BERRE, J.R., 1953. Déterminisme du vol de l'insecte. Rev. Zool. Agr. et Appl., 7-8, p. 1-7.
- LLOYD, M. et H.S. DYBAS, 1966.- The periodical cicada problem I. population ecology. Evolution, 20, (2), p. 133-147.
- LYON, H.L., 1910.- A new cane disease now epidemic in Fidji-Hawai Planters' Record, 3, p. 200-205.
- MC ATEE, W.L., 1920.- Abundance of periodical Cicadas, diverting attacks of birds from cultivated fruits. Auk., 37, p. 144-145.
- MARLATT, C.L., 1907.- The periodical cicada. Bull. U.S.D.A. Bur. Ent. n.s., 71, p. 1-181.
- MONSARRAT, A., 1966a.- Premières observations sur *Yanga guttulata* Sign. Homoptere Cicadidae, ravageur de la Canne à sucre dans le Nord Ouest de Madagascar. Bul. de Madagascar, 237, Fév. 1966, p. 165-168.
- 1966b.- Recherches sur la Cigale de la Canne à sucre *Yanga guttulata* Sign. Rev. Suc. Maurice 45, (3) p. 213-219.
- MONSARRAT, A. et P. MALINGE, 1968.- Observations sur une population de Cicadidae à Madagascar.- Etude des sorties d'adultes de *Yanga guttulata* dans un champ de Canne à sucre. Agr. Trop., 12, p. 1334-1344.
- MORAT, P., 1969.- Note sur l'application à Madagascar du quotient pluviométrique d'EMBERGER. Cah. ORSTOM, ser. Biol., 10, Dec. 1969, p. 117-132.
- MORREIRA, C., 1925.- A Cigarrhina vermelha da Canna de Assucar, *Tomaspis liturata* L. et S. Inst. Biol. Def. Agr., 4, p. 1-15.
- MORREIRA, C., 1928.- Insectas nocivos as cafeeiro no Brasil. Rev. Soc. Rur. Brasil, 8, (92), p. 24-25.
- MORRIS, M.H., 1848.- Larvae of *Cicada septendecim* preying on the roots of fruit trees. Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia 3. p. 132-134.

- MUNGOMERY, R.W. et A.F. BELL, 1933.- Fiji disease of sugar cane and its transmission. Queensland Bur. Sug. Exp. Sta. Div. Path. Bul. 4, p. 5-28.
- MYERS, J.G., 1929.- Insect singers, a natural history of the Cicadas. 304 p. London. George Rout ledge and Son.
- OCFEMIA, G.O., 1933.- The transmission of the Fiji disease of sugar-cane by an insect vector. Univ. of the Philippines Nat. and Appl. Sci. Buf. 3, p. 277-280.
- OHGUSHI, R., 1953.- Ecological notes on *Epipomponia nawai* (Dyer), a parasite of Cicada in Japan. (Lepidoptera Epipyropidae). Shikoku Ent. Soc. Trans. 3, p. 185-191.
- PAN, Y.S. et S.L. YANG, 1968.- The nature of injury to sugar-cane ratoon caused by the nymph of *Mogannia hebes* Walker. Proc. Inter. Soc. Sugar Cane Tech. 13th Congress Taiwan, p. 1403-1409.
- PEMBERTON, C.E., 1919.- Leafhopper investigations on Hawaii. Hawaiian Planters' Record, Honolulu, 21, (4), p. 194-221.
- PESSON, R., 1951.- Homoptera in P.P. GRASSE, *Traité de Zoologie*. Masson édit. Paris 10 (2), p. 1391-1656.
- PUJOL, R., 1960.- Les chenilles marteau ou chenilles queue-de-rat. Science et Nature, 42, p. 3-10.
- QUESTEL, D.D. et T. BREGGER, 1959.- Internal temperatures in preharvest burned cane and mortality of the sugar cane borer. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technologists. Hawaï, p. 921-924.
- REAUMUR, R.A.F. (de), 1740.- Sur les Cigales et sur quelques mouches de genre approchant du leur in Mémoires pour servir à l'histoire des insectes. 5, (4), p. 145-206.
- RIIS, P., 1940.- "Indesirable" birds and seventeen-year locust. Audubon Bul., 35, p. 10-13.
- RILEY, C.V., 1885.- The periodical Cicada. An Account of Cicada septendecim and its tredecim race with a chronology of all broods known. Bull. U.S.D.A. Dir. Ent. (O.S.) 8, 1-46 fig. 1-8.
- RISBEC, J., 1936.- Les parasites du cafeier en Nouvelle-Calédonie Agron. col. Janv. n° 217, p. 105-123.
- ROBA, R., 1935.- Catalogue systématique des insectes du cafeier. (Coffea sp.) Ann. Gembloux, 41, p. 299-305.
- RUSSEL, G.E. et I.A. BARFORD, 1971.- Some factors affecting the concentration of sugars in leaves of inbred sugar beet lines. Ann. Appl. Biol., 68, (3), p. 299-305.

- SCHUMACHER, F., 1915.- Der gegenwärtige stand unserer Kenntnis von der Homopteren Fauna der Insel Formosa. Mittl. Zool. Mus. Berlin VII. 71-134.
- SIGNORET, V., 1860.- Hemiptères de Madagascar. Ann. Soc. Ent. France 3e sér. tome 8, 177-206, pl. 4 et 5.
- SIGWALT, B., 1962.- Note sur l'insecte vecteur de la maladie de Fidji, *Perkinsiella saccharicida* Kirk. Agr. Trop. 17-8, p. 602-607.
- SOLOMON, M.E., 1957.- Dynamics of insect population. Ann. Rev. Ent., 2, p. 121-143.
- SOUTHWOOD, T.R.E., 1966.- Ecological methods with particular referente to the study of insect populations. Methuen et Co. Ltd. London. 391 p.
- STOREY, H.H., 1933.- Investigations of the mecanism of the transmission of plant viruses by insect vector. Proc. Roy. Soc. London Ser. B., 113, p. 463-485.
- TAYLOR, L.R., 1961.- Aggregation, variance and the mean. Nature, Lond., 189, p. 732-5.
- TAYLOR, L.R., 1965.- A natural law for the spacial disposition of insects. Proc. XII int. Cong. Ent. p. 396-7.
- TETEFORT, J.P. et D. WINTREBERT, 1963.- Elements d'acridologie pratique à Madagascar. Agron. Trop., 9, p. 878-932.
- WESTWOOD, J.O., 1876.- Notes of the habits of a Lepidopterous insect parasitic on *Fulgora candelaria* with a description of the species. Trans. Ent. Soc. Lond., p. 522-523.
- WILLIAMS, C.B., 1921.- Froghopper blight of sugar-cane in Trinidad Mem. Dept. Agr. Trin. and Tob., 1, p. 1-170.
- WILSON, G., 1967.- Cicadas as pests of sugar cane in Queensland. Proc. Qd. Soc. Sugar cane Techn., 34, p. 141-143.
- WILSON, G., 1968.- Cicadas as pests of sugar cane in Queensland. Proc. Inter. Soc. Sugar cane Tech. 13th congress Taiwan, p. 1410-1415.
- WYMORE, H., 1934.- Cicadas in relation to agriculture. J. Econ. Ent., 27, (1), p. 884-890.

T H È S E

présentée

A LA FACULTE DES SCIENCES
DE L'UNIVERSITE DE PARIS

pour obtenir

LE TITRE DE DOCTEUR DE 3ème CYCLE

Spécialité : Biologie animale

Mention : Entomologie

par

Annie MONSARRAT

BIONOMIE DE LA CIGALE YANGA GUTTULATA Sign.

EN CHAMP DE CANNES A SUCRE A MADAGASCAR

Soutenue le devant la Commission d'Examen

M. B. POSSOMPÈS Président

Mme J. RACCAUD }
M. J. CARAYON } Examineurs

M. P. GRISON Invité

O.R.S.T.O.M.

PARIS

1971

Fig. 1 - Yanga guttulata Sign. adulte

Fig. 2 - Accouplement de Y. guttulata

Fig. 3 - biotope à Loudotia simplex à Ambalavao

Fig. 4 - dégâts causés par Y. guttulata en champ de Canne à sucre

Fig. 5 - Trous de sortie des L5 au pied d'une souche de Canne

Fig. 6 -- Mise en place des parcelles grillagées pour l'évaluation des dégâts causés par Y. celtulata

Fig. 7 -- Stades larvaires. De gauche à droite :
L2 -L3 L3 - L4 L4 - L5 L5 nymphoïde

Fig. 8 -- Echantillonnage souterrain

Fig. 9 -- Cage en champ de Cannes

Fig. 10 - Sphacius grandidieri

Fig. 11 - Contenu stomacal d'un pique-boeuf

Fig. 12 - Pique-boeufs derrière une charrue

Fig. 13 - Vols de pique-boeufs et de milans noirs à Ambilobé

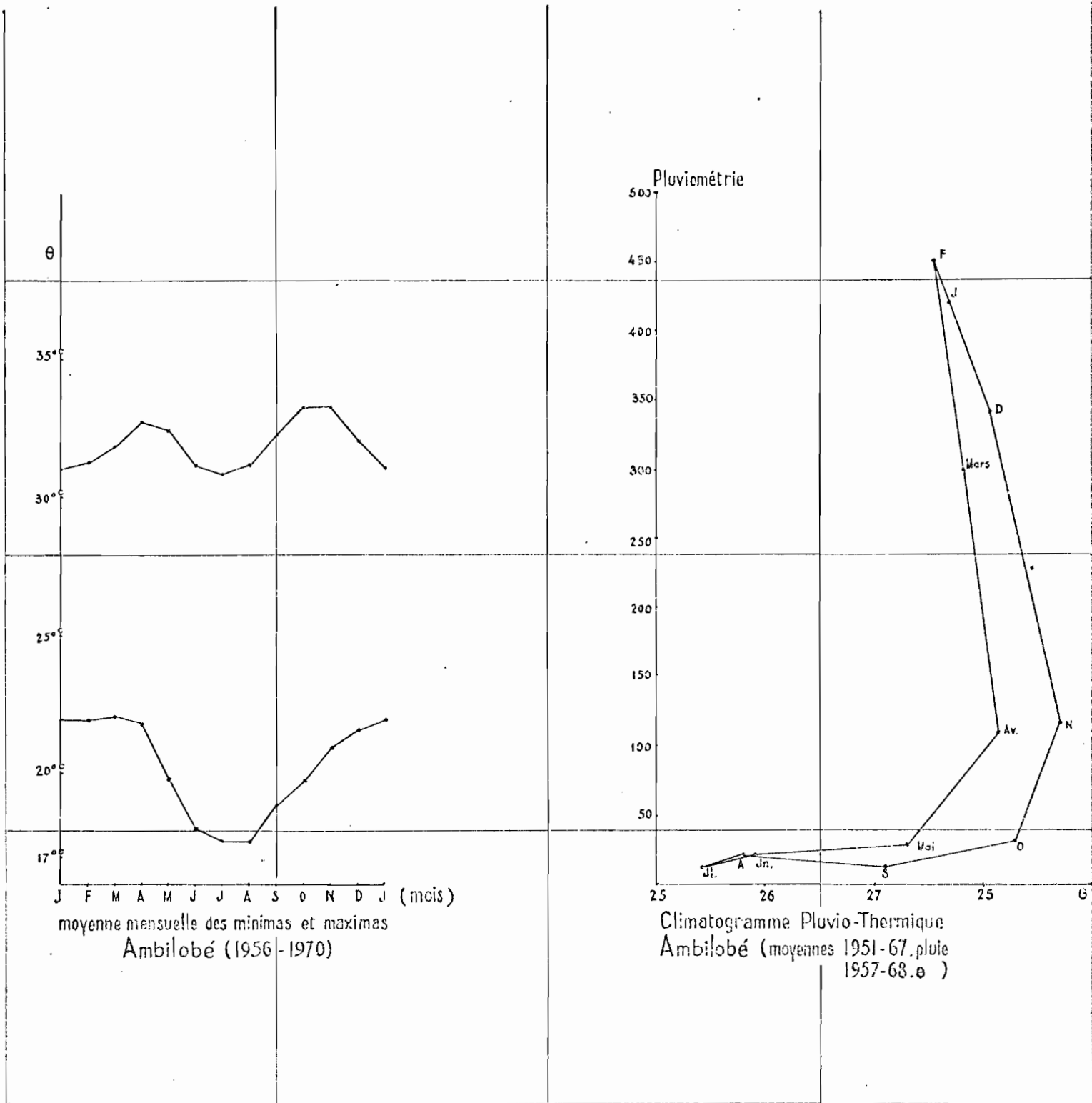


Fig. 14 - Climatogrammes région d'Ambilobé.

