



HAL
open science

**Etude bioécologique de *Godasa sidae* (Fabricius)
(Lépidoptère, Noctuidae), chenille défoliatrice de
Mansonia altissima A. Chevalier au Cameroun
. Foahom**

► **To cite this version:**

. Foahom. Etude bioécologique de *Godasa sidae* (Fabricius) (Lépidoptère, Noctuidae), chenille défoliatrice de *Mansonia altissima* A. Chevalier au Cameroun. Sciences agricoles. Institut National Polytechnique de Lorraine, 1990. Français. NNT : 1990INPL110N . tel-01776167

HAL Id: tel-01776167

<https://hal.univ-lorraine.fr/tel-01776167>

Submitted on 24 Apr 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

136036 9336

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

**ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRONOMIE ET
DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES**

Laboratoire de Protection des cultures

(M) 1990 FOAHOM, P.

THESE

**Présentée à l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE
pour obtenir le titre de DOCTEUR DE L'INPL, Spécialité
SCIENCES AGRONOMIQUES**

**ETUDE BIOECOLOGIQUE DE *Godasa sidae* (Fabricius)
(LEPIDOPTERE, NOCTUIDAE), CHENILLE DEFOLIATRICE DE
Mansonia altissima A. Chevalier AU CAMEROUN**

Par FOAHOM

Service Commun de la Documentation
INPL
Nancy-Brabois

**Soutenue publiquement le 18 Décembre 1990 devant
la commission d'examen :**

**Jury : MM. BRUNCK François , Chef de la division Entomologie , C.T.F.T., Nogent/ Marne
Du MERLE Paul , Directeur de recherche , I.N.R.A., Avignon
JACQUIN Fernand , Professeur , I.N.P.L., Nancy
LECLANT François , Professeur , E.N.S.A., Montpellier
SCHIAVON Michel , Maître de conférences , I.N.P.L., Nancy**



A: Larves âgées de Godasa sidae sur une feuille de classe 3 de Mansonia altissima.

B: Etat d'un peuplement de M. altissima après une pullulation de G. sidae.

A ma famille et en particulier

à la mémoire de mon Père Kamhoua Max

AVANT PROPOS

Il m'est particulièrement agréable d'exprimer ici ma gratitude à toutes celles et à tous ceux qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

M. SCHIAVON Michel, Maître de Conférences à l'ENSAIA de Nancy a bien voulu m'accepter dans son équipe de protection des cultures d'abord en DEA puis en thèse et m'a constamment soutenu dans mon entreprise. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

M. le Professeur LECLANT François, Directeur du Laboratoire de zoologie de l'ENSA à Montpellier m'a toujours témoigné sa confiance et n'a ménagé aucun effort pour m'apporter l'encadrement nécessaire, en particulier lors de la rédaction de cette thèse. Je lui en suis particulièrement reconnaissant.

Je suis très sensible à l'intérêt que M. Du MERLE Paul, Directeur de la Station de Zoologie Forestière - INRA d'Avignon a manifesté pour mon travail en m'apportant de précieux conseils et en acceptant d'en être l'un des rapporteurs. Je lui adresse mes sincères remerciements.

Je remercie tout particulièrement M. le Professeur JACQUIN de l'ENSAIA à Nancy, qui a aimablement accepté d'être membre de mon jury.

Je remercie sincèrement M. BRUNCK François, Chef de la Division Entomologie au C.T.F.T., qui m'a initié à l'Entomologie forestière et m'a toujours apporté l'appui nécessaire.

J'associe à ma profonde reconnaissance, M. VAILLANT Jean, Biométricien à l'INRA de Versailles, auquel je dois la réalisation des traitements statistiques de ma thèse, à MM. DELVARE Gérard et MALDES J. Michel du Laboratoire de faunistique du C.I.R.A.D. à Montpellier, à qui je dois de nombreuses identifications d'insectes, à M. ABERLENG H. Pierre qui a bien voulu réaliser le dessin des genitalia mâles de *Godasa sidae*, à M. MINET Joël du Laboratoire d'entomologie du Muséum d'Histoire Naturelle à Paris pour ses conseils en matière de taxonomie, à Mlle LAFORGE Elène du CTFT à Nogent/Seine pour sa contribution à la mise en route de ma formation en France.

Je ne peux pas oublier l'accueil chaleureux dont j'ai été l'objet pendant mon séjour au Laboratoire de Zoologie de l'INRA à Montpellier de la part du personnel, chercheurs, techniciens et stagiaires à qui j'adresse mes sincères remerciements.

A mon Pays pour les facilités que j'ai eues au sein de l'I.R.A. du Cameroun, au Gouvernement Français pour la bourse d'étude qu'il m'a accordée et à la F.I.S. pour le financement que j'ai reçu pour mes recherches, j'adresse mes remerciements.

Je suis très sensible au soutien moral constant de mon épouse CLOTILDE, aux lettres d'encouragement de mes enfants et aux soucis de tous ceux de ma famille et amis qui, d'une manière ou d'une autre n'ont pas manqué l'occasion de m'assister moralement pendant la mise en forme définitive de ce mémoire. Ils ont toute mon affection.

Je remercie enfin Mme JEAN Thérèse, Dactylo de cette thèse pour la patience dont elle a su faire preuve au cours des différentes retouches.

SIGLES ET ABBREVIATIONS UTILISES

CENADEFOR :	Centre National de Développement des Forêts.
CIRAD :	Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement.
CRF :	Centre de Recherches Forestières.
CTFT :	Centre Technique Forestier Tropical.
FIS :	Fondation Internationale pour la Science.
INRA :	Institut National de la Recherche Agronomique.
IRA :	Institut de la Recherche Agronomique.
MINAGRI :	Ministère de l'Agriculture.
ONADEF :	Office National de Développement des Forêts.

SOMMAIRE

RESUME.....	1
SUMMARY.....	2
INTRODUCTION GENERALE.....	3
PREMIERE PARTIE .	
MANSONIA ALTISSIMA A CHEV. ET SES RAVAGEURS.....	7
CHAPITRE 1 :	
PLACE DE MANSONIA ALTISSIMA DANS L'ECOSYSTEME FORESTIER TROPICAL AU CAMEROUN.....	8
1.1. TAXONOMIE, MORPHOLOGIE ET PHYTOGEOGRAPHIE.....	8
1.1.1. Aperçu sur le genre <i>Mansonia</i>	8
1.1.2. Caractères morphologiques de <i>M. altissima</i>	9
1.1.3. Aire de répartition en Afrique et au Cameroun..	9
1.2. DONNEES SUR L'ETHNOBOTANIQUE.....	13
1.3. PLACE DE M. ALTISSIMA DANS L'EXPLOITATION FORESTIERE AU CAMEROUN.....	14
CHAPITRE 2 :	
SYLVICULTURE DE M. ALTISSIMA ET CONTRAINTES D'ORDRE ENTOMO- LOGIQUE.....	16
2.1. ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES SUR LA SYLVICULTURE DE M. ALTISSIMA	16
2.1.1. En pépinière.....	16
2.1.2. En plantation.....	17
2.1.3. Observations sur la vigueur de quelques arbres de forêt naturelle.....	18
2.1.4. Conclusion.....	20
2.2. ETUDE EXPERIMENTALE SUR LA PHYSIOLOGIE ET LA PHENOLO- GIE DE M. ALTISSIMA	20
2.2.1. But de l'étude.....	20
2.2.2. Matériel et méthode.....	21
2.2.2.1. Evolution de la croissance foliaire...	21
2.2.2.2. Evolution chronologique du feuillage au cours de l'année.....	22
2.2.3. Résultats et discussion.....	25

2.2.3.1. Rythme d'émergence et de croissance foliaire.....	25
2.2.3.2. Evolution de l'état phénologique et persistance des feuilles.....	28
2.3. INVENTAIRE DES PROBLEMES ENTOMOLOGIQUES.....	31
2.3.1. Matériel et méthode.....	31
2.3.2. Résultats.....	32
2.3.2.1. Insectes défoliateurs.....	32
2.3.2.2. Insectes du tronc.....	33
2.3.2.3. Autres ravageurs.....	38
2.3.3. Conclusion.....	39
2.4. CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE.....	40

DEUXIEME PARTIE :

ETUDE DU RAVAGEUR LE PLUS IMPORTANT DE M. ALTISSIMA : G. SIDAE.....	42
--	----

CHAPITRE 1 :

CARACTERES GENERAUX.....	43
1.1. POSITION TAXONOMIQUE DE G. SIDAE.....	43
1.2. MORPHOLOGIE DES DIFFERENTS STADES.....	46
1.2.1. Oeuf.....	46
1.2.2. Larve.....	47
1.2.3. Nymphe.....	49
1.2.4. Adulte.....	51
1.2.4.1. Nervation alaire.....	51
1.2.4.2. Genitalia mâles.....	54

CHAPITRE 2 :

ETUDE BIOLOGIQUE DE G. SIDAE.....	56
2.1. BUT DE L'ETUDE.....	56
2.2. MATERIEL ET METHODES.....	56
2.2.1. Les salles d'élevage.....	56
2.2.2. Nutrition des larves.....	57
2.2.3. Origine des insectes.....	58
2.2.4. Matériel d'élevage.....	58
2.2.4.1. Au laboratoire.....	58
2.2.4.2. Sur le terrain.....	59
2.3. LA VIE IMAGINALE.....	59

2.3.1. Emergence.....	59
2.3.2. Reproduction.....	60
2.3.2.1. Appareil génital femelle.....	60
2.3.2.2. Accouplement et maturité.....	63
2.3.2.3. Oviposition.....	65
2.3.2.4. Etude du potentiel biotique.....	73
2.3.2.5. Incubation et évolution macroscopique de l'oeuf.....	83
2.4. LA VIE LARVAIRE ET NYMPHALE.....	86
2.4.1. Les stades larvaires et leur développement.....	86
2.4.1.1. Matériel et méthode.....	86
2.4.1.2. Résultats et discussion.....	92
2.4.1.3. Conclusion.....	108
2.4.2. Les végétaux-hôtes.....	109
2.4.3. Comportement des larves.....	112
2.4.3.1. But de l'observation et mode opératoire	112
2.4.3.2. Résultats et commentaires.....	114
2.4.4. La vie nymphale et chrysalidation.....	119
2.5. DUREE DU CYCLE ET NOMBRE DE GENERATIONS ANNUELLES.....	121
2.6. CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	122

TROISIEME PARTIE :

ETUDE ECOLOGIQUE DE G. SIDAE.....	124
-----------------------------------	-----

INTRODUCTION.....	125
--------------------------	------------

CHAPITRE I :

POSSIBILITES DE SUIVI DES POPULATIONS DE G. SIDAE.....	126
--	-----

1.1. OBSERVATIONS PREALABLES.....	126
-----------------------------------	-----

1.2. REPARTITION DES CHRYSALIDES AUTOUR DE L'ARBRE.....	128
---	-----

1.3. ATTRACTIVITE LUMINEUSE ET SEXUELLE CHEZ G. SIDAE.....	130
--	-----

1.3.1. Matériel et méthode.....	130
---------------------------------	-----

1.3.1.1. Piégeage lumineux.....	130
---------------------------------	-----

1.3.1.2. Piégeage sexuel.....	131
-------------------------------	-----

1.3.1.3. Remarques.....	133
-------------------------	-----

1.3.2. Résultats et discussion.....	133
-------------------------------------	-----

CHAPITRE 2 :

ETUDE DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET DES FLUCTUATIONS DES POPULATIONS DE G. SIDAE.....	135
--	-----

2.1. CHOIX DES SITES ET PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE.....	135
2.1.1. Choix des sites.....	135
2.1.2. Présentation du milieu d'étude.....	135
2.1.2.1. Sites d'étude de l'aire de répartition	135
2.1.2.2. Sites d'observations écologiques.....	136
2.2. CONTRAINTES BIOECOLOGIQUES ET MATERIELLES - CHOIX D'UNE TECHNIQUE D'ETUDE.....	138
2.2.1. Considérations préliminaires.....	138
2.2.2. Mode de distribution des populations de pontes de <i>G. sidae</i>	141
2.2.2.1. Méthode d'étude.....	141
2.2.2.2. Discussion.....	142
2.2.3. Application à l'échantillonnage.....	149
2.2.3.1. Observations préalables sur la répartition des pontes à l'échelle de l'arbre.....	149
2.2.3.2. Choix des arbres échantillons.....	153
2.2.3.3. Estimation de la densité de ponte et de l'importance de la défoliation.....	153
2.3. RESULTATS ET DISCUSSION.....	155
2.3.1. Aire de répartition de <i>G. Sidae</i> par rapport à celle de <i>M. altissima</i>	155
2.3.2. Fluctuation des populations au cours de l'année	156
2.4. FACTEURS DE REGULATION DES POPULATIONS. LES ENNEMIS NATURELS DE <i>G. SIDAE</i>	164
2.4.1. Matériel et méthode.....	166
2.4.1.1. Prédation.....	166
2.4.1.2. Parasitisme.....	166
2.4.2. Résultats et discussion.....	167
2.5. DISCUSSION ET CONCLUSION	171
CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES.....	175
REPertoire DES TABLEAUX.....	179
REPertoire DES FIGURES.....	181
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	185

RESUME

Godasa sidae (Fabricius) est un ravageur de *Mansonia altissima* A. Chevalier, espèce endémique et de régénération forestière au Cameroun. Il a fait l'objet d'une étude bioécologique originale, au laboratoire et sur le terrain.

Les caractéristiques botanique, ethnobotanique et phytogéographique du végétal hôte ont été précisées, de même que ses caractéristiques phénologiques.

G. sidae est une espèce monophage, possédant un potentiel de reproduction élevé. La brièveté de son cycle de développement lui permet de développer jusqu'à 10 générations qui se chevauchent de façon continue toute l'année. Comme chez la plupart des grands défoliateurs monophages, son aire de répartition se superpose à celle du végétal hôte.

Les différents stades de l'insecte sont décrits, et quelques facteurs du potentiel biotique (fécondité, potentiel de reproduction, longévité) sont précisés. Une étude des fluctuations des populations dans les conditions naturelles est présentée et les principaux facteurs biotiques et abiotiques sont appréhendés en relation avec la phénologie de l'arbre dans 2 stations phytogéographiques différentes. La distribution du ravageur est de type agrégatif et peut s'ajuster selon la période de l'année à la loi binomiale négative.

Les possibilités de lutte sont discutées et une stratégie basée sur l'utilisation d'agents biotiques est proposée.

MOTS CLES

Godasa sidae (Fabricius)
Stades de développement
Potentiel biotique
Régime
Comportement de ponte
Fluctuations des populations
Mansonia altissima A. Chev.
Phénologie de la plante
Régénération forestière
Cameroun.

SUMMARY

Godasa sidae (Fabricius), identified first in 1794, causes severe damage to *Mansonia altissima* A. Chevalier an indigenous tree species used for forest regeneration in Cameroon. However, this Lepidopteran has not received adequate attention by entomologists.

The present work, besides phenological aspects of the host species, deals with original studies on the morphology, biology, geographical distribution and annual population dynamics of *G. sidae*. It is a monophagous insect, with a high reproductive potential and a short life cycle which involves many overlapping generations per year. Its geographical distribution covers that of its host, as it is the case for most of the forest monophagous defoliators.

We have pointed out possibilities of studying populations, with particular reference to their distribution in the prospect of control of the pest. The distribution of *G. sidae* appears to be of binomial negative type in most of the cases, depending on the period of the year.

KEY WORDS

Godasa sidae (Fabricius)
Life cycle
Biotic potential
Egg laying behavior
Feeding behavior
Population fluctuations
Mansonia altissima A. Chevalier
Phenology of the host
Forest regeneration
Cameroon

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Près de la moitié du territoire camerounais est couverte par la forêt, soit 23 millions d'hectares, dont 16,9 millions d'hectares sont producteurs de bois d'oeuvre. Les inventaires réalisés jusqu'ici situent les potentialités actuelles de cette forêt à 300 espèces commercialisables, dont près de 50 sont en cours d'exploitation.

La production du bois d'oeuvre, bien qu'elle contribue encore modestement à la constitution du Produit National Brut (PNB), est l'une des principales sources de devises du pays. A titre indicatif, cette production a rapporté en 1986 une valeur à l'exportation de 32,7 milliards de francs CFA, pour un volume total de bois produit de 2,87 millions de m³.

On comprend dès lors la place qu'occupe l'exploitation forestière dans l'activité économique du Cameroun. Parmi les mesures qui accompagnent cette exploitation, figure en bonne position la régénération forestière, davantage justifiée par le caractère très sélectif de la coupe des bois. En effet, sur les 50 espèces en cours d'exploitation, 15 seulement représentent à elles seules près de 95 pour 100 de la production totale.

L'histoire de la régénération forestière est assez ancienne (autour des années 40) au Cameroun. Cependant, elle n'a connu un développement qu'au cours de ces 20 dernières années avec la création de structures gouvernementales spécialement chargées d'assurer ces opérations. La contribution de la recherche forestière, initiée par le Centre Technique Forestier Tropical (CTFT) et actuellement poursuivie par l'Institut de la Recherche Agronomique (IRA), est pour beaucoup dans le développement de la sylviculture des espèces actuellement retenues pour cette régénération.

L'aspect phytosanitaire en général et entomologique en particulier n'a malheureusement pas connu le même développement. Les premières observations à caractère entomologique sont l'oeuvre du CTFT. Réalisées dans le cadre des missions ponctuelles d'appui, elles ont porté essentiellement sur l'inventaire et l'identification de certains ravageurs (BRUNCK, divers rapports de mission). La poursuite et l'intensification de ces observations n'a pu se faire que depuis 5 ans. C'est dans ce cadre que nous avons mis en oeuvre le programme de recherche qui sera présenté ici.

Dès 1947, AUBREVILLE, recommandait entre autres espèces forestières, l'utilisation de *Mansonia altissima* A. Chevalier pour les opérations d'enrichissement de la forêt. Il s'agit en effet d'une espèce de grande valeur technologique, de comportement sylvicole jusqu'ici satisfaisant sur le plan de la vigueur, et occupant une place importante parmi les espèces les plus exploitées et les plus exportées.

M. altissima abrite un certain nombre de ravageurs parmi lesquels *Godasa sidae* (Fabricius) apparaît à nos yeux comme étant celui qui pourrait être le plus à craindre de par l'ampleur de ses dégâts. De plus, il s'agit d'un insecte qui, bien qu'ayant été décrit depuis plus de deux siècles, n'a été l'objet d'aucune étude particulière.

La particularité du comportement ravageur de *G. sidae* réside dans le fait que ce papillon pullule chaque année, occasionnant à chaque pullulation des défoliations pratiquement totales et ceci au moment où le végétal hôte est en pleine activité végétative.

Il se présente dès lors des risques importants sur le développement de la sylviculture du végétal hôte, que nous n'aborderons pas ici mais dont l'effet, néfaste sur la vigueur et/ou la survie des arbres, a été démontré chez de nombreuses espèces forestières, hôtes d'autres insectes défoliateurs (KULMAN, 1971 ; GRADWELL, 1974 ; BASSMAN & DICKMAN,

1982 ; ARCHAMBAULT & BEAULIEU, 1985 ; NAIR et al, 1985 ; LAURENT-HERVOUET, 1986).

Lorsque le programme de recherche sur le couple *M. altissima* - *G. sidae* a été défini, nous nous sommes fixé des priorités de recherche en fonction de l'objectif à atteindre, à savoir : apporter des données nouvelles à la connaissance de *G. sidae*, dans la perspective d'une étude intensive de ses populations, en vue de la mise en oeuvre d'une méthode de contrôle de celles-ci.

Dans un premier temps, il nous a semblé opportun de situer *M. altissima* dans l'écosystème forestier tropical du Cameroun, sur les plans de ses caractéristiques botanique et phytogéographique, et de son importance dans l'exploitation forestière. Son comportement sylvicole, qui justifie que l'on s'intéresse à l'espèce a également été examiné, de même que les particularités de sa phénologie, susceptibles d'avoir un effet sur le comportement du ravageur. Un inventaire des problèmes entomologiques auxquels *M. altissima* est confrontée en plantation s'est avéré également nécessaire.

Ensuite, un accent particulier a été mis sur l'étude des caractéristiques biologiques de l'insecte, car nos connaissances dans ce domaine sont à peu près nulles ; leur acquisition constituait un préalable indispensable à l'étude de la dynamique des populations.

Enfin, parmi les observations écologiques, nous nous sommes limité à examiner comment suivre les populations de l'insecte, afin de pouvoir estimer leur tendance évolutive au cours de l'année ; un autre point a concerné l'étude des principaux facteurs biotiques susceptibles d'intervenir dans la réduction de leur niveau.

PREMIERE PARTIE

MANSONIA ALTISSIMA A. CHEV. ET SES RAVAGEURS

CHAPITRE 1

PLACE DE MANSONIA ALTISSIMA DANS L'ECOSYSTEME FORESTIER TROPICAL

AU CAMEROUN

Les informations présentées ici sont essentiellement tirées des données bibliographiques.

1.1. TAXONOMIE, MORPHOLOGIE ET PHYTOGEOGRAPHIE

1.1.1. Aperçu sur le genre *Mansonia*

Le genre *Mansonia* a été décrit en 1905 par DRUMOND à partir d'une espèce appelée *M. gagei*. D'abord rangé dans la famille des Malvacées puis des Tiliacées, il fut définitivement classé dans la famille des Sterculiacées compte tenu de la présence des staminodes (HUTCHINSON & DALIZEL, 1958).

Il se distingue des autres Sterculiacées par un calice spathacé se fendant latéralement et des anthères sessiles, en anneau.

Le genre *Mansonia* comporte 3 espèces qui sont : *M. dipikae* C.S., *M. gagei* DRUM, et *M. altissima* A. Chev.. En Afrique, il est représenté par une seule espèce, *M. altissima*, les deux autres étant d'origine asiatique. *M. altissima* a été décrit au Cameroun pour la première fois par MILDBREAD en 1921 sous le nom de *M. nymphaeifolia*. Ignorant ce travail, HEDIN (1930) puis JACQUES-FELIX (1945) l'appellent *M. altissima*, se référant à l'espèce décrite de Côte d'Ivoire en 1912 par CHEVALIER (1947).

L'espèce africaine comporte deux variétés : la variété camerounaise décrite par JACQUES-FELIX (1945) sous le nom de *M. altissima* var. *kamerounica* Jac. F et la forme type de Côte d'Ivoire, *M. altissima* var. *altissima* A. Chev.. La forme camerounaise a le bord externe des carpelles

plus nettement incurvé vers le bas. Les feuilles sont glabres en dessus avec de très rares poils sur les nervures en dessous. La forme ivoirienne a des feuilles plus densément pubescentes.

1.1.2. Caractères morphologiques de *M. altissima*

Il s'agit d'un grand arbre de 20 à 30 mètres de haut, à tronc cylindrique et droit, et d'un diamètre inférieur ou égal à 80 centimètres. La cime est ovoïde et densément feuillue, avec des branches étagées et pendantes.

Les feuilles sont caduques, alternes, simples, palmatinervées à la base, offrant sur le même arbre une variabilité de dimension et de symétrie selon leur position sur la branche. Il n'est donc pas aisé de calculer la surface totale foliaire par arbre. Le limbe est obové, cordé à la base, arrondi au sommet et denticulé sur les bords.

L'écorce, brun-clair, fissurée longitudinalement est assez épaisse (1 à 1,5 cm). L'aubier bien différencié est de couleur blanchâtre, de 3 à 6 cm d'épaisseur. Le bois de coeur varie de brun gris à brun violacé.

Les inflorescences sont situées à l'extrémité des rameaux. Les fleurs sont blanches et odorantes. Les boutons floraux sont ovoïdes.

Les fruits sont des samares avec une aile développée au-dessus de la graine. Ils sont insérés par 2 à 5 au sommet d'un pédoncule commun.

1.1.3. Aire de répartition en Afrique et au Cameroun

M. altissima est une espèce caractéristique de la forêt semi-caducifoliée. Son aire de répartition s'étire de façon plus ou moins continue de la Côte d'Ivoire à la République Centrafricaine (Est du Cameroun).

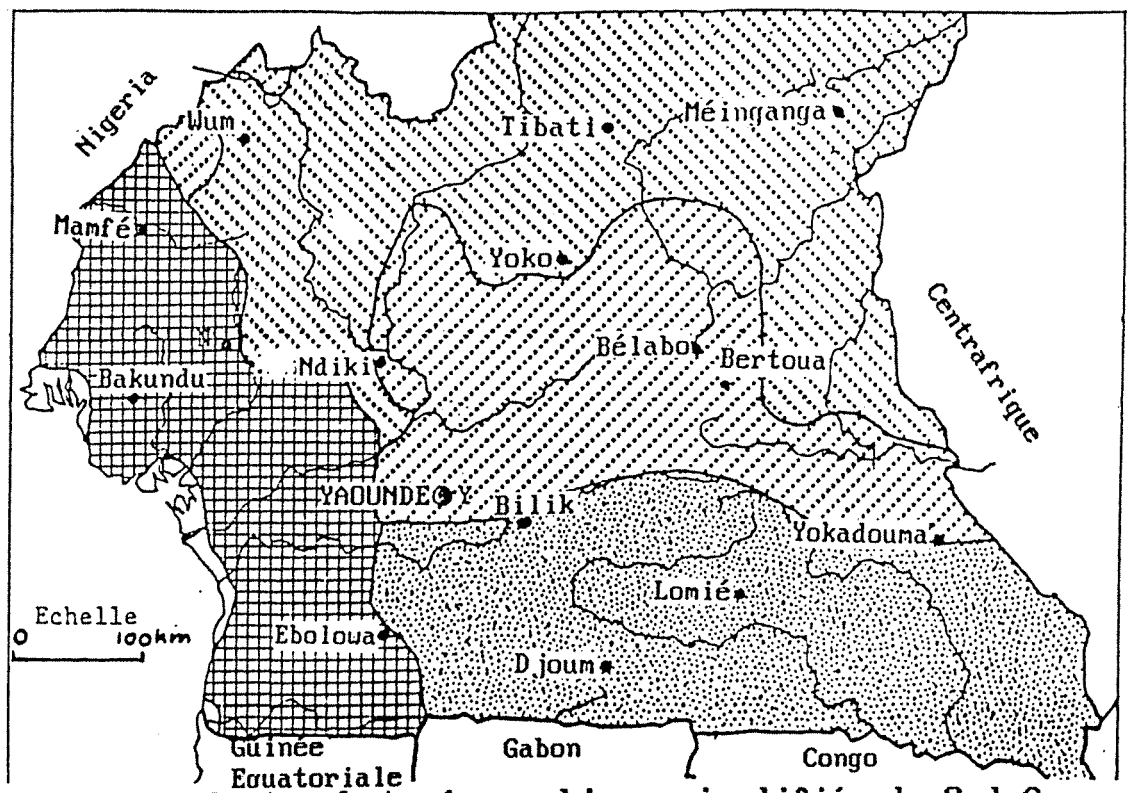
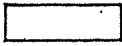

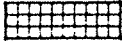

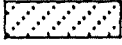


Figure 1: Carte phytogéographique simplifiée du Sud-Cameroun.

- | | | | |
|---|--------------------------|---|------------------|
|  | Mangrove |  | Forêt congolaise |
|  | Forêt biafréenne |  | Savanes |
|  | Forêt sémie-caducifoliée | | |

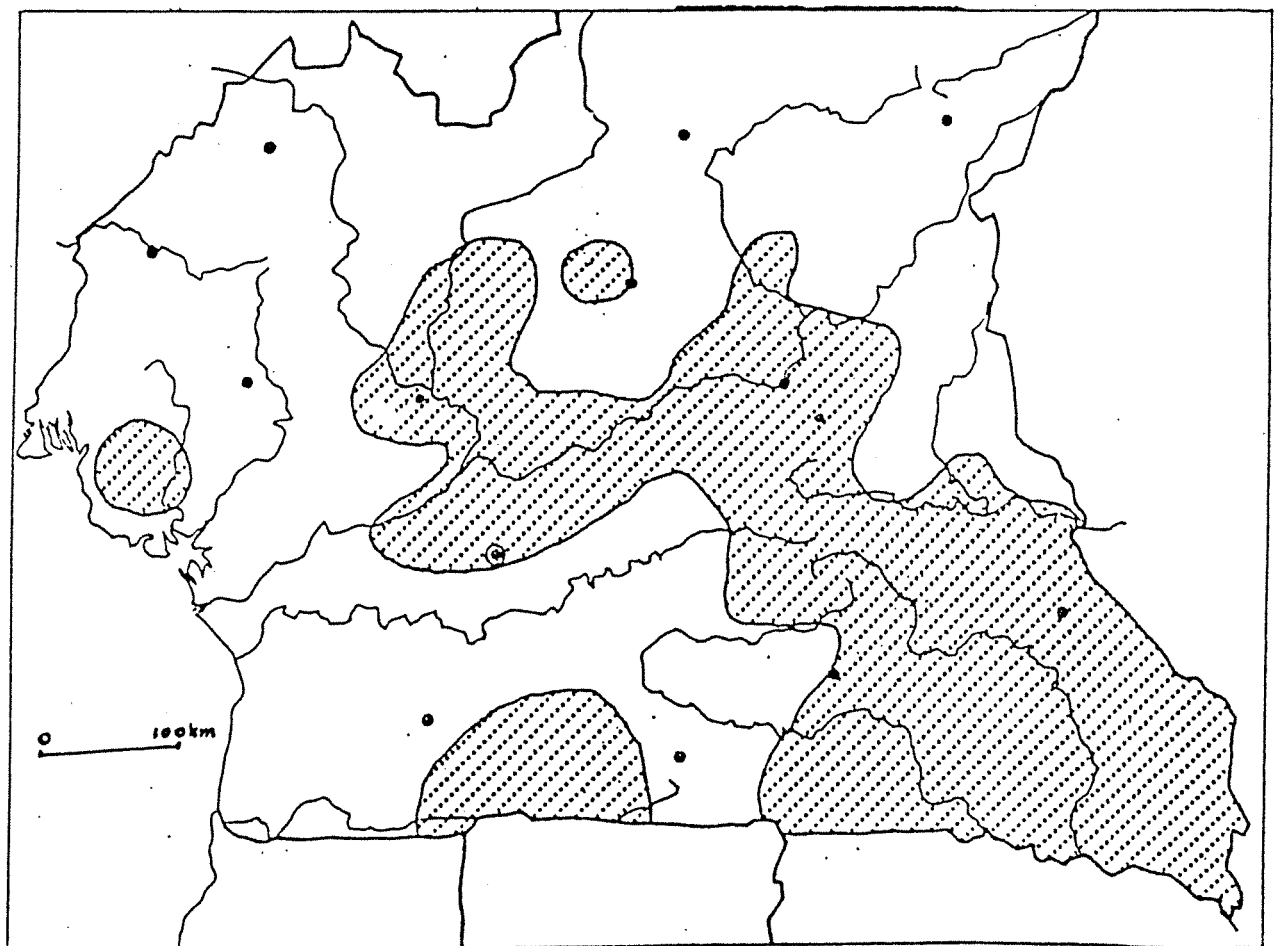


Figure 2: Aire de répartition de Mansonia altissima.

Au Cameroun, l'espèce se caractérise dans son aire naturelle par sa très forte dilution, entraînant une faible densité à l'hectare. Sa présence ne se limite pas à la seule forêt semi-caducifoliée. En effet lorsqu'on superpose cette aire (fig. 1) et la carte phytogéographique telle que définie par LETOUZEY (1938, 1985), on s'aperçoit (fig. 2) qu'elle recouvre en partie et de façon plus ou moins importante les formations forestières suivantes :

- Forêt dense humide sempervirente de basse altitude à Cesalpinacées appelée "Forêt biafréenne⁶"; c'est le cas précisément dans la région sud-ouest, au nord du Mont Cameroun. Le nombre de tiges à l'hectare est très faible, avec un volume fût de l'ordre de 0,01 m³.

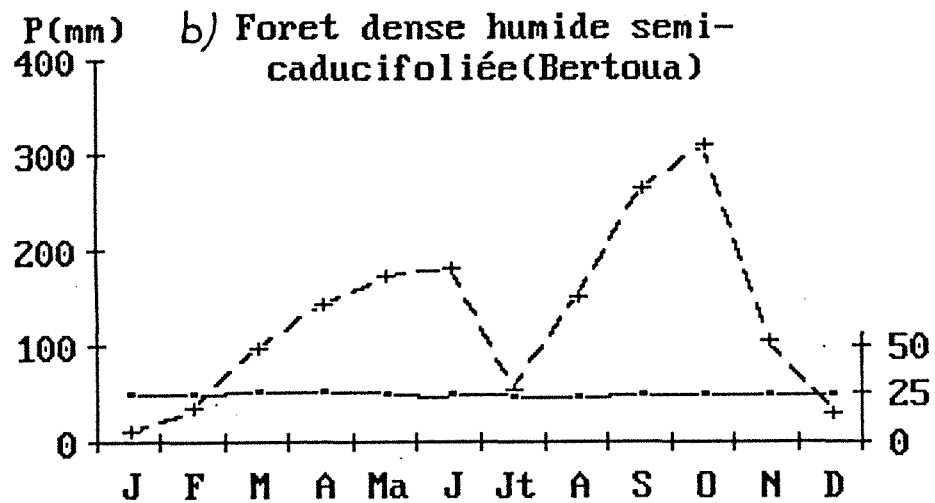
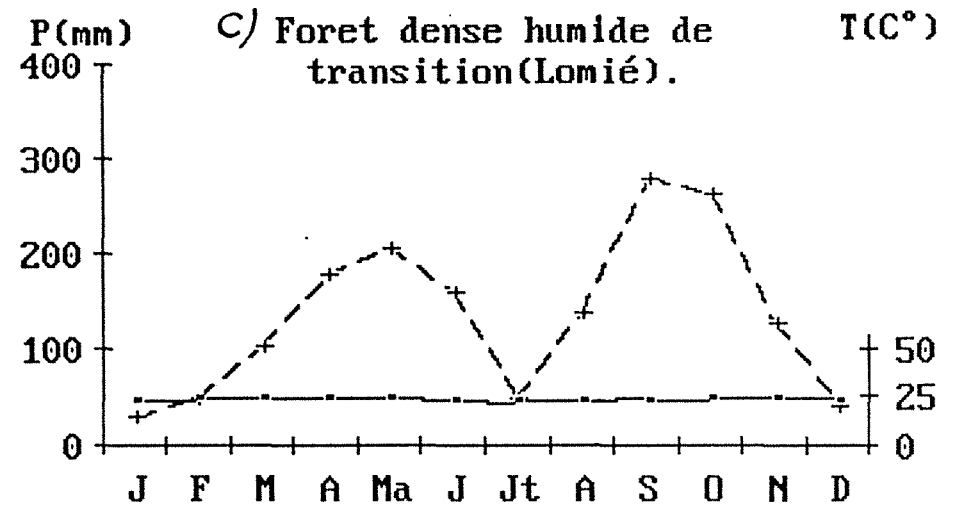
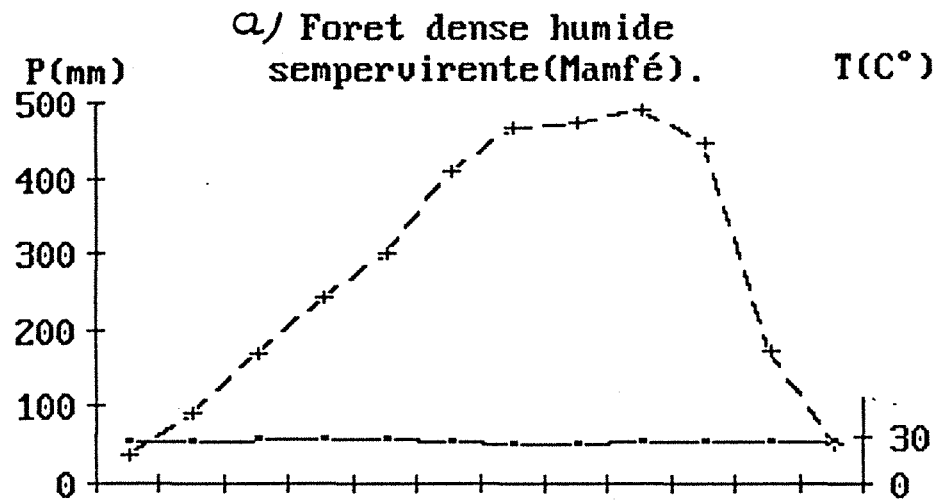
Les principales caractéristiques de cette formation sont d'une part l'uniformité de son climat, avec une pluviométrie importante et l'absence ou presque de saison sèche (fig. 3a) et d'autre part sa grande richesse en légumineuses.

- Forêt dense humide semi-caducifoliée caractérisée sur le plan floristique par une abondance des Sterculiacées et des Ulmacées du genre *Celtis* essentiellement. Avec un effectif à l'hectare de 0,62 tige et un volume fût égal à 4,49 m³, cette formation est la plus riche en *M. altissima*.

La pluviométrie ici est assez abondante, présentant une dépression en juillet-août, ce qui donne une courbe bimodale (fig. 3b) correspondant à 4 saisons (deux saisons sèches et deux saisons de pluies).

Sa physionomie, présente comme principales caractéristiques, des fûts nombreux, rectilignes, à écorce uniformément grise et une caducité prolongée des feuillages de la plupart des grandes espèces ligneuses.

- Forêt dense humide de transition de moyenne altitude, appelée "Forêt congolaise" ; c'est ce qu'on observe dans sa partie sud-est



Mamfé

-Pluviométrie: 3353 mm
 -Amplitude thermique: 2,8°C
 -Alt.: 114 m

Bertoua

-pluviométrie: 1549 mm
 -Amplitude thermique: 2,1°C
 -Alt.: 670 m

Lomié

-Pluviométrie: 1610 mm
 -Amplitude thermique: 2,0°C
 -Alt.: 640 m

Figure 3: Aire de répartition de M. altissima:
 Diagrammes ombrothermiques illustratifs des
 différentes formations forestières.

(Mouloundou-Yokadouma-Lomié). L'effectif à l'hectare est de l'ordre de 0,17 tiges tandis que le volume fût est en moyenne de 3.75m³. Au sud, entre Ebolowa et Djoun, l'espèce est nettement plus rare (0,19 m³ de volume fût à l'hectare).

1.2. DONNEES SUR L'ETHNOBOTANIQUE

En 1935, PORTERES signale pour la première fois l'utilisation de l'écorce de *M. altissima* comme poison des flèches de chasse en Côte-d'Ivoire. Par la suite, MASCRE & PARIS (1938) isolent de cette écorce un principe actif, dénommé mansonine qui, par épuisement, donne une poudre blanc-jaunâtre soluble dans l'alcool et l'acétone. Cette poudre tue à faible dose le cobaye. Par ailleurs, il a été extrait du bois (SANDERMANN & DIETRICH, 1959) 2 composés (Mansonia-azulène et Mansonia-quinone), tous des glycosides connus comme ayant des effets sur le coeur et provoquant des irritations des muqueuses. Des effets similaires sont notés avec des extraits de racines, de feuilles et de fruits (ALLGEIER, 1967), mais avec une toxicité nettement plus faible.

Ces extraits de l'écorce et du bois, outre leur utilisation artisanale (empoisonnement des flèches), ont des applications en médecine et en pharmacologie ; HANSLIAN & CADLEC (1969) ont mis en évidence un effet inhibiteur sur la croissance de la bactérie *Mycobacterium tuberculosis* et de certains *Penicillium*.

Au Cameroun, l'espèce est exploitée essentiellement pour son bois et occupe une place importante dans la production du bois d'oeuvre. Il s'agit en effet d'un bois d'excellente qualité, aux propriétés physiques, mécaniques et technologiques intéressantes. Ce bois est mi-dur, mi-lourd, de densité D (densité à l'abattage) variant entre 0,85 et 1,00 et d (densité à 15 pour 100 d'humidité) entre 0,60 et 0,70. Il est élasti-

que, de séchage facile et intéressant par sa grande qualité de conservation. Il est utilisé en placage d'ébénisterie par tranchage, en ébénisterie par sciage, en menuiserie fine, ameublement, décoration et parquets. A titre indicatif, il ressemble au noyer d'Europe auquel il peut se substituer dans beaucoup d'emplois.

1.3. PLACE DE M. ALTISSIMA DANS L'EXPLOITATION FORESTIERE AU CAMEROUN

L'exploitation forestière au Cameroun est plus ou moins liée à la demande sur le marché. Néanmoins, cette demande suivant les espèces est presque constante, due probablement au peu de connaissances que l'on a des espèces de bois d'oeuvre, particulièrement diversifiées.

Moins de 60 espèces sont actuellement exploitées sur un potentiel de 300 espèces commercialisables. Quinze espèces seulement représentent plus de 93 p. 100 de la production totale. Le tableau I représente ces 15 espèces où M. altissima occupe respectivement la treizième et la dixième place parmi les essences les plus exploitées et les plus exportées. A ce rythme, il y a lieu de s'inquiéter de l'avenir de ces espèces fortement demandées. Les travaux d'inventaire et de promotion déjà réalisés par le CENADEFOR (1983, 1985, 1988) ou en cours de réalisation par l'ONADEF, de même que les recherches en vue de la mise en oeuvre des méthodes de régénération forestière sont cependant une raison d'espérer que la pérennité de ces ressources sera assurée.

TABLEAU I

LISTE DES 15 ESSENCES LES PLUS EXPLOITEES ET LES PLUS
EXPORTEES PAR LE CAMEROUN

: Nom commun de : de l'essence	: Exploitation		: Exportation	
	: Volume (m ³)	: Rang	: Volume (m ³)	: Rang
: Acajou	: 23.394,135	: 15°	: 17.075,277	: 9°
: Assamela	: 32.349,798	: 10°	: 16.715,649	: 11°
: Ayous	: 611.077,746	: 1°	: 223.545,318	: 1°
: Azobé	: 204.916,383	: 3°	: 82.787,397	: 3°
: Bété (1)	: 28.625,193	: 13°	: 16.684,240	: 10°
: Bibolo	: 29.735,277	: 12°	: 13.815,527	: 13°
: Bossé	: 34.686,565	: 8	: -	: -
: Doussié	: -	: -	: 19.579,258	: 7°
: Fraké	: 87.513,693	: 5°	: 25.405,077	: 5°
: Framiré	: -	: -	: 11.627,428	: 15°
: Iroko	: 39.394,976	: 7°	: 17.635,481	: 8°
: Ilomba	: 24.669,976	: 14°	: -	: -
: Moabi	: -	: -	: 14.455,976	: 12°
: Movingui	: 42.998,225	: 6°	: 23.562,553	: 6°
: Padouk	: 179.993,773	: 4°	: -	: -
: Sapelli	: 550.517,182	: 2°	: 106.907,450	: 2°
: Sipo	: 34.108,479	: 9°	: 27.859,977	: 4°
: Tali	: 30.543,869	: 11°	: 12.450,052	: 14°
: VOLUME TOTAL	: 1.954.524,94(2)	:	: 630.306,66(3)	:

Source : Direction des Forêts MINAGRI (1987)

(1) = *Mansonia altissima*

(2) soit 93,6 pour 100 de la production totale (grumes, 85/86).

(3) soit 84,6 pour 100 du volume total exporté (grumes, 85/86).

CHAPITRE 2

SYLVICULTURE DE M. ALTISSIMA ET CONTRAINTES D'ORDRE ENTOMOLOGIQUE

2.1. ETAT ACTUEL DES CONNAISSANCES SUR LA SYLVICULTURE DE M. ALTISSIMA

Les premières parcelles de recherche ont été mises en place en 1974 sous forme d'essai multilocal, à Bélabo (Forêt semi-caducifoliée), Bilik (forêt de transition) et à Bakundu (forêt dense sempervirente de basse altitude (cf. fig. 2)). Par la suite, de nombreuses autres parcelles d'essai ont été plantées, notamment à Bakundu et à Bilik en 1985 puis à Mangombé en 1989.

Nous présentons ci-dessous les principaux résultats acquis au cours du suivi de ces essais (C.R.F., 1983 ; FOAHOM, 1989).

2.1.1. En pépinière

La germination de *M. altissima* est épigée et la graine, soulevée par l'hypocotyle cylindrique, ne persiste que quelques jours. Les cotylédons foliacés sont longuement pétiolés et possèdent une forme plus large que longue. Ils sont persistants jusqu'au stade 4 feuilles de la plantule. Les premières feuilles sont alternes et dentelées avec un limbe ové et allongé.

Les premières levées ont lieu 10 jours après le semis et la germination dure une semaine. Le taux de germination est en moyenne de 92 p. 100. Le repiquage en sachet (de 15 x 25 cm) peut intervenir au bout de 22 jours après semis. Les plants ont à ce moment de 4 à 6 feuilles.

La durée d'élevage des plants est de 6 mois au bout desquels ils ont une hauteur moyenne de 35 cm (sans fertilisation).

M. altissima ne présente aucun problème de production des plants compte tenu de sa fructification très abondante et du fort taux de germination des graines. En tenant compte de la durée d'élevage des plants, la mise en route de la production de ceux-ci doit se faire environ 7 mois avant la date prévue pour la plantation. Cette date varie légèrement suivant les différentes zones de plantation (Bakundu, Bélabo et Bilik).

2.1.2. En plantation

L'espèce s'élague bien naturellement en plantation. Les branches fines, plus ou moins en verticilles, sont d'abord horizontales puis ont tendance avec l'âge à devenir pendantes. De même, la cime a tendance à "s'étriquer" au profit d'une hauteur du fût de plus en plus importante.

- A 2 ans, la croissance moyenne en hauteur est de l'ordre de 2 m par an et le rapport hauteur tot./hauteur élaguée est de 41 p. 100.
- A 10 ans, cette croissance est de 1,3 m et le rapport hauteur totale/hauteur élaguée de 67 p. 100 en moyenne.

La vigueur n'est pas la même selon les différentes zones écologiques et selon la méthode sylvicole. A 10 ans on a enregistré un accroissement annuel moyen en circonférence de 3,1 cm et de 2,2 cm à Bélabo, respectivement en "recrû" et en "layons modifiés". A Bilik, il est de 5,0 cm en "recrû" et 3,8 cm en "layons modifiés" tandis qu'à Bakundu, on obtient 6,3 cm en "recru".

"Recru" et "Layons modifiés" sont deux termes techniques utilisés en sylviculture sous les tropiques. Il s'agit de deux méthodes différentes de préparation du terrain qui procurent aux arbres plantés un éclaircissement total (en recrû) ou partiel (en layons modifiés). La comparaison des deux méthodes ne se justifie que dans la mesure où l'on veut tester la capacité de l'espèce concernée à supporter un éclaircissement insuffisant. En

effet, la technique de "layons modifiés" est surtout une méthode d'enrichissement de la forêt naturelle où les arbres sont plantés dans des layons ouverts dans le sens est-ouest, large de 5 m, et suffisamment espacés les uns des autres.

2.1.3. Observations sur la vigueur de quelques arbres de forêt naturelle

Ces observations ont porté sur une quinzaine d'arbres de circonférences comprises entre 60 et 95 cm. Des mesures au ruban dendrométrique sont prises à 1,3 m de la base tous les mois sur deux années consécutives. Les arbres retenus sont situés dans une ancienne exploitation forestière.

Nous avons enregistré en moyenne 2,32 cm et 2,43 cm d'accroissement en circonférence respectivement la première et la deuxième année. Ces résultats obtenus sur deux années seulement ne traduisent pas de façon rigoureuse le rythme d'activité cambiale compte tenu des variations possibles des conditions climatiques d'une année à l'autre. Néanmoins, ils permettent de se rendre compte de la relation entre cette activité et le rythme annuel de saison (fig. 4). Elle apparaît plus intense entre juin et octobre avec un léger fléchissement en août-septembre. Il n'y a pas d'arrêt de croissance, même si en saison sèche on observe un net ralentissement, probablement accentué par la défoliation.

Il convient de rappeler à ce sujet les résultats obtenus par DETIENNE (1975) dans une étude sur la périodicité des cernes dans le bois de *M. altissima*. Cet auteur a pu mettre en évidence un rythme annuel d'activité se traduisant par la formation de couches d'accroissement distinctes. Il a également enregistré une augmentation de la circonférence d'environ 1,57 cm par an sur un échantillon de 8 arbres d'âge compris

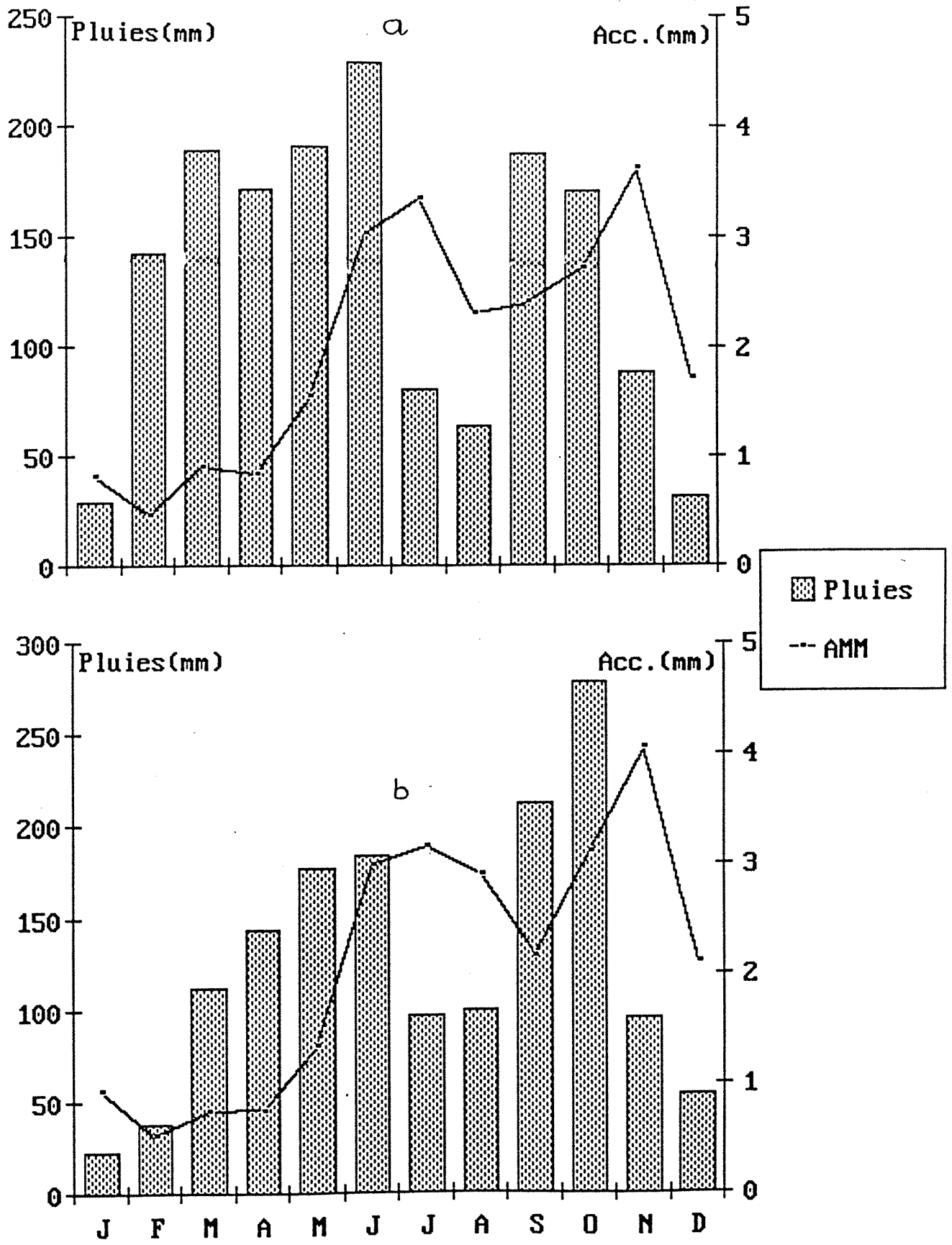


Figure 4: Accroissements moyens mensuels (AMM) en fonction des précipitations (forêt naturelle, Bélabo). a) 1988 b) 1989

entre 56 et 92 ans (plus vieux que ceux de notre échantillon).

2.1.4. Conclusion

Mansonia altissima présente donc un tempérament héliophile qui demande une plantation en plein découvert (technique de recrû).

Ce tempérament est d'ailleurs reconnu par CUDJOE (1969) qui, au Ghana, note que l'essence se régénère naturellement bien mais a tendance à s'étioler et à dépérir sous le couvert. En "layons modifiés" en effet, les tiges sont grèles, à cime très étriquée.

L'état actuel des connaissances permet de classer *M. altissima* parmi les espèces les plus prometteuses, eu égard à son comportement sylvicole. Etant une espèce de bois d'oeuvre de la catégorie de celles à croissance lente, elle présente une vigueur de loin supérieure à celle des autres espèces de valeur technologique comparable.

2.2. ETUDE EXPERIMENTALE SUR LA PHYSIOLOGIE ET LA PHENOLOGIE DE M. ALTISSIMA

2.2.1. But de l'étude

Il importait, dans le cadre de notre travail, de connaître le rythme d'émergence, de croissance et de chute naturelle des feuilles. En effet, le ravageur étudié étant un défoliateur, il était nécessaire de connaître quelles sont les modalités de la croissance et de la phyllotaxie de l'essence à la suite d'une défoliation provoquée. C'est la raison pour laquelle nous avons entrepris cette étude préliminaire.

2.2.2. Matériel et méthodes

L'étude a été entreprise d'une part sur des plants en pépinière et d'autre part sur des arbres en plantation.

2.2.2.1. Evolution de la croissance foliaire

En pépinière, 66 plants ayant le même état végétatif (aspect des feuilles et du bourgeon apical) ont été utilisés. Ces plants sont en sachets de polyéthylène noir qui remplacent les pots. Leur hauteur varie entre 35 et 40 cm au dessus du sachet.

Deux lots de 33 plants ont été constitués, formés l'un de plants qui ont été complètement défeuillés à la main (Lot A) et l'autre de plants sur lesquels n'ont été conservées que les 4 feuilles apicales (Lot B). Les observations ont eu lieu en saison sèche, les plants étant abondamment arrosés une fois par jour le matin.

En plantation, les observations ont eu lieu en saison des pluies (mai-juin) puis en saison sèche (décembre-janvier) à Bakundu. Les feuilles examinées dans ce cas sont celles émises à l'extrémité des branches afin de limiter la variabilité des dimensions d'un secteur de l'arbre à l'autre.

Dans les deux cas (pépinière et plantation), nous avons entrepris de mesurer une fois par semaine la croissance des feuilles ; de même le rythme de leur émergence (en pépinière) a été noté.

Les feuilles sont repérées dès leur émergence. Une semaine plus tard, on mesure la plus grande largeur (l) et la plus grande longueur (L). Les points de mesure sont marqués de façon que les mesures suivantes soient faites sur le même repère. Les observations sont faites jusqu'à ce que les dimensions (largeur et longueur) ne varient plus.

2.2.2.2. Evolution chronologique du feuillage au cours de l'année

En fonction de l'évolution de la croissance et en tenant compte de leur consistance, nous avons défini 4 classes de feuilles dénommées CL1, CL2, CL3 et CL4 de la manière suivante :

- CL1 : feuilles très tendres en pleine croissance
- CL2 : feuilles tendres ayant atteint ou presque leurs dimensions définitives
- CL3 : feuilles vieilles et assez coriaces
- CL4 : feuilles vieilles et très coriaces, en cours de dégénérescence.

Le tableau II donne la durée des stades phénologiques, établie en s'inspirant des courbes de la figure 7 et des observations faites par ailleurs sur la persistance des feuilles, variable selon la saison à laquelle elles se sont formées.

Une analyse foliaire a été réalisée au Laboratoire de chimie du sol de l'Institut de la Recherche Agronomique, Centre d'Ekona. Il apparaît ainsi des différences non négligeables dans le dosage des éléments minéraux concernés selon les différentes classes de feuilles (tableau III et figure 5).

TABLEAU II
DUREE APPROXIMATIVE DES DIFFERENTS STADES PHENOLOGIQUES
(en semaines)

Classe des feuilles	CL1	CL2	CL3	CL4
Durée de la classe	3	5 à 7	5 à 7	4 à 5

Nous avons travaillé sur un nombre réduit d'arbres pour privilégier la précision des résultats et pour tenir compte du volume de manipulations à mener de front. Ceci présente le risque de limiter les possibilités d'extrapolation. Cependant, ce risque est atténué par le fait qu'à tout moment, les arbres, dans les peuplements, présentent sensiblement le même état végétatif.

Ainsi, nous avons retenu 50 et 30 arbres respectivement à Bakundu et à Bélabo où ont eu lieu les observations. Sur chaque arbre, 50 feuilles sont prélevées au hasard chaque mois en prenant soin de les répartir uniformément dans la cime. Elles sont ensuite examinées minutieusement et rangées selon les 4 classes précédemment définies.

TABEAU III

DOSAGE DE CERTAINS ELEMENTS MINERAUX DANS LES DIFFERENTES CLASSES DE

FEUILLES : ECART ENTRE DEUX VALEURS SUCCESSIVES

(en p. 100 de matière sèche)

Classe des feuilles	N	P	K	Ca	Mg
CL1	2,06	0,093	1,40	- 0,30	- 0,11
CL2	0,22	0,094	0,67	- 0,84	- 0,02
CL3	0,49	0,077	0,26	- 0,38	- 0,07
CL4	0,64	0,004	0,16	- 0,30	- 0,03
CL5(*)					

(*) Feuilles naturellement détachées de l'arbre par suite de leur vieillissement.

NB. Les chiffres du tableau représentent la différence "valeur initiale (classe CL_i) - valeur finale (classe CL_{i+1})".

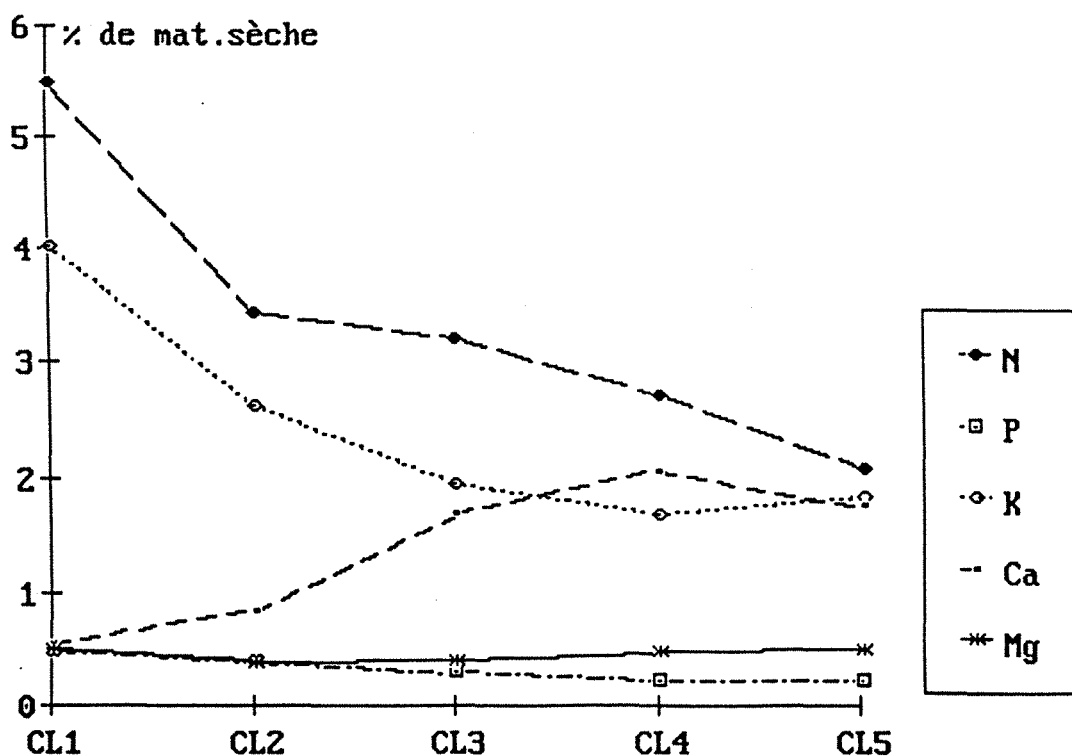


Figure 5: Evolution (en p.100 de mat. sèche) de certains éléments minéraux en fonction de la classe(âge) des feuilles.

Nous avons examiné mensuellement 2500 feuilles à Bakundu et 1500 feuilles à Bélabo, dans des parcelles contiguës à celles retenues pour les observations sur le ravageur.

L'importance de la chute des feuilles est appréciée de façon qualitative selon une échelle de 0 à 5. L'appréciation tient compte de l'état feuillu des arbres et de l'importance de la quantité de feuilles mortes présentes sous l'arbre. La note 0 de l'échelle indique l'absence de chute alors que la note 5 exprime le maximum de chute que l'on peut avoir.

2.2.3. Résultats et discussion

2.2.3.1. Rythme d'émergence et de croissance foliaire

Dans le Lot A, tous les plants ont fait leur première feuille au cours de la première semaine à compter de la date de la mise en place de l'essai. En moyenne, chaque plant a mis 1,7 jour pour faire sa première feuille.

Dans le lot B, l'émergence de la première feuille a été nettement plus étalée dans le temps. Quatorze plants seulement sur 33 ont fait leur première feuille au cours de la première semaine d'observation. En moyenne, chaque plant a mis 6,4 jours pour faire sa première feuille.

Au cours de la période d'observation qui a duré 9 semaines, 152 feuilles ont été formées dans le lot A alors que 95 seulement ont été émises dans le lot B. Six plants du lot A sur 33 ont développé une septième feuille pendant ce temps alors que dans le lot B un seul plant a pu faire sa cinquième feuille.

Tout se passe donc comme si l'état défeuillé stimulait la formation de nouvelles feuilles. La figure 6 illustre l'évolution de l'importance relative du nombre de feuilles émises suivant leur rang dans les deux modalités (Lot A et Lot B).

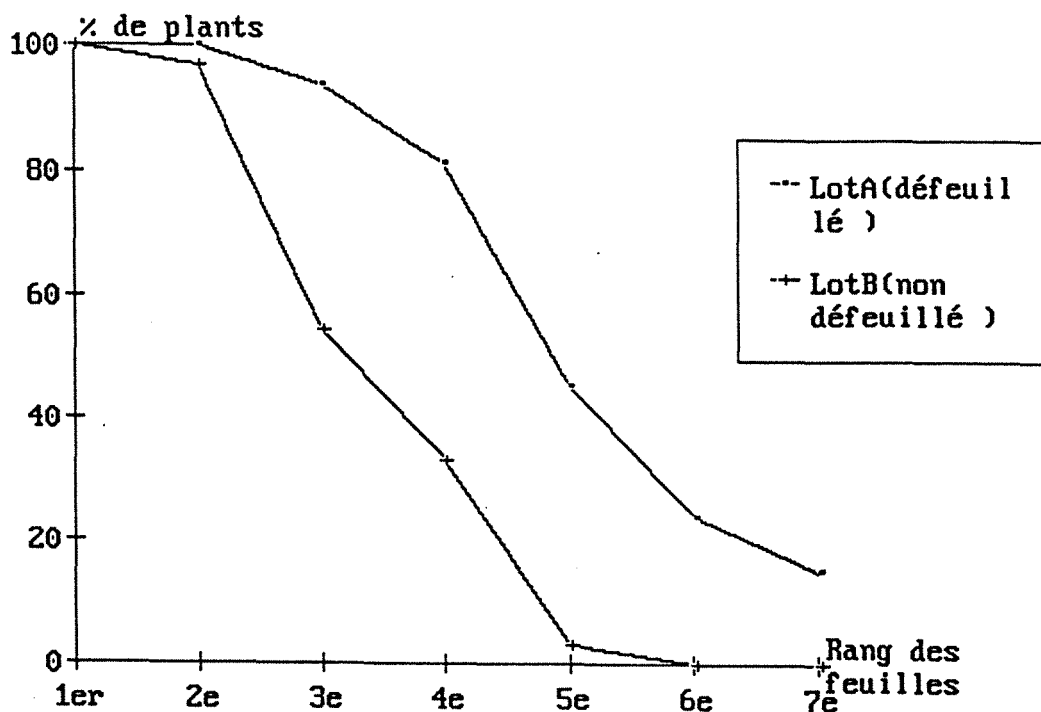


Figure 6: Proportion de plants (%) ayant émis des feuilles, suivant le rang de celles-ci.

La durée de développement des feuilles varie en outre selon qu'elles ont été formées en saison sèche ou en saison des pluies. Il en est de même de leurs dimensions qui sont généralement plus réduites en pépinière qu'en plantation, en saison sèche qu'en saison des pluies (figure 7). La croissance est très rapide entre la première et la troisième semaine (les feuilles atteignent alors les 4/5 de leur croissance définitive), quelle que soit la période d'observation ; elle plafonne à partir de la neuvième ou de la onzième semaine selon le cas (figure 7).

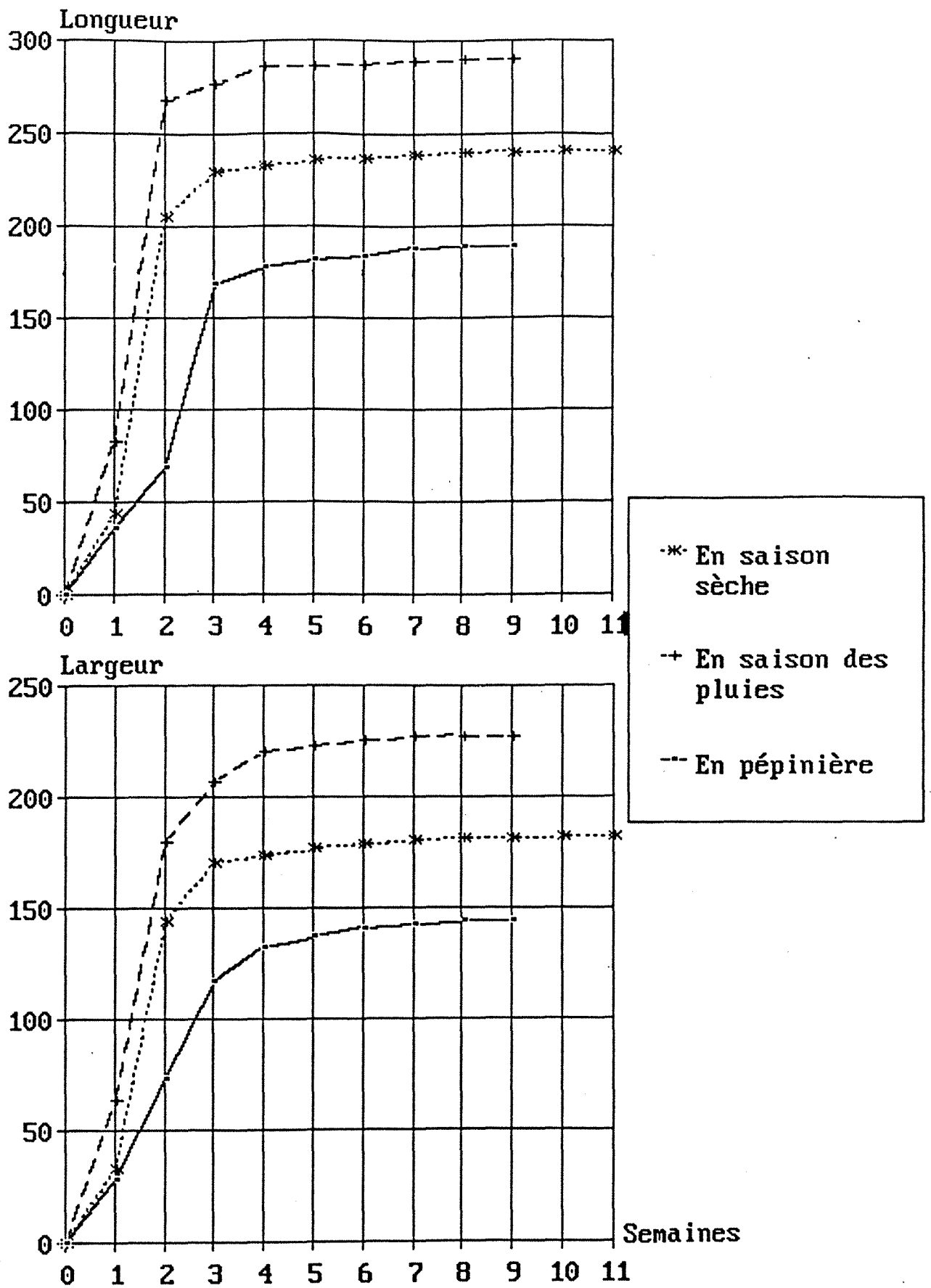


Figure 7: Evolution de la croissance des feuilles chez *M. altissima* selon 3 modalités

2.2.3.2. Evolution de l'état phénologique et persistance des feuilles

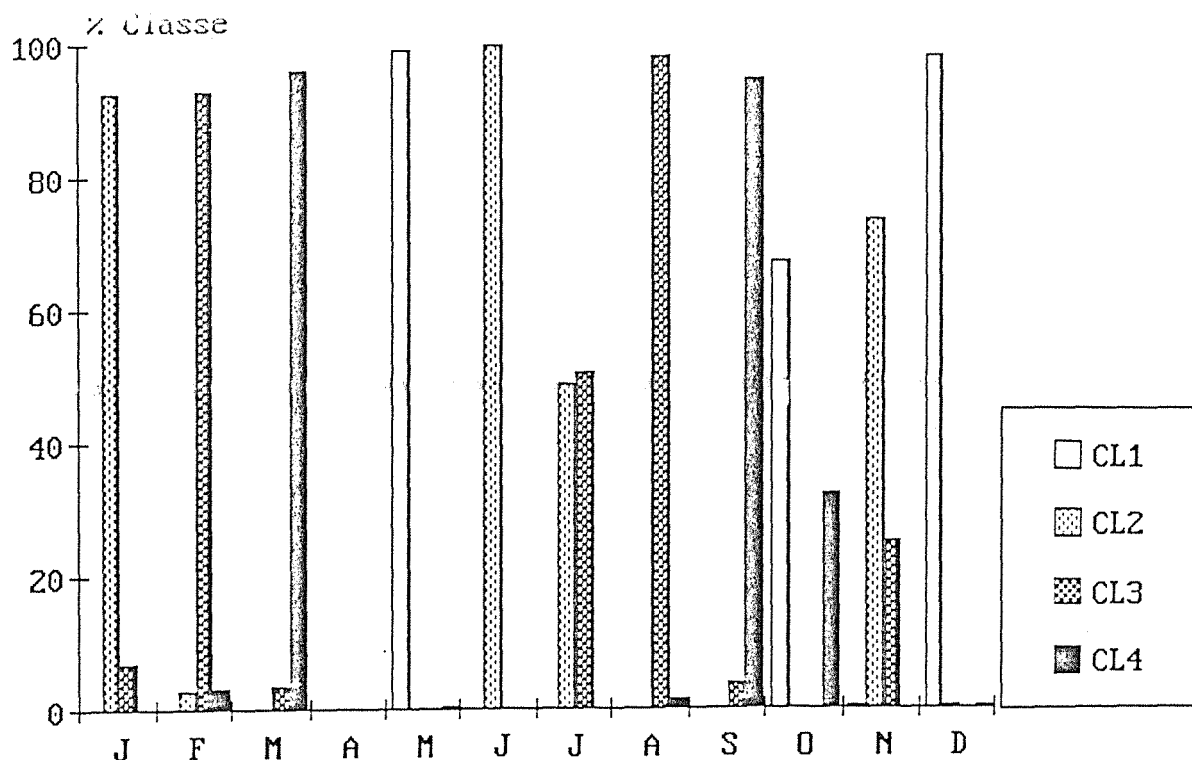
Les figures 8 et 9 présentent la chronologie de l'état des feuilles de *M. altissima* au cours de l'année. Elle est presque la même dans les deux stations (Bakundu et Balabo) avec un léger décalage dans le temps. Les histogrammes expriment le pourcentage de chaque classe de feuilles par rapport à l'ensemble des feuilles examinées (A). La chute naturelle des feuilles (défeuillaison) et les périodes où les attaques des chenilles sont les plus fortes sont indiquées sur ces figures en B1 et B2 respectivement.

Les facteurs pris en compte pour caractériser l'évolution de l'état phénologique de l'arbre sont les suivants :

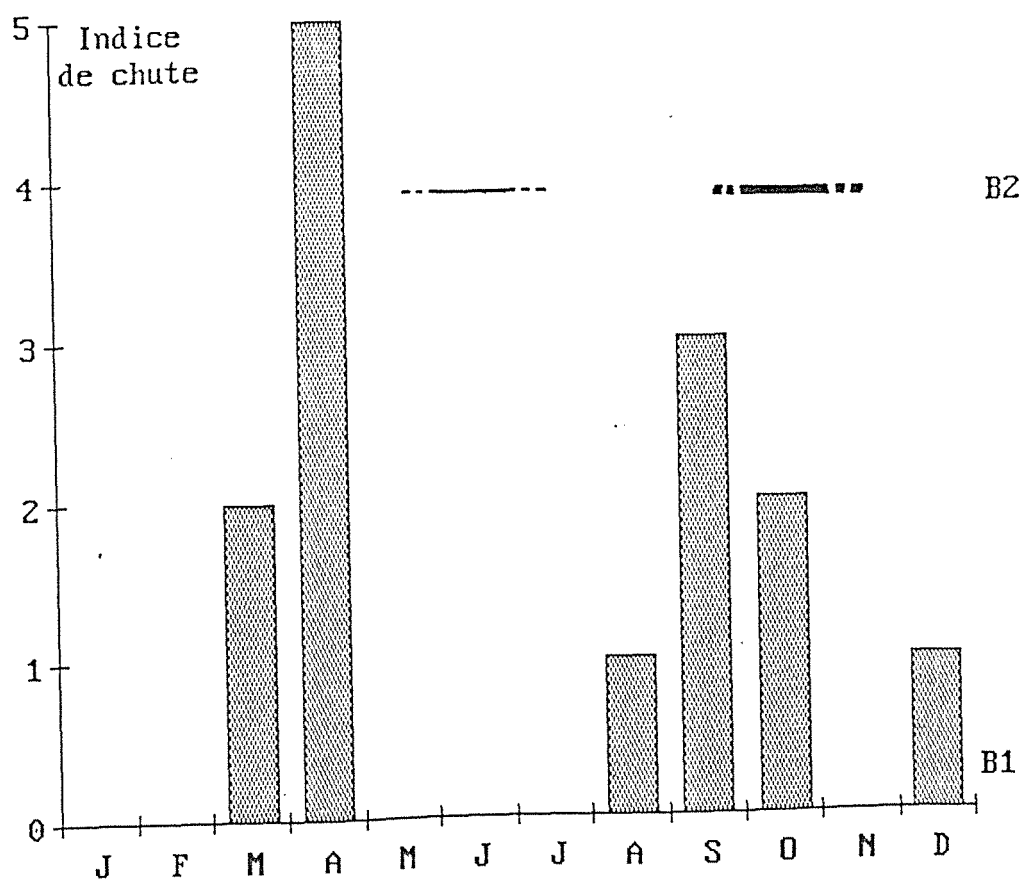
- Caractère caduc des feuilles de *M. altissima* (défeuillaison naturelle),
- Défoliation par l'insecte ravageur,
- Age du peuplement observé : les parcelles de Bakundu sont âgées de 4 ans tandis que celles de Bélabo sont âgées de 14 ans. L'existence à Bakundu d'une petite parcelle de 15 ans permet d'avoir une référence pour le commentaire qui va suivre.
- Saison d'observation.

Nous avons obtenu les résultats suivants :

- A Bélabo, le niveau 5 de la défeuillaison naturelle est atteint en mars, tandis qu'à Bakundu, le maximum de défeuillaison, de niveau 3 seulement a été observé au mois d'avril. Pendant ce temps, la parcelle de 15 ans a perdu presque toutes ses feuilles (niveau 5).
- Une défoliation parasitaire (par l'insecte ravageur) importante est notée en octobre à Bakundu et en novembre à Bélabo.

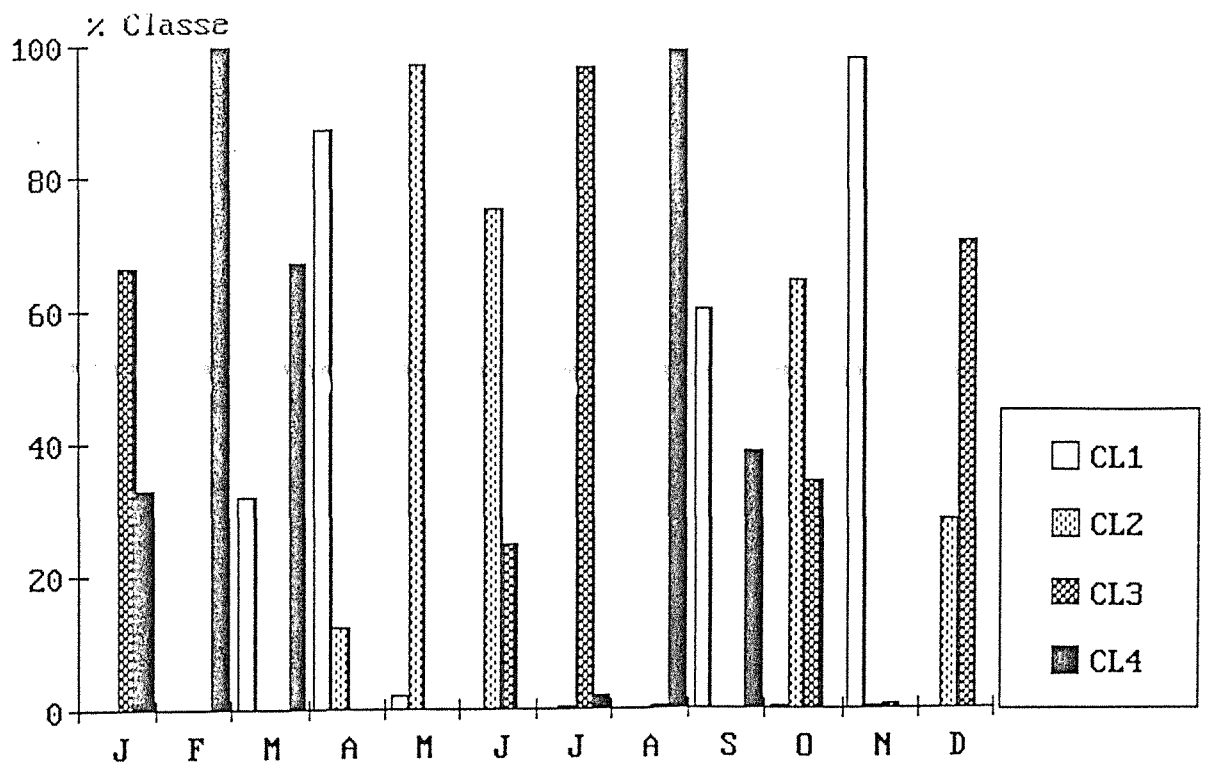


A: Etat phénologique: répartition mensuelle(%) des feuilles selon leur classe d'appartenance.