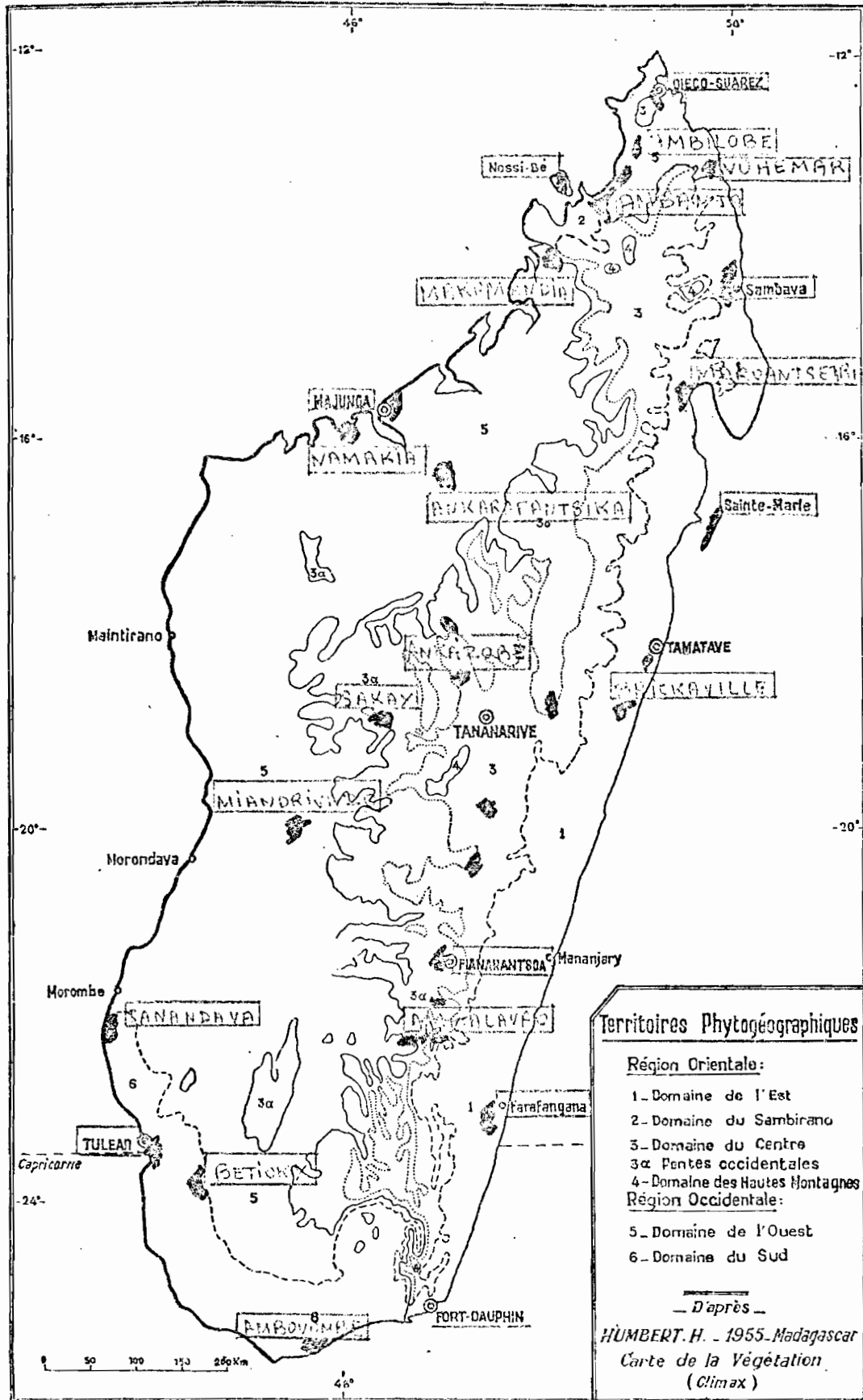


Fig. 15 - Lieux de récolte de *Yanqa guttalata* Sign.

Fig. 16 - Histogramme des mesures du post-clypeus par stade larvaire.

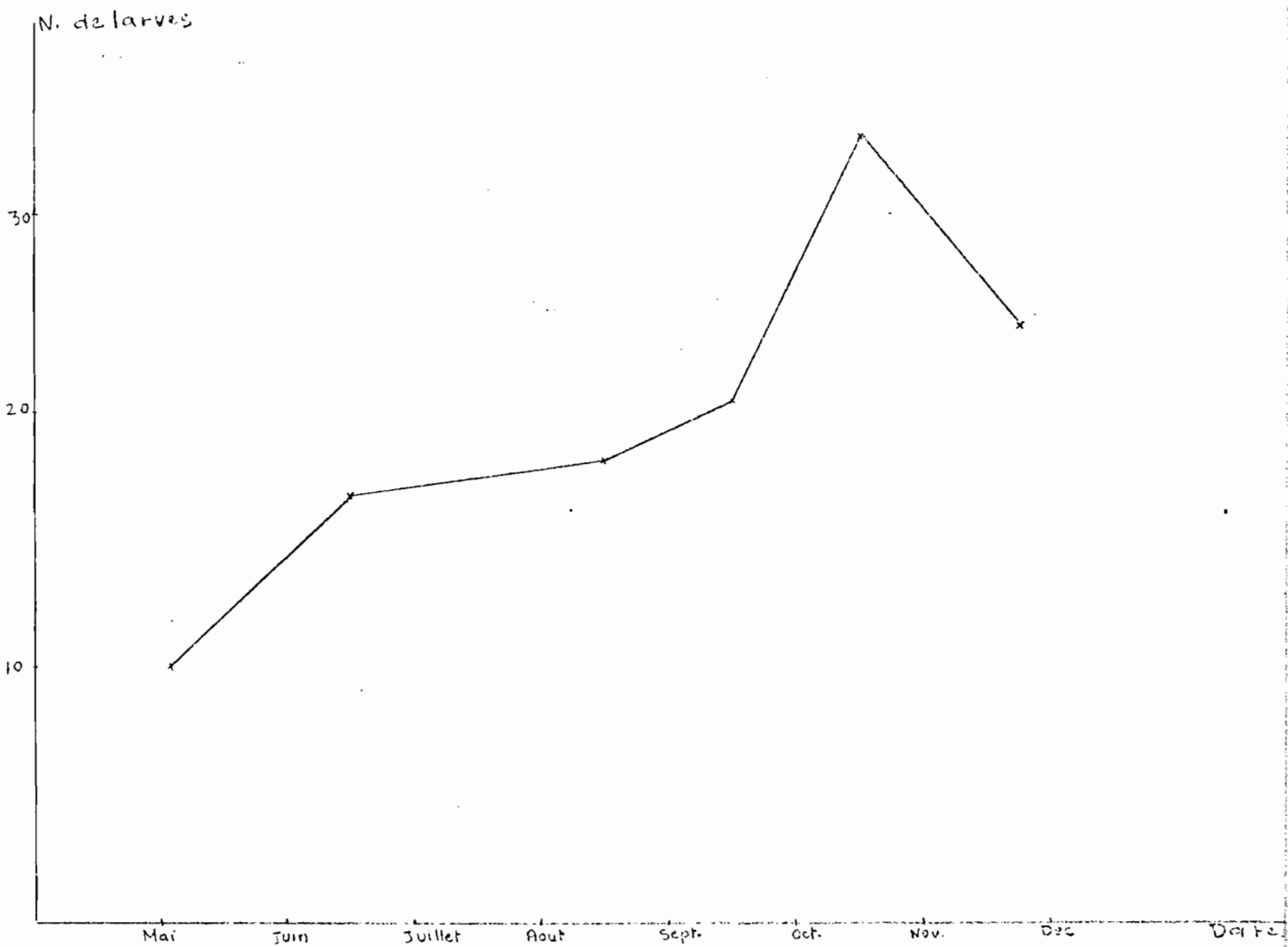
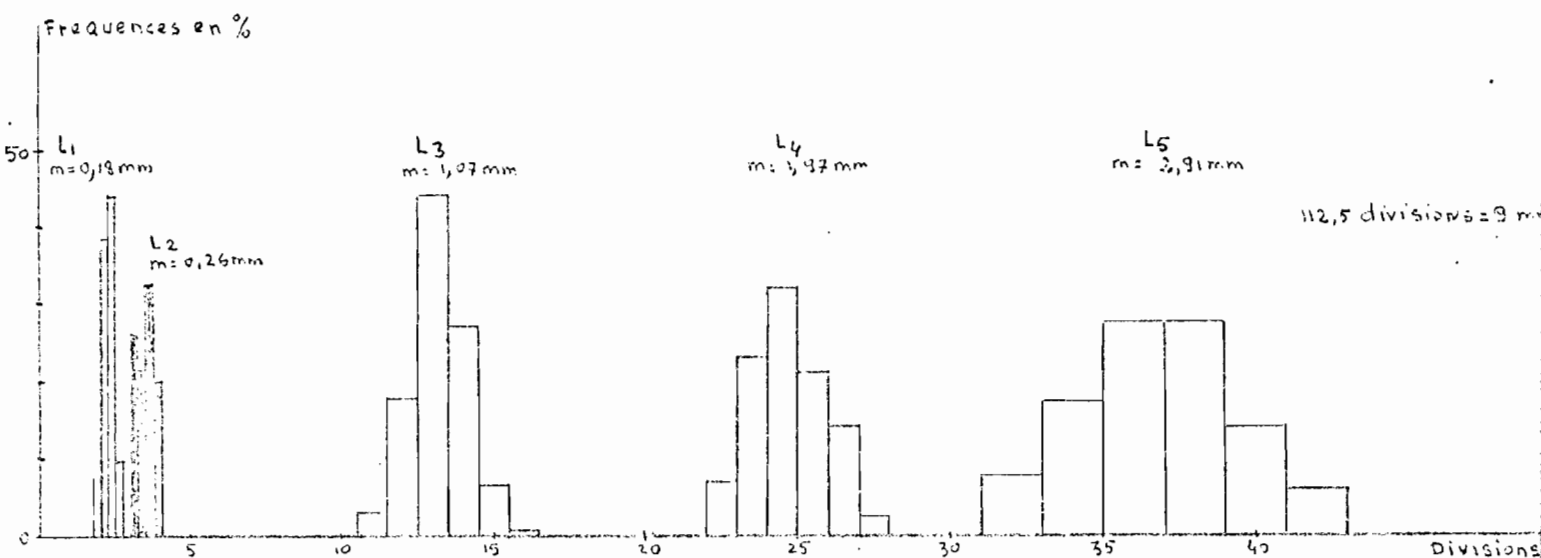


Fig. 17 - Variation du nombre moyen de larves par sondage en fonction de la date de sondage.

EXPERIMENTATION
SMM - NAIKIA

R E N D E M E N T S										DATE CONTRÔLE	
1963	1964	1965	1966	1967	1968					17/7/70	
FERME :		CHAMP : <i>Di entang</i> <i>SHO</i>			VARIÉTÉ <i>NCO 810</i>						AGE : <i>12R-</i>
NUMÉROS DES SONDAGES	NOMBRE DES TROUS SORTIS	NOMBRE D'EXUVIES	D I V E R S					PROFONDEUR DES LARVES	TOTAL	OBSERVATIONS	
			STADES - LARVAIRES								v/c
			L2	L3	L4	L5 M & GM G					
941	6	2	3	4	0	17		21	0		
942	3	0	0	1	1	28		30	3		
943	12	5	4	6	10	100		120	2		
944	11	1	2	4	2	79		87	4		
945	9	3	5	10	11	70		96	2		
946	12	2	3	8	7	61		79	2		
947	9	1	2	9	11	66		88	4		
948	7	4	6	5	7	76		94	2		
949	8	5	8	10	9	50		77	3		
950	11	2	2	7	11	102		122	5		
951	10	6	4	1	6	80		91	0		
952	7	3	6	4	16	18		44	0		
953	10	0	10	5	8	63		66	2		
954	12	1	3	5	7	46		61	4		
955	9	2	2	1	6	25		34	3		
956	11	2	8	10	6	78		102	1		
957	12	2	7	5	3	80		95	1		
958	9	0	7	4	4	42		50	0		
959	12	4	10	7	8	90		115	3		
960	7	1	4	7	5	30		46	2		
961	8	5	5	7	6	60		78	0		
962	5	0	5	9	2	12		21	0		
7/22	209	51	99	129	146	1225		1659			
			4	6	7	58		75			

Fig. 18 - Photocopie d'une feuille de relevés d'échantillonnages.

Fig. 19 - Aspect de l'extrémité abdominale chez la ♀ et le ♂ de Y. guttulata au dernier stade larvaire.

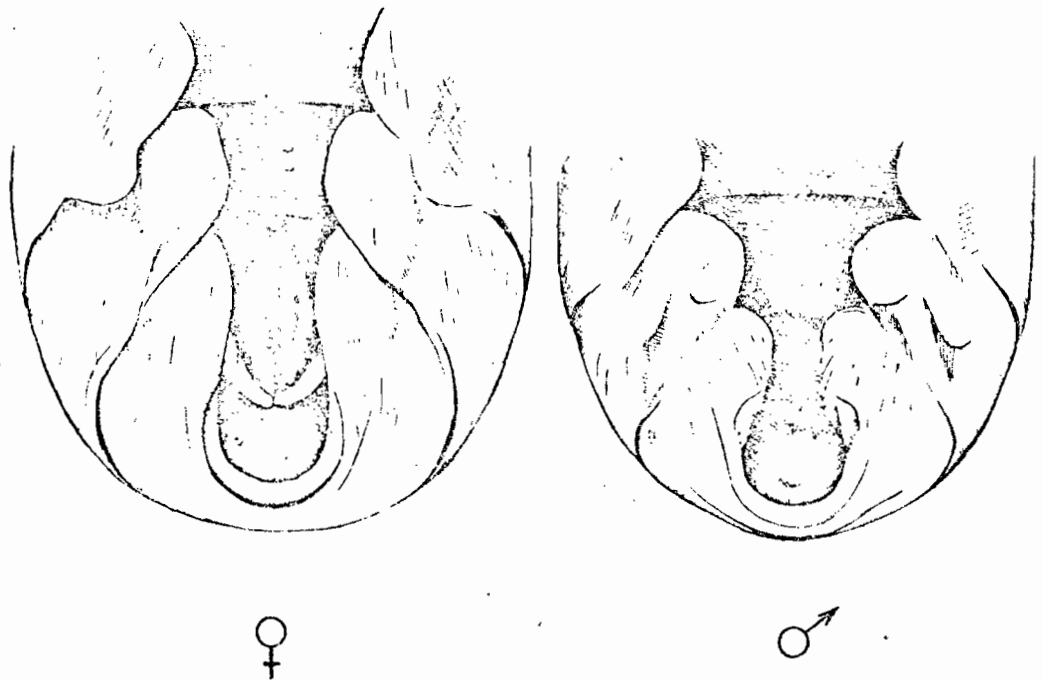
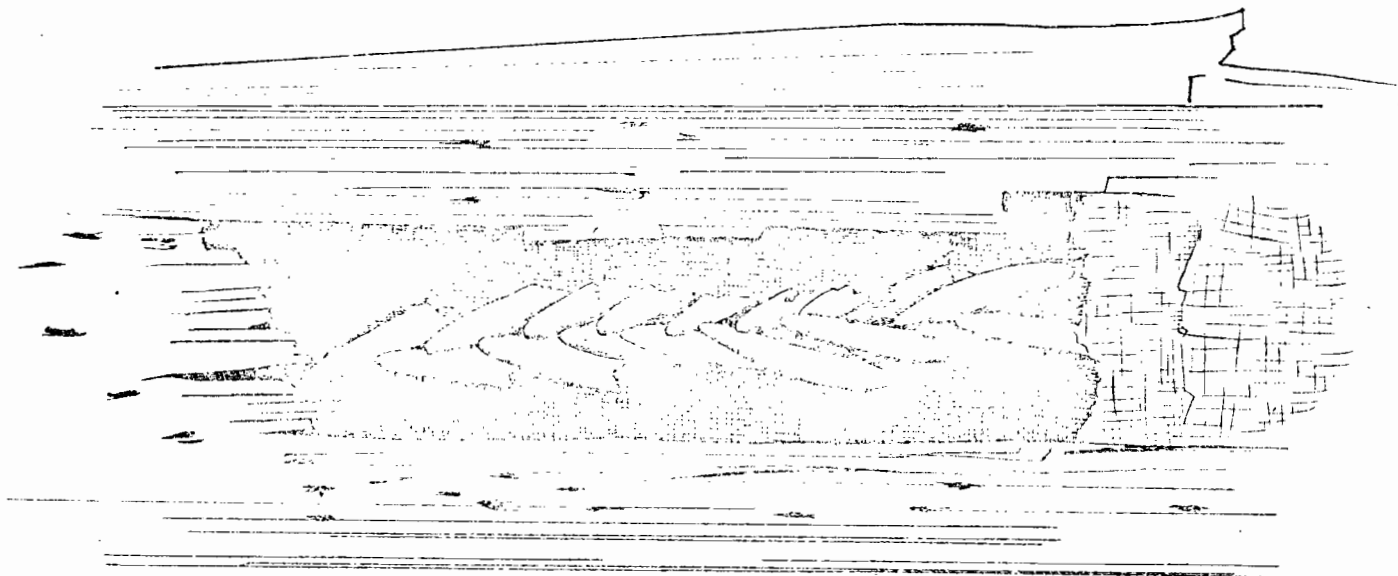


Fig. 20 - Position des oeufs de Y. guttulata dans la nervure centrale d'une feuille de Canne. détail d'une logette.