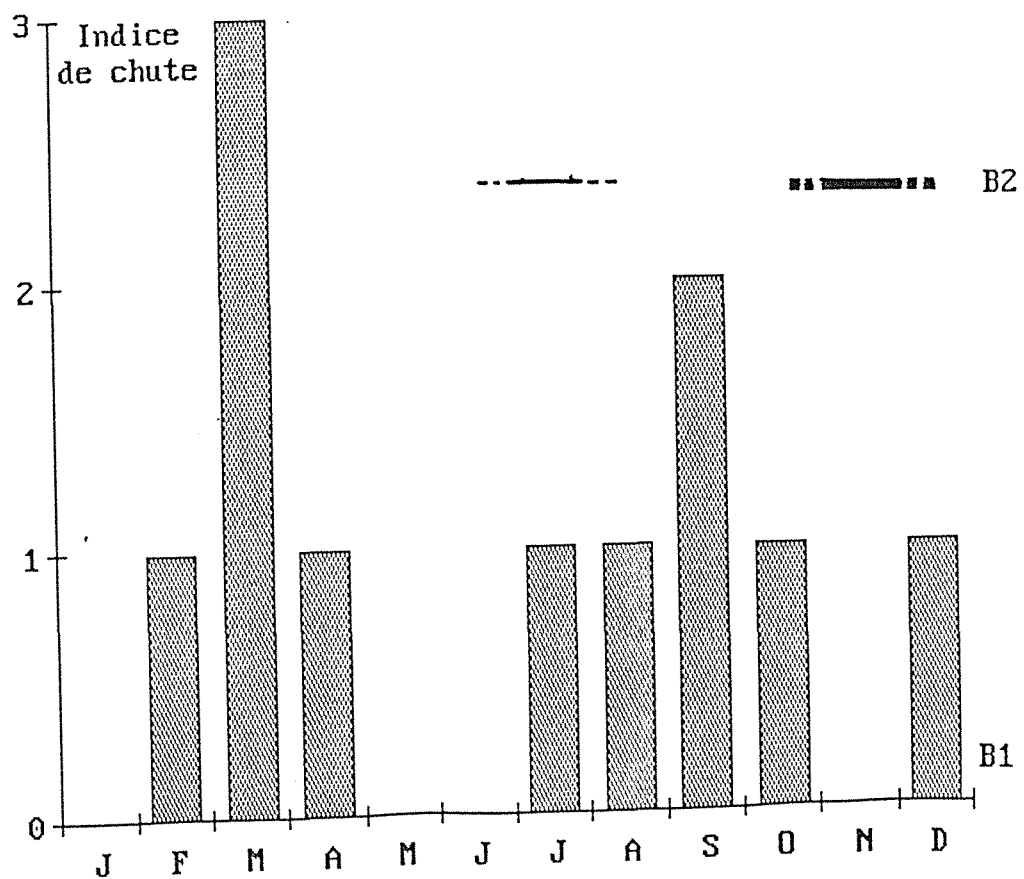


B: Evolution mensuelle de la chute naturelle (B1) des feuilles et période de défoliation (B2) nettement évidente.

Figure 8: Caractéristiques phénologiques de *M. altissima* (feuillage) à Bélabo.



A: Etat phénologique: répartition mensuelle(%) des feuilles selon leur classe d'appartenance.



B: Evolution mensuelle de la chute naturelle (B1) des feuilles et période de défoliation (B2) nettement évidente.

Figure 9: Caractéristiques phénologiques de *M. altissima* (feuillage) à Bakundu

- La persistance des feuilles varie légèrement, de 4 à 5 mois selon qu'on se trouve en saison sèche ou en saison des pluies.

La variation de l'état phénologique est due non seulement au caractère caduc des feuilles du végétal hôte, mais aussi à la défoliation parasitaire. Ainsi l'évolution normale des feuilles est interrompue en octobre à Bakundu et en novembre à Bélabo à la suite d'une défoliation importante par le ravageur. Cette évolution, en dehors de la défoliation parasitaire, semble étroitement liée à l'état de dégénérescence du feuillage en rapport avec l'âge des feuilles et probablement aussi à l'âge du peuplement, plus qu'à tout autre facteur, notamment climatique. Le rythme saisonnier du climat (imprimé essentiellement par la chute ou non de pluies) doit cependant jouer un rôle régulateur, ce qui expliquerait la défeuillaison importante que l'on enregistre en mars à Bakundu et en avril à Bélabo. Dans les parcelles de 4 ans à Bakundu, la chute naturelle est légèrement plus étalée dans le temps en fin de saison sèche et les arbres ne perdent pas totalement leurs feuilles comme à Bélabo, si bien que, globalement, le peuplement garde toujours un aspect feuillu.

Nous verrons plus loin comment cette chronologie influe sur le comportement du défoliateur.

2.3. INVENTAIRE DES PROBLEMES ENTOMOLOGIQUES

2.3.1. Matériel et méthode

L'étude consiste en des prospections périodiques des pépinières, des plantations et de quelques arbres de forêt naturelle. Il ne s'agit pas ici d'un dispositif à part puisque la prospection a lieu en même temps que la récolte de plusieurs autres données.

Nous nous sommes intéressés uniquement aux espèces dont la présence sur le végétal pouvait lui être préjudiciable. Toutes les attaques sont donc notées et caractérisées, et l'ampleur des dégâts estimée sommairement. Le ravageur, lorsqu'il a été récolté, est ensuite identifié avec l'aide de laboratoires spécialisés (Laboratoire de faunistique du CIRAD à Montpellier, Muséum d'histoire naturelle à Paris). Les larves, quant à elles, sont ramenées au laboratoire en vue d'obtenir des adultes nécessaires à leur identification.

2.3.2. Résultats

2.3.2.1. Insectes défoliateurs

* *Godasa sidae* (F.) (Lépidoptère, Noctuidae).

Ce ravageur est de loin celui qui se manifeste le plus par l'ampleur de ses dégâts et la densité de ses populations en période de pullulation. Il sera traité en détail dans les deuxième et troisième parties de ce travail.

* *Zonocerus variegatus* L. (Orthoptère, Acrididae).

L'insecte est hygrophile et très polyphage, capable de se développer sur toute espèce végétale. Ce caractère polyphage rend sa présence dans les peuplements de *M. altissima* moins inquiétante. En effet, à Bakundu, où des dégâts ont été observés, la végétation du sous-bois, constituée essentiellement de *Chronolaena odorata* (Eupatoire), est sa principale cible. Une déforestation, liée à l'implantation de cultures industrielles entraîne la création de clairières qui favorisent le développement de l'Eupatoire, plante hôte appréciée par *Z. variegatus* (DURANTON et al., 1982). Les jeunes larves issues des oeufs pondus dans le sol se contentent à l'éclosion de la nourriture immédiatement disponible. C'est essentiellement à des stades plus âgés qu'on les retrouve sur

le feuillage de *M. altissima*.

Les éclosions ont lieu en décembre. Les larves se comportent en décapéuses et s'attaquent à toutes les catégories de feuilles sur la même espèce végétale. Les adultes quant à eux font de larges trous dans le limbe. Quelques adultes sont encore visibles en mars et l'insecte disparaît par la suite. Son apparition saisonnière en une seule génération est due à une longue diapause embryonnaire (LAVABRE, 1954). Au Nigéria, on le rencontre entre décembre et février avec une légère variation entre la savane du Nord et la zone forestière du Sud (OYIDI, 1968 ; TAYLOR, 1972).

* *Apophyllia nigricolis* Attard. (Coléoptère, Chrysomelidae, Galerucini).

Ce ravageur a été observé sur feuillage en pépinière et en plantation. Il a tendance à s'intéresser essentiellement au jeune feuillage. Ses dégâts commis au stade adulte ne sont pas très caractéristiques et peuvent passer inaperçus. Sa présence a été notée à Bakundu au mois d'avril. BRUNCK (1977) l'avait déjà signalé à Bélabo en juin.

* *Platyxantha curvicornis* Jac. (Coléoptère, Chrysomelidae).

Cet insecte a causé de très légères défoliations sur *M. altissima* à Bakundu en septembre où la présence de quelques individus à l'oeuvre a été notée. Il a également été signalé à Bélabo (BRUNCK, 1977) et au Nigéria (HYWEL, 1969) sur la même espèce.

2.3.2.2. Insectes du tronc

* *Eulophonotus* sp. (Lépidoptère, Cossidae).

Cette espèce vient en deuxième position au point de vue de sa densité et de l'importance des ravages observés, derrière *G. sidae* et devant *Z. variegatus*.

La femelle dépose ses oeufs isolément dans les petites fissures de l'écorce, zones de pénétration facile de la larve née dans l'écorce

puis dans l'aubier.

La localisation des pontes le long du tronc, facilement reconnaissables par les galeries pratiquées par les larves d'Eulophonotus sur l'écorce, permet de relever qu'elles sont nettement plus concentrées sur les 4 à 5m basaux du fût alors qu'elles sont inexistantes au niveau des branches.

Cette localisation basale des pontes est peut-être due au fait que la femelle vole rarement très haut.

Le développement larvaire est de longue durée et peut dépasser 5 mois. Il est possible qu'il existe une diapause obligatoire au stade nymphal entre juillet et novembre. En effet, aucune trace d'attaque n'est observée au cours de cette période (figure 10) où les conditions climatiques ne sont pourtant pas particulièrement difficiles.

L'insecte accomplit tout son développement à l'intérieur de la galerie après avoir confectionné à l'entrée de celle-ci un cocon constitué de fils de soie qui relie les particules de sciure.

* Description des dégâts et leur importance relative

Les attaques récentes se caractérisent par un écoulement gluant au niveau du trou de pénétration. Avec le temps, cet écoulement se dessèche sur l'écorce en laissant une trace noire. Cette trace persiste même après la fermeture de l'orifice par lequel l'insecte a émergé.

Les galeries sont d'abord perpendiculaires aux fibres de bois de l'aubier sur environ 0,8 cm de profondeur puis sont verticales et ascendantes. Le diamètre du trou de pénétration est en moyenne de 0,4 cm. La longueur des galeries varie entre 20 et 25 cm, pouvant atteindre exceptionnellement 50 cm. *Triplochiton scleroxyton*, espèce de la même famille que *Mansonnia*, est également attaquée.

Les dégâts sont nettement plus importants à Bélabo qu'à Bilik ou à Bakundu. A titre indicatif, nous avons enregistré, en 1988, 147 galeries sur 371 *M. altissima* et 323 galeries sur 322 *T. scleroxylon*. Dans les 2 cas, il s'agissait de peuplements mis en place en 1974. A Bilik sur 100 arbres d'un peuplement de *T. scleroxylon* mis en place en 1969, 5 galeries seulement ont été notées tandis qu'à Bakundu aucune trace de mulotage n'a été relevée sur *M. altissima* bien que *T. scleroxylon* soit attaqué par l'insecte dans cette localité. Il est possible que le contrôle par les ennemis naturels de ce ravageur soit plus efficace dans les deux dernières localités citées.

Nous avons essayé d'estimer en 1989 le niveau de population larvaire mais de façon très approximative en comptant tout simplement sur les mêmes arbres qu'en 1988, le nombre total de galeries. Ces galeries sont repérées et comptées le 25 de chaque mois en prenant soin de les marquer à la peinture afin de les exclure lors des comptages suivants. Le comptage ne prend en compte que les galeries réussies puisqu'il est surtout question d'apprécier l'importance des dégâts. Ceci nous a permis d'obtenir les courbes de la figure 10.

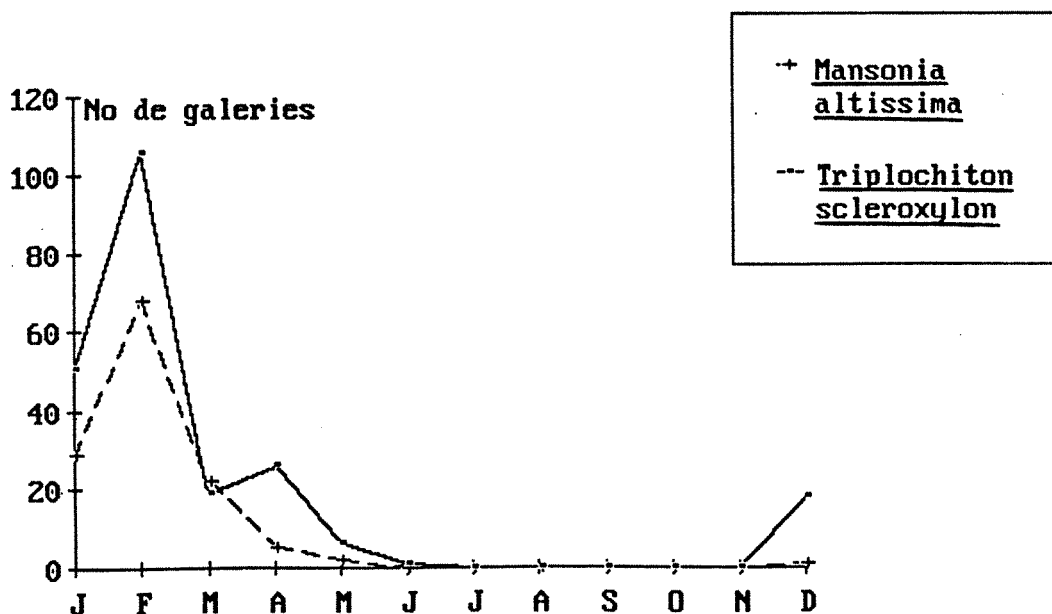


Figure 10: Evolution mensuelle du nombre de galeries d'*Eulophonotus* sp. sur 322 *T. scleroxylon* et 371 *M. altissima*.

De janvier à décembre, nous avons enregistré au total 127 galeries sur *M. altissima*. Cinquante neuf arbres sur 371 ont été atteints. Chez *T. scleroxylon*, 228 galeries ont été dénombrées ; 79 arbres sur 322 ont été atteints. Il faut relever ici que ce ne sont pas toujours les mêmes arbres qui sont atteints chaque année, ce qui aggrave l'importance des dégâts.

Les deux peuplements, tout en n'étant pas contigus, n'étaient cependant pas très éloignés l'un de l'autre. Ceci permet une comparaison, d'où il ressort que *T. scleroxylon* semble plus sensible que *M. altissima*. Par ailleurs, la figure 11 indique que le ravageur s'installe de préférence sur les arbres les plus vigoureux (les plus gros). L'observation est valable pour les deux espèces. La même observation a été faite sur des arbres coupés en forêt naturelle, au cours d'opérations de déroulage: sur 21 billes de bois issues de 10 arbres, il n'a été noté aucune galerie distante de moins de 15 cm environ de l'axe de la tige. Ceci laisse à penser qu'il n'y a pas eu d'attaques avant que l'arbre n'ait atteint ce diamètre.

Le comportement reproducteur des femelles reste à définir, aussi bien en ce qui concerne le choix de l'hôte que celui du biotope. Il en est de même de l'éventuelle relation entre la présence sur l'arbre de *G. sidae* et d'*Eulophonotus* sp, même si ce dernier est un ravageur primaire. Il faut relever à ce sujet qu'*Eulophonotus* sp. se manifeste en saison sèche, peut-être en raison d'un déséquilibre hydrique lors de son installation et de l'épuisement que l'arbre vient de subir à la suite de la défoliation de novembre. Une forte poussée de la sève peut en effet être préjudiciable à la survie de la larve dans sa galerie.

En conclusion, même si les attaques n'entraînent pas la mort de l'arbre (sauf en cas d'une forte concentration de galeries), elles sont

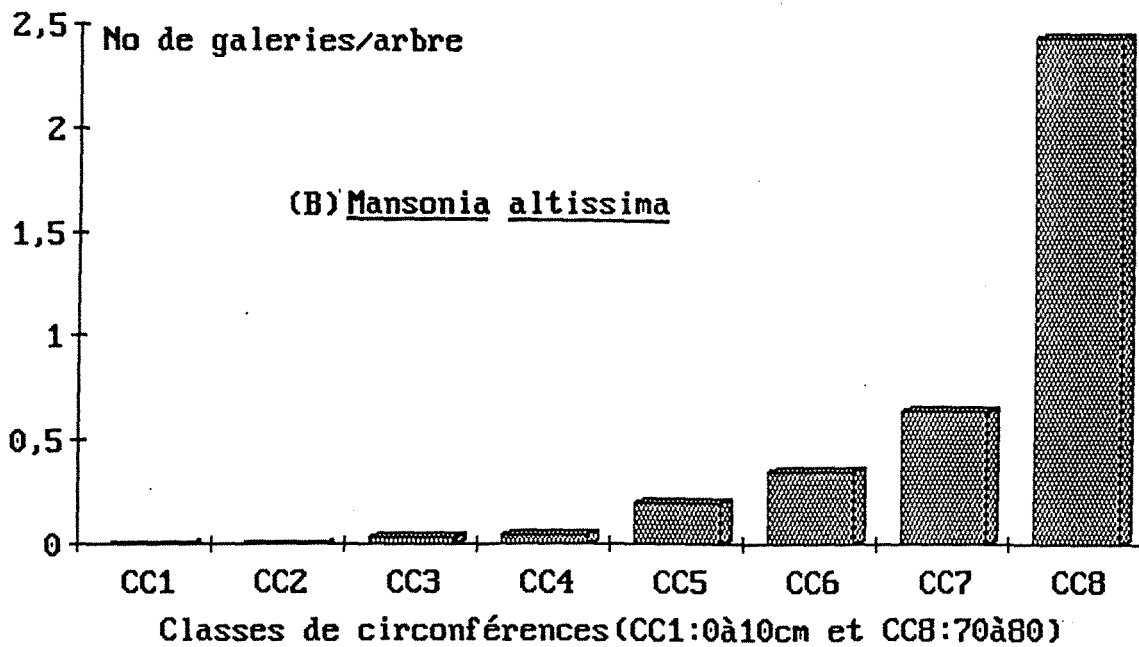
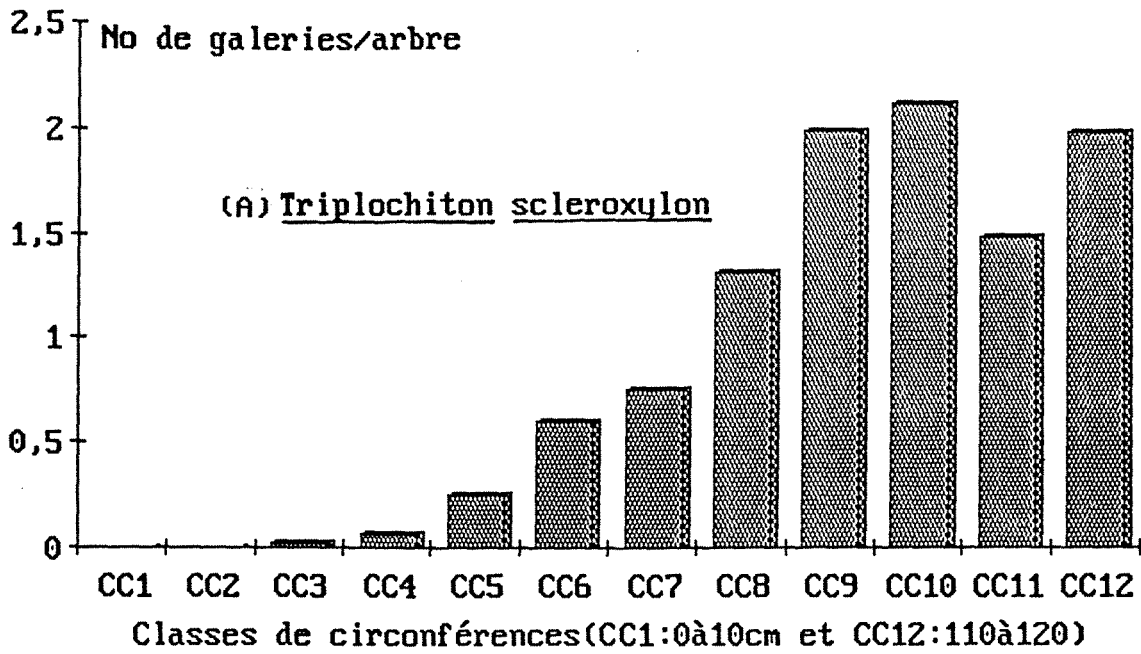


Figure 11: Importance des dégâts (no. de galeries) d'Eulophonotus sp par arbre en fonction de la grosseur, sur 2 espèces, T. scleroxylon(A) et M. altissima(B).

économiquement importantes par le fait qu'elles déprécient considérablement la qualité du bois récolté. L'importance des rebuts au sciage et au déroulage est d'autant plus grande que l'effectif de chenilles (galeries) abritées par un arbre au cours de sa vie est élevé.

* *Apate monachus* F. (Coléoptère, Bostrichidae).

Il s'agit d'un agent de mulotage faisant des dégâts au stade adulte sur plusieurs espèces forestières. Quelques attaques très sporadiques ont été observées sur *M. altissima* à Bélabo, où *Cedrela odorata* semble être sa principale cible. Ce ravageur se manifeste vers le milieu de la saison sèche (décembre). Les attaques se reconnaissent par de larges trous circulaires sur le tronc. La galerie est peu profonde.

2.3.2.3. Autres ravageurs

Les deux espèces suivantes ont été signalées sur *M. altissima* dans d'autres pays (EIDT, 1963) mais nous ne les avons pas observées au cours de nos prospections.

* *Xyleborus semiopacus* Eichh (Coléoptère, Scolytidae).

L'insecte est un ravageur secondaire, agent de mulotage. Il s'attaque, au stade adulte, essentiellement aux arbres abattus ou affaiblis. Sa présence est signalée au Nigéria sur de nombreuses autres espèces forestières.

* *Minthea obrita* Wollaston (Coléoptère, Lyctidae).

Ce ravageur, très polyphage, s'attaque essentiellement au bois scié ou aux arbres affaiblis. Les dégâts sont d'autant plus importants que le bois est tendre. La présence de sciure qui caractérise l'attaque du xylophage n'est observée qu'au début de son installation. Ainsi sa présence peut passer inaperçue alors que des ravages se font à l'inté-

rieur du bois. Il semble infeodé essentiellement aux Sterculiacées.

* Enfin, au moment où nous présentons ce travail, deux espèces de Lépidoptères n'ont pas encore été identifiées. Il s'agit de :

- un ravageur de fruits observé à Bafang et à Bakundu. Les fruits sont attaqués à maturité, lorsqu'ils sont encore verts. Les larves pénètrent dans la graine et l'évident de son contenu. De nombreuses larves ont été trouvées mortes, noyées dans un liquide noir contenu dans l'espace laissé après disparition de l'albumen. Les graines attaquées et encore attachées à l'arbre se reconnaissent par le trou pratiqué sur le péri-carpe, d'un diamètre légèrement inférieur au millimètre.

Des taux de dégâts variant entre 5 et 60 % ont été enregistrés sur 44 lots de 100 graines, chaque lot étant récolté sur une à cinq branches du même arbre.

Il est possible que la récolte précoce des graines permette de limiter notablement les attaques.

- une chenille enrouleuse du feuillage, de la famille des Pyralidae, observée uniquement à Bakundu. Elle semble n'avoir qu'une génération annuelle puisque sa présence n'est relevée que d'octobre à décembre. Son biotope préféré est constitué des feuilles âgées qu'elle enroule et fixe avec de la soie. Elle ne paraît pas présenter actuellement de danger puisqu'on observe à peine 10 larves par arbre.

2.3.3. Conclusion

De tous les ravageurs recensés, nombreux sont ceux qui se trouvent encore à l'état latent même s'il n'est pas impossible qu'ils deviennent plus tard des ravageurs importants, à la suite de l'extension des plantations de *M. altissima*. Trois espèces se signalent soit par leurs

fortes populations à certaines périodes de l'année, soit par l'ampleur de leur dégâts, il s'agit de :

- *Godasa sidae*, capable en période de pullulation de dépouiller les arbres de toutes leurs feuilles. Des populations très élevées sont enregistrées périodiquement tous les ans.
- *Eulophonotus* sp., peu fréquent et présentant une seule génération annuelle ; ses dégâts sont préjudiciables à la qualité du produit de récolte en cas de forte pullulation et à la suite d'attaques répétées sur de nombreuses années.
- *Zonocerus variegatus* se manifeste également à une très forte densité. Son caractère très polyphage le rend cependant moins agressif vis-à-vis de *M. altissima*.

2.4. CONCLUSION DE LA PREMIERE PARTIE

Mansonia altissima est une espèce de grande valeur technologique mais fortement diluée dans son aire naturelle et très exploitée. Ceci nécessite pour le maintien de sa pérennité le développement de sa sylviculture dont le comportement par rapport à de nombreuses autres espèces de valeur technologique comparable est satisfaisant.

En ce qui concerne sa phénologie, *M. altissima* se caractérise par la caducité de son feuillage. Cette caducité apparaît plus liée à l'état de dégénérescence des feuilles qu'à la rigueur du climat (comme c'est le cas en région tempérée). Le climat semble cependant jouer un rôle régulateur puisqu'en fin de saison sèche on assiste à une chute totale des feuilles, cette chute étant partielle au milieu de la saison des pluies.

L'évolution de la croissance foliaire passe par 4 classes que nous avons définies en fonction de l'âge et de la consistance des feuilles. L'importance de cette définition réside dans le rôle qu'elle peut avoir sur le comportement d'un insecte défoliateur. L'évolution des feuilles est la même à Bélabo et à Bakundu où nous avons effectué nos observations, avec un léger décalage dans le temps.

Elle est interrompue par l'intervention d'une défoliation importante qui dépouille l'arbre presque entièrement de son feuillage, allongeant ainsi la durée de la période de l'état défeuillé des arbres au cours de l'année.

Cette défoliation est l'oeuvre de *Godasa sidae* qui est le ravageur le plus important que nous avons pu noter au cours de nos observations entomologiques. Une dizaine d'autres ravageurs ont été recensés, dont la plupart sont encore latents même si le risque d'une explosion de leurs populations n'est pas à exclure.

G. sidae est le ravageur qui se manifeste le plus par ses pullulations spectaculaires. Nous lui avons donc consacré, dans la suite de notre travail, une étude plus approfondie.

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DU RAVAGEUR LE PLUS IMPORTANT DE **M. ALTISSIMA** : **G. SIDAÉ**

CHAPITRE 1

CARACTERES GENERAUX

1.1. POSITION TAXONOMIQUE DE G. SIDAE

Cette espèce a été décrite pour la première fois par FABRICIUS en 1794 dans le genre *Noctua*.

En 1865, WALKER crée le genre *Godasa* qu'il range dans la famille des *Callimorphidae* (aujourd'hui *Arctiidae*) avec comme espèce type *Godasa maculatrix*, holotype mâle de Sierra Leone. Plus tard, il établira une synonymie entre les deux espèces qui seront réunies sous le nom de *Godasa sidae* (FABRICIUS).

Depuis sa description, l'insecte n'a été l'objet d'aucune étude approfondie tant sur sa biologie que sur son écologie. Seules quelques observations sommaires ont été faites sur son caractère ravageur par BROWNE (1968), HYWEL (1969) et BRUNCK (1974). C'est peut-être ce qui explique la confusion qui règne actuellement quant à sa position systématique.

A la lumière des travaux récents de divers spécialistes (KITCHING, 1984 ; KRISTENSEN, 1986 et MINET, 1986) et de nos observations personnelles (FOAHOM, 1985 ; 1988), nous avons essayé d'apporter quelques éléments en vue d'établir les affinités du genre *Godasa*.

La relation entre *Noctuidae* et *Aganainae* (*Hypsinae*) fut suggérée pour la première fois par GARDNER (1941) en se basant sur certaines caractéristiques des larves. MINET (1986) propose d'élargir le groupe des *Noctuidae* en y ajoutant cette sous-famille qui partage avec les autres *Noctuidae* deux synapomorphies probables :

- Prolongements antéro-latéraux du "premier" sternite (urite) reliés chacun au sclérite latéro-tergal correspondant (urite 1) par une bandelette sclérifiée post-stigmatique, distinctement élargie dans sa partie dorsale.
- Cavités antétympaniques ventralement très proches l'une de l'autre, voire largement contiguës.

Par ailleurs, HAMPSON, cité par KITCHING (1984), estime que les trois familles Agaristidae, Arctiidae et Noctuidae sont très étroitement liées et difficiles à séparer, la sous-famille des Hypsinae étant probablement le trait d'union entre Arctiidae et Noctuidae. Notons que le tympan thoracique placé de chaque côté du métathorax est propre aux Noctuoidea en général et à ces trois familles, en particulier.

Le rapprochement entre Noctuidae et Agaristidae a été souvent effectué (JORDAN, 1913 ; KIRIAKOFF & VIETTE, 1974). La présence de bulles abdominales (1), propres aux Agaristidae, et leur répartition - ces insectes sont apparemment cantonnés uniquement dans les régions chaudes du globe - semblent avoir constitué les principales raisons ayant amené les spécialistes à considérer les Agaristidae comme une famille à part. En revanche, HOLLOWAY (1988), à la suite de KITCHING (1984), CAYROL (1972) et beaucoup d'autres, en ont fait une sous-famille (Agaristinae) de la famille des Noctuidae. Les Agaristinae ont généralement des antennes en massue et une activité essentiellement diurne.

Le genre *Godasa* comportait trois espèces : *G. sidae*, *G. orientis* Bertelot et *G. rufodiscalis* Rothschild. Ces espèces se distinguent fondamentalement par leur aire de répartition. En effet, jusqu'ici, il n'a

 (1) Les bulles abdominales sont des organes de résonance et d'amplification.

pas été signalé de chevauchement de ces aires : celle de *G. sidae* s'étire plus ou moins étroitement de l'Afrique Centrale (République Centrafricaine) à l'Afrique de l'Ouest (Côte d'Ivoire) ; *G. orientis* est cantonnée en Afrique Orientale (Rwanda, Tanzanie) ; enfin *G. rufodiscalis* ne se rencontre qu'à Madagascar.

G. sidae et *G. orientis* se ressemblent étrangement par le dessin des ailes antérieures. Toutefois, une observation plus attentive permet de constater que ces ailes ont un fond bien plus clair chez *G. orientis*. Les traits qui ornent la partie sombre des ailes s'étalent sur toute la largeur de celle-ci alors qu'ils se limitent à la moitié supérieure chez *G. sidae*. De même cette dernière a une envergure plus petite que *G. orientis*. En effet, sur un échantillon de 35 papillons issus de larves du dernier stade rapportées du terrain, nous avons obtenu une envergure moyenne de $42,9 \pm 0,7$ mm (FOAHOM, 1984) pour *G. sidae*, alors que cette envergure est en moyenne de 54 mm chez *G. orientis* (SEITZ, 1943).

G. rufodiscalis quant à elle se distingue fortement par la forme et les dessins de ses ailes. Les ailes antérieures sont en effet d'un brun foncé. La bande marginale noire est assez large dans la région apicale et se rétrécit ensuite vers le tornus. KIRIAKOFF & VIETTE (1974) placent cette espèce dans un genre distinct des Agaristinae et l'appellent *Antigodasa rufodiscalis*.

Le transfert de *G. sidae* d'un taxon à un autre, puis les remaniements intervenus dans la classification des Lépidoptères tiennent non seulement aux difficultés à séparer les différents groupes mais aussi au souci des spécialistes d'adopter autant que possible les principes rigoureux de la méthodologie cladistique.

Nous avons déjà noté que la sous-famille des Aganainae, précédemment Hypsinae, et à laquelle appartient le genre *Godasa* Walker, a été récemment rattachée aux Noctuidae (MINET, 1986). Nous revenons sur cet élargissement de la famille des Noctuidae tout simplement pour préciser que les Aganainae présentent en fait des caractéristiques particulières par rapport aux véritables arctiidae et qu'elles semblent avoir constitué le principal trait d'union entre Arctiidae et Noctuidae.

En adoptant la nouvelle approche de MINET (1986) et sur la base de nos observations, nous pouvons retenir que *G. sidae* appartient à la super-famille des Noctuoidea, famille des Noctuidae, sous-famille des Aganainae. Cette classification peut être sujette à discussion, eu égard aux possibilités de rapprochement qui peuvent exister entre les différents groupes. Cependant, notre position rejoint celle de GAEDE (1926) qui classait déjà *G. sidae* dans la sous-famille des Hypsinae (actuellement Aganainae).

1.2. MORPHOLOGIE DES DIFFERENTS STADES

1.2.1. Oeuf

L'oeuf fraîchement pondu se reconnaît par sa couleur blanc-nacré, presque translucide. Il est hémisphérique, légèrement aplati au contact du support de ponte. Il est orné de nombreuses rangées de ponctuations s'étendant du micropile vers la base ; celle-ci est plutôt lisse. Cette base reste fixée au support de ponte après éclosion de la larve.

Les oeufs sont rarement pondus isolément mais le plus souvent déposés par groupe de plusieurs dizaines, voire centaines, les uns à côté des autres (planche 1, figure 14 a).

1.2.2. Larve (planche 1, figure 14 b)

La larve néonée est de couleur blanchâtre, à l'exception de la capsule céphalique qui est noire. Elle mesure à peine 3 mm de longueur et est très peu mobile.

Au bout de 24 heures environ de nutrition, elle change d'aspect et prend une couleur jaune verdâtre en même temps que la plaque anale se pigmente.

La chenille porte 3 paires de pattes thoraciques et 5 paires de fausses pattes, dont la dernière se situe sur le prolongement de la plaque anale et joue un rôle important dans le déplacement et la fixation de la chenille. Les quatre autres sont portées par les urites 3 à 6.

Les segments sont de couleur jaune-verdâtre et ornés d'anneaux de couleur noire. Chaque anneau porte une rangée d'épines disposées perpendiculairement à l'axe de la chenille. On compte en général 4 épines par anneau ; les deux épines dorsales sont plus longues que les deux latérales.

Les anneaux sont nettement interrompus chez les larves des premier et deuxième stades et les épines apparaissent plutôt sous forme d'excroissances largement aplaties. Ils le sont plus ou moins chez les larves âgées.

Sur les segments thoraciques, les excroissances latérales sont en général faiblement développées, voire absentes, et les épines sont directement implantées sur le segment.

A partir du 4ème stade larvaire, les épines se prolongent à leur extrémité par des poils fins de longueur à peu près égale à la moitié de celle des épines ; ces poils sont parfois doubles sur les épines dorsales

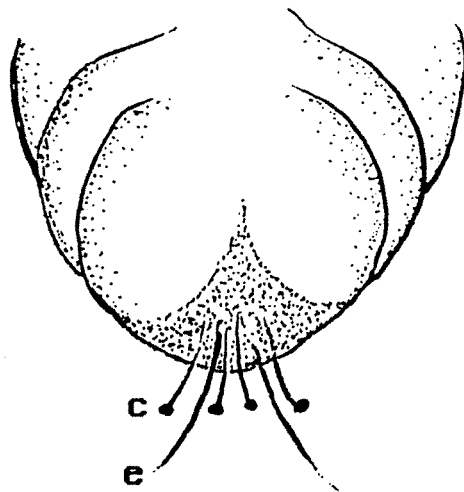


Figure 12: Crémaster. c=crochet; e=épine.

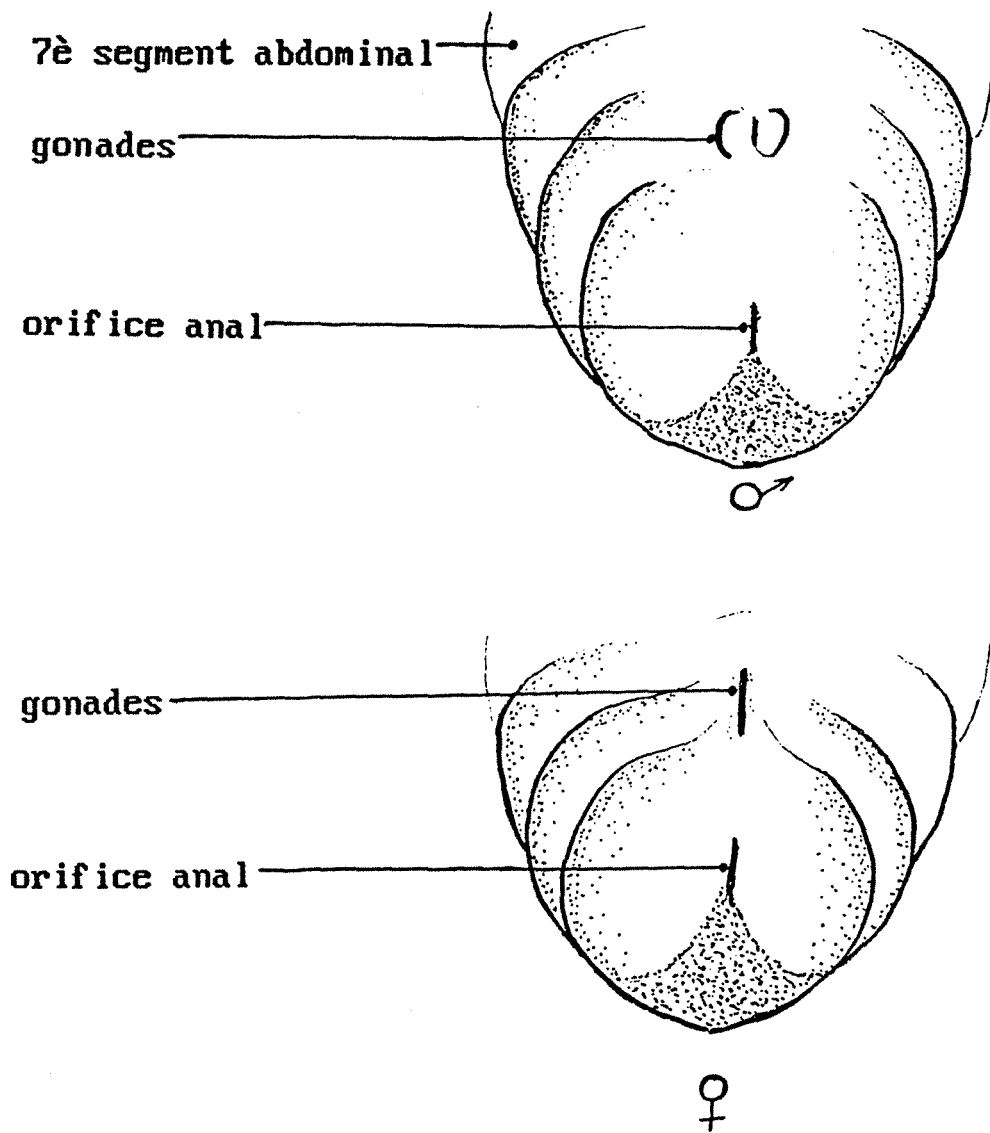


Figure 13: Empreintes génitales de chrysalide (crémaster non représenté).

des premiers segments abdominaux.

Remarquons que la couleur des chenilles peut légèrement varier, en particulier au moment de la mue.

Avant la mue, la larve cesse de se nourrir. Cet arrêt de prise de nourriture, de durée variable selon le stade larvaire, est en moyenne de 8 heures. La larve est alors d'une couleur jaune pâle tandis que les anneaux dorsaux, les épines et la capsule céphalique conservent leur couleur noire.

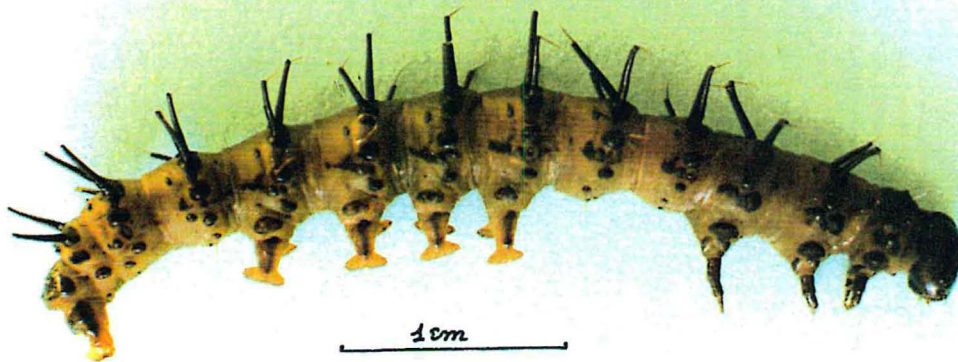
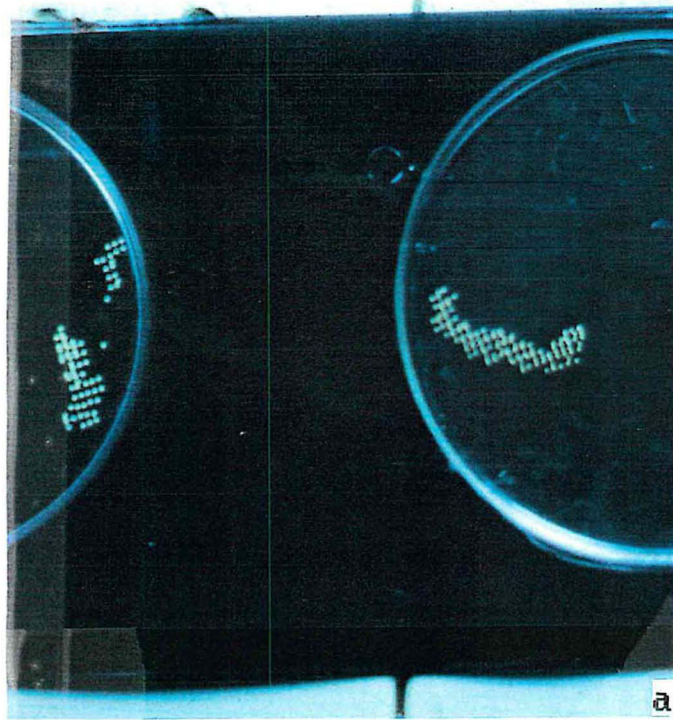
A la sortie de la mue, la larve s'immobilise pendant près de 3 heures avant de reprendre sa nutrition. Elle est d'un jaune plutôt clair. Les anneaux dorsaux, les épines et la capsule céphalique sont plus pâles puis cet aspect change rapidement dans les minutes qui suivent.