1er comptage (23j après mise du P ₃₂)				K = 3,019	2e comptage (30j après mise du P ₃₂)				K = 4,224
Enfouiss. ^t Récolte : 29 j après enfouissement					Enfouiss. ^t Récolte : 37 j après enfouissement				
14 j après la mise du P ₃₂					21 j après la mise du P ₃₂				
C/m				B.d.F.	C/m				B.d.F.
Vivantes 11					Vivantes 7				
Y. jaune → Y. jaune N° 5 16977 19					Y. jaune → Y. jaune N° 19 20872 22				
4 N° 6 132 21					1				
N° 7 1923 24					Y. jaune → Y. rouges N° 1 50492 20				
N° 11 1497 26					3 N° 6 80121 23				
14 L5 Y. jaune → Y. rouges N° 8 855 21					N° 18 53375 23				
jaunes 2 N° 10 2214 21					15 L5 Y. jaunes Y. jaune → Y. bruns N° 3 21792 22				
Y. jaune → Y. bruns N° 1 29556 26					3 N° 5 77791 20				
N° 2 16221 26					Mortes 4 N° 8 60317 24				
N° 3 87147 22					2 non marquées				
N° 4 5238 25					N° 7 768 20				
Morte 0 N° 9 31293 19					N° 9 793 22				
Emergence 0 Total 11					Total 11				
Vivante 0					Vivante 0				
Mortes 2 N° 1 549 26					Morte 1 N° 17 1190 20				
N° 2 1434 24					Trous de sortie 6				
15 L5 Trous de sortie 9					15 L5 pas d'exuvies retrouvées				
rouges exuvies retrouv. 8 N° 1 822 26					Y. rouges Total 7				
N° 2 306 24					Vivante 1				
3 pas marquées N° 6 13632 22					Mortes 6 N° 16 16057 20				
N° 7 231 21					N° 10 1840 23				
Total 11 N° 8 4101 25					N° 11 338 21				
Vivante 0					1 non marquée N° 12 329 20				
Morte 1 N° 1 9240 19					N° 14 262 24				
10 L5 Trous de sortie 1					N° 15 2304 21				
bruns exuvie 0					10 L5 Y. bruns				
Total 2					Trous de sortie 3				
Etats successifs de développement des L5 en préexuviat.					Pas d'exuvie retrouvée				
Y. jaunes → Y. rouges → Y. bruns → Adultes.					Total 10				

Fig 21 - Alimentation des larves au stade nymphoïde.

Fig. 22. Longévité en champ

- marquage couleur jaune les 10 et 11.I.1968.

Dates	♂	♀	Longévité	Observations
23.I.68	1	1	12 j.	insectes laissés dans les Cannes.
24.I.68	0	0	-	
25.I.68	0	1	14 j.	
26.I.68	2	1	15 j.	
1er.II.68	1	1	21 j.	
2.II.68	0	0	-	
3.II.68	0	0	-	
4.II.68	0	0	-	
5.II.68	0	0	-	

- marquages Rouge le 15.I.68

Blanc le 16.I.68

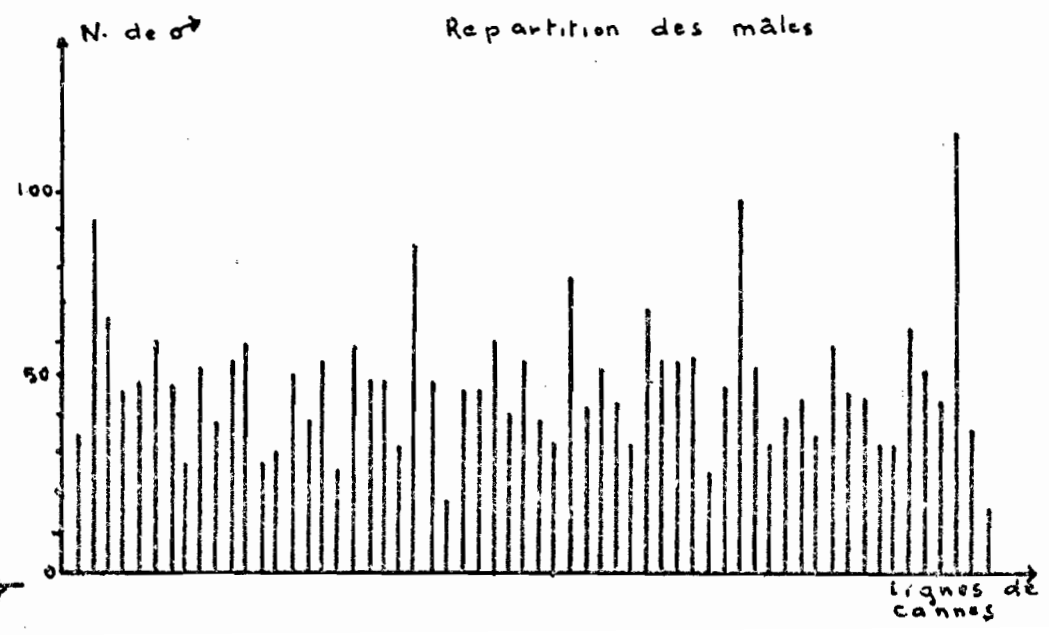
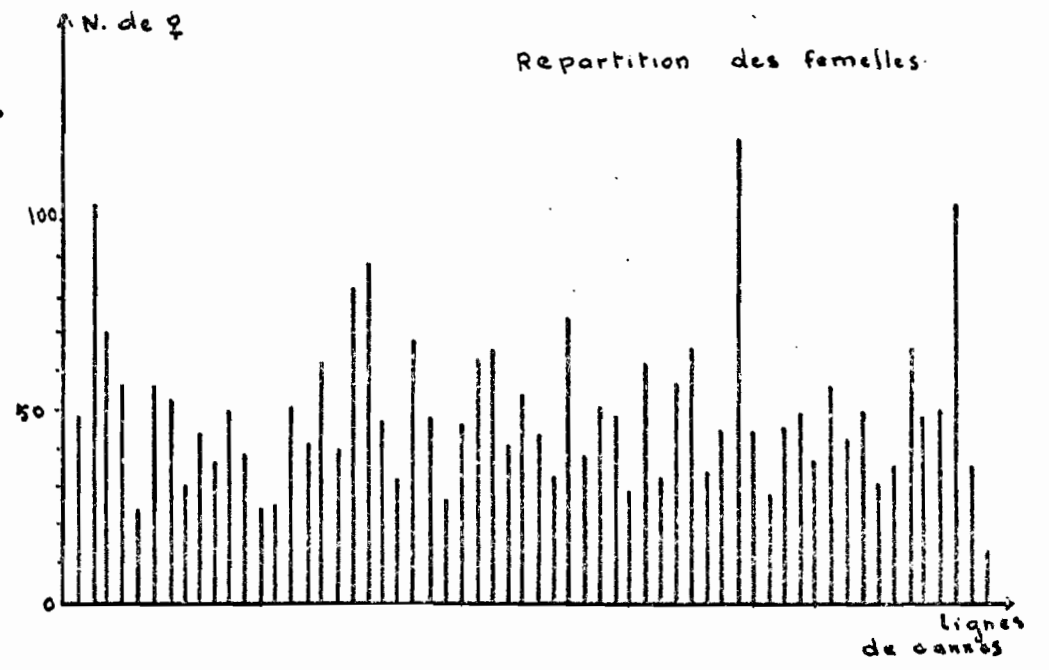
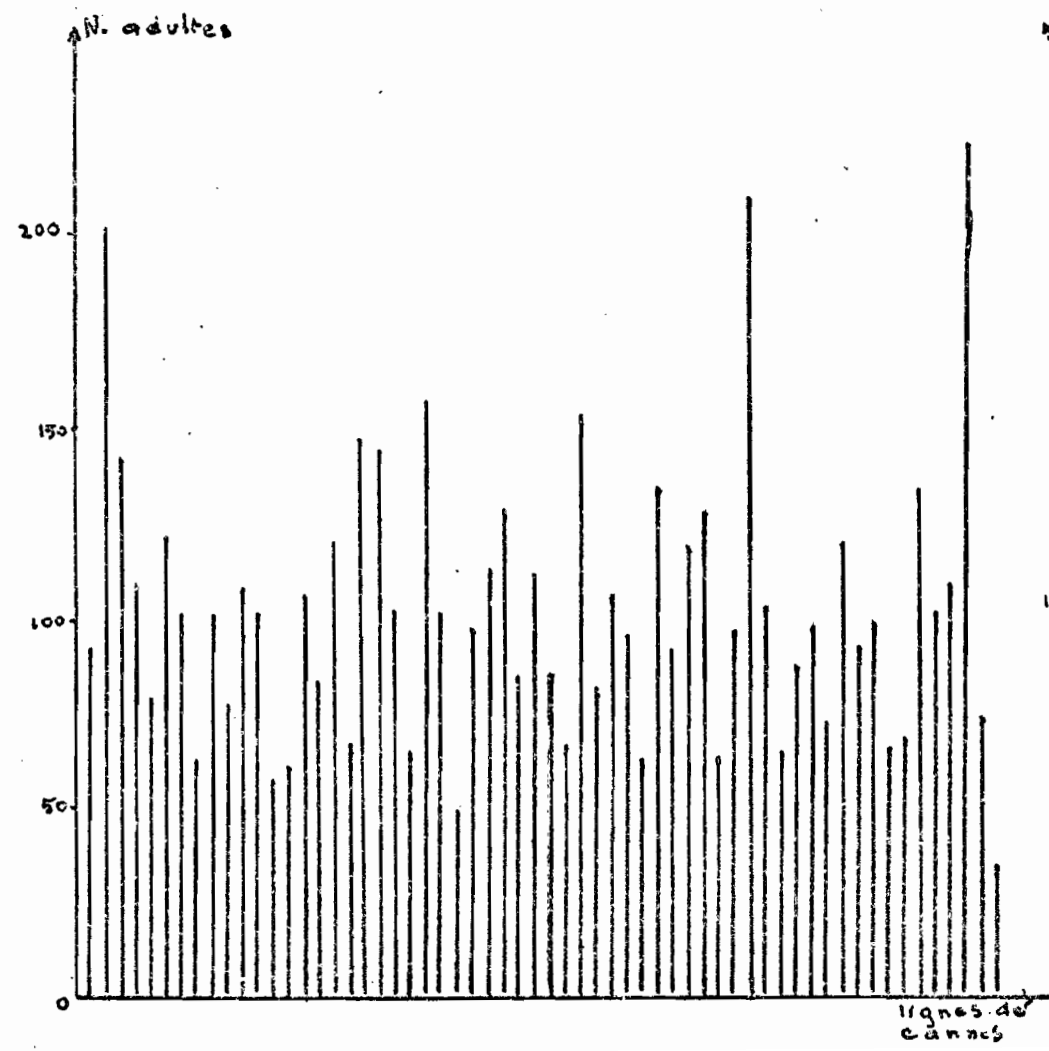
Bleu le 17.I.68

Couleur	23.I.68 ligne 10				24.I.68 ligne 11				25.I.68 ligne 9				26.I.68 ligne 8				1er.II.68 ligne 7			
	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.
Bleu	6j.	5	9	19,5%	7j.	6	3	12,8%	8j.	4	3	7,8%	9j.	1	3	6,4%	15j.	0	1	0,8%
Blanc	7j.	1	5	5,7%	8j.	3	7	7,3%	9j.	1	2	5,1%	10j.	1	0	1,8%	16j.	1	1	1,6%
Rouge	8j.	6	7	10,6%	9j.	7	13	18,0%	10j.	1	4	3,8%	11j.	3	2	4,1%	17j.	1	2	2,5%

Couleur	2.II.68 ligne 4				5.II.68 ligne 3				6.II.68 ligne 2				7.II.68 ligne 6			
	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.	Age	♂	♀	% recap.
Bleu	16j.	0	1	2,1%	19j.	1	2	4,0%	20j.	0	0	-	21j.	0	0	-
Blanc	17j.	1	2	9,6%	20j.	1	1	3,5%	21j.	0	0	-	22j.	0	0	-
Rouge	18j.	0	1	1,0%	21j.	0	1	0,9%	22j.	1	0	-	23j.	0	0	-

mort

Fig. 23 - Répartition des adultes en champ, prospecté ligne par ligne.



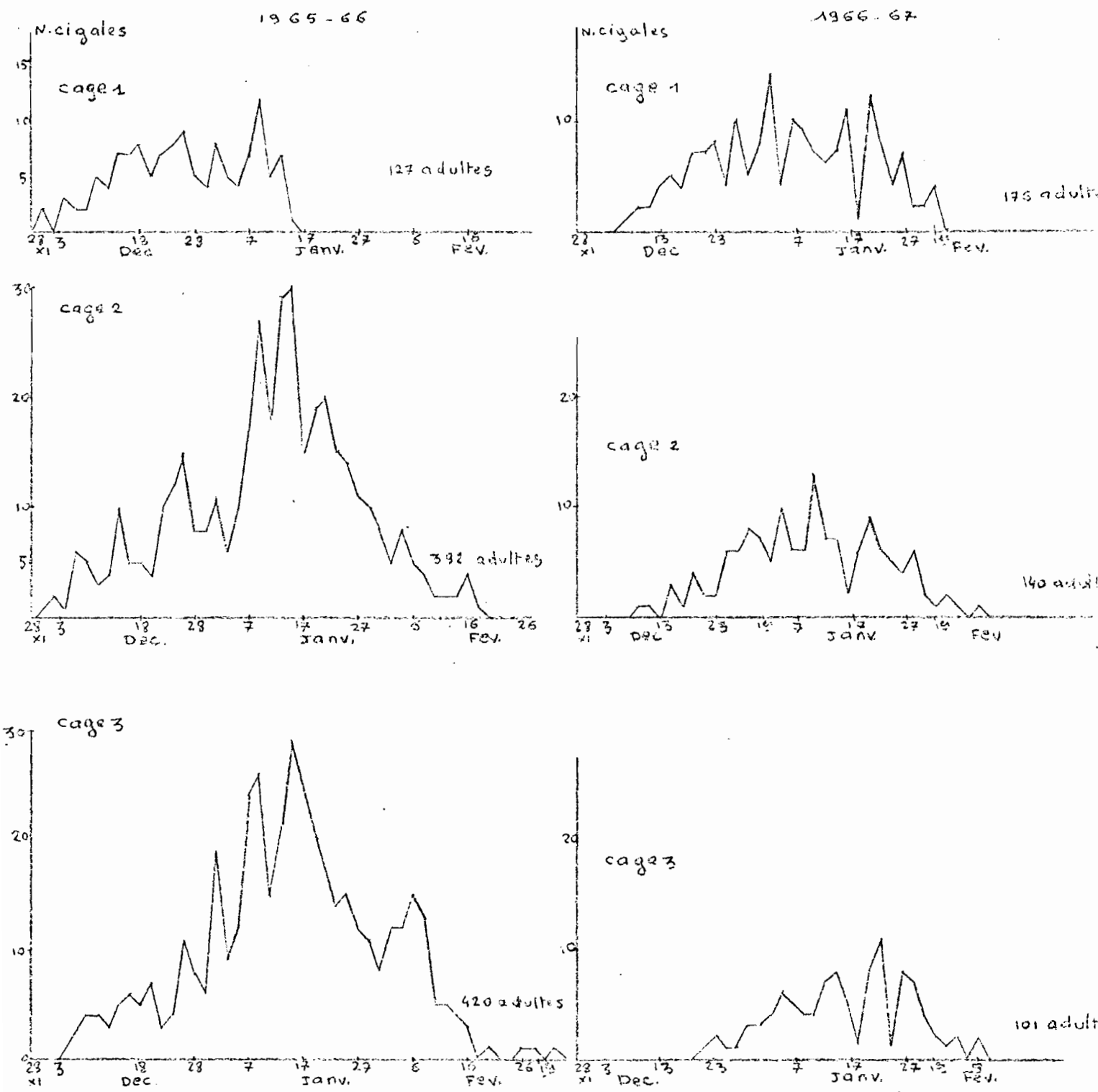


Fig. 24 - Variations journalières des sorties d'adultes à Ambilobé.

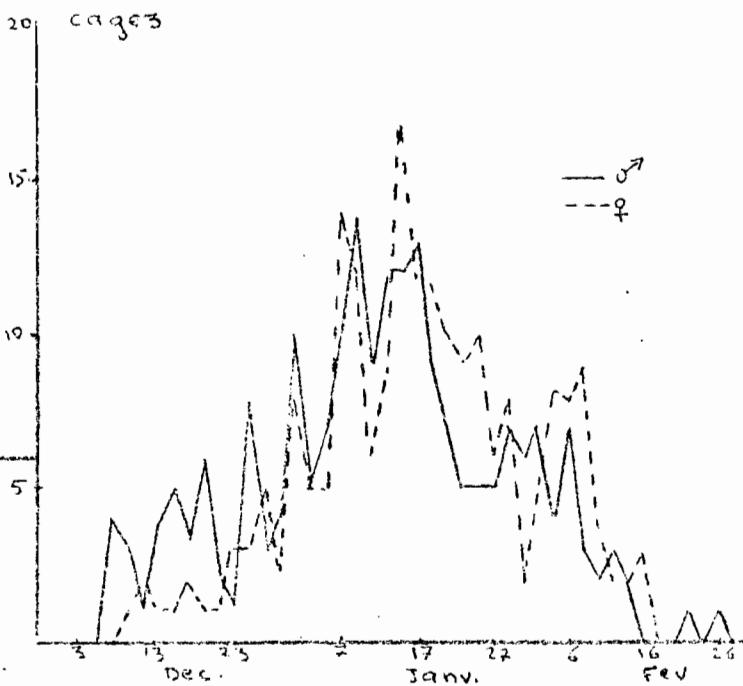
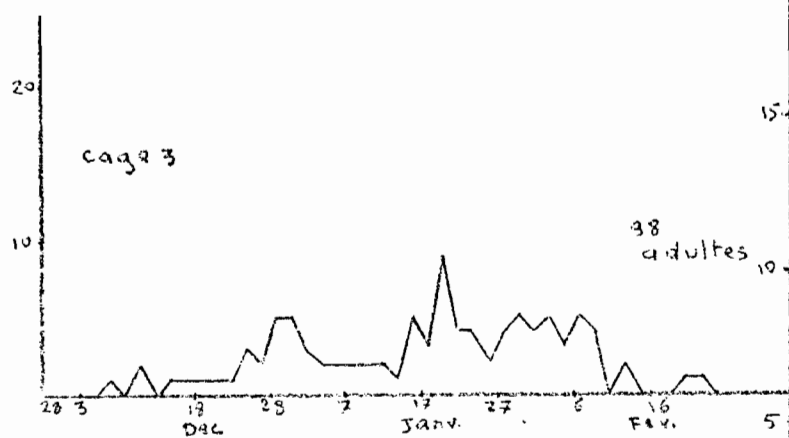
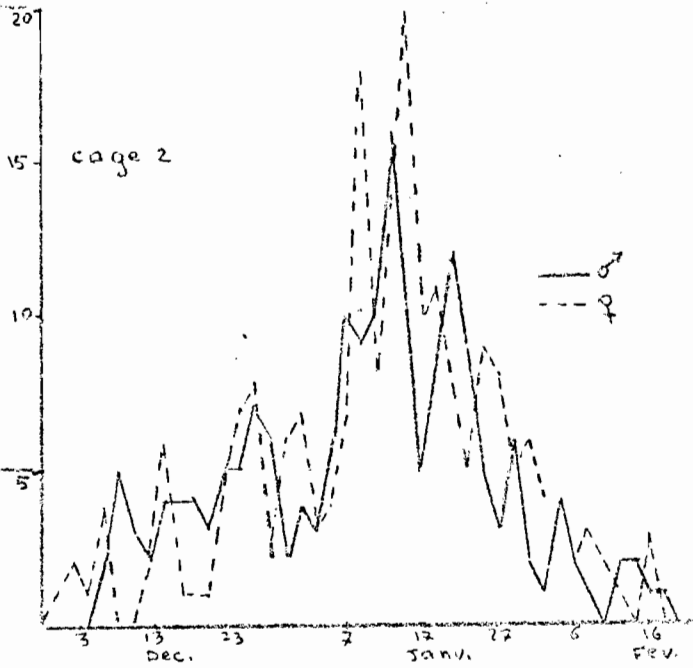
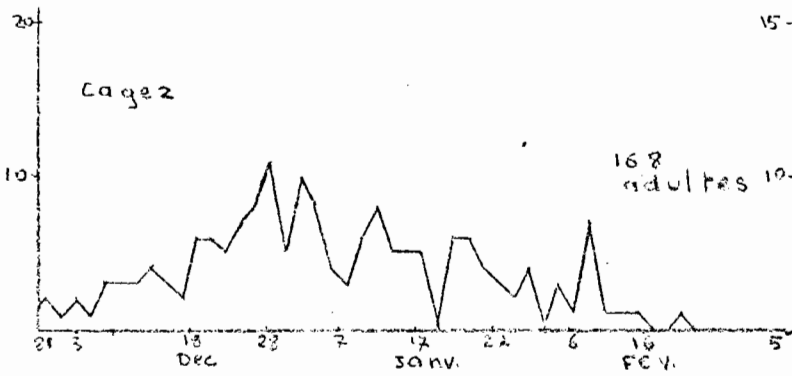
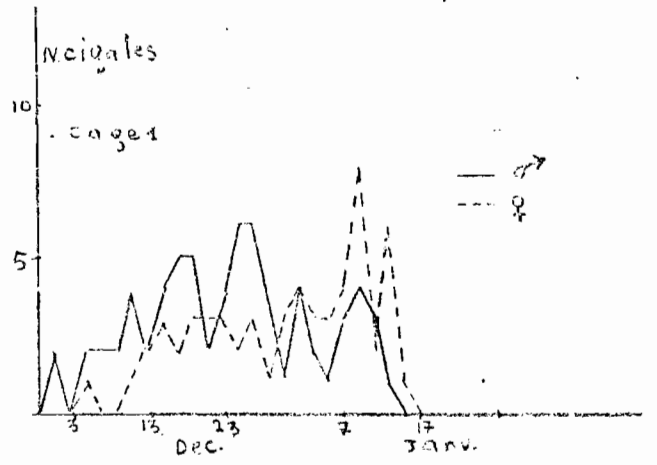
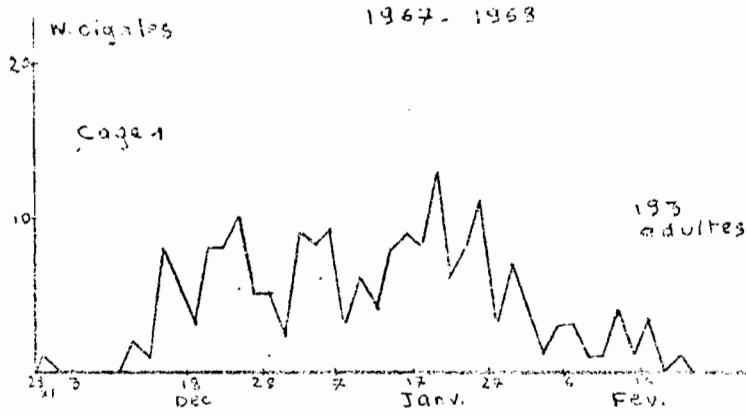


Fig. 25 - Variations journalières des sorties d'adultes à Ambilobé

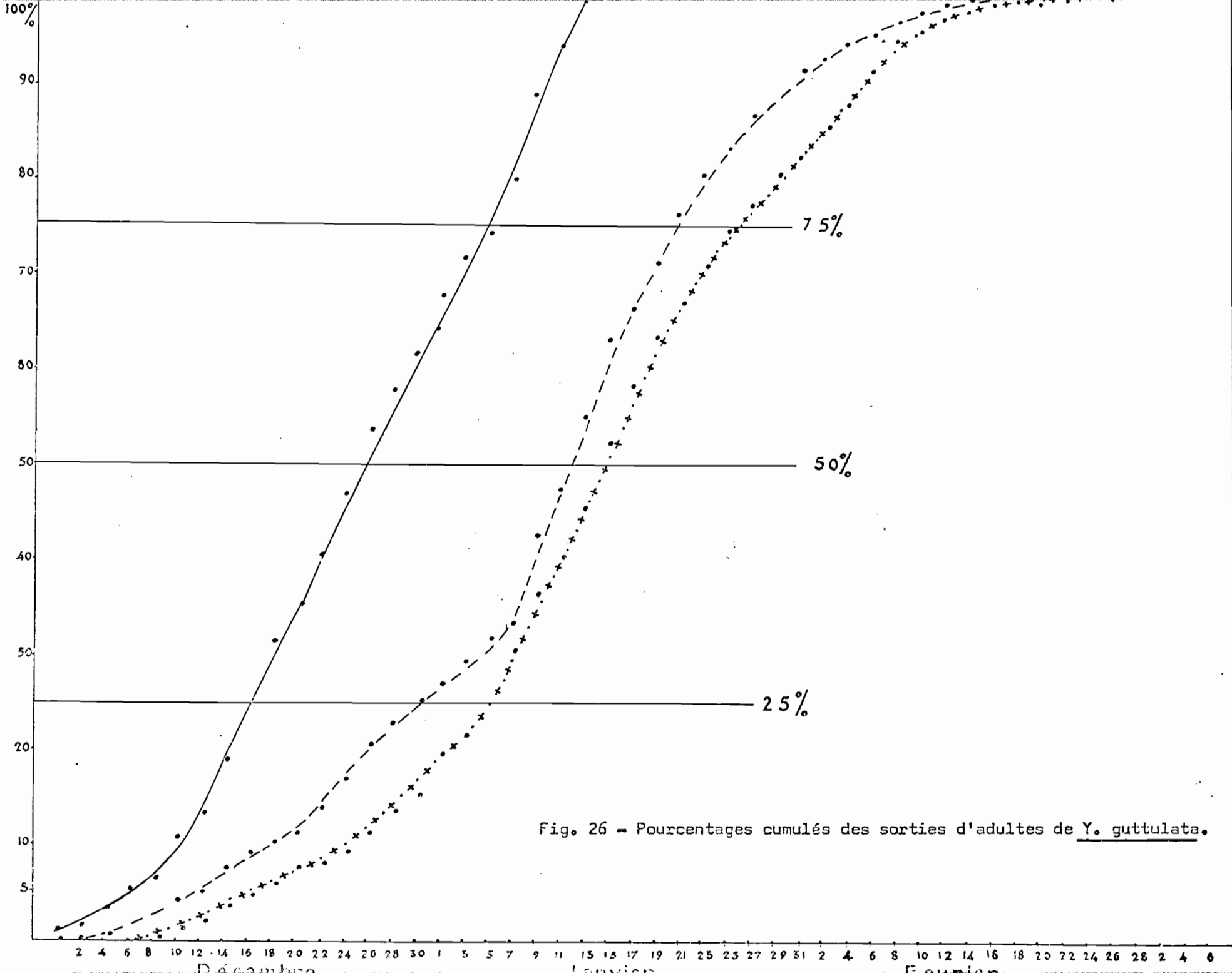


Fig. 26 - Pourcentages cumulés des sorties d'adultes de Y. guttulata.