1.2.3. Nymphe (planche 2, figure 14 c)

La chrysalide se forme dans un cocon de soie blanchâtre, assez solidement fixé, appliqué de préférence sur les feuilles mortes dans la litière. On en rencontre, mais très rarement, sur les feuilles mortes restées accrochées sur l'arbre. La chrysalide n'est jamais nue.

De couleur marron plus ou moins foncé, elle mesure entre 13 et 18 mm de long. Dans les mêmes conditions de développement, les chrysalides mâles sont généralement plus grandes que les chrysalides femelles.

Le crémaster comprend trois paires de crochets de taille différente, en massue, et une paire d'épines plus longues et recourbées latéralement (figure 12). Le tout est implanté sur une saillie terminale plus foncée que le reste du corps et rugueuse. A l'oeil nu, l'ensemble apparaît comme une pointe aiguë. C'est par cette extrémité que la chrysalide se fixe sur le cocon et reste attachée à la soie au moment de l'émergence de l'adulte.



b

Figure 14: a: Pontes en ooplaque; b: Larve du dernier stade

Une empreinte génitale permet de distinguer la chrysalide mâle de la chrysalide femelle (figure 13). Elle n'est cependant bien visible que sous la loupe.

Lorsque l'émergence est proche, on distingue par transparence 4 rangées de taches noires, dont 2 latérales et 2 dorsales, au niveau de l'abdomen.

1.2.4. Adulte (planche 2, figure 14 d)

Il mesure en moyenne $16,1 \pm 0,3$ mm de long et $42,9 \pm 0,7$ mm d'envergure (observations faites sur 35 papillons).

Les antennes sont filiformes. La trompe et les palpes labiaux sont bien développés. Le thorax de même que les ailes antérieures sont de couleur gris-brun, aussi bien chez le mâle que chez la femelle.

L'abdomen est jaune-citron avec 4 rangées (2 latérales et 2 dorsales) de taches noires. Une touffe de soies à l'extrémité de l'abdomen du mâle est la seule caractéristique macroscopique permettant de distinguer les deux sexes.

Sur les ailes antérieures, la moitié externe est brun foncé avec des nervures claires. La partie interne est plutôt claire avec des nervures foncées ; elle porte aussi des points sombres.

Les ailes postérieures sont jaune-citron, avec une bordure externe bleu-noir. La face inférieure porte en son milieu une tache de même couleur que la bordure externe des ailes.

1.2.4.1. Nervation alaire

A l'aile antérieure, la costale (C) n'est pas enveloppante et s'arrête donc à peu près aux $2/3$ du bord de l'aile. La sous-costale (sc) est libre depuis sa base et n'est pas renflée basalement. Les nervures 7,

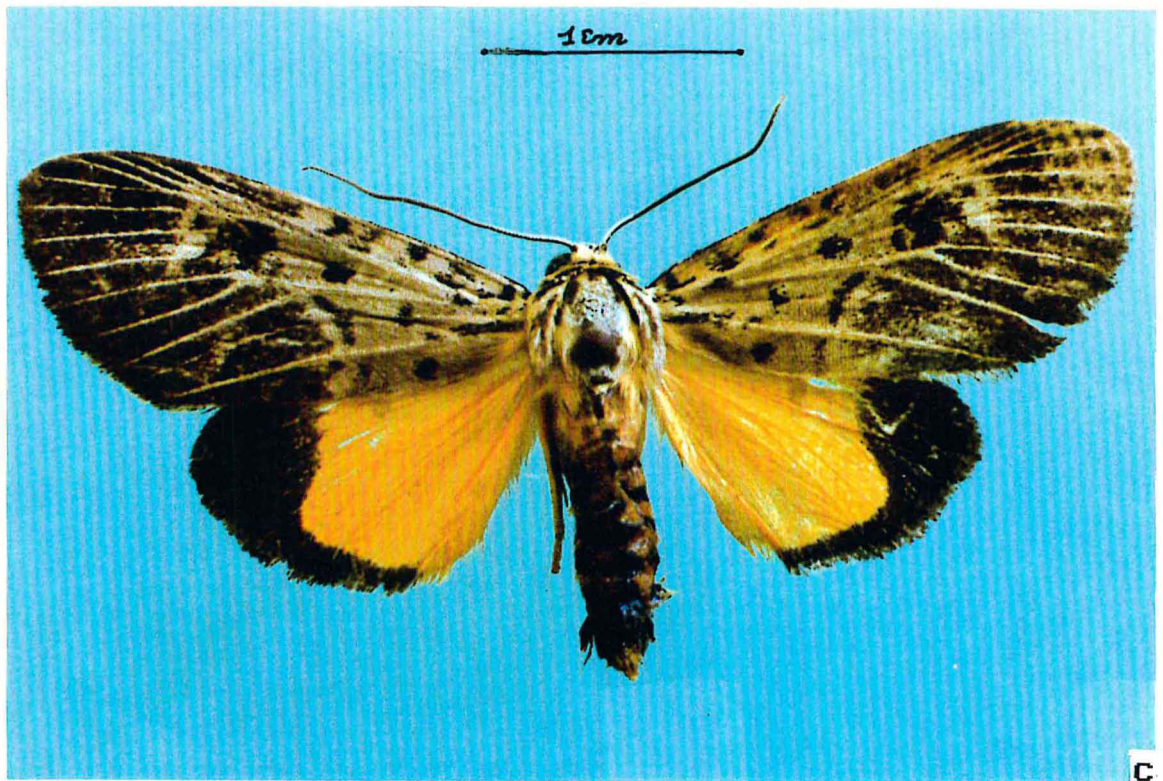


Figure 14: Adulte (c) et Nympe (d) de *G. sidae*.

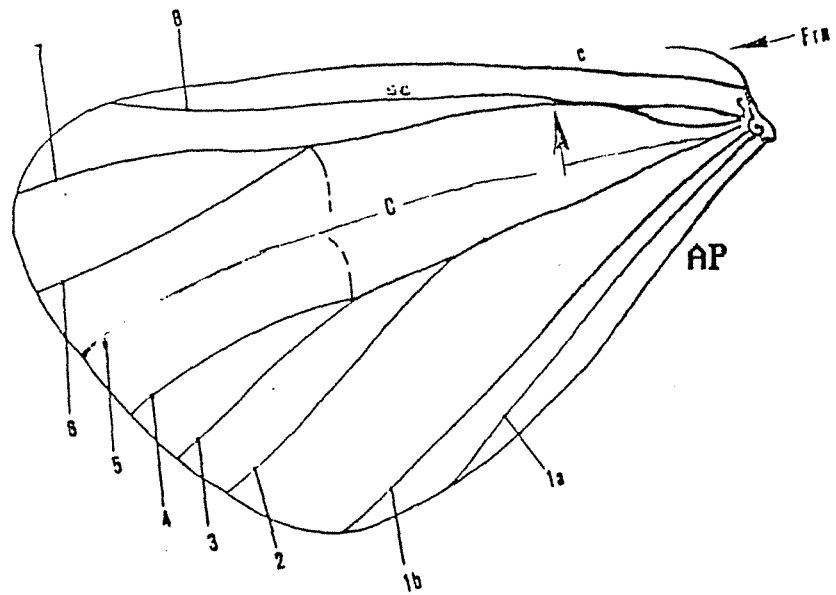
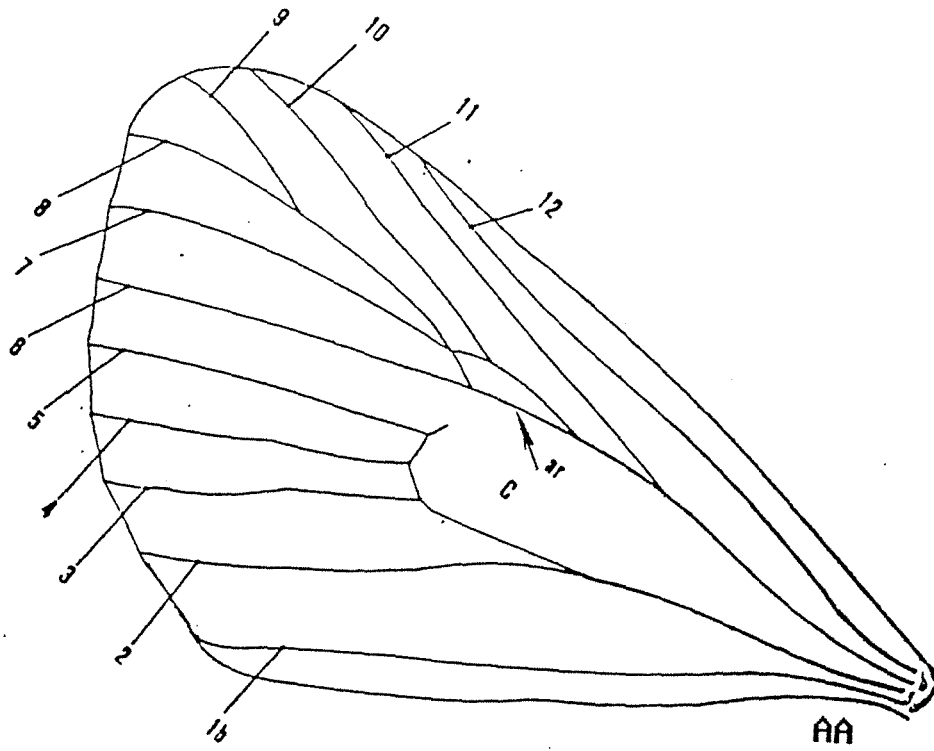


Figure 15: Nervation alaire .

AA: aileantérieure; AP: aile postérieure; ar: ariole; C: cellule; c: costale; Frn: frenelum; sc: sous-costale.

8 et 9 ont une tige commune et la nervure 7 forme une aréole avec la 10 (figure 15), comme chez les Aganainae typiques.

Au niveau de l'aile postérieure, la sous-costale naît libre, fusionne peu après avec le bord antérieur de la cellule, mais se sépare à nouveau bien avant le milieu de celui-ci (figure 15). La nervure 5 est faiblement développée.

1.2.4.2. Génitalia mâles (figure 16)

Nous nous sommes limité à la description des génitalia mâles en raison de leur utilisation courante en systématique. En effet, par rapport à l'armature génitale femelle - peu développée et presque uniforme - les pièces génitales mâles sont plus complexes. De plus elles sont caractéristiques de l'espèce concernée.

Chez *G. sidae*, l'uncus est développé, allongé et recourbé vers le bas. Il est légèrement renflé dans sa partie médiane. Chez *Antigodasa rufodiscalis* ou chez *Sesamia calamistis* (Hampson), par exemple, il est court et en crochet.

Le pli du vinculum est assez large. Les valves, allongées et régulièrement recourbées en forme de banane, présentent une pilosité bien fournie. La harpe est située vers leur milieu. Le saccus est allongé et étroit, à extrémité en forme de V. L'édéage, de forme assez complexe, est plus court que les valves. Sa partie terminale ou vesica est munie de 5 cornuti (épines chitineuses) de tailles différentes.

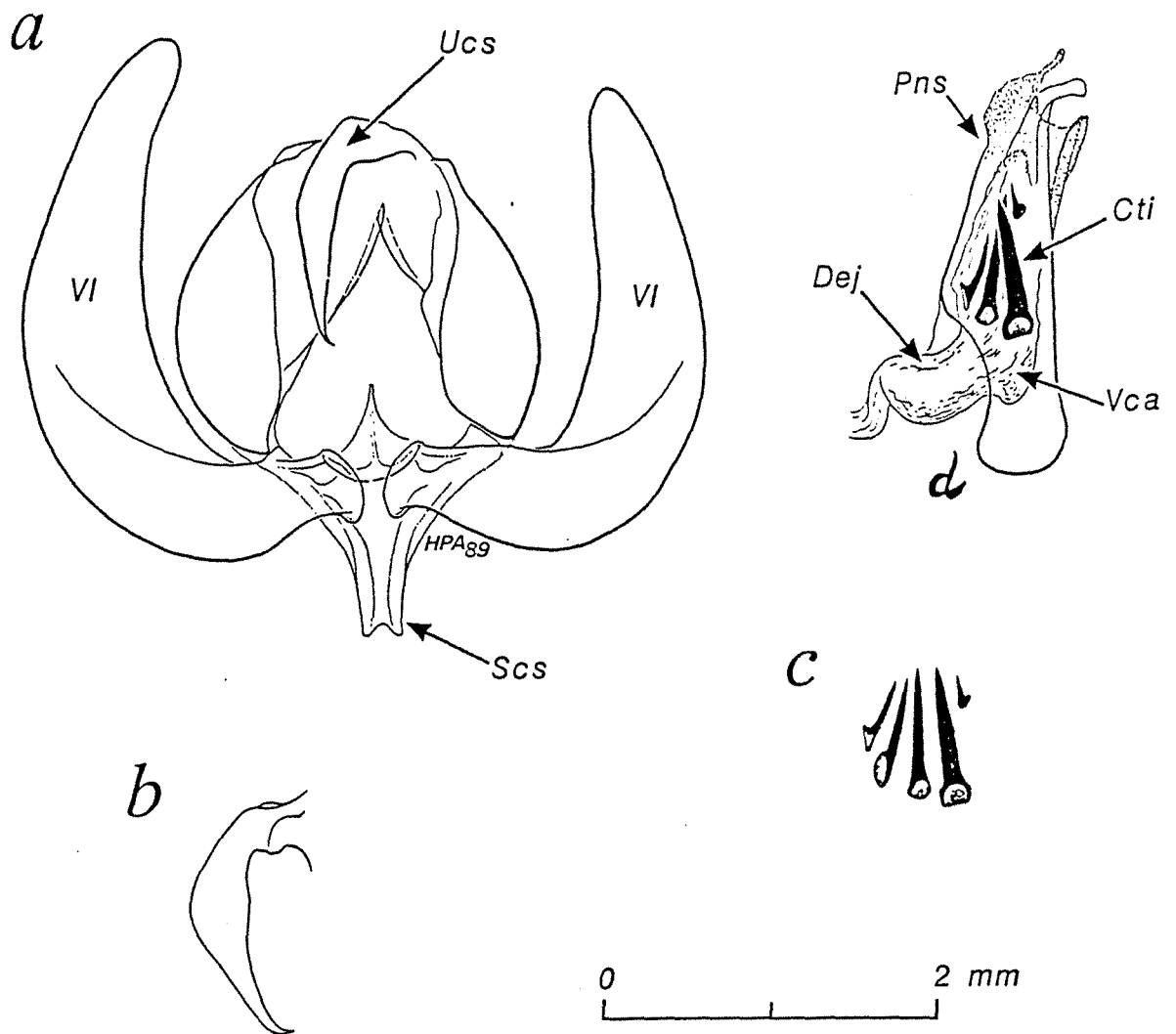


Figure 16: Genitalia mâles (H.P. Aberleng, 1989)

a: vue d'ensemble: Cti: cornuti; Dej: canal éjaculateur;
 Pns: pénis; Scs: saccus; Ucs: uncus;
 VI: valve.

b: uncus de profil.

c: les 5 cornuti de la vesica.

d: edeage.

NB. les soies très nombreuses sur les valves ne sont pas représentées sur le dessin.

CHAPITRE 2

ETUDE BIOLOGIQUE DE GODASA SIDAE

2.1. BUT DE L'ETUDE

Nous avons déjà mentionné dans un chapitre précédent l'absence de toute étude sur la biologie de *G. sidae*. Nous nous sommes donc efforcé dans ce chapitre de pallier cette lacune en étudiant notamment les diverses caractéristiques de développement et le potentiel de reproduction de l'insecte. Le cycle biologique, inconnu, a été précisé et le comportement ravageur de l'insecte observé.

Ces données sont en effet indispensables pour comprendre la dynamique des populations et mettre en oeuvre d'éventuelles méthodes de lutte.

2.2. MATERIEL ET METHODES

Les travaux que nous présentons ici ont été réalisés d'une part dans un local soumis aux conditions climatiques ambiantes et d'autre part dans une salle climatisée où ces conditions ont été maintenues dans des limites de variation plus étroites. Des observations sur le terrain, à Bakundu et à Bélabo, ont permis d'obtenir des données complémentaires.

2.2.1. Les salles d'élevage

Dans le local soumis aux conditions du milieu ambiant (salle A), les paramètres climatiques sont les suivants :

- Température : 26 à 32°C
- Humidité relative : 65 à 90 p. 100.

Ces limites ont été définies par observations directes des courbes hebdomadaires de température et d'humidité relative enregistrées par thermohygrographe.

Dans la salle climatisée de façon permanente (salle B), nous avons pu maintenir les paramètres climatiques à un niveau légèrement plus bas que précédemment, de 5 à 8°C pour la température et de 5 à 20 p. 100 pour l'humidité relative. Les valeurs extrêmes sont les suivantes :

- Température : 21 à 22°C pendant la nuit et
21 à 24°C pendant la journée
- Humidité relative : 60 à 70 %.

En ce qui concerne la photopériode, elle est de 12 heures et varie peu ou pas.

2.2.2. Nutrition des larves

L'élevage a été réalisé uniquement sur des feuilles saines et propres issues de plants entretenus en pépinière, ou bien prélevées sur des arbres de plantation. La chute de la teneur en eau de la feuille limitant l'assimilation par les larves des substances nutritives (SCRIBER, 1977), nous avons pris soin de donner aux larves des feuilles qui venaient d'être récoltées, en rapprochant autant que possible les périodes de renouvellement de la nourriture.

Dans la nature, les jeunes larves se nourrissent essentiellement, sinon uniquement, sur les feuilles de la classe 1 telles que précédemment définies. Nous en avons tenu compte lors de l'apport de la nourriture aux larves.

2.2.3. Origine des insectes

Ils ont été prélevés sur le terrain à l'état d'oeufs ou bien à l'état larvaire (larve du dernier stade). Les oeufs issus de ces insectes sauvages ont servi de base à nos observations biologiques. Ainsi nous avons effectué notre étude sur des individus proches de ceux de la nature.

2.2.4. Matériel d'élevage

2.2.4.1. Au laboratoire

* Incubation des oeufs

Nous avons utilisé des boites parallélépipédiques (95 x 50 x 45 mm) en matière plastique, transparentes, que nous appelons "enceinte 1" et des boites cylindriques de la même matière et de dimensions variables, que nous appellerons "enceinte 2". Un dispositif d'aération est pratiqué sur le couvercle de ces boites. L'humidité ambiante est en général suffisante pour éviter les risques de dessiccation.

* Elevage des larves et nymphose

Les enceintes 1 et 2 ont été utilisées pour élever les larves des premier et deuxième stades. Des boites cylindriques de 100 mm de hauteur x 85 mm de diamètre, recouvertes de toile mousti-quaire, ont servi pour l'élevage des larves âgées et pour la nymphose. Ces boites que nous appellerons "enceinte 3" sont également en matière plastique et transparentes.

* Adulte

Les chrysalides, 5 jours après leur formation, sont délicatement dégagées de leur cocon. Elles sont ensuite transférées dans des boîtes cylindriques de 280 mm de hauteur x 85 mm de diamètre appelées "enceinte 4" ou dans des cagettes cubiques de 150 mm de côté, munies d'une fenêtre coulissante en verre sur l'une des faces latérales et d'un grillage métallique à mailles fines sur la face opposée (enceinte 5) ; l'ossature principale est faite de contreplaqué de 4 mm d'épaisseur. L'enceinte 4 est également en matière plastique, transparente.

La nutrition des papillons est assurée à l'aide d'un coton imbibé d'eau sucrée.

2.2.4.2. Sur le terrain

Dans ce cas l'enceinte d'élevage (enceinte 6) mesure 50 cm de côté et 100 cm de hauteur. Ceci permet à un jeune plant en sachet de tenir dans l'enceinte. Une toile métallique grillagée à mailles fines est tendue sur un bâtis en bois. La base est en contreplaqué ; le sommet en plexiglass forme le couvercle.

2.3. LA VIE IMAGINALE

2.3.1. Emergence

Les observations ont été faites sur des chrysalides précédemment transférées dans l'enceinte 4 après leur formation dans l'enceinte 3.

L'émergence a lieu à tout moment de la journée ou de la nuit. Elle dure environ 2 minutes. A l'émergence, le papillon "fait sauter" la partie antérieure de la chrysalide qui recouvre la tête et la face

dorsale du thorax, puis se détache du reste de l'enveloppe. Nous avons quelquefois observé que cette partie pouvait rester sur le papillon après émergence. Ce dernier ainsi gêné ne vit pas longtemps.

Dès la sortie de la chrysalide, le papillon libère immédiatement, par son extrémité anale, le reste du contenu des tubes de Malpighi, le meconium. Il reste immobile pendant 15 à 20 minutes. Pendant ce temps, les ailes s'étalent, se replient sur le dos et sèchent. Cette position dure environ 20 minutes, puis le papillon adopte la posture des Noctuelles en général (ailes rabattues sur le corps en forme de V). Le papillon s'active en marchant, sans voler.

L'émergence telle que nous venons de la décrire constitue une période où la vulnérabilité de *G. sidae* aux éventuels prédateurs est plus grande. En effet pendant 35 à 40 minutes le papillon bouge peu ou bien s'active seulement en marchant sans voler. Il ne manifeste aucune réaction de défense vis-à-vis d'un éventuel danger : on peut aisément le saisir à la main sans avoir besoin d'un dispositif spécial.

2.3.2. Reproduction

2.3.2.1. Appareil génital femelle

Les ovaires sont constitués de 4 ovarioles aux extrémités antérieures fines et enroulées. Dans chaque ovariole, les oeufs (ovocytes) sont disposés en chapelet, de taille décroissante du pôle postérieur vers le pôle antérieur (figure 17) jusqu'à ce que l'on n'observe plus qu'une masse continue. Selon leur niveau de maturité, les ovocytes se présentent sous différents aspects :

- Chez les ovocytes mûrs, le contenu est blanc et homogène.

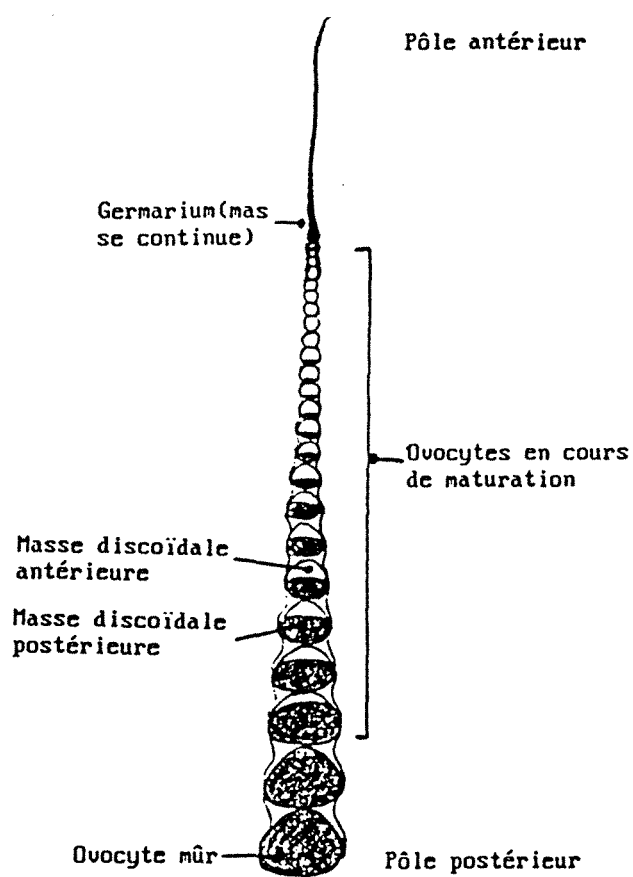


Figure 17: Aspect des ovocytes en cours d'évolution tel qu'observé sous la loupe.

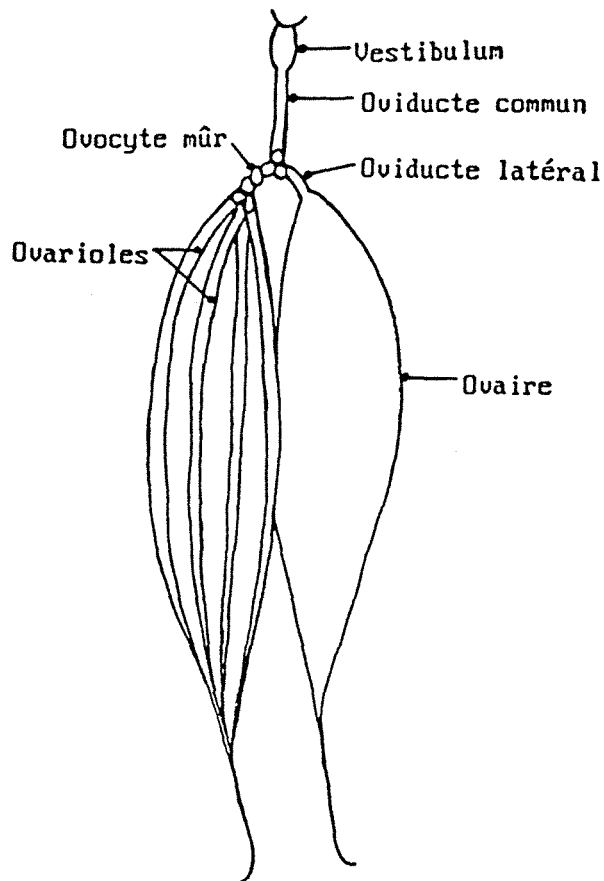


Figure 18: Schéma des ovaires illustrant les 4 ovavioles et la présence d'un vestibulum à l'extrémité de l'oviducte commun.

- Les ovocytes en cours de maturation apparaissent sous forme d'éléments constitués de deux masses discoïdales juxtaposées, le tout étant enveloppé dans un follicule. Les deux masses se distinguent nettement par leur aspect. La masse discoïdale postérieure (orientée vers l'oviducte) est blanche et opaque. La masse discoïdale antérieure (orientée vers l'extrémité fine de l'ovariole) est beaucoup plus translucide ; elle diminue progressivement de taille au fur et à mesure de l'évolution de l'ovocyte et disparaît complètement lorsque ce dernier parvient à maturité (figure 17).

Cette organisation fait penser à une ovariole du type méroïstique polytrophique. Dans ce type d'ovariole, tel que le présentent PORTIER (1949) et KOCH et al. (1967), chaque ovocyte (masse discoïdale postérieure) se trouve accompagné d'un certain nombre de trophocytes, ou cellules nourricières (masse discoïdale antérieure) qui vont se désagréger à la maturité de l'ovocyte.

Les quatre ovarioles de chaque ovaire se réunissent en un oviducte latéral assez court, qui ne peut contenir à la fois que quelques oeufs. L'oviducte commun, où aboutissent les deux oviductes latéraux, présente un vestibulum avant de déboucher dans le vagin (figure 18).

2.3.2.2. Accouplement et maturité

* Méthode d'étude

Nos tentatives pour suivre les mêmes couples du début jusqu'à la fin de l'accouplement ont toutes échoué, ce qui résulte du fait que, sauf lorsque le tandem est déjà constitué, la lumière même faible semble perturber le processus d'accouplement. Nos observations ont été faites sur plusieurs couples à différents moments de la nuit. Ceci nous a permis toutefois de reconstituer l'ensemble de la séquence comportementale.

Les observations ont été réalisées en conditions ambiantes dans l'enceinte de type 4.

En ce qui concerne l'étude de la maturité sexuelle, le dispositif consiste à présenter à un mâle vierge des femelles vierges successivement les première, deuxième, troisième, quatrième et cinquième nuits après émergence. Ces observations sont complétées par l'examen ultérieur sous la loupe binoculaire des ovarioles après dissection.

* Résultats et conclusion

L'accouplement a lieu facilement en captivité et aucune disposition particulière n'est à prendre pour l'obtenir. Il a lieu dans la deuxième moitié de la nuit, au-delà d'une heure du matin. Les deux sexes se séparent généralement peu avant l'aube. La durée d'accouplement se situe entre 3 et 5 heures.

La femelle, en position d'appel, reste immobile, l'extrémité de l'abdomen légèrement relevée. Apparemment, c'est le mâle qui prend l'initiative de l'accouplement. Il s'approche de la femelle en faisant vibrer les ailes. Les valves génitales sont largement déployées. Ces valves restent déployées même lorsque le processus d'accouplement est interrompu

(en faisant la lumière dans la salle par exemple). Après que le mâle a accroché avec ses valves l'extrémité abdominale de la femelle, l'accouplement a lieu en opposition comme chez tous les Lépidoptères.

La femelle n'appelle le mâle qu'à partir de la quatrième nuit suivant l'émergence. Les ovocytes sont à peine ébauchés à la sortie de la chrysalide. La plus grande partie de la vitellogenèse s'accomplit donc après la mue imaginale.

Le mâle, quant à lui, est mûr sexuellement environ 48 heures après émergence. C'est aussi le cas chez *Spodoptera exempta* (Walker) (KHASIMUDDIN, 1978), une autre espèce de Noctuidae.

La femelle de *G. sidae* semble ne s'accoupler qu'une seule fois. Des femelles sexuellement mûres ayant passé une nuit avec des mâles ont pondu pendant la période d'oviposition des oeufs presque tous fertiles.

Par ailleurs, en soumettant au même mâle sexuellement mûr plusieurs femelles successives en tenant compte de leur maturité sexuelle, nous avons obtenu des oeufs fertiles d'une seule femelle. Ceci permet de penser que le mâle ne s'accouplerait lui-aussi qu'une seule fois.

Chez de nombreux Lépidoptères, par contre, plus d'un accouplement sont observés (BURNS, 1966). OWEN & CHANTER, (1969), dans un dispositif analogue à celui que nous avons utilisé, observent que chez *Acraea encedon* L. (Noctuidae), le mâle est capable de féconder plus de 4 femelles différentes. De même RAHN (1971) note que chez *Acrolepia assectella* Zetterstedt, la femelle accepte jusqu'à trois accouplements entrecoupés de pontes. La présence d'un spermatophore plein dans la bourse copulatrice inhibe entre deux accouplements le comportement sexuel chez cet insecte.

2.3.2.3. Oviposition

* Comportement de ponte

Compte tenu des moyens techniques et matériels dont nous disposions, nous n'avons pu aborder expérimentalement l'étude concernant le processus de choix du site de ponte.

La femelle dépose ses oeufs directement sur la feuille du végétal-hôte. Nous n'avons observé, au cours de nos prospections, aucune ponte sur une espèce végétale autre que *M. altissima*.

L'observation des pontes sur des arbres de plus de 15 m de hauteur (en forêt naturelle) permet de dire que la femelle vole suffisamment haut pour y déposer ses oeufs. Ces arbres ne sont donc pas à l'abri des ravages de *G. sidae*. Ce n'est par exemple pas le cas chez *Hypsipyra grandella* Zeller (), dont les oeufs et par conséquent les dégâts sont très peu ou pas observés, sur des arbres de plus de 6 m (GRIJPMA & GARA, 1970).

Un total de 16088 oeufs ont pu être examinés. Le tableau IV montre que les femelles déposent la plupart de leurs oeufs sur les jeunes feuilles et choisissent de préférence, la face inférieure de celles-ci. Ainsi les oeufs se trouvent-ils à l'abri des facteurs défavorables tels que l'insolation ou la pluie.

TABLEAU IV
REPARTITION DES OEUFS SELON LE SITE DE PONTE

	Face de la feuille	Etat du support		Total	
Site de ponte	inférieure	supérieure	CL1+CL2	CL3+cl4	général
Nombre d'oeufs observés	13.814	2.273	14.943	1.144	16.087
Proportion observée (%)	85,9	14,1	92,9	7,1	100

- CL = classe de la feuille telle que précédemment définie.

En ce qui concerne le choix du site de ponte (jeune feuille), on peut penser qu'il est guidé par l'émission de substances volatiles particulières, auxquelles le femelle de *G. sidae* serait sensible. GRIJPMAN (1970) explique ainsi le comportement de ponte de *H. gandella*. Il en est de même chez de nombreux autres insectes qui présentent ce comportement vis-à-vis de composés volatiles rencontrés chez leurs espèces-hôtes (THOMAS & HERTEL, 1967 ; ASHER, 1970 ; CADE et al., 1970 ; MOECK, 1970 ; GAGNEPAIN, 1986). Ces composés chimiques sont d'autant plus spécifiques du végétal-hôte que l'affinité entre ce végétal et son ravageur est poussée (VISSER, 1986). Ceci apparaît être le cas en ce qui concerne la relation *M. altissima* - *G. sidae* et justifierait la mise en oeuvre d'investigations permettant d'approfondir ce point, ce que nous n'avons pu réaliser pour les raisons indiquées plus haut.

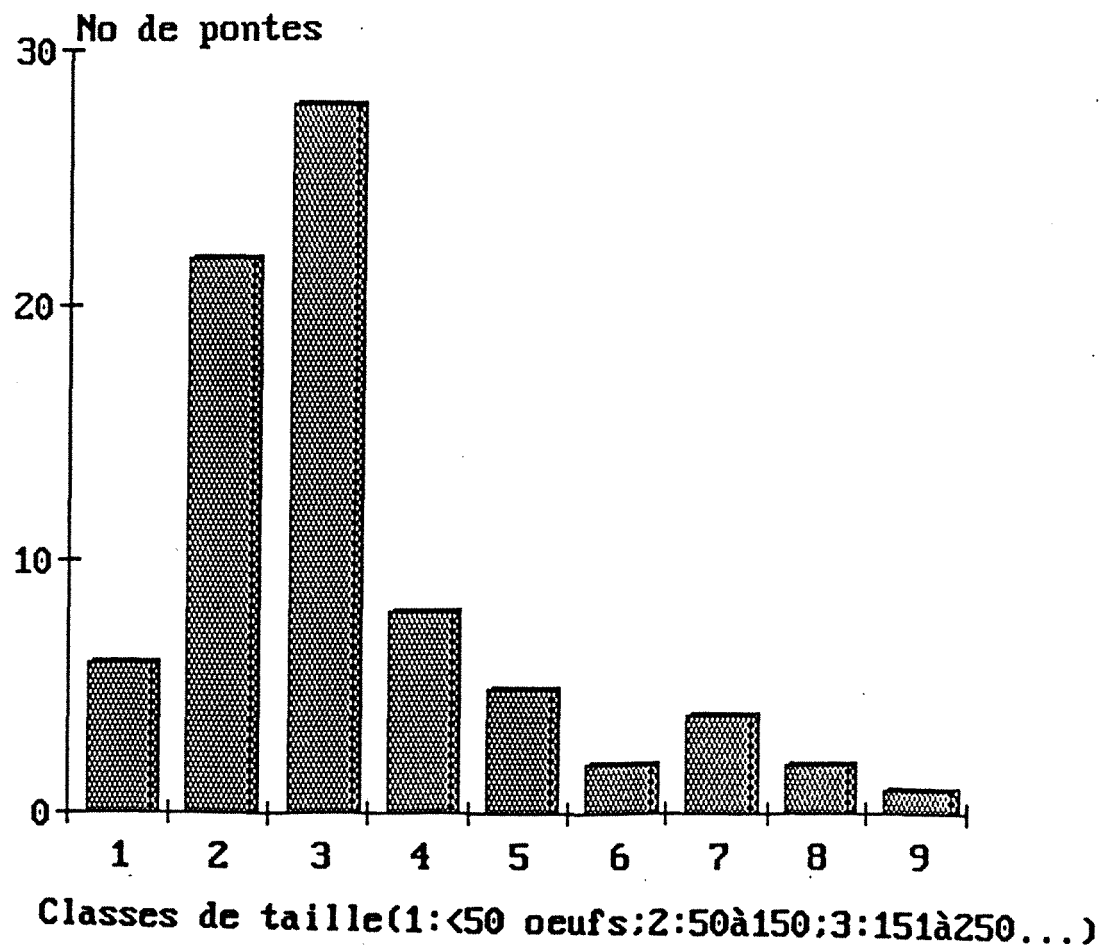


Figure 19: Histogramme de fréquence des pontes selon leur taille.

Les pontes sont des ooplaques de taille variable. La figure 19 montre que la majorité des ooplaques appartiennent aux classes 2 et 3 dont la taille est comprise entre 51 et 250 oeufs. Ceci représente 64 p. 100 de l'effectif total des pontes et 54,2 p. cent (8735 oeufs) des oeufs prélevés. La moyenne par ooplaque est de 206 oeufs. Les oeufs sont accolés les uns aux autres et jamais superposés.

A titre de comparaison, *Othreis fullonia* Clerck est une noctuelle chez laquelle le dépôt des oeufs sous forme d'ooplaques est lié à une forte densité de la population de l'insecte (COCHEREAU, 1973). Chez *Selepa docilis*, une autre Noctuidae, GRIJPMA (1971) et FREMPONG (1981) observent que les femelles pondent aussi en ooplaques mais plutôt sur la face supérieure des feuilles de l'espèce hôte.

Les pontes sur la face supérieure des feuilles de *M. altissima* sont exceptionnelles ; c'est le cas en particulier lorsque la feuille porte une autre ponte à sa face inférieure ou lorsqu'il y a une très faible proportion de jeunes feuilles (classes 1 et 2) dans la cime des arbres, réduisant ainsi les sites appropriés. Les ooplaques à ce moment sont de petite taille.

Tous les oeufs d'une même ooplaque éclosent simultanément, ce qui exclut la participation de plusieurs femelles à la constitution de l'ooplaque.

Sur les 16087 oeufs observés, 1494 se sont avérés stériles ; pour ces 1494 oeufs, 1293 avaient été pondus isolément ou appartenaient à des pontes de moins de 10 oeufs. Près de 70 p. 100 (1046) de ces oeufs stériles avaient été déposés sur des feuilles appartenant aux classes 3 et 4 (cf. lère p. chapitre 2, 2.2.2.2., p. 1). On peut remarquer ici que le taux de fertilité chez *G. sidae* est très élevé dans la nature (90,7 p.

100), et qu'il est comparable à celui de *Sesamia calamistis* et *Othreis materna*, autres Noctuelles pour lesquelles ODJO (1984) et SRIVARTARA & BOGAVAT (1969) ont trouvé respectivement 87,3 et 90,0 p. 100.

En considérant que le réflexe de ponte est conditionné par la présence d'un support approprié qui attire la femelle, il est logique de penser que l'intensité de ponte doit être assez faible durant la période où dominant sur les arbres les vieilles feuilles. Nous reviendrons plus tard sur cet aspect du problème.

* Effet de l'accouplement et du support de ponte

+ Matériel et méthode

On sait que l'oviposition dépend souvent d'un accouplement préalable. Chez les femelles vierges, on observe une rétention des ovocytes et, lorsque les oeufs sont pondus, les pontes ne présentent plus l'arrangement régulier habituel (RACAUD, 1980). C'est ce que nous avons essayé de vérifier au laboratoire chez *G. sidae*, en conditions ambiantes, en utilisant l'enceinte 4.

Nous avons entrepris nos observations sur dix femelles (à raison d'une femelle par enceinte) et sur dix couples (à raison d'un couple par enceinte). Les couples sont maintenus jusqu'à la fin de l'expérience. Le support de ponte est une petite feuille entière de la classe 1, récoltée avec son pétiole à 23 heures (pour maintenir sa fraîcheur la nuit de ponte) et suspendue dans l'enceinte de ponte. La feuille est renouvelée tous les jours.

Par ailleurs, l'effet du végétal-hôte comme support de ponte sur l'oviposition a été étudié sur des femelles vierges et des femelles accouplées.

- Pour les femelles vierges, nous avons utilisé au total 65 individus : 34 en présence d'une feuille et 31 avec un support de ponte constitué par le couvercle de la boîte de Petri.
- Chez les femelles accouplées, 68 individus ont été suivis, 34 par modalité, avec le même dispositif que ci-dessus.