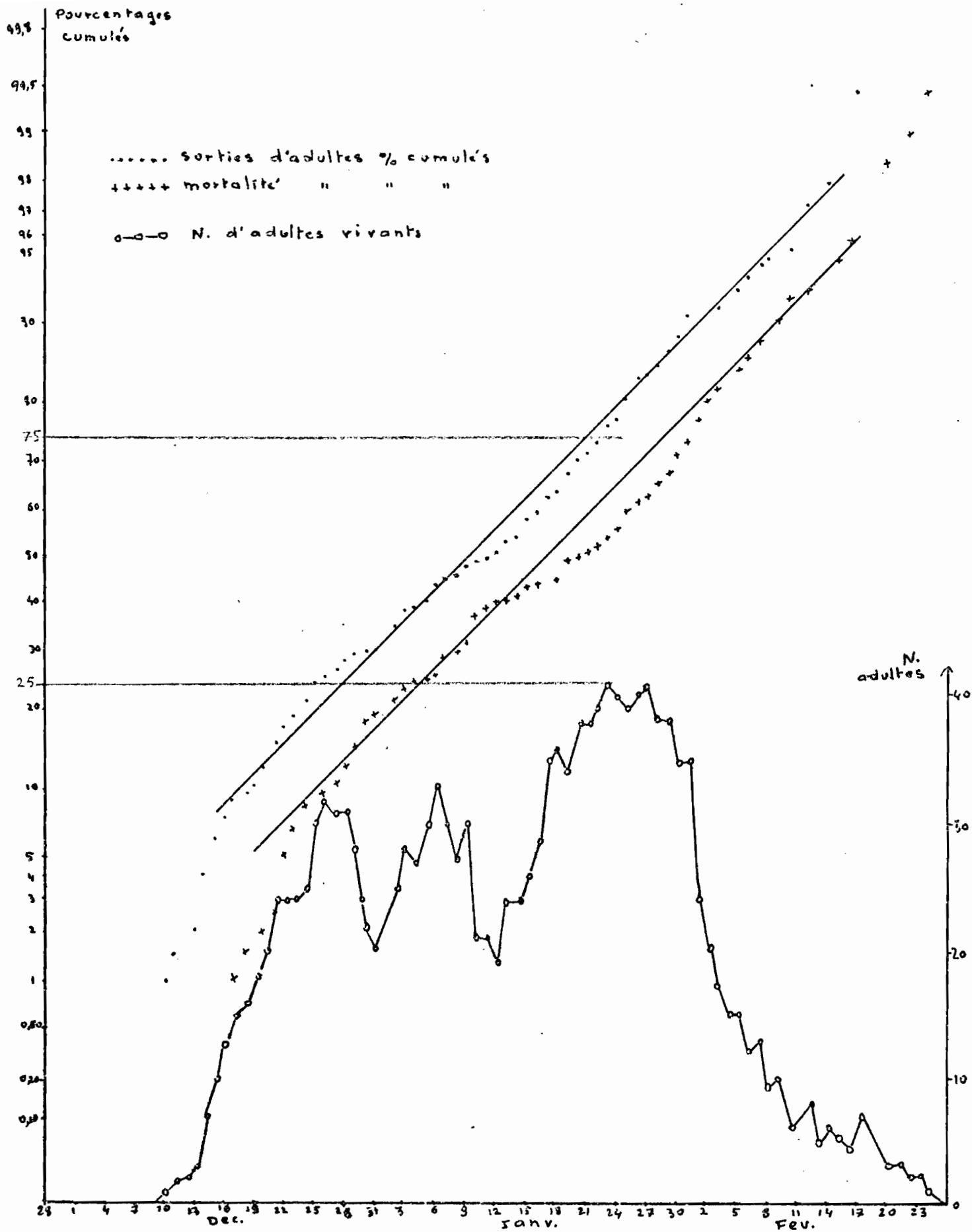


Fig. 27 -- Pourcentages cumules des sorties et des morts. Cage 1

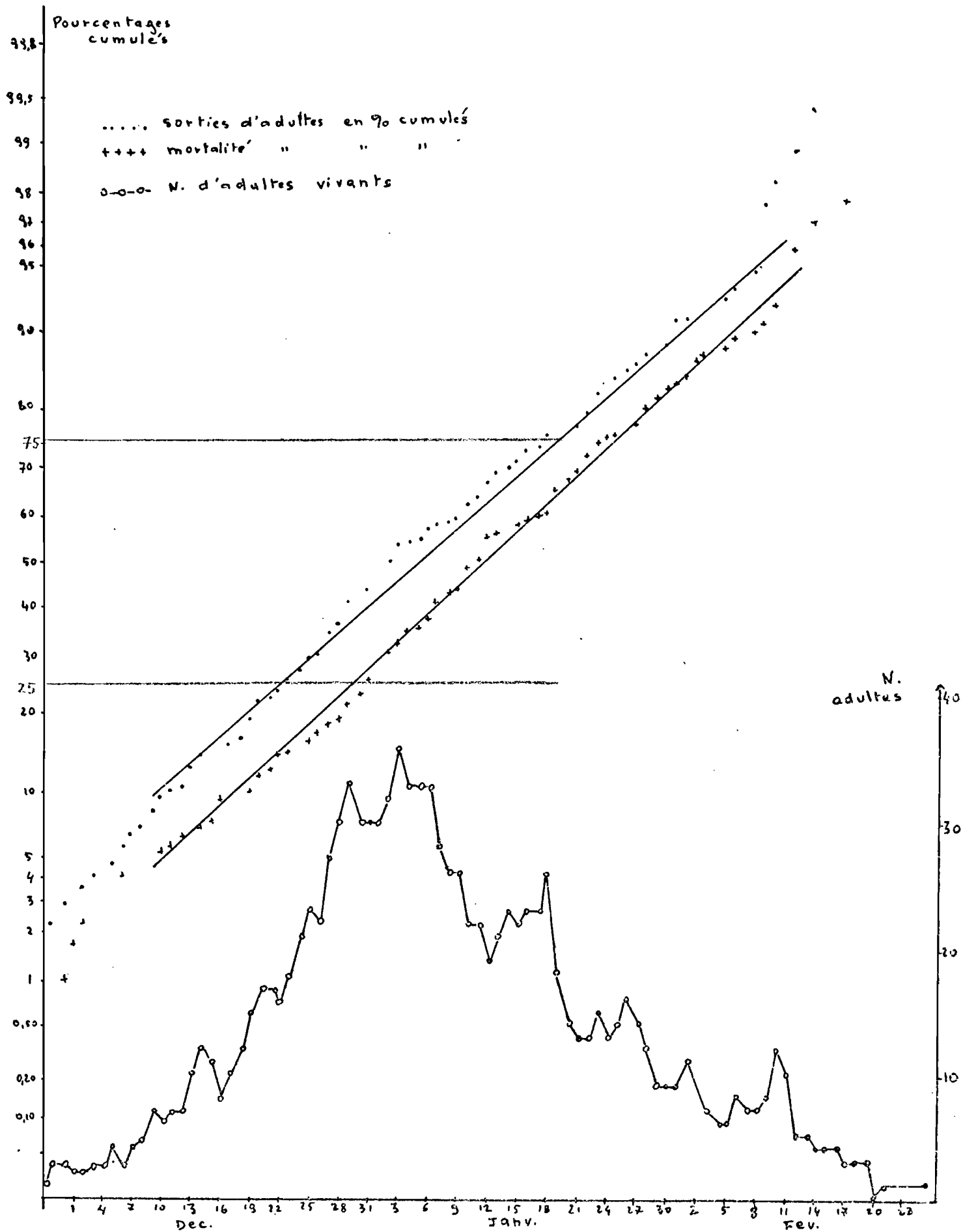


Fig. 28 - Pourcentages cumules des sorties et des morts. Cage 2

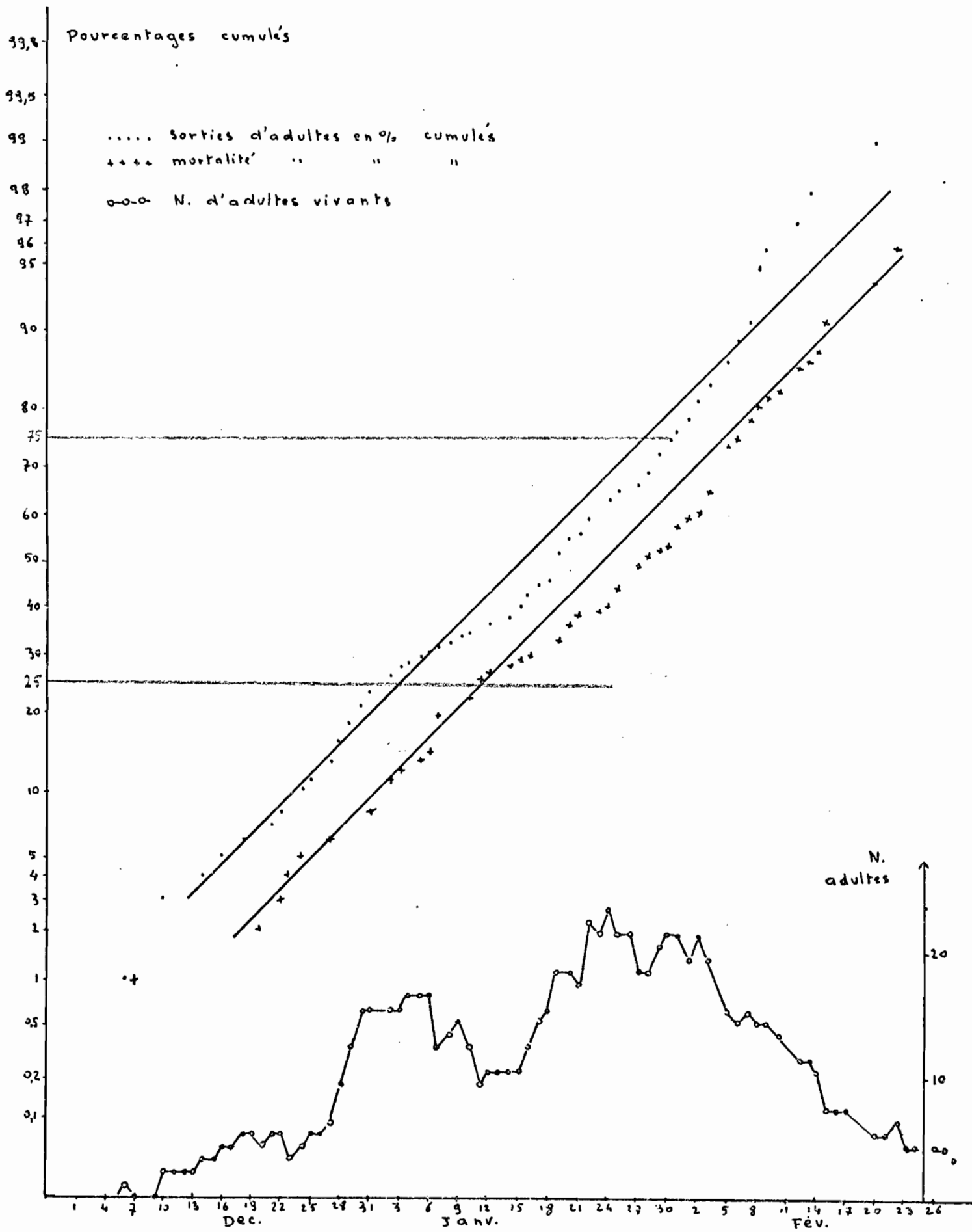


Fig. 29 - Pourcentages cumulés des sorties et des morts, Cage 3

SAISONS DES PLUIES	CAGE I			CAGE II			CAGE III		
	Date moyenne	Ecart.type	N. imago	Date moyenne	Ecart.type	N. imago	Date moyenne	Ecart.type	N. imago
1965-1966	23. XII 1965	11,70	127	10 I 1966	16,34	392	14. I 1966	16,15	420
1966-1967	5 I 1967	13,98	176	8. I. 1967	13,04	140	15. I 1967	11,8	101
1967-1968	10. I 1968	17,34	193	5. I. 1968	19,02	168	16. I 1968	17,5	98

Fig. 30 - Tableau récapitulatif des sorties d'adultes en cages.

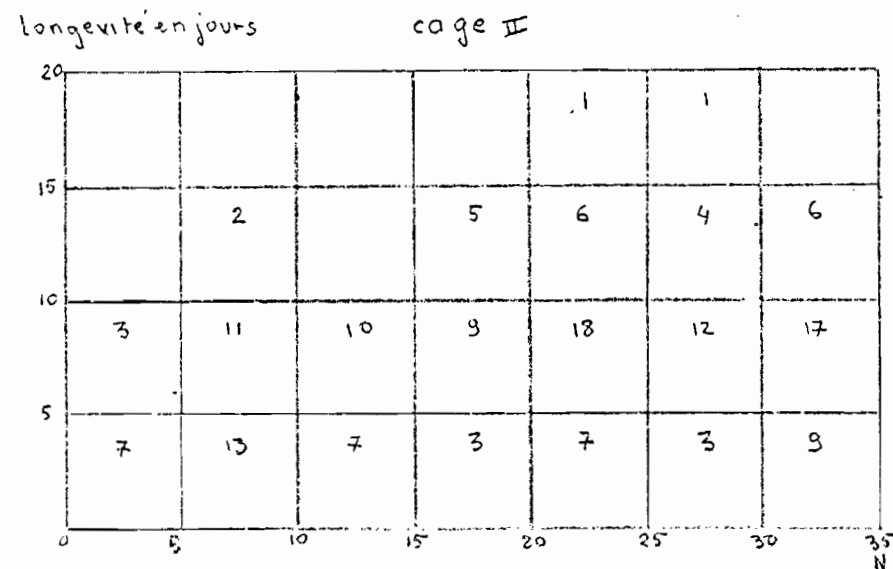
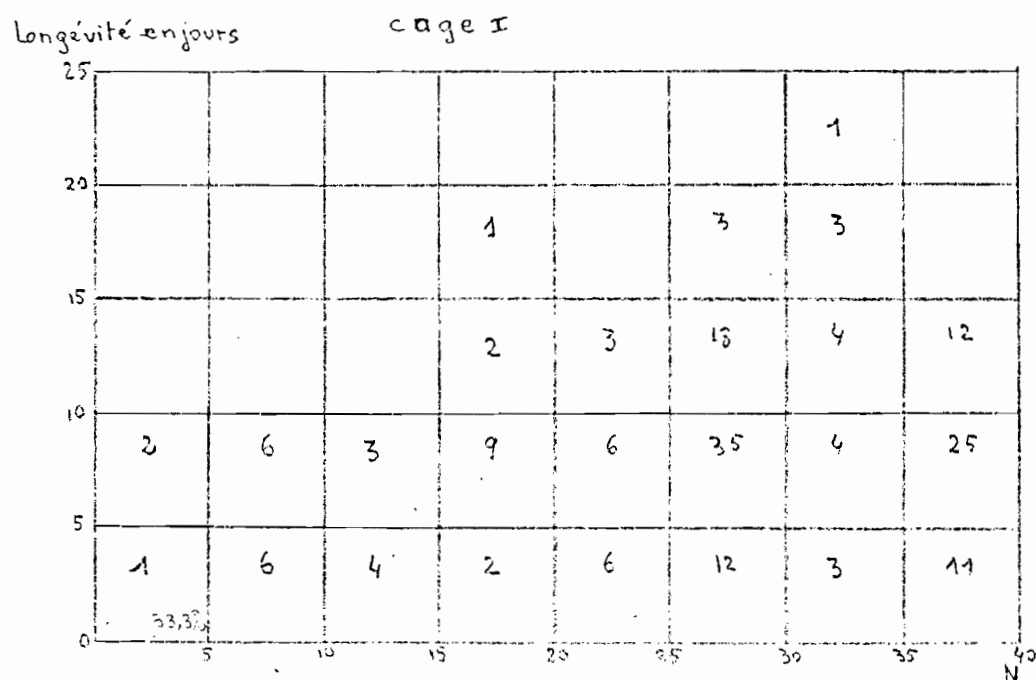


Fig. 31 - Fréquences des longévités observées en fonction du nombre moyen (N) d'adultes vivant en cages

Fig. 32 - Longévité moyenne en fonction de la date de sortie.

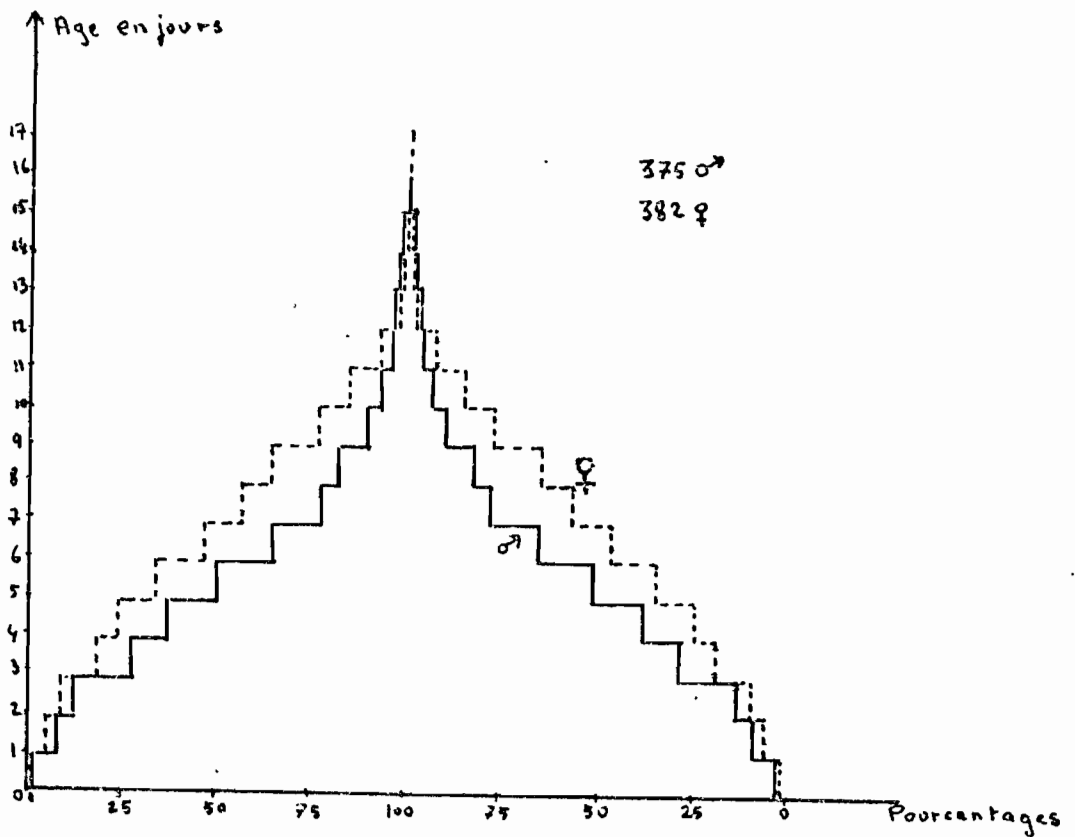
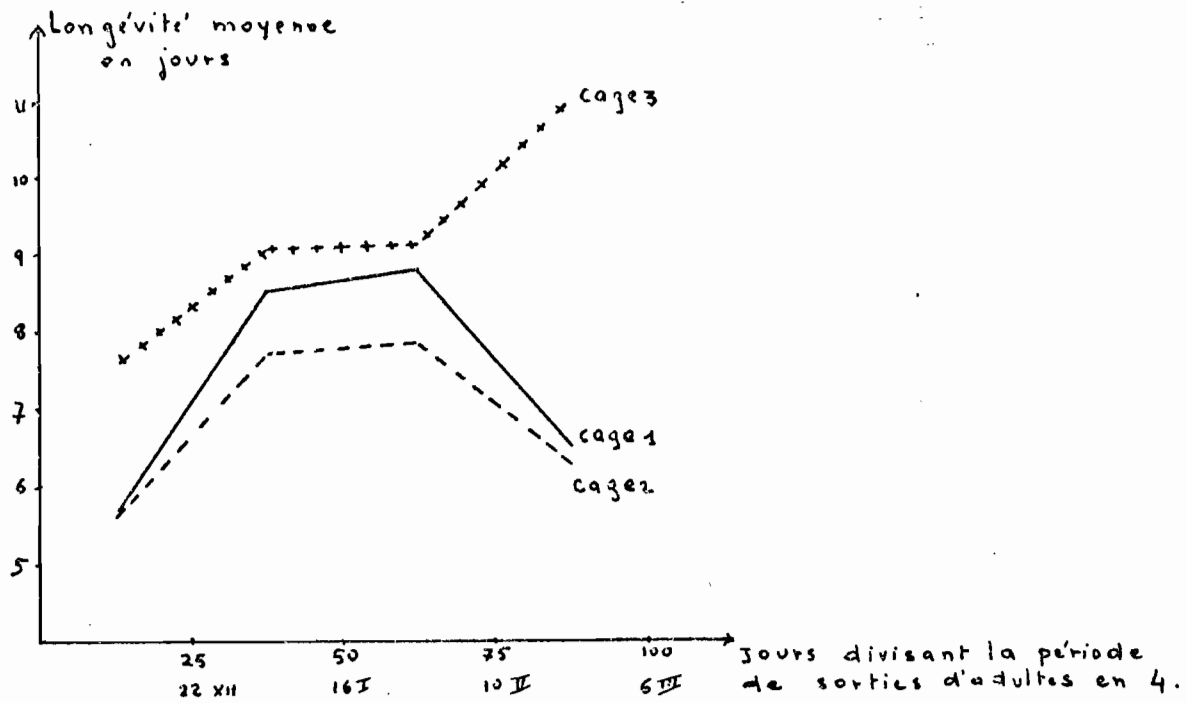


Fig. 33 - Pyramide de longévité des mâles et des femelles

Fig. 34 - Nombre de logettes ovigères journalières en fonction du nombre de ♀. Cage 1

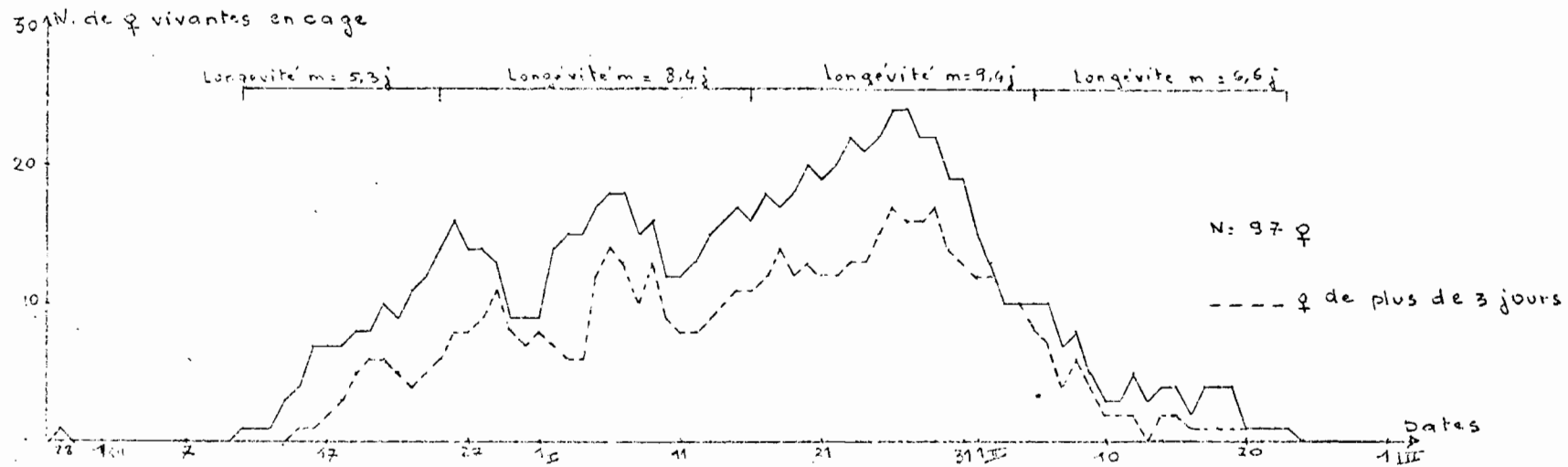
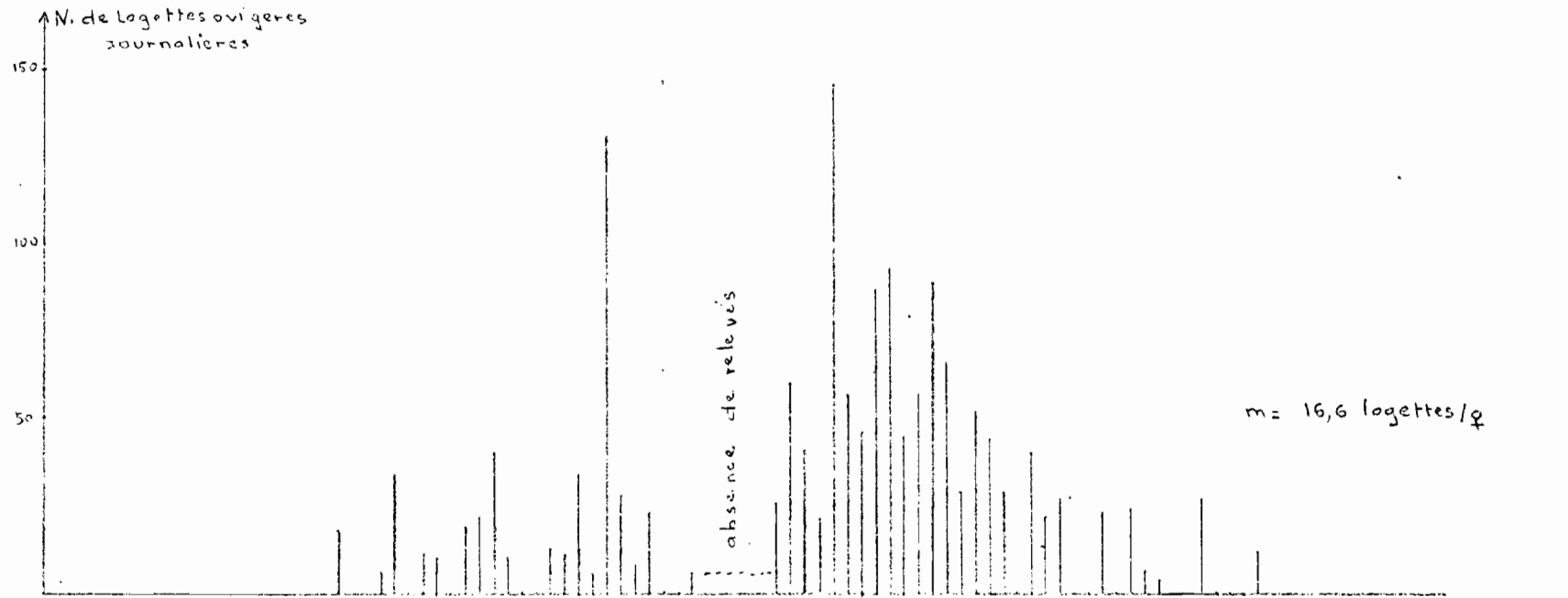


Fig. 35 - Nombre de loquettes ovigères journalières en fonction du nombre de ♀ . Cage 2