Nous avons utilisé l'enceinte 4. Une feuille de la classe 1 de petite taille est suspendue dans l'enceinte par le pétiole en prenant soin de maintenir sa fraîcheur et sa turgescence.

Grâce au test de Student, nous avons comparé les moyennes des oeufs obtenus dans chaque modalité. Il faut rappeler que les pontes sont notées et caractérisées tous les jours durant toute la période d'oviposition.

* Résultats et discussion

Les oeufs déposés sur les parois de l'enceinte ne sont pas récoltés. Ils sont marqués chaque fois afin de les exclure du comptage le jour suivant.

La période de pré-oviposition varie de 4 à 8 jours selon que la femelle s'est accouplée ou non. A titre de comparaison et en considérant des espèces de la même famille, *Sesamia calamistis* dépose ses premiers oeufs au bout de 24 heures après l'émergence (AL SALTI, 1980 ; ODJO, 1984), *Spodoptera exempta* au bout de 48 heures (YARRO, 1982) tandis qu'il faut attendre de 3 à 5 jours chez *Achaea catocaloides* Cn. (ELUWA, 1977).

L'écart observé chez *G. sidae* entre la femelle vierge et la femelle accouplée (4 jours) est vraisemblablement dû à une rétention des oeufs dans les ovarioles. En effet, l'accouplement semble ne pas avoir

d'effet sur le processus de vitellogenèse puisque l'examen des ovarioles chez les femelles non accouplées permet de relever la présence de nombreux oeufs mûrs.

La période d'oviposition s'étend sur 5 à 6 jours successifs, le maximum d'oeufs étant déposés le deuxième jour chez les femelles accouplées (figure 20). La ponte du sixième jour contient en général très peu d'oeufs. Chez les femelles non accouplées aucune ponte n'est observée au-delà de 5 jours à compter de la date de la première ponte.

Comme nous l'avons vu, la première ponte a lieu la nuit qui suit celle de l'accouplement chez les femelles accouplées.

En l'absence d'accouplement, l'aptitude de la femelle à déposer ses oeufs en ooplaque est fortement perturbée. Les oeufs sont plutôt éparpillés sur la paroi de l'enceinte de ponte. On peut rapprocher ceci de ce qui a été observé dans la nature où la plupart des oeufs isolés ou appartenant à des pontes de moins de 10 oeufs sont en général stériles.

Nous avons obtenu en moyenne 203 ± 14 oeufs en présence de feuille de *M. altissima* et 141 ± 20 oeufs en son absence. La présence de la feuille, support naturel de ponte, influence significativement cette ponte (t obs. = 5,395 et t théorique = 2,655 au seuil 1 p. 100 et 66 ddl). Plus de 95 p. 100 des oeufs ont été déposés sur le support naturel de ponte. CADEILLAN (1965) de même que AL SALTI et GALICHET (1983) ont obtenu les mêmes résultats respectivement sur *Acrolepia assectella* et *Sesamia nonagrioides* Lefebvre. Il en est de même chez *Bruchidius atrolineatus* (Col. Bruchidae) pour lequel la présence de la plante-hôte stimule nettement l'ovogénèse et facilite la ponte (ALZOUMA et al., 1985).

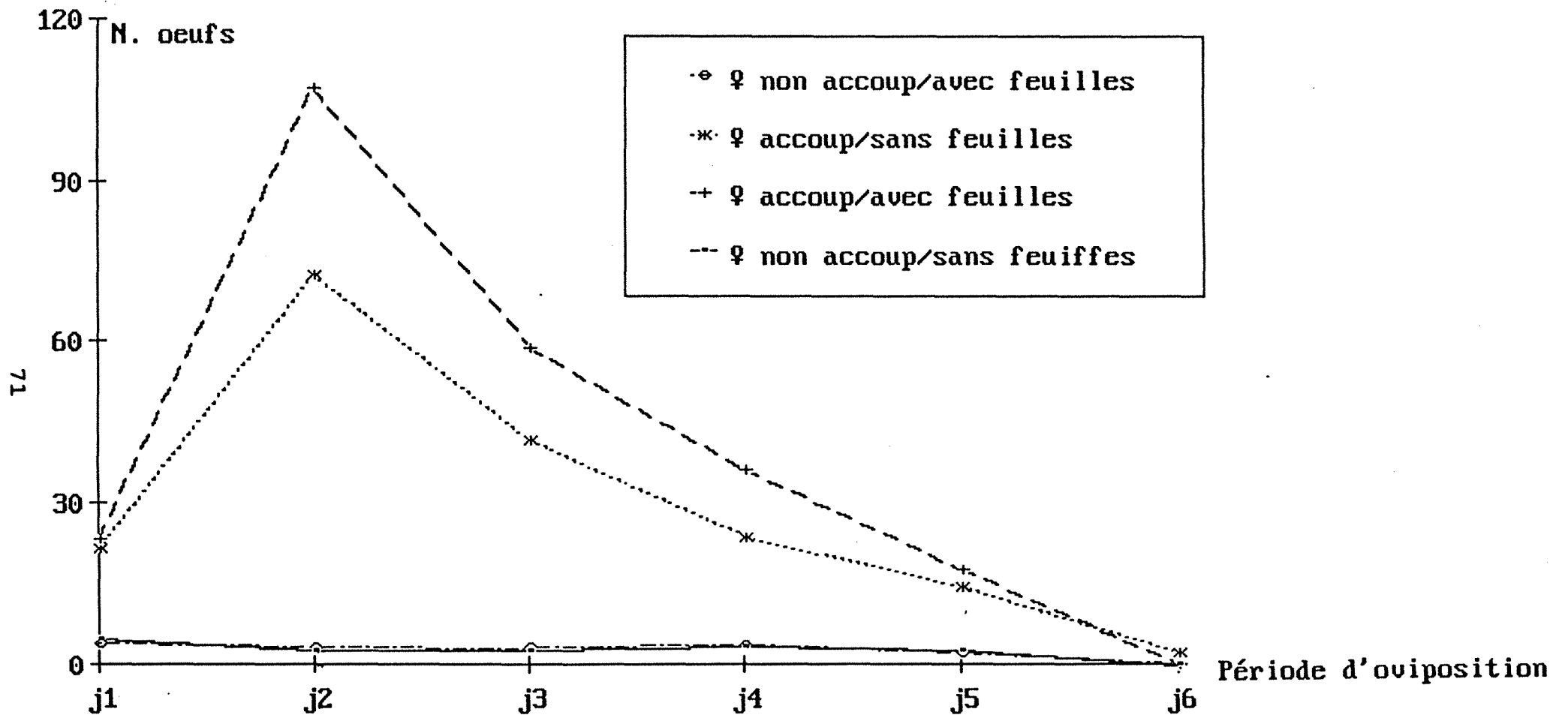


Figure 20: Evolution dans le temps, des pontes chez G. sidae.
 j1=premier jour de ponte

Il n'est pas inutile de rappeler les difficultés auxquelles on doit parfois faire face pour obtenir en captivité des pontes chez certains Lépidoptères, ce qui complique l'obtention du matériel biologique pour la mise au point des techniques d'élevage. Ce n'est pas le cas chez *G. sidae*.

Cependant, en l'absence d'accouplement, non seulement la capacité de ponte est extrêmement réduite et les pontes désorganisées, mais aussi la présence du support naturel n'a aucune influence. En effet, la différence entre les moyennes respectivement de 17 ± 4 et 16 ± 3 oeufs en présence et en l'absence de feuille n'est pas significative ($t_{\text{obs.}} = 0,196$ et $t_{\text{théorique}} = 1,998$ au seuil 5 p. 100 et 63 ddl).

* Conclusion

A l'émergence, la femelle de *G. sidae* n'est pas encore sexuellement mûre. Il faut attendre 4 à 5 jours pour obtenir l'accouplement et les premières pontes.

La capacité de ponte est sous l'influence d'une part d'un accouplement préalable et d'autre part de la présence du support naturel de ponte.

L'accroissement de l'effectif des pontes dans la nature doit être attribué non seulement à la présence d'un support approprié constitué essentiellement des jeunes feuilles, mais aussi à l'effectif des femelles fertiles dans la population. Cet effectif est en général très important par rapport à l'ensemble des femelles, eu égard au fort taux de fertilité observé sur les oeufs.

2.3.2.4. Etude du potentiel biotique

* Fécondité

+ Matériel et méthode

Nous distinguerons ici la ponte effective et le potentiel de fécondité. Ce potentiel est défini comme étant le maximum d'oeufs que peut produire une femelle n'ayant subi qu'une influence négligeable des facteurs de résistance du milieu (KNIGHT & HEIKKENEN, 1980). Son estimation doit donc se faire en élevant dans les meilleures conditions possibles un certain nombre de femelles et en notant le nombre d'oeufs produits (HUFFAKER & SPITZER, 1950 ; MILLER, 1957 ; SPILLER, 1964 ; TAYLOR & FRANKIN, 1970).

N'ayant pas pu observer au laboratoire les conditions optimales du développement de l'insecte par manque d'infrastructures appropriées, nous avons choisi d'entreprendre cette étude de la manière suivante : l'élevage des larves a lieu sur le terrain en utilisant l'enceinte de type 6. Pour tenir compte des observations des auteurs ci-dessus, l'étude a été menée au cours de la période d'explosion de la population du ravageur en supposant que cette période lui est particulièrement favorable. Les conditions du milieu ont été les suivantes :

- Température variant de 26°C à 31°C
- Humidité relative moyenne de 83 %
- Photopériode de 12 heures

Un toit en plastique transparent, disposé à 1 m au-dessus de l'enceinte, permet de la protéger des pluies.

Cinq jours après leur formation, les chrysalides sont récoltées et transférées couple par couple au laboratoire en conditions ambiantes, dans l'enceinte de type 4.

Les paramètres enregistrés sont les suivants :

- Poids des chrysalides femelles (A) mesuré 5 jours après leur formation
- Ponte effective (B) enregistrée pendant la période d'oviposition
- Potentiel de fécondité (C) : Nombre des oeufs effectivement pondus (B) + nombre des ovocytes encore retenus dans les ovarioles, 7 jours après la première ponte (D). Le dénombrement des ovocytes dans chaque ovariole a été effectué en ne tenant compte que de ceux dont le contour était discernable (vers son apex, le contenu des ovarioles se présente sous la forme d'une masse continue).

Nous avons ainsi examiné 32 femelles. Celles qui sont mortes au cours de l'essai ou qui n'ont pas eu une ponte régulière n'ont pas été prises en considération.

Une étude de régression a permis de vérifier les relations entre les différents paramètres.

Remarque : des femelles issues de larves ayant été l'objet d'un essai portant sur la qualité de la nourriture ont été également examinées. Nous reviendrons plus loin sur cet essai.

+ Résultats et discussion

On peut noter (tableau V) que le potentiel de fécondité est en moyenne de 435 ± 26 oeufs tandis que la ponte effective est de 239 ± 16 oeufs ce qui représente seulement 54,9 p. 100 du potentiel de fécondité. Même en l'absence d'une rétention des ovocytes due à l'absence d'accouplement, tous les oeufs formés dans les ovarioles ne descendent pas dans l'oviducte.

TABLEAU V

DONNEES SUR LE POTENTIEL DE REPRODUCTION CHEZ G. SIDAE

: N° D'ORDRE:	POIDS (mg)	DE:	NOMBRE D'OEUF:	NOMBRE D'OEUF:	TOTAL(B+D):
: DES	: LA CHRYSALIDE:	PONDUS	: RESTES DANS	: POTENTIEL	:
: FEMELLES	:	:	: LES OVARIOLES	: FECONDITE	:
: (1)	: (A)	: (B)	: (D)	: (C)	:
: 1	: 201	: 303	: 178	: 481	:
: 2	: 145	: 185	: 114	: 299	:
: 3	: 128	: 171	: 33	: 204	:
: 4	: 271	: 261	: 348	: 609	:
: 5	: 281	: 295	: 303	: 598	:
: 6	: 125	: 101	: 90	: 191	:
: 7	: 211	: 217	: 261	: 478	:
: 8	: 237	: 241	: 346	: 587	:
: 9	: 193	: 194	: 175	: 369	:
: 10	: 124	: 121	: 134	: 255	:
: 11	: 139	: 122	: 128	: 250	:
: 12	: 270	: 318	: 253	: 571	:
: 13	: 238	: 274	: 78	: 352	:
: 14	: 285	: 418	: 275	: 693	:
: 15	: 178	: 125	: 229	: 354	:
: 16	: 191	: 181	: 156	: 337	:
: 17	: 162	: 137	: 124	: 261	:
: 18	: 237	: 382	: 225	: 607	:
: 19	: 158	: 148	: 130	: 278	:
: 20	: 154	: 93	: 157	: 250	:
: 21	: 243	: 364	: 154	: 518	:
: 22	: 219	: 240	: 235	: 475	:
: 23	: 215	: 362	: 189	: 551	:
: 24	: 194	: 203	: 198	: 401	:
: 25	: 232	: 200	: 178	: 378	:
: 26	: 252	: 200	: 194	: 394	:
: 27	: 215	: 245	: 237	: 482	:
: 28	: 238	: 422	: 189	: 611	:
: 29	: 204	: 234	: 191	: 425	:
: 30	: 171	: 222	: 202	: 424	:
: 31	: 254	: 317	: 257	: 574	:
: 32	: 281	: 352	: 323	: 675	:
: MOYENNE	: 207,7 ± 9	: 239 ± 16	: 196 ± 13	: 435 ± 26	:

(1) 39 chrysalides femelles ont été retenues au départ. Après émergence, 32 papillons seulement ont pondu régulièrement des oeufs après s'être accouplés.

La comparaison de la taille de certaines des pontes obtenues dans la nature et de celle des pontes obtenues au laboratoire montre que les conditions d'étude n'ont pas permis aux femelles d'exprimer tout leur potentiel. L'insecte peut certainement déposer beaucoup plus d'oeufs qu'il ne l'a fait dans notre salle d'élevage où probablement un ou des facteurs non maîtrisés ont été à l'origine d'une forte rétention des ovocytes. Des études plus rigoureuses et plus précises devraient permettre de mettre en évidence le facteur limitant dans nos conditions d'expérimentation.

Par ailleurs, la forte variation du poids des chrysalides se traduit par une forte variabilité du potentiel de fécondité. L'étude de la régression des deux paramètres permet de dire qu'ils sont fortement liés (figure 21). Il en est de même de la relation entre la ponte effective et le potentiel de fécondité (figure 22). Bien que la fécondité de *G. sidae* ne soit pas réalisée à 100 p. 100 de sa capacité, elle lui est tout de même proportionnelle.

En ce qui concerne l'effet de la nutrition sur la fécondité, rappelons que nous avons examiné des femelles issues de larves nourries avec des feuilles de différentes classes (voir plus loin). Dix neuf femelles au total ont été étudiées et réparties de la manière suivante :

- 2 femelles issues de larves nourries avec des feuilles de la classe 3.
- 11 femelles issues de larves nourries avec des feuilles de la classe 2.
- 6 femelles issues de larves nourries avec des feuilles de la classe 1.

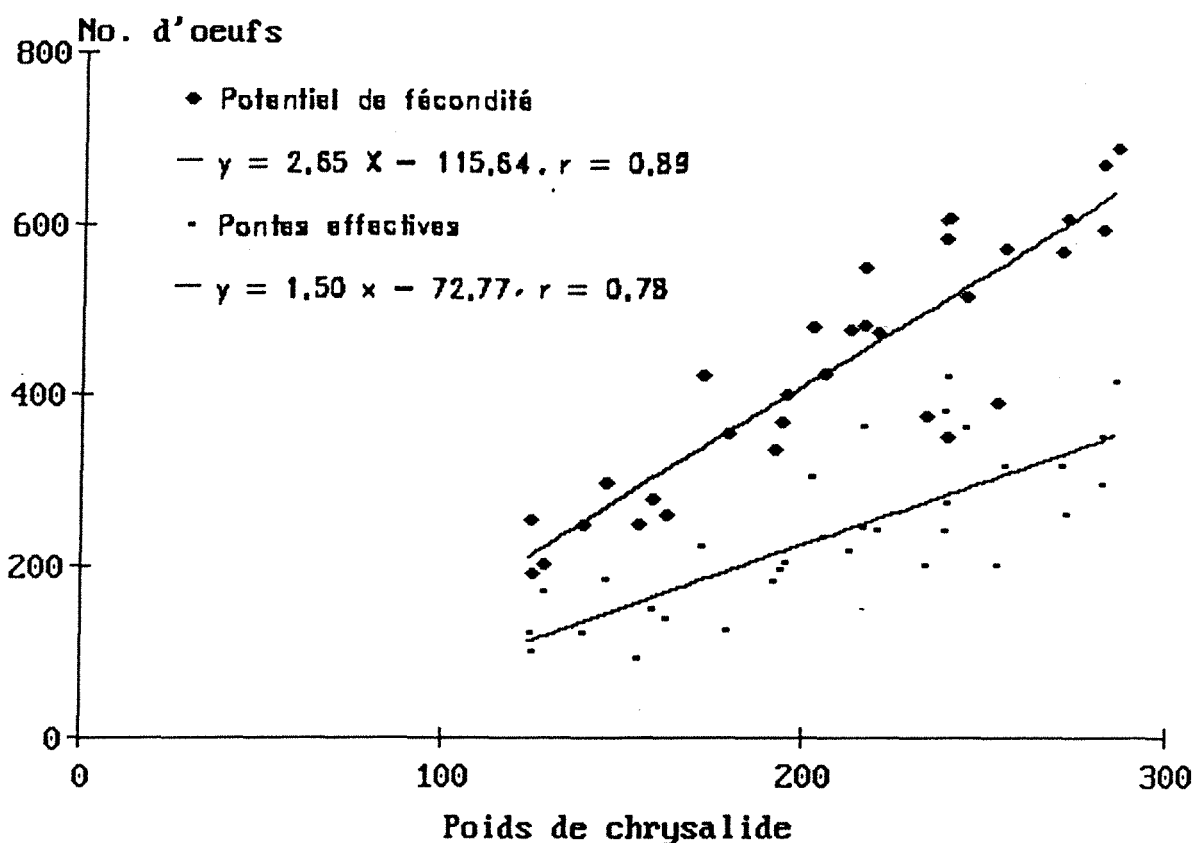


Figure 21: Regression linéaire entre poids de chrysalide et potentiel de fécondité d'une part, et pontes effectives d'autre part.

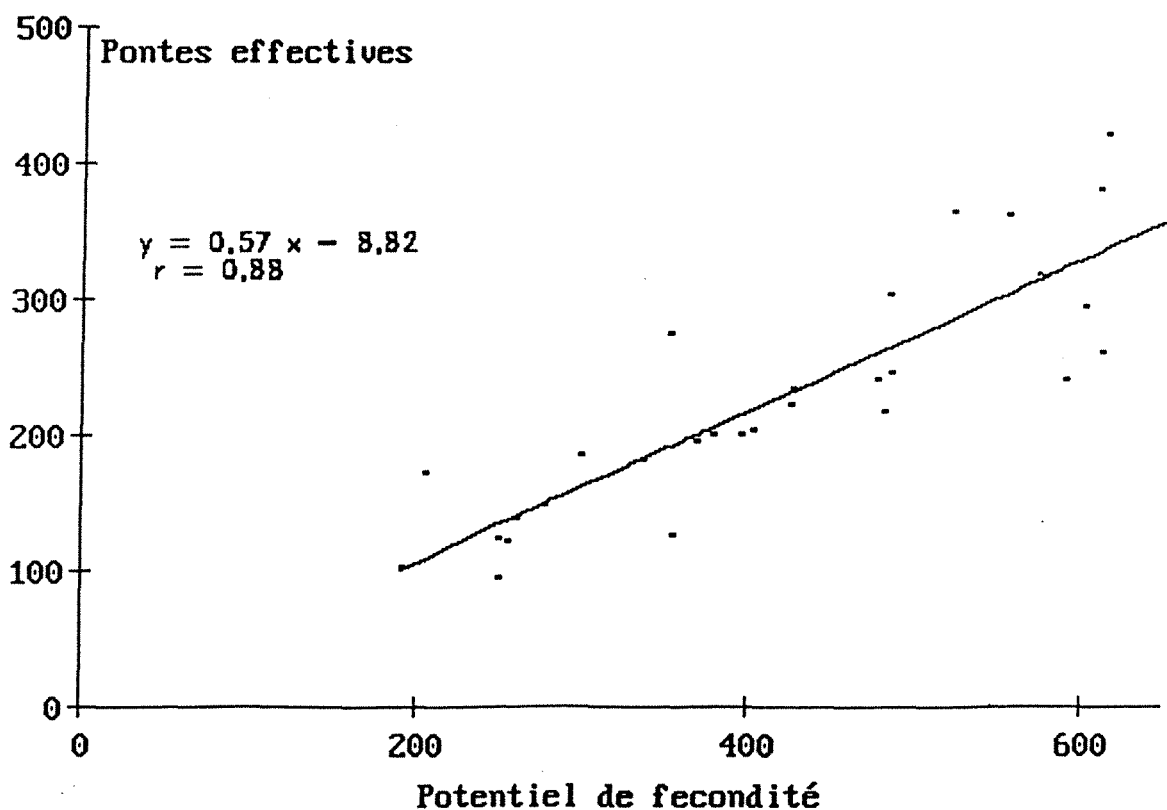


Figure 22: Regression linéaire entre potentiel de fécondité et pontes effectives (en nombre d'oeufs).

L'appréciation de la fécondité a été faite de la même façon que précédemment : comptage des oeufs pondus puis examen sous la loupe bino-culaire des ovarioles après dissection.

Les résultats présentés doivent être considérés avec une certaine réserve : en effet les observations n'ont été faites que sur un nombre réduit d'individus , notamment pour ceux issus des larves nourries avec des feuilles des classes 1 et 3. La raison en est la forte mortalité enregistrée. Ces résultats sont les suivants :

- Classe 3

Les 2 femelles examinées ici ont produit 41 et 79 oeufs. Le développement larvaire de ces insectes s'est réalisé en 7 stades (6 mues larvaires).

- Classe 2

Une femelle issue d'une larve n'ayant accompli que 4 mues (5 stades larvaires) a produit 98 oeufs. Les 10 autres, issues de larves ayant accompli 5 mues larvaires, ont produit entre 128 et 427 oeufs, avec une moyenne de 261 oeufs (tableau VI).

TABLEAU VI
FECONDITE OBSERVEE CHEZ 10 FEMELLES ISSUES DE LARVES NOURRIES AVEC
DES FEUILLES DE LA CLASSE 2

: FEMELLE	: 1	: 2	: 3	: 4	: 5	: 6	: 7	: 8	: 9	: 10	: MOYENNE	:
: OBSERVEE	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:terreur-type:	:
:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:-----:	:
:Nombre oeufs:	318:	251:	128:	199:	427:	129:	406:	220:	352:	183	: 261 ± 34	:
: obtenus	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:
:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:_____:	:

- Classe 1

Nous avons pu distinguer deux catégories de femelles :

- Celles issues de larves n'ayant accompli que 4 mues et dont la nymphe n'a duré que 7 jours. Elles ont produit respectivement 103, 61 et 46 oeufs pour les trois femelles de cette catégorie, soit une moyenne de 70 oeufs.
- Celles issues de larves ayant accompli 5 mues et qui ont produit 96, 78 et 87 oeufs, soit en moyenne 87 oeufs.

Lorsque l'on se réfère aux données du tableau V, on constate que la fécondité observée est extrêmement basse, notamment en classes 1 et 3. Tout semble indiquer l'effet non négligeable de la qualité de la nourriture sur la fécondité. Dans la nature donc, on peut s'attendre à une fluctuation du niveau de ponte des femelles de *G. sidae* en fonction de l'évolution de l'état phénologique du végétal-hôte.

* Longévité

On sait que la nutrition larvaire peut avoir un effet sur la longévité des adultes (BORDAT, 1984) ; d'autre part la longévité des adultes constitue un critère d'appréciation d'un bon élevage chez les Lépidoptères phytophages (GUENNELON, 1968). Nous avons donc pris soin de ne retenir que des papillons issus de larves nourries dans de bonnes conditions.

Plusieurs facteurs sont susceptibles d'intervenir au stade adulte. Nous en avons retenu deux en tenant compte de nos possibilités matérielles d'étude : la nutrition et l'activité sexuelle.

La longévité chez le mâle n'a pas été rigoureusement étudiée. En général il vit moins longtemps que la femelle. Le tableau VII et la figure 23 récapitulent les résultats (relatifs aux femelles) obtenus au cours des diverses observations.

TABLEAU VII

LONGEVITE DES PAPILLONS FEMELLES EN FONCTION DES FACTEURS ETUDIES
(EN JOURS)

Facteur étudié	Longévité		Nombre d'individus observés
	Valeurs extrêmes	valeurs moyenne	
Absence d'alimentation	4 à 8	6,1	104
Femelle alimentée et non accouplée	14 à 21	15,6	134
Femelle alimentée et accouplée	14 à 23	16,7	94

Les commentaires que nous pouvons faire ici sont les suivants :

- L'effet de l'absence d'alimentation sur la longévité du papillon apparaît très nettement. Il vit dans ces conditions en moyenne 6 jours et en général moins de 8 jours (observations confirmées par ailleurs par d'autres essais en dehors du cadre précis de cette étude). Cette longévité, compte tenu du délai de maturité sexuelle de la femelle, ne permet pas à cette dernière d'exprimer valablement sa fécondité. Ceci est d'autant plus vrai que l'absence d'alimentation a probablement un effet sur l'ovogénèse, dans la mesure où celle-ci n'a lieu qu'après la mue imaginale.
- L'influence de l'activité sexuelle sur la longévité de la femelle ne semble pas négligeable, la femelle accouplée pouvant vivre en moyenne 1 jour de plus que la femelle non accouplée (tableau VII).

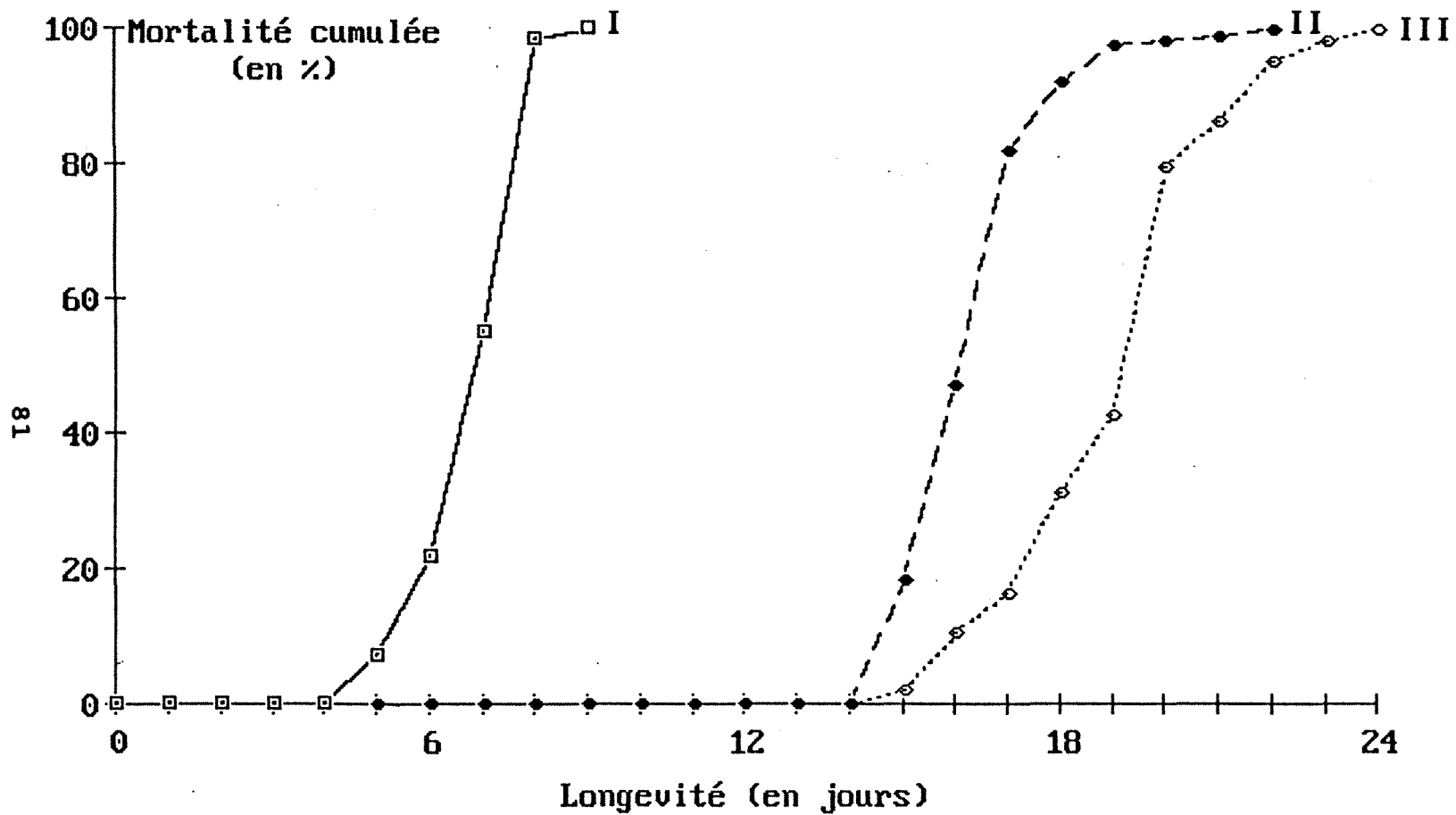


Figure 23: Longévité chez la femelle de G. sidae.

- I femelle sans alimentation
- II femelle alimentée, non accouplée
- III femelle alimentée et accouplée

- La longévité apparaît sans effet majeur sur la fécondité, du moins chez les femelles nourries et accouplées, si nous nous en tenons aux observations faites au laboratoire sur la durée de maturité sexuelle (4 à 5 jours) et la durée de la période d'oviposition (6 jours). Au bout de 10 à 11 jours (durée inférieure à la longévité) après émergence, la femelle a réalisé sa fécondité effective.

*** Sex-ratio**

Les observations ont porté sur 268 chrysalides réparties de la manière suivante :

- Lot 1 : 64 chrysalides issues de la première ponte (les premiers oeufs déposés après accouplement) de 3 femelles ; le développement larvaire des individus s'est effectué au laboratoire.
- Lot 2 : 71 chrysalides issues de chenilles du dernier stade, prélevées dans la nature à Bélabo.
- Lot 3 : 133 chrysalides issues de la deuxième ponte de 3 femelles ; le développement larvaire des individus s'est effectué au laboratoire en conditions ambiantes.

D'après les résultats obtenus (tableau VIII), le sex-ratio est légèrement déséquilibré en faveur des mâles.

TABLEAU VIII

SEX-RATIO EN P.100 DE FEMELLES PAR RAPPORT AU NOMBRE TOTAL D'INDIVIDUS OBSERVES

LOT	Nombre d'individus observés	Nombre de femelles obtenues	Nombre de mâles obtenus	SEX RATIO
1	64	29	35	45,3
2	71	34	37	47,9
3	133	58	75	43,6
TOTAL	268	121	147	45,1

* Conclusion

G. sidae est un insecte à fort potentiel de fécondité, capable de pullulation importante lorsque les conditions nutritionnelles lui sont favorables.

Le potentiel de fécondité n'est réalisé qu'à 54,9 p. 100 malgré la longévité de la femelle. Cette longévité (16,7 jours en moyenne) est supérieure à la durée de la période (10 à 11 jours) au cours de laquelle les pontes sont déposées. Par conséquent, elle n'a pas d'effet direct sur la capacité de ponte de la femelle.

Cette situation a priori surprenante peut être le fait de certains facteurs non maîtrisés en condition de captivité : par exemple, la nécessité d'un vol préalable stimulant l'ovulation (PORTIER, 1949), la nutrition, ou tout simplement l'environnement particulier dans lequel vit la femelle et où de nombreux autres facteurs interviennent pour stimuler l'ovulation et l'oviposition.

L'examen du tableau V montre qu'il y a des cas où la ponte effective n'est pas très loin du potentiel de fécondité. On peut donc penser que dans la nature ces deux valeurs puissent se confondre. Ceci est d'autant plus plausible que des pontes de taille nettement supérieure à celle des pontes obtenues au cours de l'étude sur la fécondité ont été observées en plantation (figure 19).

2.3.2.5. Incubation et évolution macroscopique de l'oeuf

* Matériel et méthode

Afin de disposer de moyens permettant de dater, même de façon approximative, la ponte des oeufs observés en plantation, nous avons suivi les changements d'aspect qui s'opèrent au cours de l'incubation.

Les observations ont eu lieu en salle A (conditions ambiantes) et en salle B (climatisée) en utilisant les enceintes 1 ou 2. L'aspect des pontes est noté toutes les cinq heures. Vingt pontes contenant en moyenne 60 oeufs chacune ont été examinées dans chacune des deux salles et l'étude a duré 5 jours.

Au cours de l'incubation, l'oeuf présente successivement différents aspects dont nous avons retenu les suivants afin de caractériser son évolution macroscopique à partir de la ponte :

- Blanc nacré (aspect de l'oeuf dès la ponte)
- Jaunâtre
- Jaune - marron
- Marron clair (apparition de la capsule céphalique)
- Marron foncé (observation nette de la capsule céphalique)

* Résultats et discussion

Le tableau IX donne les résultats des observations faites au laboratoire (salles A et B) sur la durée de l'incubation. La comparaison des moyennes par le test t de Student a permis d'observer une différence hautement significative au seuil 0,01 p. 100 et 38 ddl ($t_{\text{obs.}} = 37,94$ et $t_{\text{théorique}} = 2,74$) entre les conditions de salle A ($t^{\circ} : 26-32^{\circ}\text{C}$ et HR : 65-90 p. 100) et de salle B ($t^{\circ} : 21-24^{\circ}\text{C}$ et HR : 60-70 p. 100).

La figure 24 présente schématiquement les différents aspects macroscopiques de l'oeuf au cours de l'incubation.

Notons que la couleur blanc-nacré des oeufs fraîchement pondus se maintient chez les oeufs stériles. D'autre part, l'observation nette

TABLEAU IX

DUREE D'INCUBATION DES OEUFS (EN HEURES)

Conditions d'observation :	Nombre de pontes :	Durée d'incubation Valeurs extrêmes :	Moyenne \pm erreur-type :	Ecart-type :	Coefficient de variation :
Salle A	20	60-70	65,15 \pm 0,81	3,631	5,6 %
Salle B	20	98-105	102,10 \pm 0,54	2,403	2,4 %

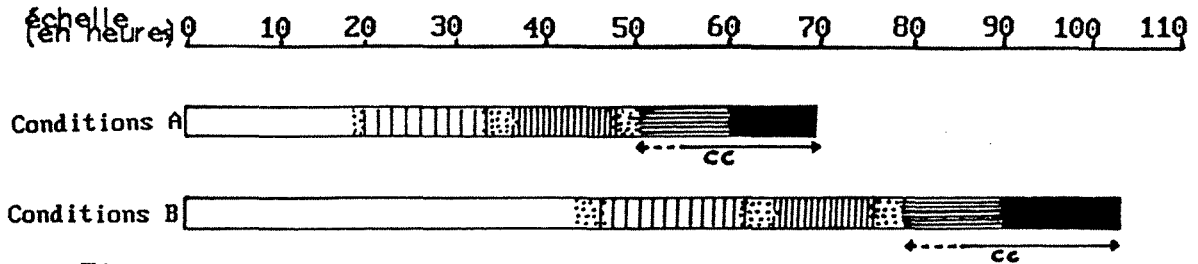
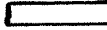




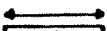



Figure 24: Evolution macroscopique de l'oeuf au cours de l'incubation.

-  Blanc-nacré
-  Jaunâtre
-  Jaune tirant vers le marron
-  Marron clair
-  Marron foncé
-  cc: Observation de la capsule céphalique
-  Zone de transition

de la capsule céphalique foncée est une indication de l'éclosion imminente des oeufs. Cette éclosion a lieu presque simultanément pour tous les oeufs d'une même ponte.

D'après les observations faites dans les conditions naturelles (en plantation), la durée de l'incubation y est légèrement plus longue (supérieure ou égale à 72 heures et pouvant parfois atteindre 96 heures à Bélabo), que celle obtenue dans les conditions de la salle A. Dans ce cas, la datation de la période de ponte d'après les observations faites en laboratoire doit être ajustée.

2.4. LA VIE LARVAIRE ET NYMPHALE

2.4.1. Les stades larvaires et leur développement

2.4.1.1. Matériel et méthode

L'effet de l'état du feuillage sur la prise de nourriture des Lépidoptères phyllophages n'est plus à démontrer aujourd'hui si l'on s'en tient aux nombreuses recherches qui ont été menées à ce sujet (MATTSON, 1980 ; SCRIBER & SLANSKI, 1981 ; JACKSON & MITCHEL, 1984 ; BROWER et al., 1985 ; ONSTAD & REISSIG, 1986). Cet effet peut être dû à des causes d'ordre physique (consistance liée à l'âge du feuillage par exemple) (SCHROEDER, 1986 ; SOUTHWOOD, 1986) à la composition biochimique de l'espèce-hôte (DUODU et al., 1981, MAXEL, 1982 ; JACKSON & MITCHEL, 1984) ou encore à la variation saisonnière de certains constituants du feuillage (FEENY, 1970).

Nous avons été amené à étudier en même temps que le cycle de développement de *G. sidae* l'effet de l'état du feuillage sur ce cycle. L'étude biologique de l'insecte ayant été menée directement sur le végé-

tal-hôte, il était indispensable de maîtriser, dans l'appréciation des paramètres biologiques le facteur nutritionnel. Il ne faut pas non plus oublier que la gestion rationnelle du ravageur dans son environnement nécessite une bonne connaissance de son écologie nutritionnelle.

Nous nous sommes inspiré de la méthode utilisée par ONSTAD & REISSIG (1986) lors de leur étude sur *Choristoneura rosaceana* (Harris), en prenant en compte les 2 principaux aspects de l'effet de la nutrition : durée de développement et mortalité. Cette méthode consiste à comparer l'effet des différentes catégories de feuilles sur ces deux paramètres. A la différence de ONSTAD & REISSIG cependant, la détermination de la durée de développement larvaire a été faite en jours et non en degrés-jours, faute d'avoir pu dans nos conditions de travail déterminer le zéro de développement de l'insecte.

Par ailleurs, des précautions ont été également prises en ce qui concerne le nombre de larves par unité de surface. La densité larvaire est en effet susceptible d'influer sur la mortalité comme l'ont montré LONG & ZAHAL (1953, 1958), IWAO (1968) et LEONARD (1968), du fait notamment de la pollution occasionnée par l'accumulation importante des déjections dans l'enceinte d'élevage, des difficultés d'accès à la nourriture (STEINHAN, 1958 ; MICHAEL & BARBOSA, 1977) ; ou encore du cannibalisme qui s'observe en situation de compétition intra ou interspécifique pour la nourriture (BROWER, 1961 ; FOX, 1975). Cependant, le comportement social des jeunes larves chez certains Lépidoptères non seulement les rend peu vulnérables à l'effet de groupe (HIRATA, 1963 ; COLE, 1973) mais aussi peut être favorable à leur développement (IWAO, 1968) ; c'est essentiellement le cas des insectes qui pondent leurs oeufs groupés comme chez *G. sidae*.

Nous n'avons entrepris aucune étude particulière sur l'effet de la densité larvaire mais nous avons tenu compte de toutes les considérations ci-dessus pour l'ajuster dans l'enceinte d'élevage en fonction de l'âge des larves. Des observations préalables nous avaient en outre permis de noter l'absence de cannibalisme chez *G. sidae* en élevage. Nous pensons qu'il doit en être de même en conditions naturelles.

. Conduite d'élevage en salle

Cinq régimes alimentaires différents ont été offerts aux chenilles de la manière suivante :

- 4 régimes constants constitués :

- . des feuilles de la classe 1 (R1)
- . des feuilles de la classe 2 (R2)
- . des feuilles de la classe 3 (R3)
- . des feuilles de la classe 4 (R4)

Chaque régime est donc offert aux chenilles durant toute leur vie larvaire (de l'éclosion à la nymphose).