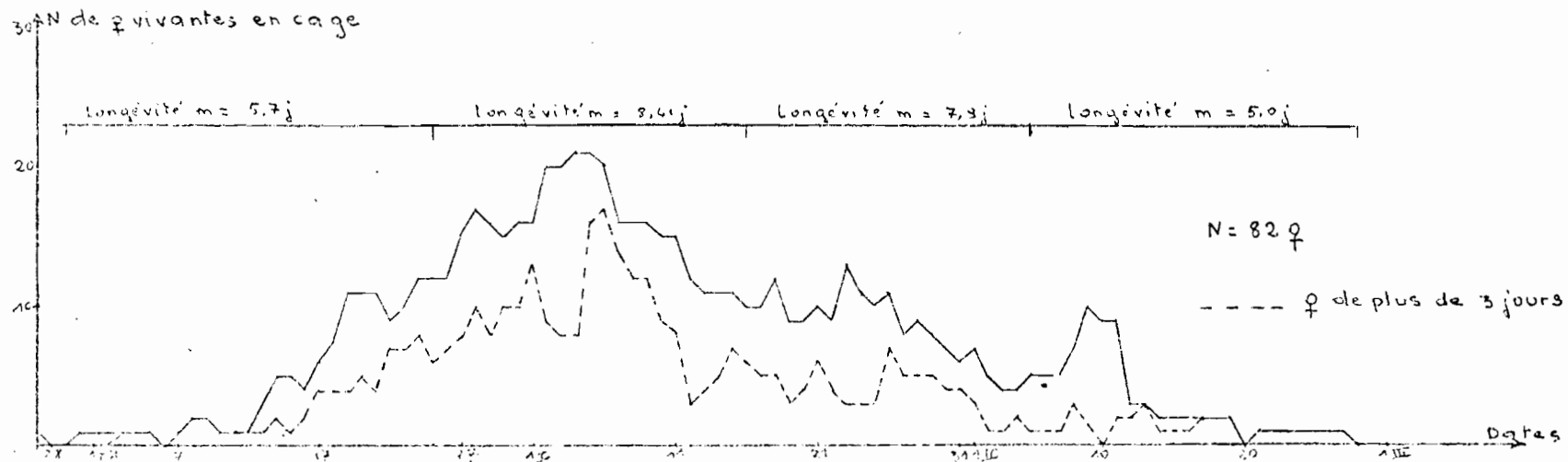
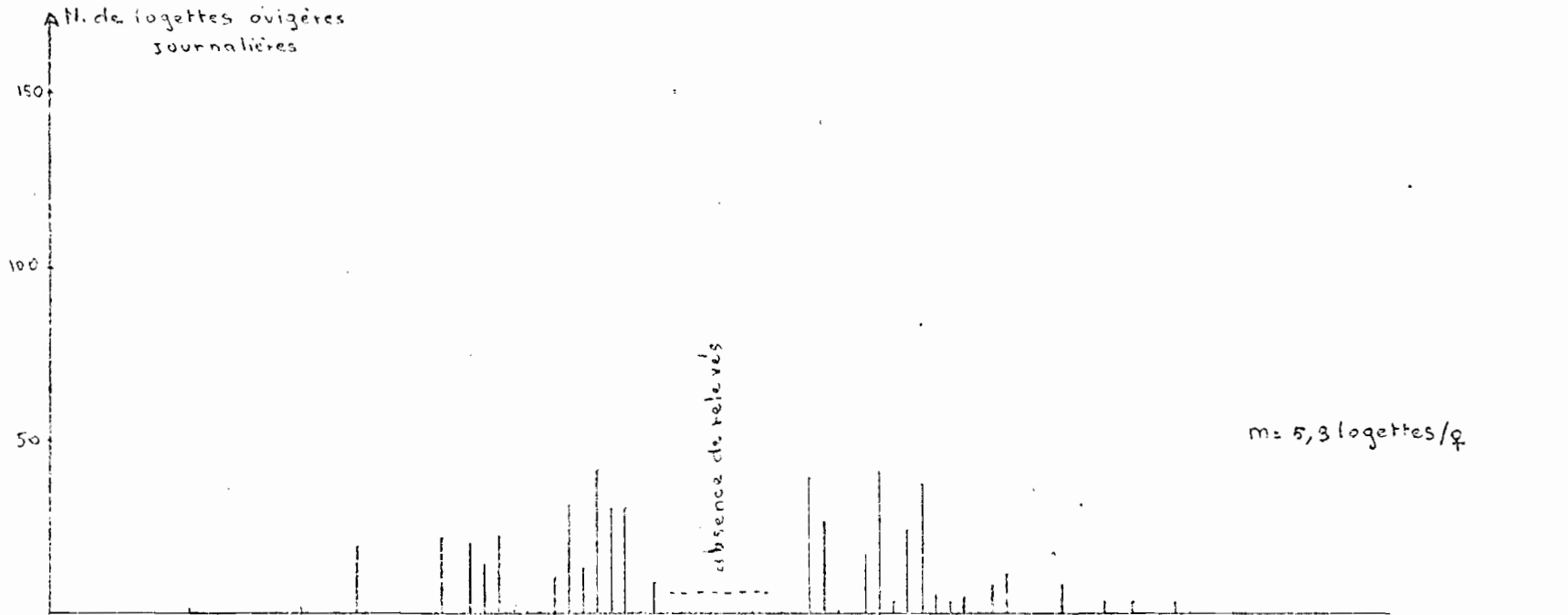


Fig. 36 - Nombre de loquettes ovigères journalières en fonction du nombre de ♀ . Cage 3

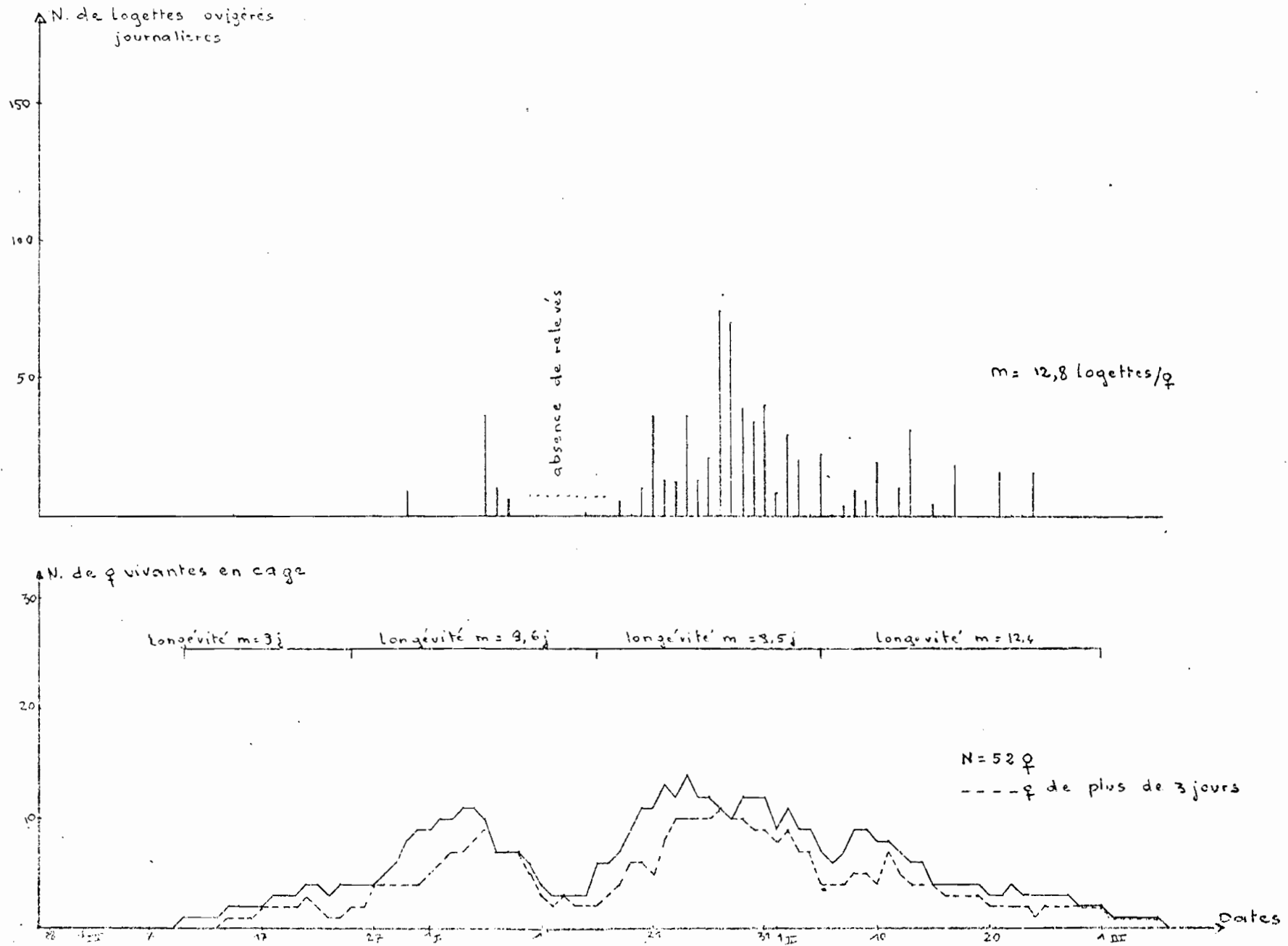
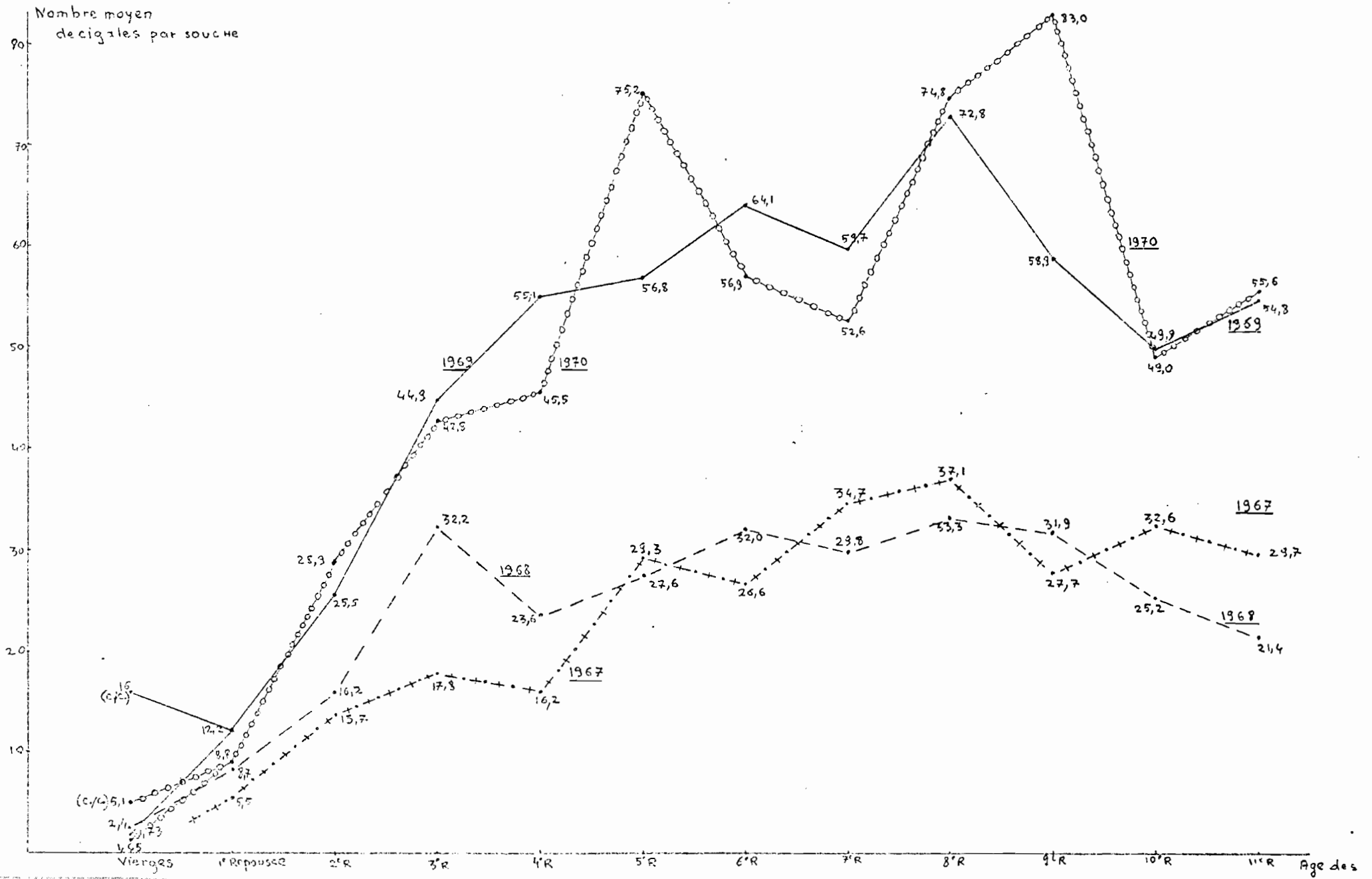


Fig. 37 - Variation du nombre moyen de Cigales en fonction de l'âge des Cannes (D.P.A.C.).
 Namakia 1967-1970



N. moyen de
Larves par souche

Fig. 38 - Variation du nombre moyen de Cigales en fonction de l'âge des Cannes (D.P.A.C.).
Ambilobé 1965-1967