- 1 régime différencié en fonction de l'âge de la chenille (R0) :

- . feuilles de classe 1 aux chenilles des premier et deuxième stades larvaires,
- . feuilles de classe 2 et 3, offertes à la fois aux chenilles du troisième au sixième stades.

Des oeufs issus de femelles accouplées sont mis à éclore dans l'enceinte de type 2, à raison de 100 oeufs pour chaque régime. Les larves néonées sont maintenues dans cette enceinte jusqu'à la première mue.

Au deuxième stade larvaire, le nombre de larves de chaque enceinte est réduit de moitié. A partir du troisième stade larvaire, nous n'avons plus conservé que 12 larves par enceinte. Ceci correspond à un espace de 4,7 cm² en moyenne par larve. COUILLOUD & GIRET (1980) observent par exemple chez *Spodoptera littoralis* Boisduval une surface minimum de 3 à 4 cm² par larve âgée pour obtenir un taux de chrysalidation satisfaisant (80-85 p. 100) et une mortalité nymphale acceptable.

Les capsules céphaliques sont récoltées en même temps que l'enceinte est débarrassée des déjections. Ces capsules sont dénombrées pour s'assurer que toutes les larves ont bien effectué leur mue. A ce moment, le nombre de larves vivantes après la mue est noté. Nous avons voulu apprécier la durée de développement des différents stades larvaires dans chaque modalité (régime) mais l'étalement dans le temps des mues nous a fait abandonner cette technique supplémentaire qui aurait alourdi la manipulation. Nous avons donc noté, outre le nombre de chenilles vivantes à la fin de chaque stade, la durée totale de développement de l'éclosion à la nymphose puis de la nymphose à l'adulte.

+ Durée de développement des différents stades

Nous avons tenu compte des résultats obtenus précédemment en ce qui concerne le choix du régime alimentaire (Ro).

Les observations ont eu lieu dans les conditions de salle A et de salle B où 10 larves ont été suivies individuellement dans chaque cas:

- salle A : t° : 26-32°C ; HR : 65-90 p. 100

- salle B : t° : 21-24°C ; HR : 60-70 p. 100

Les capsules céphaliques, qui indiquent le passage effectif d'un stade larvaire à l'autre, sont récoltées, de même que l'heure de la mue

est notée. L'arrêt de prise de nourriture qui caractérise l'attitude de la larve avant la mue facilite l'observation et permet de repérer la période probable de rejet de l'exuvie.

* Etude du cycle de développement sur le terrain

Pour apprécier la durée de développement des différents stades larvaires sur le terrain, nous avons été obligé, plutôt que de suivre directement les larves sur les arbres dès leur éclosion - ce qui n'aurait pas été facile en raison de la dispersion de celles-ci-, de recourir à l'utilisation de l'enceinte 6 (cf. 2.2.4.1.). Les observations ont pu avoir lieu en saison des pluies (septembre-octobre) à Bélabo en forêt semi-caducifoliée, en saison des pluies (septembre - octobre) et en saison sèche (janvier-février) à Bakundu en forêt dense humide sempervirente. Les températures moyennes mensuelles relevées au cours de la période d'étude sont les suivantes :

- Bélabo : 24,7°C en septembre et 24,9°C en octobre, soit en moyenne 24,8°C.
- Bakundu : 27,9°C en septembre et 27,5°C en octobre, soit en moyenne 27,7°C pour la période.
- Bakundu : 28,6°C en janvier et 29,7°C en février, soit en moyenne 29,1°C pour la période.

Un jeune plant bien pourvu de feuilles est disposé en entier dans l'enceinte d'élevage. Des feuilles sont également disposées au fond de l'enceinte pour permettre aux chenilles de se nourrir au cas où elles se détacheraient du plant. La nourriture est renouvelée dès que la nécessité se présente.

Nous avons utilisé 20 larves dans chaque enceinte, à raison d'une enceinte par localité et par période. Les observations (moins

précises qu'un laboratoire) ont lieu toutes les 24 heures. A chaque observation, toutes les capsules céphaliques obtenues au cours des dernières 24 heures sont recueillies et comptées. Un dispositif adéquat permet d'éviter les pertes des capsules au fond de la cage ou dans la terre au-dessus du sachet contenant le plant.

* Observations sur les paramètres quantitatifs de distinction des différents stades larvaires

+ Mesure des capsules céphaliques

Elle a été réalisée sous la loupe binoculaire munie d'un micromètre. Nous avons utilisé d'une part les capsules céphaliques obtenues au laboratoire lors de l'étude sur le développement larvaire et, d'autre part, des capsules céphaliques récoltées sur le terrain à Bakundu en période de pullulation.

La mesure des capsules céphaliques récoltées sur le terrain devait nous permettre de déterminer le nombre de stades larvaires dans les conditions naturelles et surtout de voir si l'opération était possible. Le prélèvement s'est fait de la manière suivante (figure 25) :

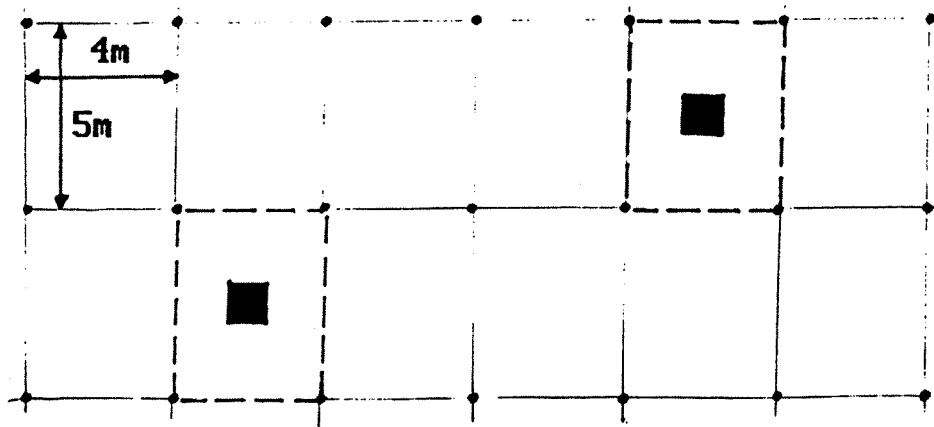


Figure 25: Dispositif schématique de récolte de capsules céphaliques sur le terrain. • arbre; [] zone de récolte; ■ carré de 1m² ou sont récoltées les capsules.

Des espaces délimités par 4 arbres voisins ont été retenus en veillant à ce que ces espaces soient assez éloignés les uns des autres. Au centre de chaque zone, un carré de 1 m² est délimité. Les feuilles mortes et les débris de feuilles de chaque carré sont récoltés soigneusement jusqu'à la limite de l'ancienne couche de litière complètement décomposée. La distinction entre ces différents matériaux est relativement aisée. Le produit de la récolte (feuilles mortes et débris) est étalé sur une toile en matière plastique. Par la suite l'examen minutieux de ces débris permet de récolter les capsules qu'ils abritent.

* Mesure de la longueur des larves

Elle a été effectuée tout au long de notre étude en laboratoire. Il s'agit de larves élevées dans les conditions de salle A. Elles sont mesurées à la sortie de la mue avant qu'elles ne commencent à se nourrir. Toutefois les larves du dernier stade sont mesurées environ 4 jours après la cinquième mue.

2.4.1.2. Résultats et discussion

* Effet de l'état du feuillage sur le développement et la survie des larves

Les observations faites sur le développement larvaire dans les différentes conditions de nutrition sont détaillées sur la figure 26. Celle-ci présente, pour chacune des 5 modalités (état du feuillage) et selon le nombre de stades observés, la répartition des larves suivant leur âge au moment où elles entrent en nymphose. A la base de ces observations, nous avons essayé d'estimer les valeurs moyennes de la durée de développement larvaire selon ces 5 modalités (tableau X).

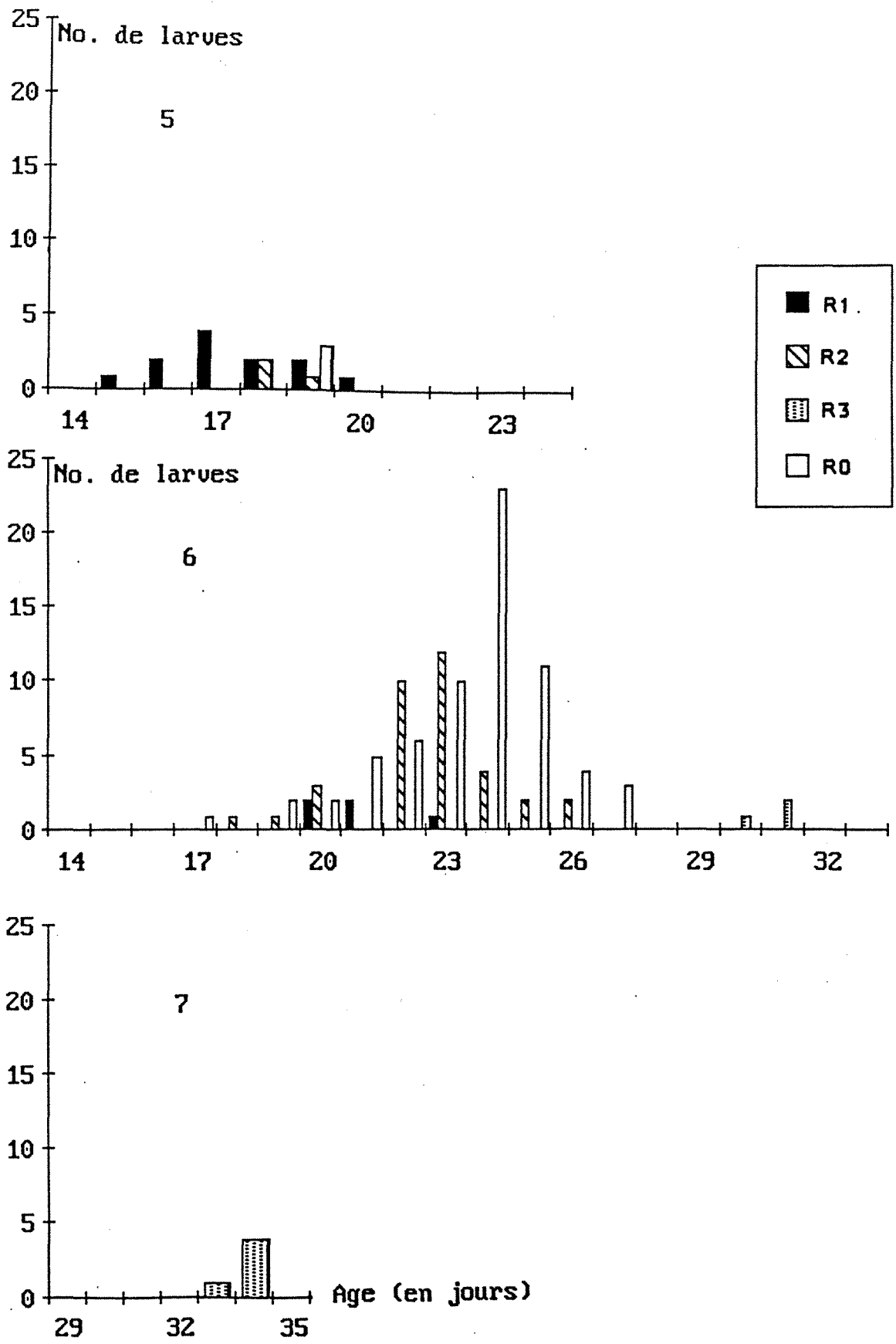


Figure 26: Répartition des larves selon leur âge au moment de la nymphose, leur nutrition (CL) et le nombre de stades (5, 6 et 7).

TABLEAU X

DUREE DE DEVELOPPEMENT LARVAIRE (EN JOURS) SELON LE NOMBRE DE
STADES LARVAIRES DANS DIFFERENTES CONDITIONS DE NUTRITION

: NOMBRE :	CONDITIONS DE NUTRITION - REGIMES											
	: DE :		: R1 :		: R2 :		: R3 :		: R4 :		: Ro (1) :	
: LAR- :	: VAIRES :		: n : D ± ET : CV% :		: n : D ± ET : CV% :		: n : D ± ET : CV% :		: n : D ± ET : CV% :		: n : D ± ET : CV% :	
: 5 :	12:	17,4±0,4:	8,2:	3:	18,3±0,3:	2,8:-	-	-	-	-	3:	19
:	:	(6,6)	:	:	(7,9	:	:	:	:	:	:	(7,8)
: 6 :	5:	21,0±0,5:	5,8:	35:	22,6±0,3:	7,7:	3:	30,7±0,3:	1,9:-	-	67:	25,5±0,2:
:	:	(7,1)	:	:	(9,1)	:	:	(12,0)	:	:	:	(9,6)
: 7 :	-:	-	-:	-:	-	-:	5:	33,8±0,2:	1,3:-	-	-:	-
:	:	:	:	:	:	:	:	(13,0)	:	:	:	:

n : nombre de larves observées

D : Durée de développement

CV% : Coefficient de variation

(1) : Régime différencié - Ro

(Les chiffres entre parenthèses indiquent la durée du développement nymphal).

TABLEAU XI

PROPORTION D'INDIVIDUS A 5, 6 OU 7 STADES DE DEVELOPPEMENT, DANS
DIFFERENTES CONDITIONS DE NUTRITION

REGIMES	5 STADES	6 STADES	7 STADES
R 1	70,6 %	29,4 %	0
R 2	7,9 %	92,1 %	0
R 3	0	42,9 %	57,1 %
R 4	0	0	0
REGIME DIFFERENCIE (Ro)	4,3 %	95,7 %	0

(Les pourcentages se rapportent aux seules chenilles qui se sont nymphosées).

On peut observer que le nombre de stades larvaires varie entre 5 et 7 selon le mode de nutrition, le développement en 6 stades étant le plus fréquent (tableau XI et figure 27).

La durée moyenne de développement estimée est de 33,8 jours pour 7 stades larvaires et varie entre 17,4 et 19 jours puis entre 21 et 23,5 jours respectivement pour 5 et 6 stades larvaires. Par ailleurs, pour les chenilles à alimentation différenciée en fonction de l'âge, plus de 95 p. 100 des individus ont accompli leur développement en 6 stades.

La survie selon les différentes modalités est illustrée par les données du tableau XII et la figure 28. Aucune larve nourrie avec des feuilles de la classe 4 n'a pu accomplir sa deuxième mue. De l'effectif total de départ, 44 p. 100 de larves ont pu toutefois accomplir une première mue.

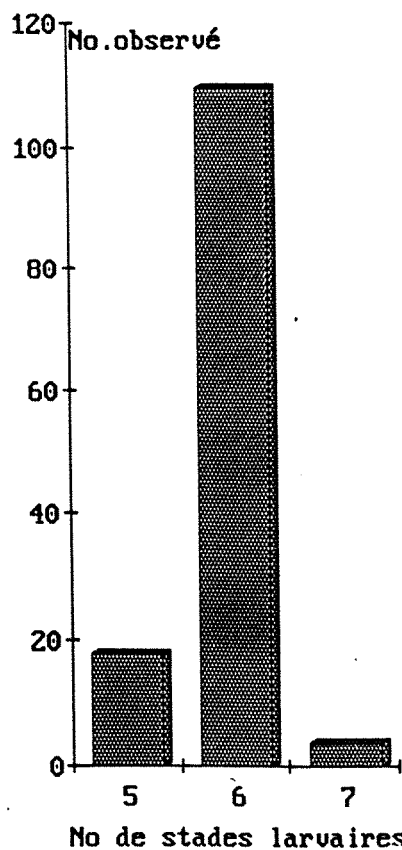


Figure 27: Fréquence d'observation d'un développement en 5, 6 ou 7 stades larvaires.

TABLEAU XII

EVOLUTION DE LA SURVIE LARVAIRE SELON LES DIFFERENTES CONDITIONS DE NUTRITION

REGIMES	N	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	NOMBRE DE CHRYSLIDES OBTENUES
R1	100	100	95	81	22	6 (12)	6	-	5 (12)
R2	100	98	56	47	45	42 (3)	41	-	35 (3)
R3	100	67	19	12	9	9	5 (3)	5	4 (3)
R4	100	44	0	0	0	0	0	0	0
REGIME Ro	100	98	88	88	85	69 (3)	69	0	67 (3)

- L1 : Premier stade larvaire
- Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de larves qui se sont nymphosées au cours du stade correspondant.

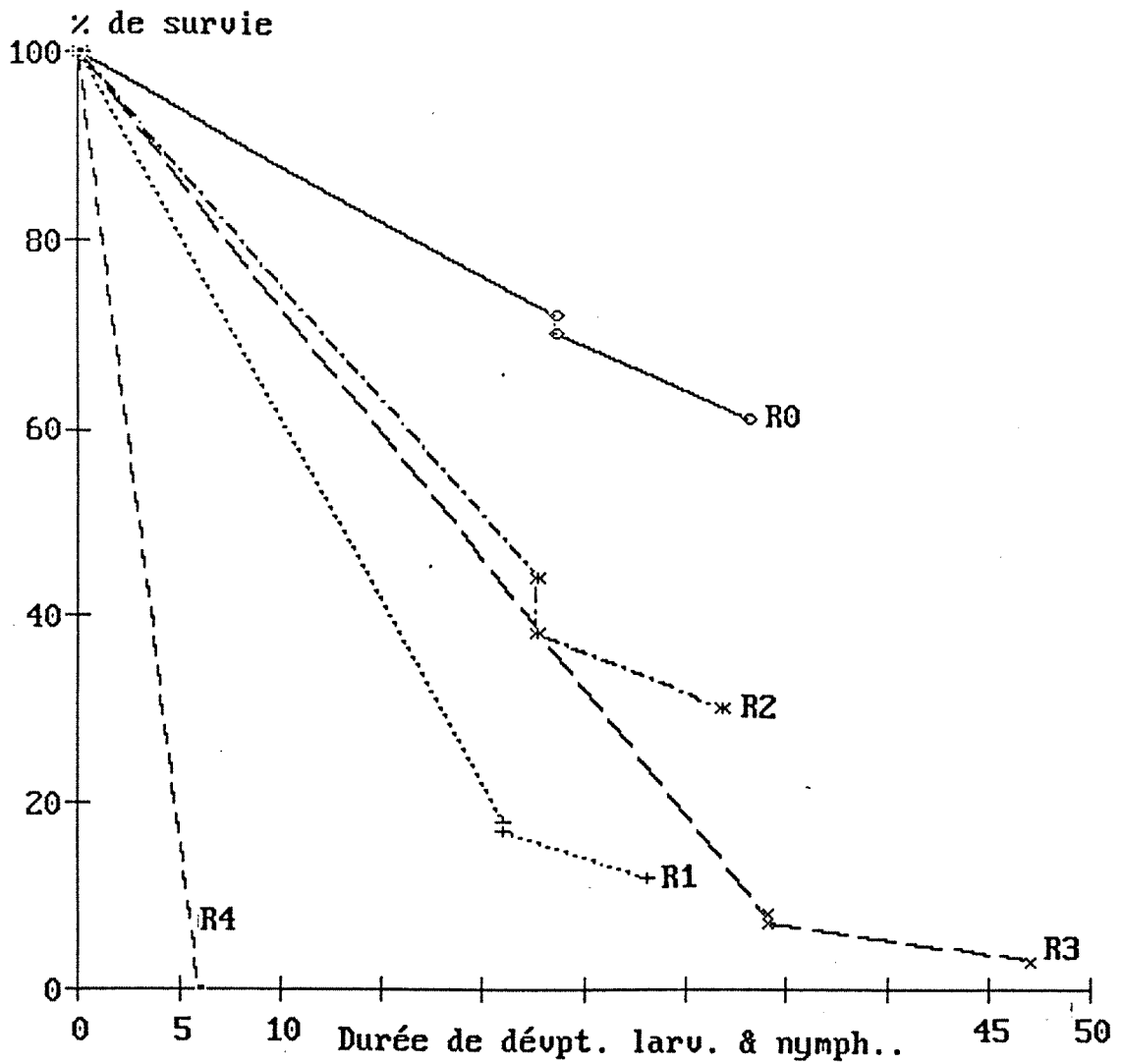


Figure 28: Evolution globale de la survie selon 5 modalités de nutrition larvaire.

TABLEAU XIII

DEVELOPPEMENTS LARVAIRE ET NYMPHAL SUIVANT LES CONDITIONS A ET B EN SALLE
(EN JOURS)

CONDITIONS:	STADES LARVAIRES						TOTAL	STADE NYMPHAL
	L1	L2	L3	L4	L5	L6		
A	1,95	2,92	4,02	4,28	4,34	5,92	23,49	9,05
	±0,05	±0,08	±0,07	±0,07	±0,06	±0,09	± 0,07	± 0,11
B	2,62	3,66	4,80	5,17	5,09	6,59	27,93	13,12
	±0,04	±0,04	±0,03	±0,04	±0,04	±0,02	± 0,07	± 0,13

La survie la plus élevée a été observée chez les larves à régime différencié. On peut penser que les exigences nutritionnelles des larves varient avec l'âge de celles-ci.

La figure 29 illustre l'évolution de la mortalité larvaire entre deux stades successifs de développement. Il apparaît que les jeunes larves sont particulièrement sensibles à la "qualité" de la nourriture. Ce phénomène, souvent observé chez les insectes phyllophages (DETHIER, 1954 ; MASON & BAXTER, 1970 ; SCRIBER & SLANSKY, 1981), s'explique généralement par la difficulté qu'ont les larves à s'attaquer aux tissus lignifiés des feuilles âgées, ce qui réduit l'intensité de leur activité nutritionnelle.

Nous observons également une forte mortalité entre les troisième et quatrième stade larvaires chez les larves nourries avec des feuilles de la classe 1, sans que nous puissions être en mesure d'expliquer ce phénomène. De même les chrysalides issues de cette modalité et obtenues des larves n'ayant accompli leur développement qu'en 5 stades étaient en général de petite taille.

On sait que la concentration en azote des feuilles diminue de l'émergence foliaire à la dégénérescence (translocation). Or MATTSON (cité par BREWER et al., 1985), dans une étude sur l'effet de la concentration en azote foliaire sur la survie, le développement et la reproduction chez *C. occidentalis*, trouve que la mortalité larvaire est significativement plus élevée aux concentrations extrêmes qu'aux concentrations intermédiaires. Il a même été rapporté une réduction du taux de survie chez certains insectes ravageurs liée à des apports d'engrais azotés en plantation forestière (BAKKE, 1969).

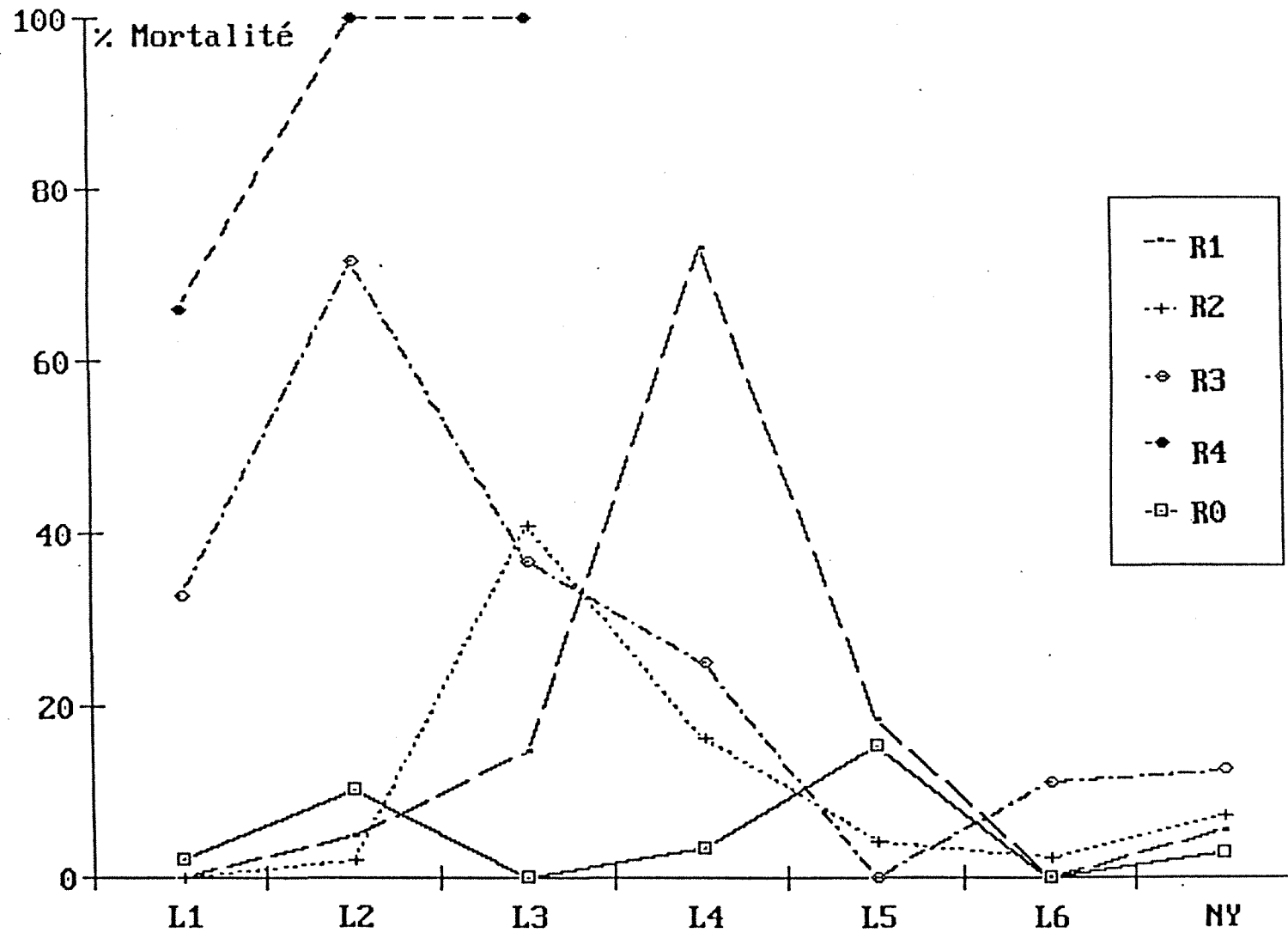


Figure 29: Evolution de la mortalité larvaire selon le régime alimentaire, entre 2 stades successifs. L1= 1er stade larvaire; NY=stade nymphal

On peut donc penser que chez *M. altissima* l'azote, entre autres éléments minéraux du feuillage, influence de façon non négligeable la mortalité des larves âgées de *G. sidae*.

* Durée de développement des différents stades et effet de la température

Les résultats figurent au tableau XIII. Le développement larvaire, qui se déroule en 6 stades dans les deux conditions d'observation, dure en moyenne 23,49 jours en conditions ambiantes (t° : 26-32°C ; HR : 65-90 p. 100) et 27,93 jours en salle climatisée (t° : 21-24°C ; HR : 60-90 p. 100). En comparant les deux valeurs par le test t de Student, nous obtenons une différence hautement significative (t obs. : 13,83 et t tabulé = 2,88 au seuil de probabilité 1 p. 100 et avec 18 degrés de liberté). L'effet de la température apparaît donc non négligeable même si, dans nos conditions de travail, nous n'avons pas pu travailler à température rigoureusement constante.

La durée de développement de l'insecte, de l'éclosion des oeufs à l'émergence de l'adulte est de 32,54 jours dans les conditions ambiantes (salle A) et de 41,05 jours dans la salle climatisée (salle B).

* Observations sur le terrain

Il nous a fallu concilier les possibilités matérielles et humaines avec la précision recherchée. Les observations sont faites sur plusieurs larves à la fois toutes les 24 heures. De plus, toutes les mues n'ayant pas lieu simultanément, nous avons récolté tous les jours les capsules céphaliques ; leur nombre, comparé à celui des larves, nous a permis de reconnaître leur passage d'un stade à l'autre.

De cette façon, nous avons obtenu les valeurs cumulées de la durée de développement stade après stade (tableau XIV et figure 30) et pu en déduire la durée approximative des différents stades (tableau XV).

TABLEAU XIV

VALEURS CUMULEES DE LA DUREE DE DEVELOPPEMENT LARVAIRE (EN JOURS) SELON LES LOCALITES ETUDIEES

		STADE DE DEVELOPPEMENT													
LOCA-		L1	L2	L3	L4	L5	L6	N							
LITE		n	DC	n	DC	n	DC	n	DC	n	DC	n	DC	n	DC
BELABO	(SP)	20	2,70±0,14	19	7,36±0,15	18	12,55±0,17	18	17,00±0,11	17	21,41±0,21	16	27,25±0,17	13	39,23±0,23
BAKUNDU	(SP)	20	3,30±0,18	20	6,50±0,18	20	10,20±0,20	20	14,85±0,15	20	19,30±0,14	18	25,11±0,18	14	35,00±0,25
BAKUNDU	(SS)	20	2,65±0,15	20	6,10±0,10	19	10,21±0,13	19	13,89±0,13	17	18,58±0,17	17	23,94±0,16	14	33,28±0,28

DC : Durée cumulée
 L : stade larvaire
 N : stade nymphal
 n : nombre de larves observées
 SP : saison des pluies
 SS : saison sèche

Remarque : La température moyenne observée est de 24,8°C à BELABO (SP)
 27,7°C à BAKUNDU (SP)
 29,1°C à BAKUNDU (SS)

TABLEAU XV

DUREE APPROXIMATIVE DES DIFFERENTS STADES DE DEVELOPPEMENT EN CONDITIONS NATURELLES (EN JOURS) SELON LES LOCALITES ETUDIEES

LOCALITE	DUREE DES STADES LARVAIRES						TOTAL	DUREE
	L1	L2	L3	L4	L5	L6		
Bélako (SP)	2,70	4,66	5,19	4,45	4,41	5,84	27,25	11,98
Bakundu(SP)	3,30	3,20	3,70	4,65	4,45	5,81	25,11	9,89
Bakundu(SS)	2,65	3,45	4,11	3,68	4,69	5,36	23,94	9,34

Une analyse de variance, portant sur 16 (Bélabo SP), 18 (Bakundu SP) et 17 (Bakundu SS) larves d'âge (durée totale de développement larvaire) variable au dernier stade, a permis d'obtenir le tableau XVI.

TABLEAU XVI

ANALYSE DE VARIANCE SUR LA DUREE DE DEVELOPPEMENT LARVAIRE SELON LA SAISON

SOURCE DE VARIATION	SOMME DES CARRES	DEGRE DE LIBERTE	CARRE MOYEN	F OBSERVE
Localité	92,435	2	46,21	93,54**
Erreur	23,722	48	0,49	
TOTAL	116,157	50		

** Différence très significative

F au seuil 1 p. 100 et 2 et 48 ddl = 5,08

Au seuil de probabilité 1 p. 100 pour 2 et 48 degrés de liberté, les différences observées sont hautement significatives suivant la localité et suivant la saison, bien qu'en réalité ces différences soient faibles.

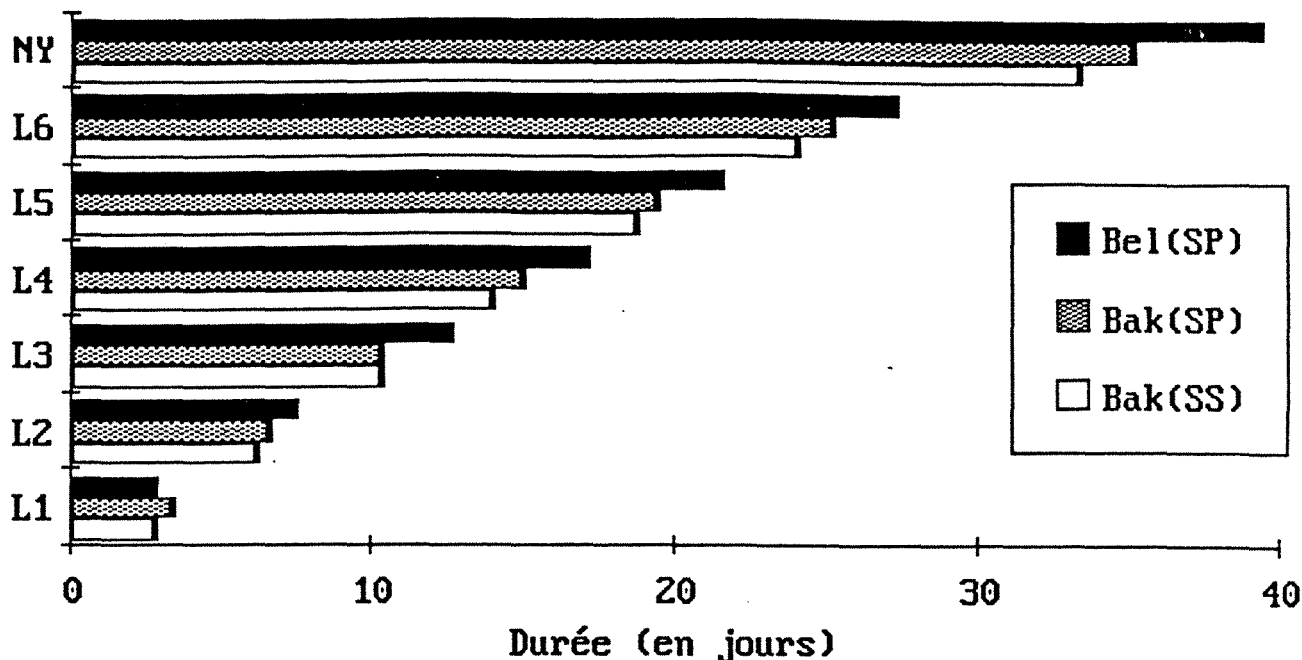


Figure 30: Durée de développement cumulée dans 2 localités étudiées. L1=1er stade larvaire; NY=nymphe; (SP)=saison des pluies; (SS)=saison sèche.

On peut expliquer ceci par le fait que, si les mues sont légèrement étalées dans le temps, elles se font par groupe d'individus, ce qui a pour conséquence une faible variabilité à l'intérieur de chaque modalité (localité) et rend particulièrement sensibles les variations entre localités. Il faut rappeler à ce sujet que les observations sont faites toutes les 24 heures et ne tiennent donc pas compte des variations observées dans chaque modalité au cours de ces 24 heures. Les résultats présentés doivent donc être vus comme étant l'expression d'une tendance à ce que le cycle de développement de l'insecte varie légèrement selon que l'on se trouve à Bélabo ou à Bakundu, en saison sèche ou en saison des pluies.

Le facteur pris en compte et qui pourrait avoir eu un effet sur les différences observées est la température moyenne au cours de la période d'étude. La relation notée entre cette température et les moyennes observées (figure 31) laisse prévoir un effet non négligeable. Il faut cependant reconnaître que d'autres facteurs susceptibles d'intervenir n'ont probablement pas été maîtrisés.

Nous avons donc observé que les mues sont le plus fréquemment étalées sur 2 à 3 jours et que le nombre de stades larvaires est le même dans les deux localités, soit 6 stades. Le facteur nutritionnel, dont l'effet sur le nombre de stades larvaires a été précédemment mis en évidence, est supposé avoir été bien contrôlé ici.

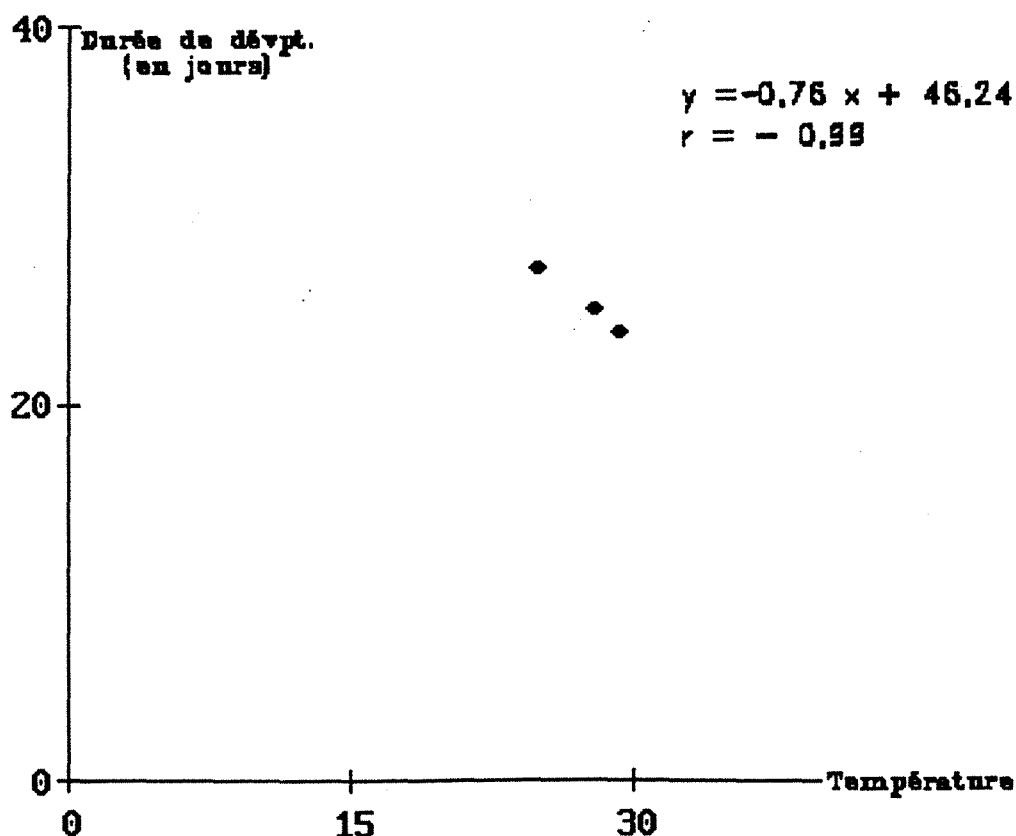


Figure 31: Relation entre la température ambiante et la durée de développement larvaire (sur le terrain).

* Largeur des capsules céphaliques des larves en
fonction du stade de développement

Nous avons mesuré à chaque stade 50 capsules céphaliques issues des larves élevées suivant la modalité Ro. Le tableau XVII donne les résultats des mesures.

TABLEAU XVII

LARGEUR DES CAPSULES CEPHALIQUES DES DIFFERENTS STADES LARVAIRES (en mm)

STADE	n	Valeurs extrêmes	Moy. ± E.T. (1)	Ecart-type	CV %
L1	50	0,49 - 0,55	0,51 ± 0,01	0,021	4,1
L2	50	0,79 - 1,10	0,90 ± 0,04	0,129	14,3
L3	50	1,40 - 1,60	1,51 ± 0,02	0,074	4,9
L4	50	1,81 - 2,03	1,93 ± 0,02	0,077	3,9
L5	50	2,26 - 2,45	2,33 ± 0,04	0,151	6,5
L6	50	2,66 - 2,92	2,78 ± 0,03	0,099	3,5

(1) E.T. = erreur-type

Nous pouvons observer que les valeurs extrêmes ne se chevauchent pas. De plus, la comparaison des moyennes, prises 2 à 2 successivement, par le test de Student, a révélé une différence significative au seuil de probabilité 1 p. 100.

La largeur de la capsule céphalique est donc un bon caractère de discrimination des stades larvaires chez *G. sidae*.

Par ailleurs, les mesures de 349 capsules céphaliques prélevées sur le terrain et leur répartition en 25 classes de 0,1 mm d'intervalle nous ont permis de construire l'histogramme de la figure 32. Cet histogramme fait apparaître 6 pics qui doivent correspondre aux 6 stades larvaires obtenus en salle. La plupart des larves sinon toutes doivent donc accomplir leur développement en 6 stades à Bakundu en période de pullulation. Ces observations sont confirmées par les résultats obtenus à partir des élevages réalisés sur le terrain (tableau XIV et XV).

Il ressort de la distribution de fréquences relatives des différents stades déduite de la mesure des 349 capsules céphaliques (figure 33) que les capsules des deux premiers stades étaient très faiblement représentées par rapport à ce que l'on aurait été en droit d'attendre. Ceci montre l'imperfection de la méthode au cas où le but aurait été autre que celui de déterminer le nombre de stades larvaires. Les capsules céphaliques des premier et deuxième stades ne sont en effet pas faciles à repérer.

Il faut noter que les capsules récoltées arrivent souvent au sol fixées à des particules de feuilles attaquées par les larves.

En ce qui concerne la taille des larves, il faut noter qu'il n'est pas du tout aisé de distinguer deux larves de stades voisins à l'aide de ce critère même si les moyennes correspondant aux différents stades diffèrent de façon significative (seuil 1 p. 100). En effet, sauf pour les larves du troisième stade, les valeurs extrêmes observées se chevauchent assez nettement (tableau XVIII). Par ailleurs, on peut remarquer que les larves augmentent beaucoup de longueur, essentiellement au cours du deuxième stade larvaire (8,73 mm) et peu au cours des premier et dernier stades (4,72 mm et 5,47 mm respectivement).

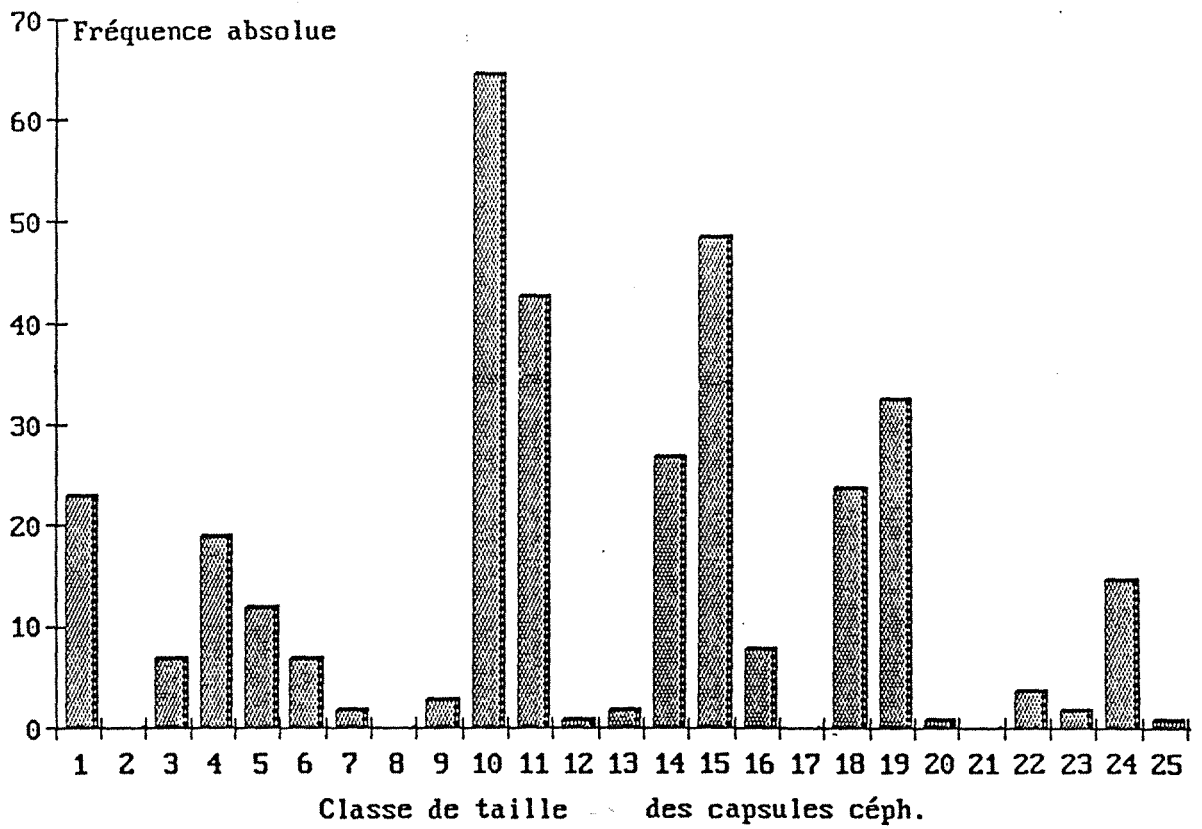


Figure 32: Distribution de fréquence des largeurs de capsules céphaliques récoltées sur le terrain.

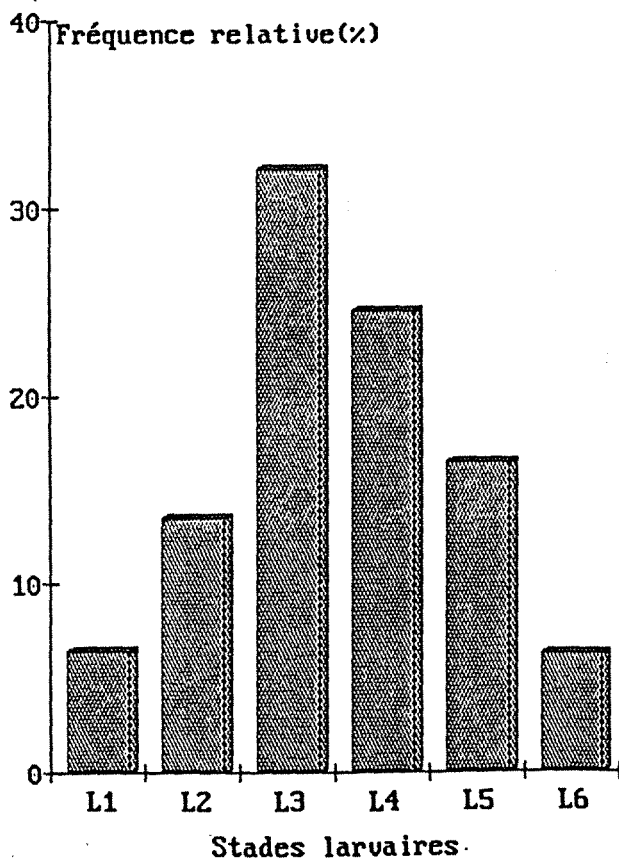


Figure 33: Fréquence relative des capsules obtenues par stade larvaire.

2.4.1.3. Conclusion

Le développement larvaire chez *G. sidae* passe le plus souvent par 6 stades facilement mis en évidence par l'observation et la mesure des capsules céphaliques. Toutefois, dans certaines conditions de nutrition larvaire, il est possible d'observer 5 ou 7 stades ; c'est le cas lorsque les larves sont nourries exclusivement de jeunes feuilles ou de vieilles feuilles respectivement. De plus, contrairement à ce que l'on pourrait penser, une forte mortalité est observée lorsque les larves sont nourries uniquement avec des jeunes feuilles et il serait par conséquent

TABLEAU XVIII

TAILLE DES LARVES EN FONCTION DE LEUR STADE

		LONGUEUR DE LA LARVE (mm)			
STADE	N° DE LARVAIRE	VALEURS EXTREMES (1)	MOYENNE ± ET	ECART-TYPE	CV%
L1	31	3 - 10	5,45 ± 0,21	1,212	22,2
L2	31	7 - 13	10,17 ± 0,27	1,631	16,0
L3	31	15 - 22	18,90 ± 0,41	2,232	12,3
L4	31	24 - 32	26,16 ± 0,37	2,067	7,9
L5	31	30 - 37	32,75 ± 0,39	2,214	6,7
L6	31	34 - 42	38,22 ± 0,43	2,431	6,3

ET : Erreur-type (écart-type de la moyenne)

CV : coefficient de variation

(1) : Valeur au mm le plus proche

intéressant, pour obtenir un meilleur taux de survie, d'utiliser un régime alimentaire différencié. C'est probablement ce qui se passe dans la nature.

Outre l'alimentation, la température, bien que variant peu en

conditions naturelles, constitue un autre facteur influençant la durée du développement larvaire. Ceci semble expliquer, au moins en partie, les légères variations de la durée du cycle observées entre Bélabo et Bakundu.

2.4.2. Les végétaux-hôtes

Les végétaux hôtes de *G. sidae* signalés jusqu'ici sont les suivants selon les auteurs et les pays :

- *M. altissima* et *Cedrela odorata* au Ghana (BROWNE, 1968)
- *M. altissima* et *Hildegardia barteri* au Nigéria (HYWEL, 1969)
- *M. altissima* au Cameroun (BRUNCK, 1974)

Des dégâts sur *M. altissima* ont été également signalés en Côte d'Ivoire et en République Centrafricaine.

Cedrela odorata appartient à la famille des Méliacées. Originnaire de l'Amérique Centrale, elle a été introduite il y a longtemps en Afrique. *Hildegardia barteri* est une espèce africaine. Signalée en Afrique de l'Ouest par HUTCHINSON & DALZIEL (1958), elle n'a pas encore été relevée en région forestière du Cameroun. Il s'agit d'une espèce appartenant à la même famille que *M. altissima* et possédant des feuilles ayant presque les mêmes caractères morphologiques : limbe obové, cordé à la base, arrondi au sommet ; le pétiole est cependant plus long (jusqu'à 25 cm).

Bien qu'aucune défoliation n'ait été observée sur une espèce autre que *M. altissima* au Cameroun, nous avons voulu, dans un dispositif simple, vérifier cette apparente polyphagie de *G. sidae* puisque ses dégâts ont été signalés sur d'autres espèces.

Le problème s'est posé au niveau du choix des espèces à éprouver puisque nous n'avons pas voulu nous limiter uniquement aux espèces déjà signalées. Nous nous sommes donc intéressé à quelques espèces appartenant à la même famille que *M. altissima* et immédiatement disponibles, à savoir *Cedrela odorata* mais aussi *Triplochiton scleroxylon*, *Erythrofleum oblongum* et *Tarrietia utilis*. En raison du nom spécifique de l'insecte éprouvé "*sidae*", nous avons également éprouvé certaines Malvacées du genre *Sida*, fréquentes en région tropicale. Le genre *Sida* comporte une quinzaine d'espèces africaines, dont certaines existent au Cameroun. Il s'agit de plantes herbacées.

Le test a consisté d'une part à fournir à des larves néonées des feuilles fraîches et tendres, d'autre part à fournir à des larves de stades intermédiaires et âgées préalablement nourries avec des feuilles de *M. altissima* puis soumises à un jeûne de 24 heures, les mêmes catégories de feuilles.

Le comportement de l'insecte lors de la prise de nourriture comprend d'après MUNAKATA (1975) quatre étapes :

1. - Reconnaissance et localisation de la plante-hôte
2. - Début de l'alimentation
3. - Poursuite de l'alimentation
4. - Fin de l'alimentation

Le comportement de *G. sidae* quel que soit l'hôte considéré n'a pas dépassé l'étape 3. En effet, aucun développement n'a été obtenu dans ces conditions. Dans certains cas, l'insecte s'est limité à la reconnaissance de la nourriture sans réelle morsure de nutrition. Dans d'autres cas, il y a eu ce que nous pouvons qualifier de début d'alimentation avec l'émission de quelques crottes. En général, les larves maintenues dans ces conditions sont mortes au bout de quelques jours sans avoir mué. Les

larves âgées ont vécu pendant 4 jours en moyenne tandis que les néonées ont vécu moins de 48 heures.

Lorsque nous avons modifié les conditions de nutrition en apportant des feuilles de *M. altissima*, les larves encore vivantes ont repris plus ou moins activement leur nutrition.

Le tableau XIX résume les observations faites sur le comportement des larves suivant les espèces végétales éprouvées.

TABLEAU XIX

COMPORTEMENT DES LARVES EN PRESENCE D'UNE NOURRITURE AUTRE QUE

M. ALTISSIMA (feuilles)

ESPECES VEGETALES TESTEES	LARVES NEONEES	LARVES INTERMEDIAIRES	LARVES AGEES
<i>Cedrela odorata</i>	0	+	+
<i>Triplochiton scleroxylon</i>	0	+	+
<i>Erythrofleum oblongum</i>	0	0	0
<i>Tarietia utilis</i>	0	0	0
<i>Sida urens</i>	++	++	++
<i>S. stipulata</i>	0	+	0
<i>S. rhombifolia</i>	+	++	++

0 : Reconnaissance de la nourriture sans morsure de nutrition
 + : Morsure sans prise de nourriture
 ++ : Morsure de nutrition avec émission de quelques crottes

Rappelons que les défoliations dues à *G. sidae* n'ont été observées que sur *M. altissima* et que les femelles de l'insecte ne déposent leurs oeufs que sur les feuilles de ce végétal, contrairement à ce qui a été observé ailleurs, notamment au Ghana où *C. odorata* est attaquée.

Le rôle fondamental que jouent les facteurs de nutrition (antiappétants ou stumulants gustatifs) dans la relation plante-insecte (VIGNERON, 1978) se vérifie ici ; en particulier le fait que le choix par l'insecte d'une plante-hôte comme aliment dépendra, entre autres, des quantités relatives d'agents stimulant ou inhibant l'adoption de nourriture présents dans cette plante (THORSTEINSON, 1960 ; HSIAO, 1969).

G. sidae apparaît étroitement associée à *M. altissima* compte tenu de toutes les considérations précédentes. On connaît le rôle de certains glycosides dans la stimulation gustative chez les insectes phyllophages (THORSTEINSON, 1960). Ces glycosides, substances chimiques contenues dans certaines plantes, sont dépourvus de valeur nutritive pour l'insecte phytophage mais peuvent intervenir comme phagostimulants (CHARARAS, 1980).

Chez la chenille de *G. sidae*, la stimulation pour la prise de nourriture est d'ordre gustatif, puisque la larve née dans la nature n'a pas à faire un grand déplacement pour trouver cette nourriture. L'intervention des glycosides mis en évidence chez *M. altissima* est donc vraisemblable.

2.4.3. Comportement des larves

2.4.3.1. But de l'observation et mode opératoire

Nous présenterons ici le comportement ravageur de *G. sidae* en décrivant les dégâts qu'elle commet et en précisant le rythme de son activité nutritionnelle. Ce rythme peut varier d'un stade larvaire à l'autre et aussi avec l'âge au cours du même stade.

Nous entendons par activité nutritionnelle l'intensité d'ingestion d'aliment par les larves. Cette intensité peut se mesurer de

plusieurs façons : la surface foliaire ingérée, le nombre de crottes émises après ingestion, le poids sec des crottes émises.

Nous avons retenu la méthode par comptage du nombre de crottes, facile à mettre en oeuvre dans nos conditions de travail. Nous entendrons donc par rythme d'activité nutritionnelle, la quantité de crottes émise selon l'âge de la larve. Ce rythme a été apprécié par périodes de 24 heures sur 10 larves suivies de l'éclosion à la nymphose.

Nous décrirons aussi le mode de dispersion des larves dans la cime de l'arbre, la dispersion étant définie comme le mouvement des jeunes larves qui les éloigne progressivement du site de ponte (HENSON, 1959 ; MACLEOD & DONNELLY, 1963). Ce mouvement ou bien ce déplacement est en principe guidé par la recherche de la nourriture. Cependant, nous avons constaté au laboratoire que les jeunes larves avaient tendance à se regrouper du côté de la paroi d'où venait la lumière, parfois au détriment de leur prise de nourriture. Il nous a donc paru opportun de tenter de préciser le comportement des larves vis-à-vis de la lumière (héliotropisme). Pour ce faire, nous nous sommes inspiré de la méthode simple utilisée par LOEB (cité par PORTIER, 1949) pour mettre en évidence l'héliotropisme positif chez *Porthesia chrysorrhæa* (Lépidoptère, Lymantriidae) (figure 34) :

Sur la paroi extérieure d'un tube de verre transparent de 40 cm de long sur 5 cm de diamètre est enroulée une feuille de papier carbone, en prenant soin de laisser 5 cm de part et d'autre du tube. L'extrémité fermée est exposée à une source de lumière blanche. Le faisceau lumineux est dirigé vers le plafond, de façon à maintenir l'obscurité à l'autre extrémité du tube qui est fermée par une toile moustiquaire et où est disposée une feuille de *M. altissima* de classe 1 ou une tranche de feuille de classe 2. Le test a été réalisé successivement sur des larves de stades différents.

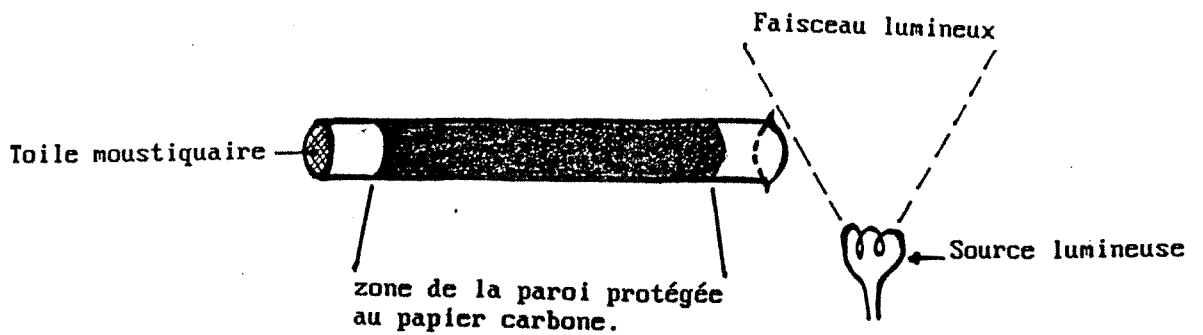


Figure 34: Dispositif d'observation sur l'effet de la lumière chez la larve de G. sidae,

2.4.3.2. Résultats et commentaires

La prise de nourriture débute sur le site de ponte puisque la ponte a lieu directement sur le feuillage de l'hôte. Il n'est pas inutile de signaler ici que les pontes localisées sur les feuilles âgées prédisposent les larves néonées à une forte mortalité, compte tenu des observations faites précédemment.

Les larves néonées dévorent d'abord tout le chorion à l'exception du plancher qui reste collé sur le support de ponte.

Les dégâts sont très caractéristiques du stade larvaire concerné :

- Les larves des deux premiers stades se comportent en décapeuses. Elles dévorent uniquement la couche superficielle du limbe, en laissant une feuille translucide. La feuille ainsi décapée ne persiste pas longtemps sur l'arbre.

Les dégâts peuvent passer inaperçus lorsqu'il n'existe pas ou que peu d'autres sites de nutrition appropriés. En effet, le

détachement du support décapé de ponte entraîne dans sa chute une bonne partie des larves néonées qui survivront difficilement une fois au sol.

- Les larves du troisième stade s'attaquent également aux fines nervures après avoir dévoré le limbe sur toute son épaisseur.
- C'est à partir du quatrième stade que les dégâts deviennent nettement perceptibles. Seules, en effet, les nervures principales, du moins celles ayant presque la taille du pétiole, sont épargnées. Ce comportement est valable pour les trois derniers stades larvaires dont la durée de développement ne représente qu'une partie de la durée totale de développement larvaire. Ceci donne aux défoliations observées en période de pullulation un caractère brutal et spectaculaire.

Nous avons relevé au laboratoire que la larve émet en moyenne 3062 crottes (activité nutritionnelle) durant son développement. Nous avons observé une évolution croissante du nombre de crottes stade par stade du premier au cinquième stade (figure 35). Ceci permet de

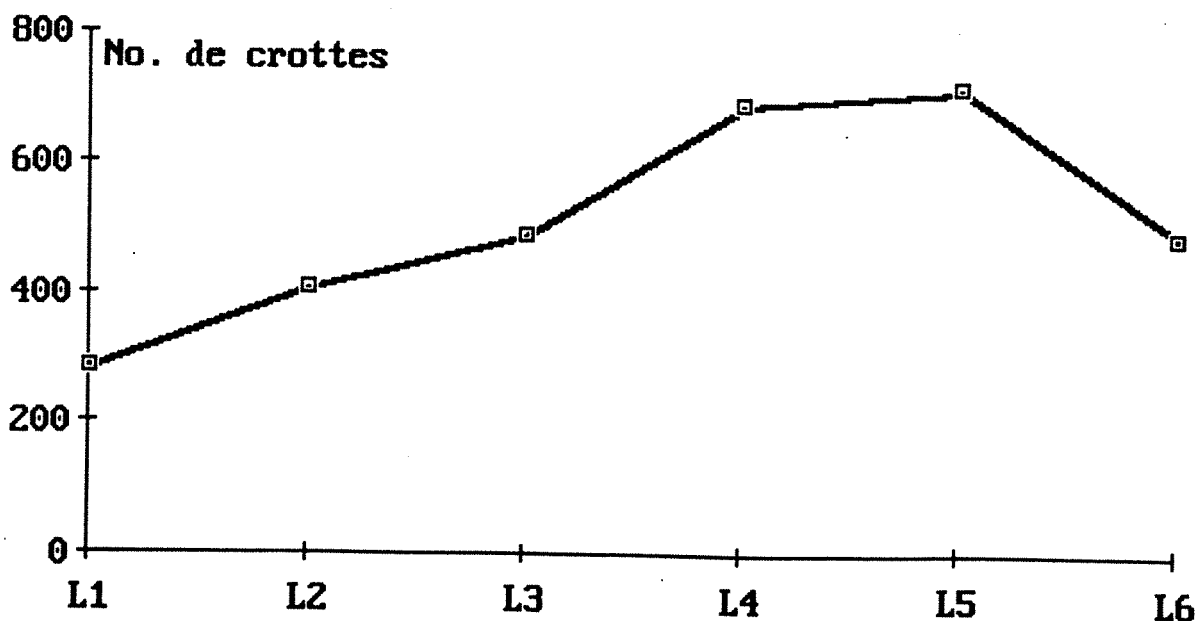


Figure 35: Evolution du nombre de crottes en fonction du stade larvaire.

penser que même si la taille des crottes augmente avec l'âge, le nombre de crottes émises est proportionnel à la taille de la larve. En revanche, les larves du dernier stade se nourrissent peu par rapport aux deux stades précédents (figure 35). On observe aussi que la période où la larve est plus active se situe en général à mi-chemin de la durée du stade larvaire considéré, notamment du troisième au sixième stade (figures 36 et 37). Par ailleurs, il apparaît plus clairement (figure 38) que les larves des quatrième et cinquième stades sont les plus dévastatrices. A titre de comparaison, *Selepa docilis* Butler (Noctuidae) est très vorace au dernier stade de son développement (FREMPONG, 1981) tandis que *Achaea catocaloides* (Noctuidae) se nourrit peu au dernier stade larvaire (ELUWA, 1977) comme cela semble être le cas chez *G. sidae*.

Nous avons observé que la dispersion des larves dans la cime des arbres commence normalement après épuisement de la nourriture sur le support de ponte. Elles peuvent donc rester groupées aussi longtemps que le support de ponte le permet (jusqu'à deux jours).

En général, le déplacement des larves se fait de haut en bas, soit de proche en proche suivant la disponibilité en nourriture, soit en se laissant choir à l'extrémité d'un fil à soie. Ce dernier cas intéresse particulièrement les jeunes individus chez lesquels on observe le plus d'émission de fils à soie.

En ce qui concerne le comportement vis-à-vis de la lumière tel qu'observé en salle, la sensibilité n'est pas la même aux différents stades. Les larves des premier et deuxième stades, obéissant à leur héliotropisme positif, se dirigent vers l'extrémité éclairée du tube, au détriment de leur activité nutritionnelle. Leur réaction est rapide et spontanée. Elles restent groupées de ce côté et ne se dispersent que lorsque la source lumineuse est déplacée.

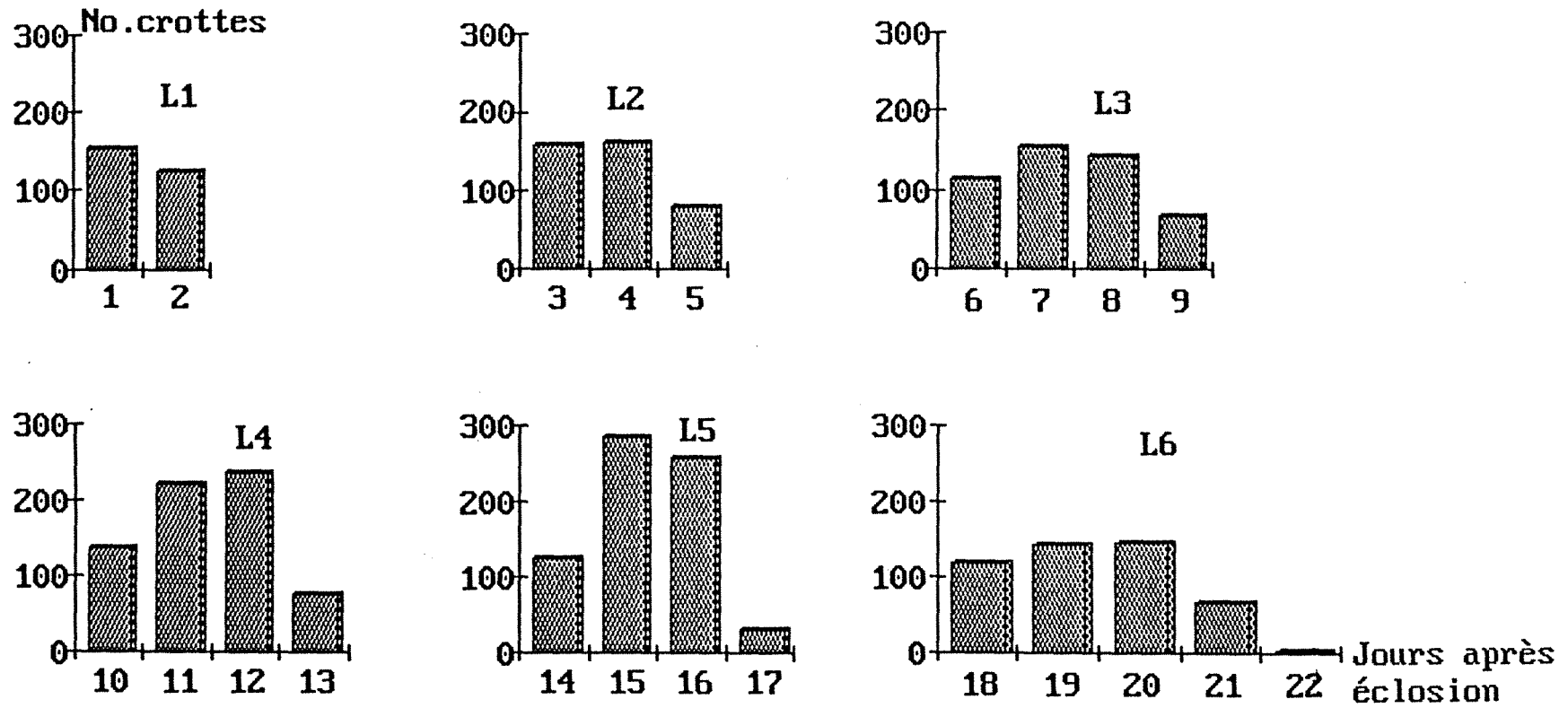


Figure 36: Evolution journalière du nombre de crottes émises par les larves (L1=1er stade larvaire; L2=2e stade larvaire;...)

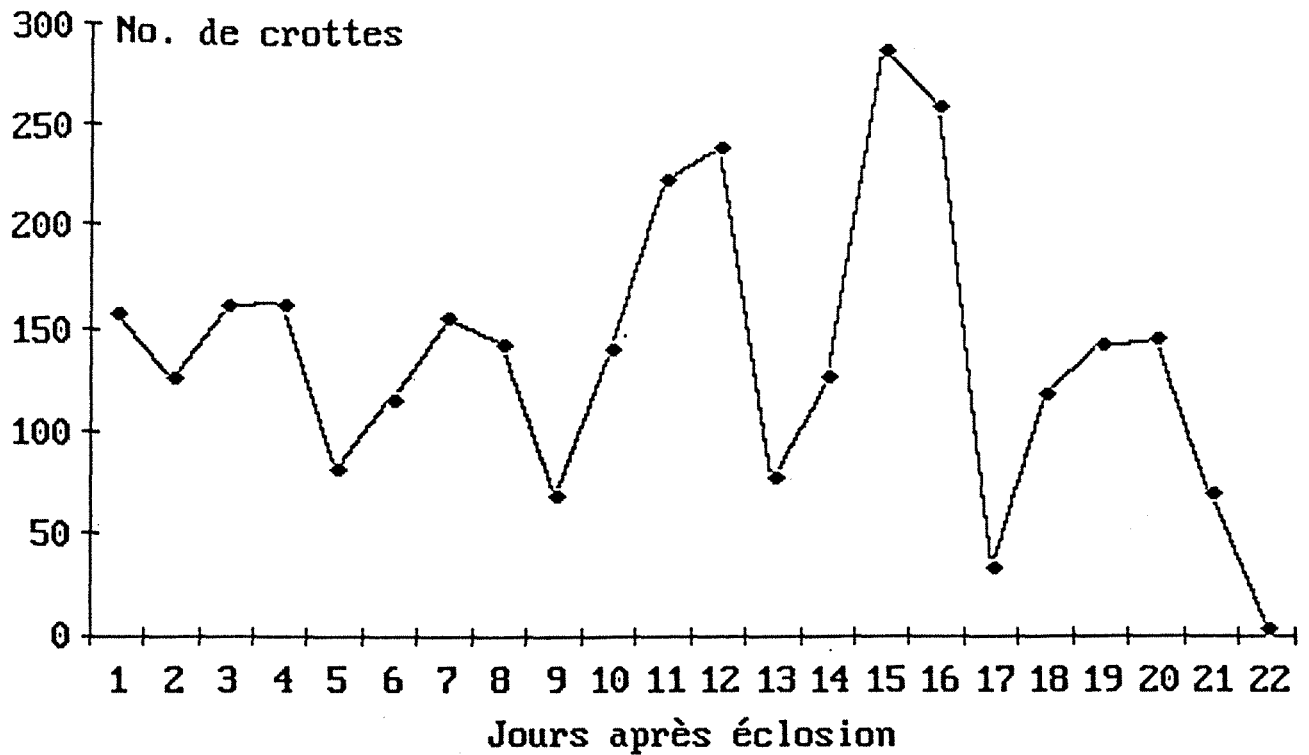


Figure 37: Importance journalière de l'activité nutritionnelle (nbre. de crottes) de la larve au cours de sa vie (les pics correspondent aux stades successifs).

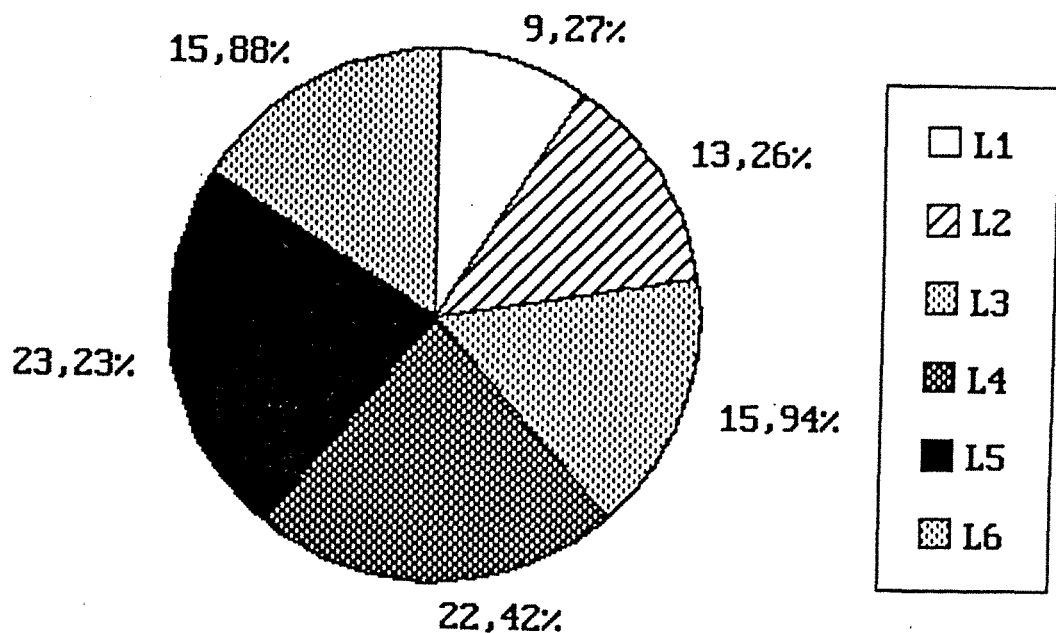


Figure 38: Importance relative de l'activité nutritionnelle selon le stade larvaire.

Chez les larves du troisième stade, on observe une diminution de la sensibilité. Elles sont également attirées mais elles ont tendance, après avoir réagi spontanément à la présence de la lumière, à se déplacer un peu dans tous les sens et à se nourrir rapidement lorsqu'elles arrivent à la hauteur de la feuille.

Le phénomène n'est pas très net chez les larves âgées. Elles préfèrent se nourrir et rester du côté du tube où se trouve la feuille ; elles se déplacent aussi dans tous les sens dans le tube sans que l'on observe une tendance nette de mobilité en direction de la lumière.

En essayant de ramener ces observations à ce qui peut se passer dans la nature, il est possible d'imaginer une situation où les pontes seraient déposées sur des sites peu éclairés. Le peu d'éclairement de ces sites peut provenir du fait qu'ils sont situés sur les branches du verticille le plus bas ou que les cimes se chevauchent. Les larves néonées auront à ce moment tendance à se disperser rapidement vers des zones où fissent quelques rayons de soleil, au prix de leur survie. Il n'en est pas de même pour les larves âgées dont les mouvements semblent guidés essentiellement par la recherche de la nourriture. Par contre le mouvement généralement descendant des larves ne leur permet pas d'avoir accès aux feuilles situées au-dessus du site de ponte. Le fait que les oeufs soient pondus par exemple sur les verticilles les plus bas peut constituer un facteur de mortalité larvaire non négligeable.

2.4.4. La vie nymphale et la chrysalidation

Nous avons vu précédemment que la chrysalide se forme dans un cocon de soie blanchâtre, appliqué sur un support végétal constitué essentiellement de feuilles mortes dans la litière. En enceinte d'élevage, elle élabore une logette nymphale en s'aidant des particules

d'excréments et des restes de nourriture non consommée. Cette logette est appliquée sur la paroi ou bien au fond de l'enceinte.

Toute activité nutritionnelle cesse dans les 36 heures environ qui précèdent l'immobilisation de la larve pour la nymphose. Pendant ce temps, elle se déplace beaucoup comme si elle était excitée. En plantation, elles rampent le long du tronc dans un déplacement descendant, ou dérivent à l'extrémité d'un fil à soie puis deviennent très actives dans la litière à la recherche d'un site. Ces déplacements actifs sont suivis de 3 heures d'immobilisation lorsque le site a été trouvé. C'est à ce moment que commence le tissage de cocon dans lequel la larve se transformera. La transformation commence au minimum 24 heures plus tard. La chenille diminue tout d'abord de longueur, puis par des contractions, se débarrasse de son ancienne enveloppe, y compris la capsule céphalique. Celle-ci, contrairement à ce qui se passe lors des mues précédentes, reste fixée à l'exuvie.

On obtient une chrysalide d'abord molle et de teinte blanchâtre; elle se mélanise peu à peu par la suite pour devenir brun foncé, et se durcit.

Peu de temps avant l'émergence du papillon, apparaissent par transparence, au niveau de l'abdomen 4 rangées de taches noires que l'on retrouvera chez le papillon comme nous l'avons décrit précédemment. L'observation de ces taches noires peut permettre de situer la proximité de l'émergence sur le terrain. Au laboratoire, en effet, elles apparaissent moins de 10 heures avant l'émergence de l'imago.

Au cours de la période qui s'écoule entre l'immobilisation de la chenille qui a trouvé un site de nymphose et l'obtention de la chrysalide molle, l'insecte est très peu armé pour se défendre contre une éventuelle

attaque par ses ennemis (parasite ou prédateur). De plus, nos observations montrent que lorsque l'on extrait la chenille de son cocon alors que la transformation n'a pas encore commencé ou bien lorsque l'on interrompt le tissage de cocon, la chenille meurt sans avoir réparé ou confectionné une autre logette nymphale.

La durée du stade nymphal varie selon les conditions de milieu (tableaux XIII et XIV).

2.5. DUREE DU CYCLE ET NOMBRE DE GENERATIONS ANNUELLES

Le tableau XX résume la durée du cycle de développement de *G. sidae* dans les différentes conditions d'élevage précédemment décrites.

On voit que l'insecte peut produire théoriquement de 7 à 10 générations par an, si l'on tient compte du délai de maturité sexuelle (4 jours) chez la femelle. Cependant, il n'est pas possible d'individualiser ces générations.

TABLEAU XX

DUREE DE DEVELOPPEMENT DES DIFFERENTS STADES DE G. SIDAE (EN JOURS) DANS DIFFERENTES CONDITIONS D'ELEVAGE

STADE DE DEVELOPPEMENT	EN SALLE		BAKUNDU		BELABO
	A	B	(SS)	(SP)	(SP)
Oeuf	2,71	4,25	3	3	3 à 4
Larve	23,49	27,93	23,94	25,11	27,25
Nymphe	9,05	13,12	9,34	9,89	11,98
TOTAL	35,25	45,30	36,28	38,00	42 à 43

A : t° : 26-32°C HR : 65-90 p. 100

B : t° : 21-24°C HR : 60-70 p. 100

SS : Saison sèche

SP : Saison des pluies

Chez *Godasa sidae* en effet, les populations comprennent à tout moment plusieurs sinon tous les stades de développement de l'insecte, ce qui ne facilite pas l'étude précise de chacune des générations dans les conditions naturelles.

D'une manière générale, on peut relever que la durée du cycle de développement varie légèrement d'une saison à l'autre et plus nettement d'une localité à l'autre.

2.6. CONCLUSION DE LA DEUXIEME PARTIE

Godasa sidae est un insecte dont la biologie est restée inconnue jusqu'ici. C'est à sa description que nous nous sommes attaché dans cette partie de notre étude.

Dans un premier temps, nous avons essayé de préciser la position taxonomique de l'insecte dans la mesure où il règne actuellement des confusions quant à son appartenance à une famille bien précise. Il s'agit d'une Noctuidae de la sous-famille des Aganainae. Les caractères morphologiques des différents stades de développement ont été précisés. L'insecte présente en particulier, en ce qui concerne les génitalia mâles, un édéage de forme complexe, plus court que la valve et dont la vesica est munie de 5 épines (cornuti) chitineuses, de tailles différentes.

Le développement larvaire passe par six stades et peut être influencé par la qualité de la nourriture. Les observations faites jusqu'ici permettent de qualifier *G. sidae* d'espèce monophage : aucune prise de nourriture n'a été obtenue sur d'autres espèces que *M. altissima* ; de même les pontes dans la nature n'ont été observées que sur ce végétal-hôte.

L'insecte présentant un fort potentiel de reproduction est capable de pullulations importantes pour peu que les conditions nutritionnelles lui soient favorables ; l'observation d'un fort taux d'éclosion (plus de 90%) des oeufs permet de dire que le taux d'accouplement est également très élevé dans la nature. Cet accouplement s'obtient facilement au laboratoire.

La durée du cycle de développement varie entre 35 et 45 jours, ce qui donne à l'insecte la possibilité de développer de 7 à 10 générations par an. Cependant les générations se chevauchent au cours de l'année, si bien qu'à tout prélèvement effectué au sein d'une population correspondront plusieurs stades de développement.

Le caractère polyvoltin de l'insecte est à prendre en compte dans l'étude de la dynamique de ses populations que nous essaierons d'introduire dans la troisième partie de notre étude, grâce aux connaissances acquises sur sa biologie.

TROISIEME PARTIE

ETUDE ECOLOGIQUE DE G. SIDAE

INTRODUCTION

Notre objectif, à terme, est de pouvoir suivre l'évolution des populations de *G. sidae*, en vue de la mise en oeuvre d'une stratégie de contrôle de ce ravageur. Nous avons essayé précédemment de réunir des informations sur la biologie de l'insecte, qui doivent servir de base à cette étude écologique.

Un schéma permettant d'évaluer les variations numériques de *G. sidae* doit être établi. Ce schéma ne sera pas construit pour être une fin en soi mais comme une trame directrice permettant de choisir les méthodes les plus appropriées pour l'estimation de la densité et de l'évolution des populations du ravageur.

D'où la nécessité de mettre en évidence, d'une part, les possibilités de suivi de ces populations et, d'autre part, leur mode de distribution à l'échelle du peuplement. En effet, outre la priorité d'une connaissance préalable de la biologie de l'insecte, la mise en place d'un dispositif d'échantillonnage adapté à l'étude de la dynamique de ses populations nécessite que soit connue la façon dont il est distribué, puisqu'elle conditionne le type d'échantillonnage et les moyens matériels à mettre en oeuvre.