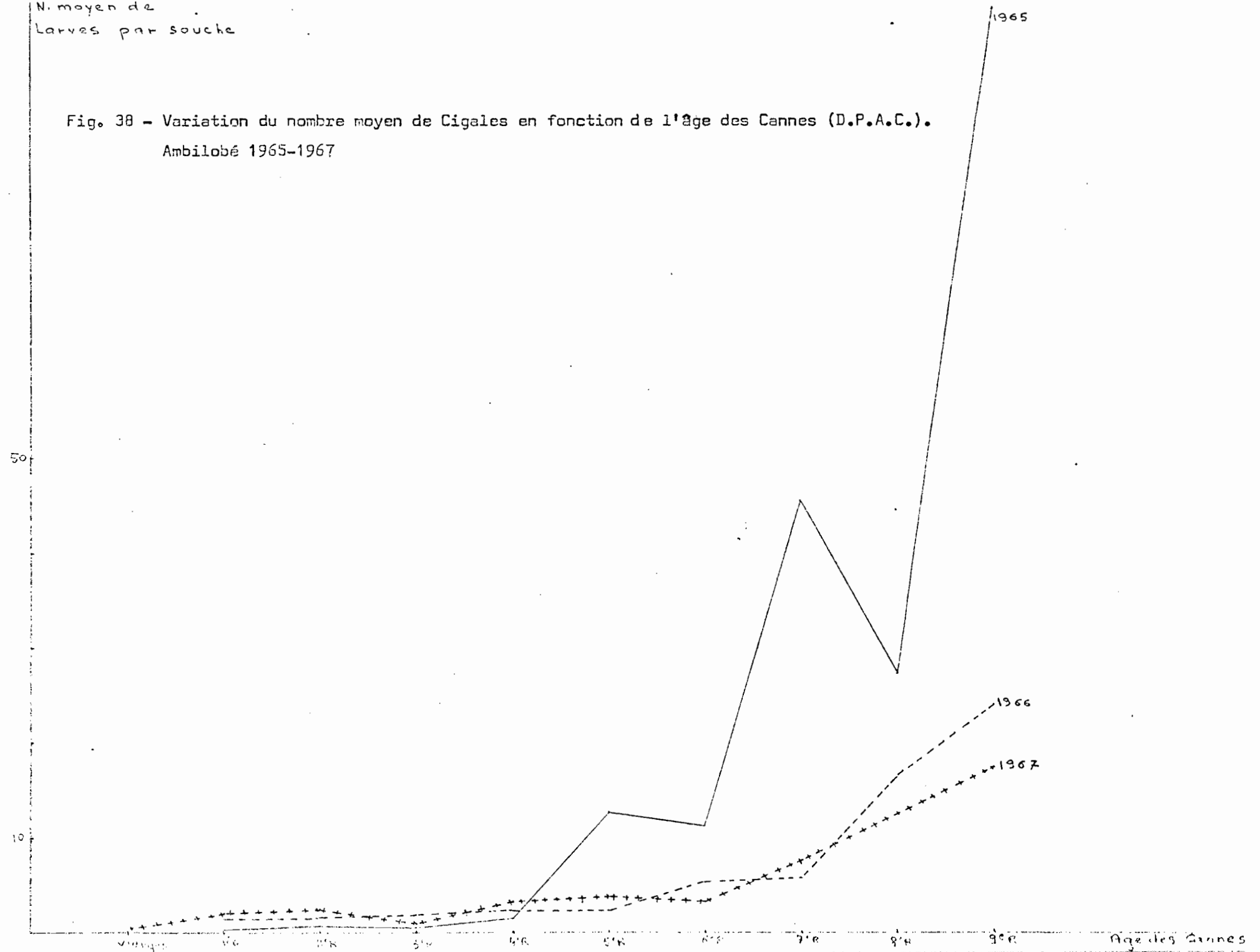


Fig. 39 - Courbes d'accroissement du nombre moyen de Cigales pour les mêmes champs d'une année à l'autre, Namakia

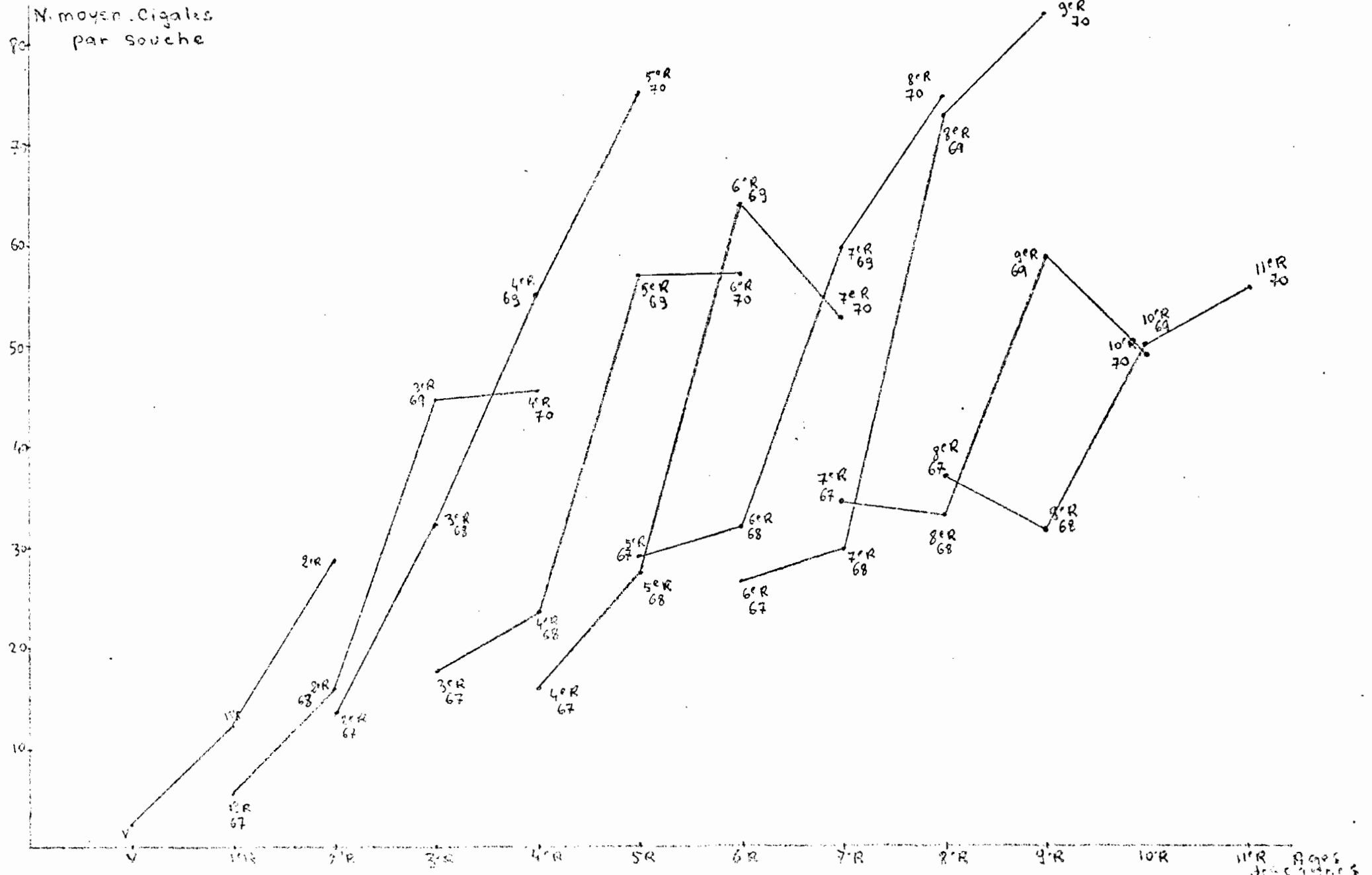


Fig. 40 - Relation entre les moyennes et les variances des populations de Cigales par classes d'âge de champ en 1968

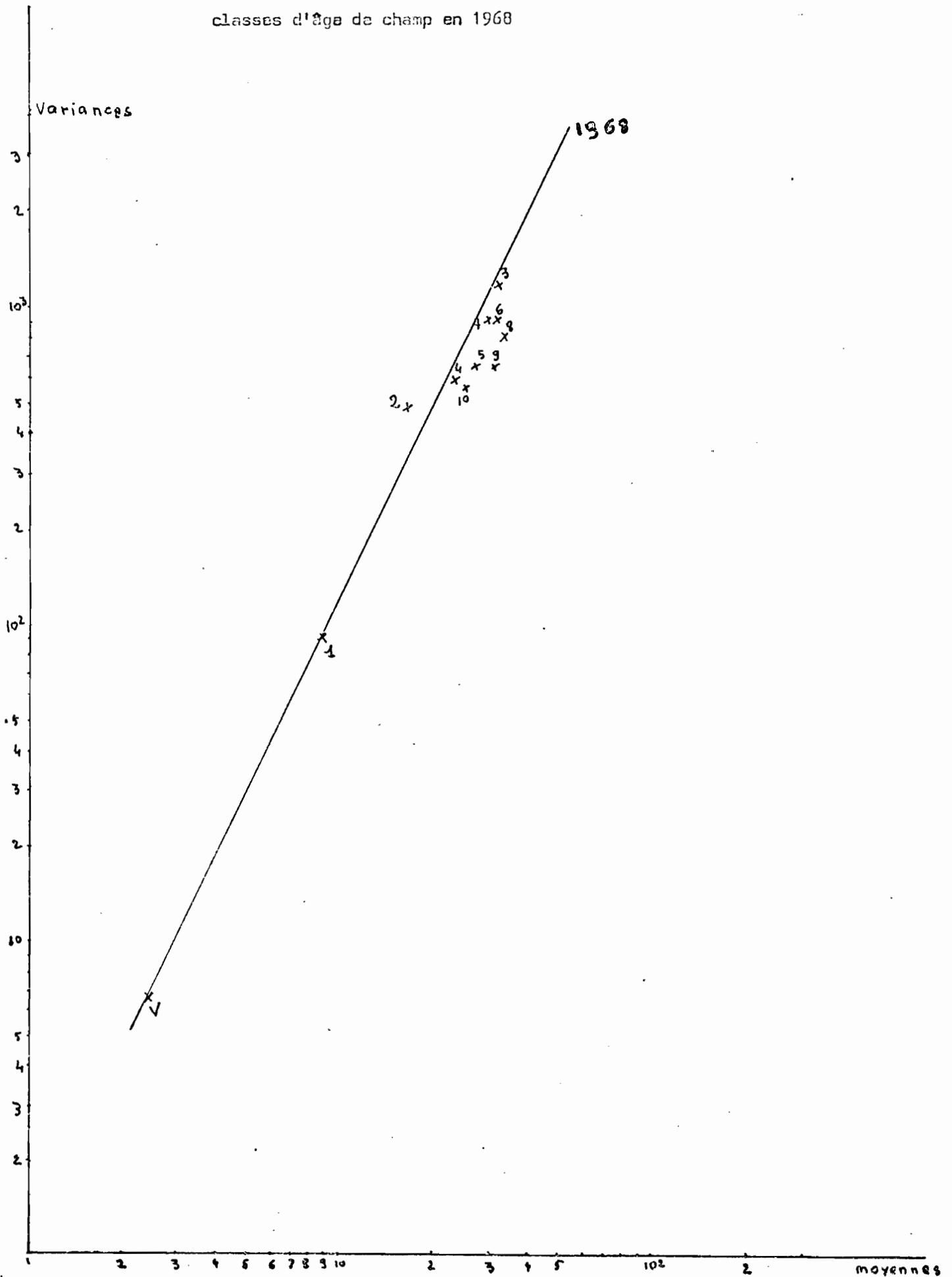
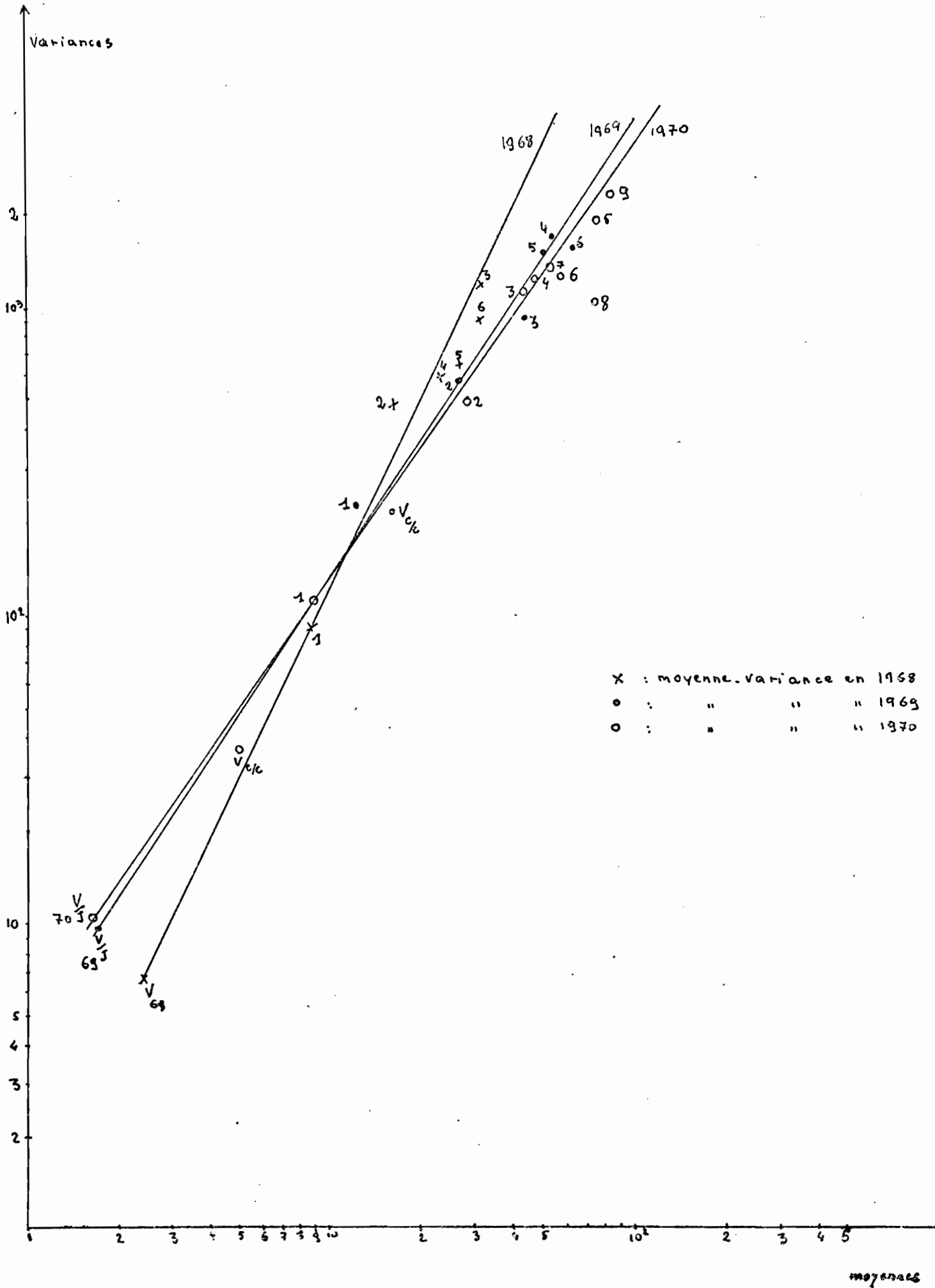


Fig. 41 - Relation entre les moyennes et les variances des populations de Cigales par classes d'âge de champ. Namakia 1968 - 1969 - 1970



Nombre de cigales .2^e année (1969)

Fig. 42 - Accroissement de la population larvaire en fonction du nombre moyen initial de larves. Namakia 1968-1969