D'autres objectifs que nous nous sommes assignés dans cette étude sont les suivants :

- Détermination de l'aire de répartition de l'insecte au Cameroun, dans le but de connaître les risques réels auxquels on s'exposerait en cas d'extension des plantations du végétal hôte.
- Evaluation qualitative des facteurs biotiques susceptibles d'intervenir dans la réduction du niveau des populations et du rôle joué par la phénologie du végétal-hôte dans les fluctuations annuelles des populations.

CHAPITRE 1

POSSIBILITES DE SUIVI DES POPULATIONS DE G. SIDAE

1.1. OBSERVATIONS PREALABLES

Nous avons précisé précédemment le comportement de ponte de la femelle que nous rappelons ci-dessous :

- les oeufs sont groupés en ooplaques,
- Celles-ci sont déposées presque exclusivement sur les jeunes feuilles lorsque l'arbre en dispose suffisamment.

Comme le précisent MILLER (1960) et GUILLON (1967), la mise en oeuvre d'un système d'échantillonnage instantané basé sur la récolte ou le comptage des pontes dans l'étude de la dynamique de populations d'insectes ravageurs est applicable dès lors que l'espèce est abondante et que les pontes sont bien visibles et localisées sur un organe particulier de la plante.

Les pontes chez *G. sidae* constituent une entité bien visible et facilement dénombrable. On peut ajouter qu'elles caractérisent le potentiel intrinsèque de développement de l'insecte et peuvent servir à la prognose puisqu'elles sont une image de la future infestation. La méthode a été utilisée dans de nombreux cas chez d'autres Lépidoptères défoliateurs forestiers (WESELOH, 1974 ; QUESTIENNE & FLAVAL, 1977 ; HERARD, 1978 ; LUCIANO & PROTA, 1985).

Pour ce qui est des populations larvaires, MORRIS (1955) définit deux méthodes pour leur évaluation :

- la méthode d'étude directe où les insectes eux-mêmes sont repérés et comptés,
- la méthode d'étude indirecte où l'on mesure plutôt certains paramètres qui sont connus comme étant en relation directe avec le niveau de la population de l'insecte.

Le choix de l'une ou l'autre méthode dépend des objectifs que l'on se fixe au départ et conditionne l'ampleur des moyens à mettre en oeuvre, en fonction du comportement de l'insecte.

La méthode indirecte ne donne pas la valeur absolue du nombre d'individus dans la population (ou bien alors il faut passer par une procédure complexe de conversion) mais permet tout au moins d'appréhender la distribution de l'insecte étudié, les dégâts que ses populations commettent et éventuellement de prédire ses pullulations pour pouvoir les contrôler.

Chez les insectes défoliateurs, deux possibilités sont couramment utilisées : l'estimation ou bien du niveau de défoliation (MACLEAN & LIDSTON, 1982 ; GERI, 1986 ; CORNIC et al., 1986-1987), celle de la quantité de déjections émises par les larves (MORRIS, 1949). Cette démarche apparaît d'autant plus intéressante que c'est l'ampleur des dégâts primaires subis par les peuplements hôtes que l'on s'attache à mesurer (DU MERLE, 1988) et que ces dégâts sont bien visibles et caractéristiques du ravageur. C'est le cas de *G. sidae*.

La méthode d'étude directe nécessite des observations intensives stade par stade. Elle doit déboucher sur la détermination des fluctuations intracycliques telles que définies par BOVEY & BALTENSWEILLER (1963) avec mise en évidence des principaux facteurs de réduction du niveau de population et de leur importance.

Cette méthode est facilement applicable aux espèces univoltines, dont la phénologie est étroitement liée à des contrastes saisonniers bien marqués. Les facteurs abiotiques imposent alors un même rythme à la flore et à la faune, facilitant ainsi la coïncidence des cycles (GUILLON, 1986), ce qui est généralement le cas en région tempérée. Chez *G. sidae*, la méthode devra faire face à quelques difficultés d'application dues au

chevauchement des générations, ce qui n'en facilite par l'individualisation.

En ce qui concerne le stade nymphal, nous avons précisé le site de nymphose. Celle-ci a lieu généralement dans la litière, avec toutefois quelques rares cas de chrysalidation sur des feuilles mortes accrochées à la base de la cime des arbres.

Dans ce chapitre, nous étudierons la répartition des chrysalides autour de l'arbre et tenterons d'établir si, au niveau de la litière, il y a une préférence particulière quant à la localisation du site de nymphose. En outre, le suivi des populations d'adultes sera abordé par des tests d'attractivité sexuelle et lumineuse.

1.2. REPARTITION DES CHRYSALIDES AUTOUR DE L'ARBRE

Les observations ont eu lieu à deux périodes de l'année (juillet-août et octobre-novembre) où l'on est supposé avoir beaucoup de chrysalides, à la suite d'une défoliation importante. Le dispositif est constitué d'une placette carrée de 3 x 3 m, divisée en 9 unités de superficie égale, l'arbre étant situé au centre du dispositif (figure 39 A).

1	2	3
4	5	6
7	8	9

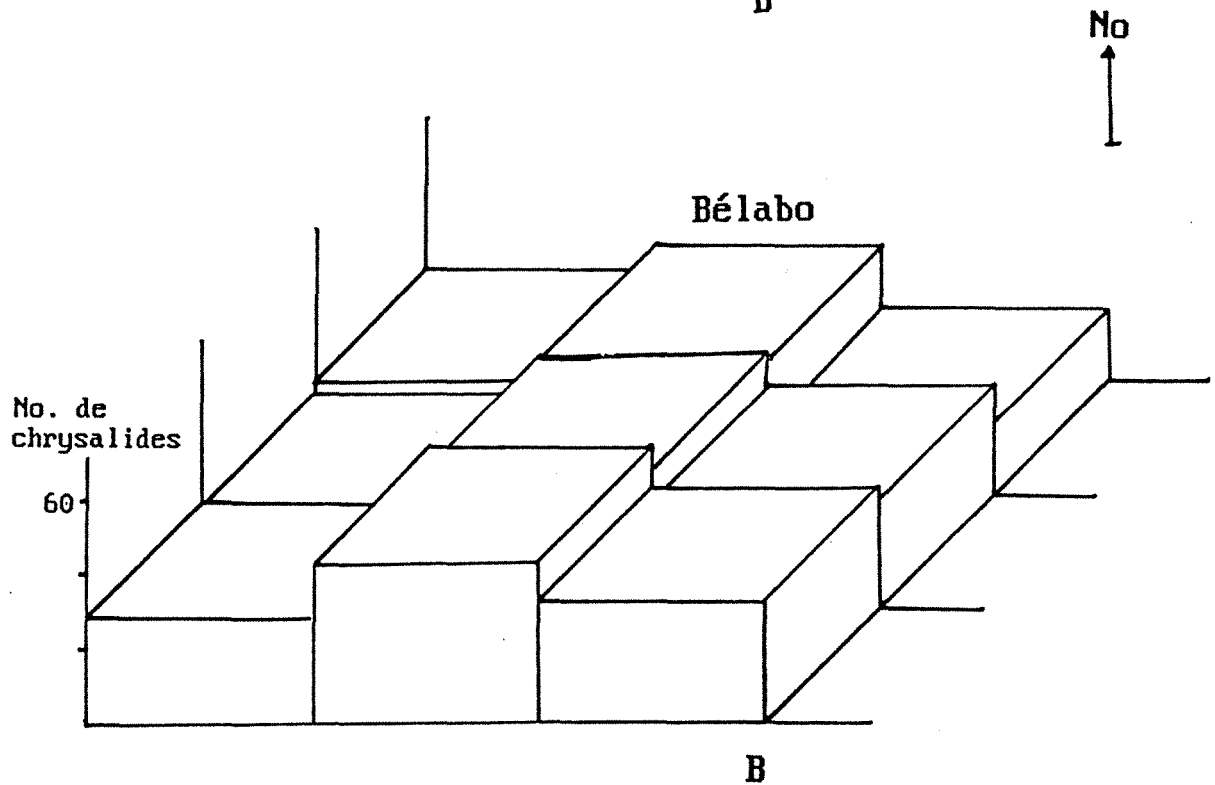
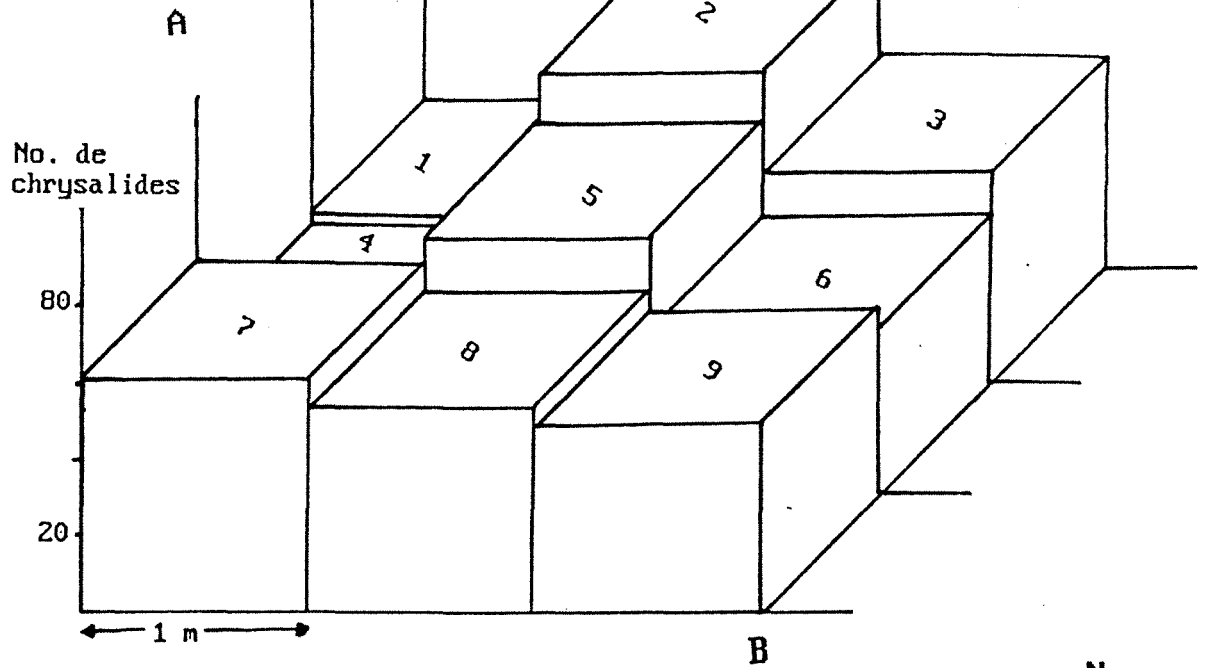


Figure 39: Dispositif de récolte des chrysalides (A) et résultats de leur répartition autour de l'arbre (B), à Bakundu et à Bélabo.

Dans chacune des placettes, nous dénombrons les chrysalides vivantes et mortes, de même que les dépouilles nymphales qui restent après émergence du papillon. Les arbres retenus sont ceux qui ont été presque entièrement défeuillés. Pour chaque période de relevés, 10 placettes ont été examinées à Bakundu et 6 à Bélabo.

Nous reviendrons plus tard sur ce dénombrement dans le cadre des observations sur les ennemis naturels de *G. sidae*. Nous pouvons d'abord retenir que les récoltes ont été en général trop faibles par rapport à nos prévisions. De plus, le dispositif adopté ne révèle aucune tendance dans la distribution des chrysalides autour de l'arbre, aussi bien à Bakundu qu'à Bélabo. La figure 39 B qui illustre cette observation présente le niveau de récolte enregistré par unité de surface, sur l'ensemble des placettes examinées. Ceci laisse prévaloir que la larve qui se déplace à la recherche d'un site de nymphose s'installe dès qu'elle a trouvé un support approprié, proche ou éloigné de l'arbre. De plus, il n'y a pas de frontière qui empêche la larve provenant d'un arbre de s'installer sous un arbre voisin pour se nymphoser.

1.3. ATTRACTIVITE LUMINEUSE ET SEXUELLE CHEZ G. SIDAE

1.3.1. Matériel et méthode

1.3.1.1. Piégeage lumineux

La période choisie est celle où l'on est supposé avoir une population importante d'adultes. Les observations ont donc lieu en novembre après une forte pullulation de larves. Le site retenu se trouve à proximité immédiate du peuplement hôte à Bakundu. Le dispositif est installé dans un endroit suffisamment bien dégagé.

Ce dispositif est constitué d'un groupe électrogène de 1,4 KVA alimentant deux lampes à vapeur de mercure de 500 W et de 125 W, et d'une tige en métal de 2,5 m de hauteur, emboîtée dans un support circulaire qui la maintient verticale. La lampe de 500 W est fixée à l'extrémité de la tige et assure l'attractivité à distance. Celle de 125 W est placée à 1,25 m du sol, fixée à la même tige et assure le relais vers un drap blanc de 2 x 3 m, étendu au pied de l'ensemble. Le dispositif est complété par un filet de chasse qui permet de capturer les insectes.

Le piégeage a eu lieu au cours des nuits sans lune. En effet, on sait que le clair de lune a un effet négatif sur l'efficacité des pièges lumineux en général (BROWN & TAYLOR, 1971 ; TAYLOR, 1986).

Le test a été réalisé sur 6 nuits ; de 19 heures à 5 heures les 3 premières nuits et de 21 heures à 3 heures les 3 nuits suivantes.

1.3.1.2. Piégeage sexuel

L'identification de la phéromone sexuelle de *G. sidae* est en cours (Laboratoire de Médiateurs chimiques, INRA-ROUESSY). Nous avons donc utilisé comme appât des femelles vierges issues d'élevage au laboratoire.

A défaut de pouvoir disposer de pièges sexuels de type classique, nous en avons confectionné un nous-même. Le dispositif comporte deux parties (figure 40) :

- Une cagette cubique de 10 cm d'arête dont trois faces latérales sont grillagées (grillage métallique à mailles fines), la quatrième étant constituée d'une porte en plexiglass pouvant coulisser ; la base et le sommet sont en contreplaqué de 4 mm d'épaisseur. Un petit tube contenant de l'eau sucrée et surmonté d'une mèche en coton permet d'assurer la nutrition des papillons.

- Cette cagette est fixée par sa base sur une plaque de carton de 20 cm de côté, engluée à sa partie supérieure en regard de chaque face grillagée.

Ce dispositif est suspendu au dernier verticille à l'extrémité d'une branche. Nous avons utilisé dans chaque dispositif 8 femelles vierges issues de larves du dernier stade récoltées sur le terrain après une pullulation (octobre) et élevées au laboratoire, de façon qu'il y ait coïncidence, au moment où nous les ramenons sur le terrain, avec les émergences de nombreux papillons presque de la même génération. Le relevé a eu lieu au bout de 8 jours et nous avons répété le test deux fois durant une période de trois semaines.

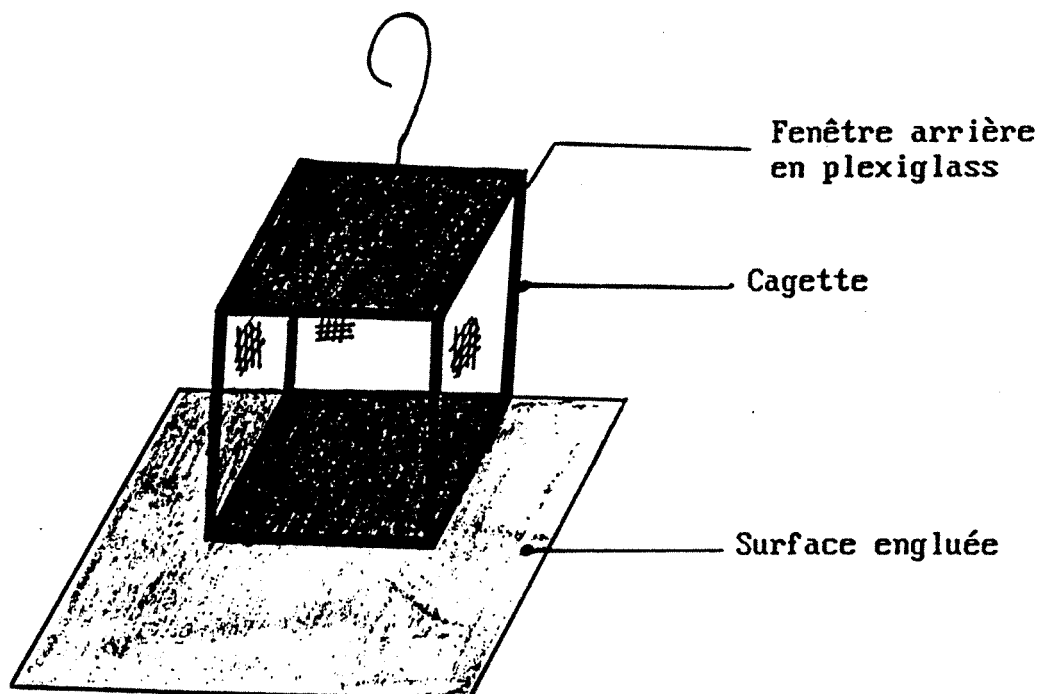


Figure 40: Schéma de piégeage sexuel appâté avec des femelles vierges.

1.3.1.3. Remarques

Ces essais de piégeage lumineux et sexuel avaient essentiellement pour objectif de voir quelle était l'attractivité de ces pièges. Ils sont qualitatifs et leur utilisation effective dans l'étude de la dynamique de populations nécessitera des dispositifs plus élaborés.

1.3.2. Résultats et discussion

Les résultats des piégeages sont représentés dans les tableaux XXI (piégeage lumineux) et XXII (piégeage sexuel).

TABLEAU XXI

NOMBRES D'ADULTES DE G. SIDAE CAPTURES AU PIEGE LUMINEUX

REPETITIONS	NOMBRE DE CAPTURES		
	MALE	FEMELLE	TOTAL
1	1	0	1
2	2	4	6
3	0	3	3
4	0	2	2
5	5	4	9
6	0	0	0
TOTAL	8	13	21

TABLEAU XXII

NOMBRE DE MALES DE G. SIDAE CAPTURES AU PIEGE SEXUEL

PIEGES	NOMBRE DE CAPTURES		
	1er piégeage	2ème piégeage	TOTAL
P 1	23	11	34
P 2	42	18	60
TOTAL	65	29	94

Au cours du piégeage lumineux, nous avons constaté que les papillons venaient le plus à la lumière entre 21 heures et 3 heures du matin.

Le niveau de capture enregistré nous paraît très faible alors que si l'on tient compte d'une part de la période choisie et d'autre part des pontes observées, les émergences des papillons ont été importantes. Dans ce cas le faible niveau de capture reflète la faible attraction de *G. sidae* par la lumière. Le risque de sous-estimation du niveau de la population existe dans ces conditions et sera d'autant plus grand que l'opération aura lieu en période de faible niveau de population.

En ce qui concerne le piégeage sexuel, rappelons que le premier test d'attractivité a eu lieu au cours de la même période que le piégeage lumineux mais dans une parcelle éloignée pour éviter les risques d'interférence. Nous pouvons noter d'après les résultats du tableau XXII que l'attractivité sexuelle est nettement plus efficace. Son efficacité pourrait être accrue par une amélioration du dispositif du piégeage.

CHAPITRE 2

ETUDE DE LA REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET DES FLUCTUATIONS DES POPULATIONS de G. SIDAE

2.1. CHOIX DES SITES ET PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

2.1.1. Choix des sites

Nous distinguerons ici deux catégories de sites d'étude :

- les sites retenus en vue de déterminer l'aire de répartition de *G. sidae* au Cameroun. Les observations ont eu lieu uniquement en région forestière, considérée comme étant l'aire de répartition potentielle de l'insecte. En effet, quel que soit le pays où le ravageur a été signalé, il n'est connu qu'en zone forestière.
- Les sites choisis pour l'étude écologique de l'insecte : Bakundu et Bélabo. Ces deux sites ont été retenus parce qu'ils constituent les principales zones d'extension des plantations artificielles de *M. altissima*.

2.1.2. Présentation du milieu d'étude

2.1.2.2. Sites d'étude de l'aire de répartition

Ces sites ont été retenus en tenant compte des grandes formations forestières du sud Cameroun que nous avons déjà eu l'occasion de présenter. Ainsi les points d'observation suivants, par formation forestière, ont été visités :

- Forêt dense humide sempervirente de basse altitude (forêt biafréenne) : Bafang, Mamfé, Mangombé, Sud-Bakundu.
- Forêt dense humide de transition : Akonolinga, Bilik, Engengué, Lomié, Makak, Messok, Yokadouma.

- Forêt dense humide semi-caducifoliée : Deng-Deng (Bélabo), Ndiki.

Ce réseau de points d'observation est représenté sur la figure 41. En outre, dans l'aire de répartition naturelle de *M. altissima* ou bien dans les plantations existantes, la présence de l'insecte est notée par l'observation directe des dégâts. En dehors de cette aire, des "placeaux pièges" ont été installés et la prospection a eu lieu autant que possible en période où de fortes défoliations sont observées dans les zones de pullulation de l'insecte. Le piégeage sexuel a permis de compléter le dispositif de prospection.

2.1.2.2. Sites d'observations écologiques

M. altissima est une espèce fortement diluée dans son aire naturelle. Sa très faible densité à l'hectare a pour conséquence de maintenir la population de son ravageur à un niveau suffisamment bas pour n'être jamais à l'origine de manifestations spectaculaires.

L'équilibre ainsi observé en forêt naturelle est brisé dès lors que, par des plantations monospécifiques de l'espèce-hôte, on crée des conditions favorables à la multiplication de l'insecte, au moins en ce qui concerne la disponibilité en support de ponte et en nourriture pour les larves.

Nos observations écologiques ont donc eu lieu dans des plantations artificielles où la rupture de l'équilibre observé en forêt naturelle donne lieu à des fluctuations saisonnières importantes des populations de l'insecte.

Les peuplements étudiés sont donc monospécifiques au niveau de la strate ligneuse (arborescente), tandis que le sous-bois est constitué d'herbes et d'arbrisseaux d'espèces diverses. Dans les peuplements

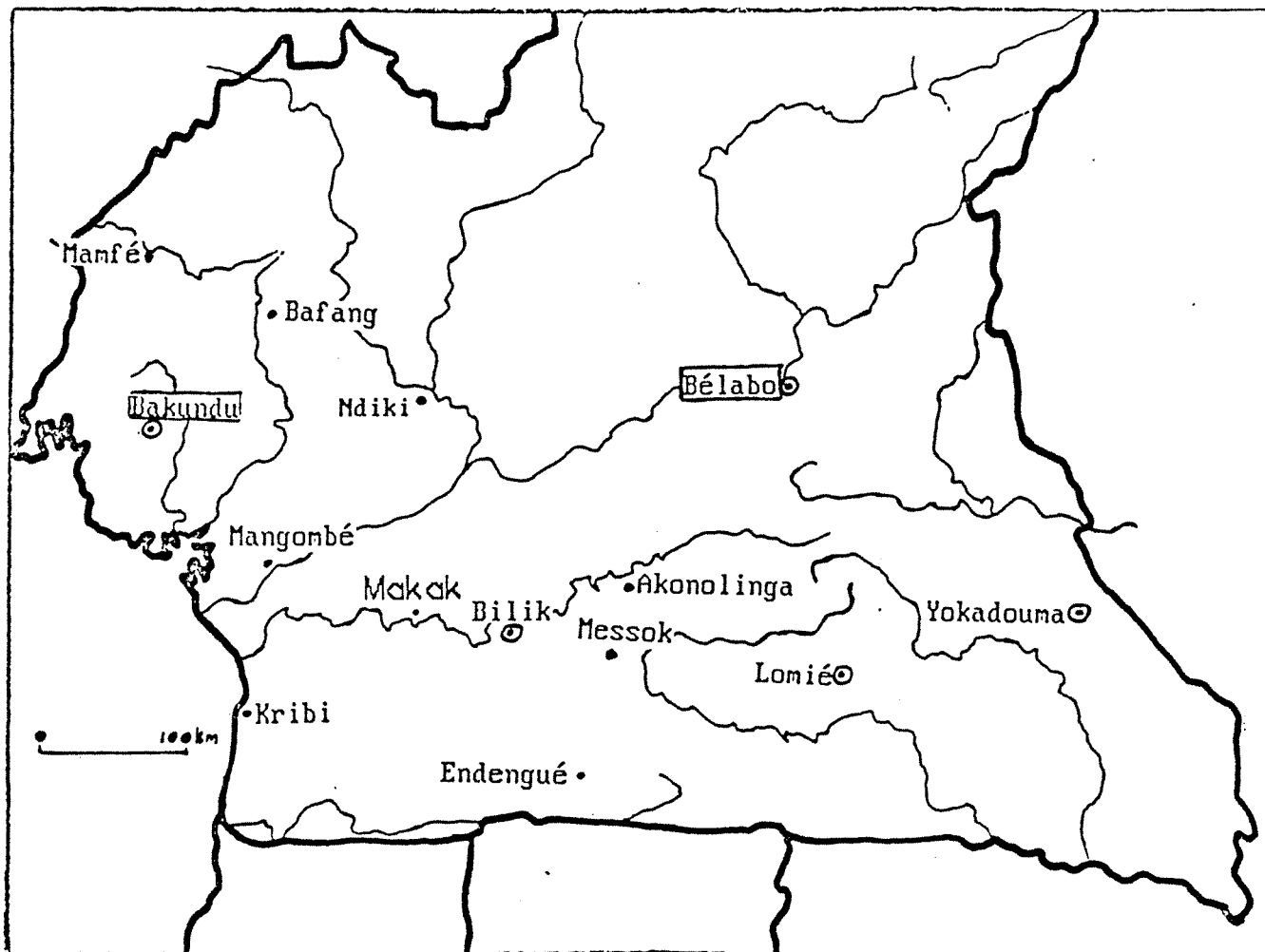


Figure 41: Carte du sud Cameroun présentant les différents sites où ont été réalisées: l'étude sur l'aire de répartition (•); l'étude écologique (□) (⊙): G. sidae est présente dans ces localités.

jeunes, *Chronolaena odorata* constitue l'espèce herbacée dominante.

Le tableau XXIII donne les paramètres climatiques caractéristiques des deux sites retenus. Rappelons au passage que Bakundu et Bélabo se trouvent respectivement à 236 m et 650 m d'altitude. Le régime des pluies est unimodal à Bakundu (figure 42) et bimodal à Bélabo (figure 43), donnant lieu dans ce dernier cas à l'existence de deux

TABLEAU XXIII

PARAMETRES CLIMATIQUES DES SITES D'OBSERVATIONS ECOLOGIQUES SUR G. SIDAE

SITE	Pluviométrie : moyenne annuelle (mm)	Température moyenne annuelle (°C)			H R : moyenne : (%)
		Max.	Min.	Moyenne	
Bélabo	1550,4	29,7	18,0	23,7	77,2
Bakundu	2413,0	35,6	21,8	28,7	80,0

saisons de pluies (figure 43). Par ailleurs, on peut noter sur les deux figures (42 et 43) que les températures moyennes mensuelles varient peu au cours de l'année.

2.2. CONTRAINTES BIOECOLOGIQUES ET MATERIELLES - CHOIX D'UNE TECHNIQUE D'ETUDE

2.2.1. Considérations préliminaires

Avant d'aller plus loin, il nous paraît important de rappeler ici dans quel but nous avons fait les observations qui suivent. Dans les chapitres précédents, nous avons essayé de rassembler des connaissances sur la biologie du ravageur, ce qui constitue un préalable indispensable à la mise en oeuvre d'une étude de la dynamique des populations.

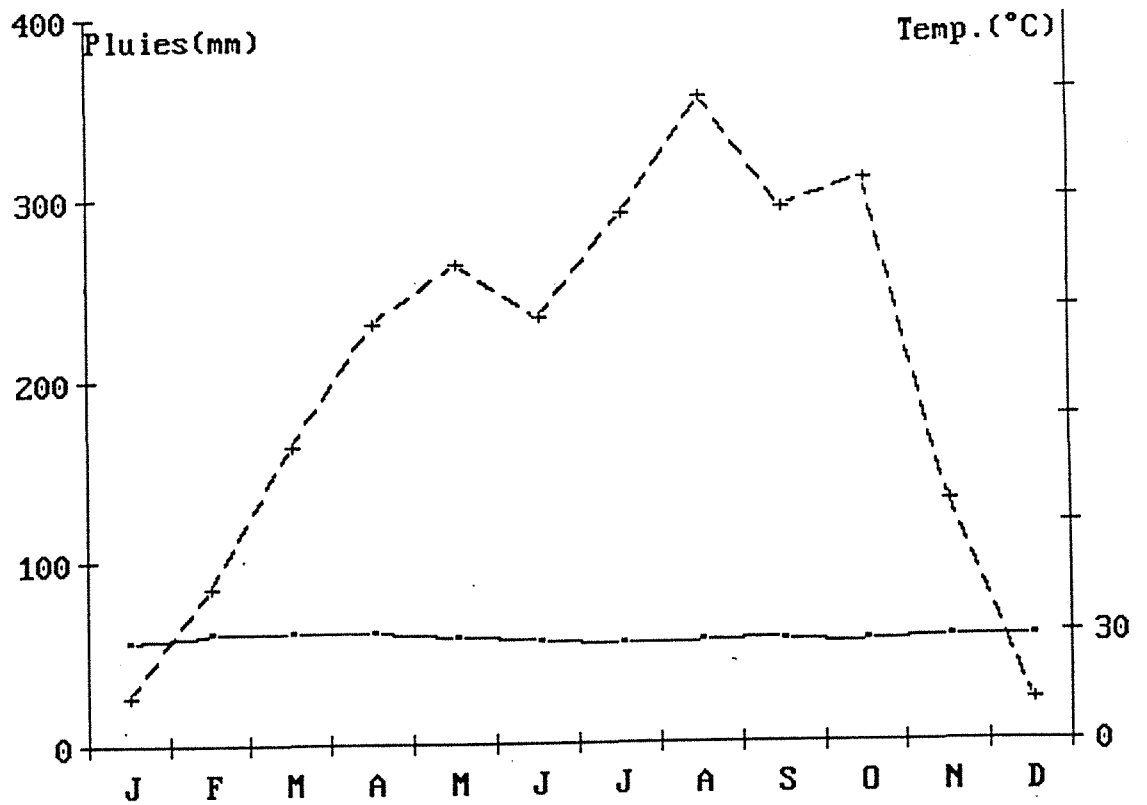


Figure 42: Diagramme ombrothermique de Bakundu.

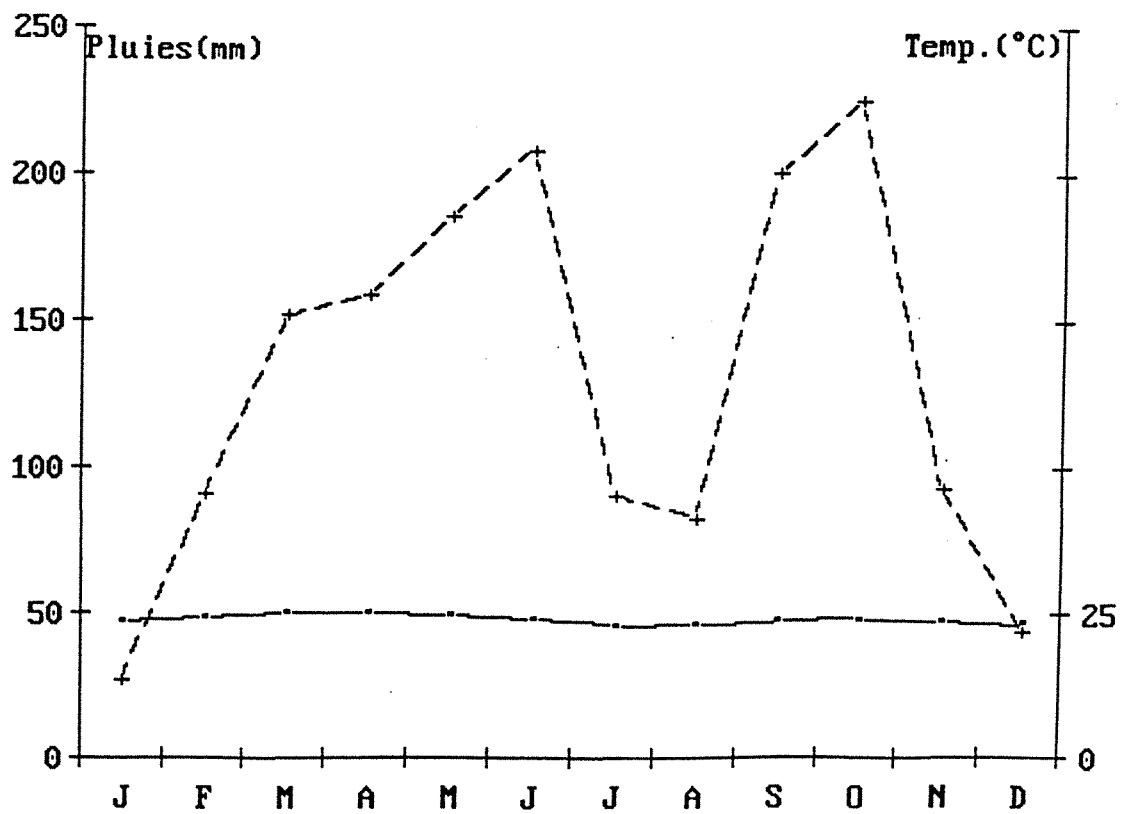


Figure 43: Diagramme ombrothermique de Bélabo.

Il s'agit dans cette troisième partie d'apporter les premiers éléments et de forger les outils nécessaires à l'étude intensive ultérieure des populations de *G. sidae* en vue de déboucher sur des méthodes plus rigoureuses de prévision des dégâts et de contrôle du ravageur. Il importait donc de connaître la façon dont les populations sont distribuées à l'échelle des peuplements, l'adoption d'un dispositif d'échantillonnage approprié en dépendant. De plus, il fallait, à l'aide d'une méthode simple, tenant compte des particularités comportementales du ravageur et de considérations d'ordre technique (temps imparti, matériel disponible), préciser l'intensité des fluctuations des populations au cours de l'année. Nous avons pour cela porté notre choix sur le dénombrement des pontes, entité bien visible et facile à dénombrer, et sur l'estimation d'un indice de défoliation permettant d'apprécier les variations du niveau des populations larvaires (méthode indirecte).

Ce choix présente certes des inconvénients, notamment ceux de ne pas pouvoir déterminer, à partir du nombre de pontes, l'effectif réel des oeufs, la taille de ces pontes étant très variable (cf. chapitre 2 de la deuxième partie). De plus, il serait important de connaître également la proportion d'oeufs stériles, prédatés ou parasités. Ce dernier obstacle a été levé en partie puisque nous avons pu noter que le taux de fertilité est très élevé ; d'autre part, le parasitisme et la prédation des oeufs, comme nous le verrons plus loin, sont négligeables.

La valeur de l'entité "ponte" pour une prognose justifie cependant valablement notre choix. Nous avons été amené à compléter ces observations par une étude de l'évolution de la taille des pontes (fécondité) au cours de l'année.

En ce qui concerne la méthode indirecte que nous avons utilisée pour apprécier le niveau des populations, elle ne donne des indications

que sur les larves âgées qui font des dégâts nettement perceptibles. De plus, les observations mensuelles sont ponctuelles et ne peuvent naturellement exprimer les fluctuations observées dans le mois.

2.2.2. Mode de distribution des pontes de G. sidae

2.2.2.1. Méthode d'étude

La parcelle étudiée présente les caractéristiques suivantes :

- Superficie : 1,6 ha.
- Plantation en ligne dans le sens est-ouest, à la densité théorique de 500 arbres par hectare.
- Au sud et à l'est, elle est limitée par la forêt naturelle, à l'ouest par des parcelles d'espèces forestières différentes, et au nord, par un autre peuplement de *M. altissima* lui faisant suite.
- Elle contient 789 arbres facilement repérables par leurs coordonnées.

Cinq prospections systématiques ont été effectuées en novembre (1987), février, avril, juin et septembre (1988). Ces périodes de prospection présentaient les caractéristiques suivantes, en ce qui concerne l'état du feuillage des arbres :

- novembre : la période fait suite à une pullulation importante du ravageur.
- février : elle précède une défeuillaison naturelle importante, les feuilles étant presque toutes de la classe 4.
- avril : la période correspond au moment où les arbres renouvellent en grande partie leurs feuilles après une défeuillaison naturelle importante.
- juin : on observe à ce moment dans la cime des arbres essentiellement des feuilles de classes 2 et 3.

- septembre : on observe à cette période un renouvellement partiel des feuilles ; la cime présente aussi beaucoup de feuilles de la classe 4.

A chaque prospection, le comptage des pontes est effectué arbre par arbre.

Après avoir déterminé statistiquement l'indice de dispersion des pontes (I_d), le test de χ^2 d'ajustement à une loi de distribution a été effectué suivant deux modalités : nous avons d'une part considéré les arbres pris individuellement et d'autre part, ils ont été regroupés par petites parcelles de 5 x 5 arbres. Seule la loi de distribution binomiale négative a été testée.

2.2.2.2. Discussion

Les distributions de type agrégatif sont les plus fréquentes chez les insectes forestiers (WATERS & HENSON, 1959) et en particulier la distribution suivant la loi binomiale négative (MORRIS, 1960). Aussi avons-nous choisi de tester l'ajustement de la distribution des pontes de *G. sidae* à cette loi. Celle-ci est caractérisée par deux paramètres : la moyenne et le coefficient d'agrégation positif k .

* Cas d'analyse avec l'arbre comme unité statistique

+ Indice de dispersion et test d'auto-correlation

L'indice de dispersion I_d , qui est le rapport entre la variance (S^2) du nombre de pontes et la moyenne (m) du nombre de pontes par arbre, nous donne une idée de la variabilité du nombre de pontes d'un arbre à l'autre. Sous l'hypothèse de répartition au hasard, cet indice est égal à 1.

Le tableau XXIV révèle que I_d est significativement supérieur à 1, ce qui indique que l'on a davantage de valeurs extrêmes pour le nombre de pontes par arbre, que sous l'hypothèse de répartition au hasard. Il y a donc surdispersion de ponte quelle que soit la date considérée, mais davantage en juin et en septembre. Cette surdispersion, qui traduit un phénomène d'agrégativité, nous a amené à entreprendre un test d'auto-

TABLEAU XXIV

MOYENNE (m), VARIANCE (S^2) ET INDICE DE DISPERSION (I_d) POUR LES ARBRES

PRIS INDIVIDUELLEMENT

DATE	NOV.	FEV.	AVR.	JUIN	SEPT.
m	4,086	0,861	3,816	2,431	1,618
S^2	6,211	1,681	7,345	7,004	4,186
I_d	1,520*	1,953*	1,925*	2,881**	2,588**

* significatif
 ** très significatif

corrélation spatiale et temporelle. Il s'agit de définir d'une part la relation entre arbres voisins (suivant la variable considérée) et d'autre part le degré de similitude entre infestation des arbres pour deux dates consécutives.

Les tests sont basés ici sur 499 permutations aléatoires des effectifs de pontes sur les arbres. Ils sont significatifs quand le rang de critère de test est inférieur à 13 (autocorrélation négative) ou supérieur à 487 (autocorrélation positive). Ces tests ont été réalisés en prenant en compte les arbres voisins d'une même ligne, d'une même colonne et les 4 plus proches voisins.

Dans beaucoup de cas (autocorrélation spatiale), on observe une tendance pour un arbre donné à avoir peu de pontes quand son voisin en a beaucoup et vice versa (tableau XXV).

TABLEAU XXV

RANG DU CRITERE DE TEST D'AUTOCORRELATION SPATIALE ET TEMPORELLE

DATE	NOV.	FEV.	AVR.	JUIN	SEPT.
Autocorrélation					
spatiale:ligne	1	18 (NS)	14 (NS)	4	1
entre :colonne	1	1	1	446 (NS)	1
:4 voisins:	1	1	1	120 (NS)	1
temporelle		467 (NS)	423 (NS)	500	500

(NS) Non significative

En ce qui concerne l'autocorrélation temporelle, le test est significatif entre avril et juin puis juin et septembre. En d'autres termes, les mêmes arbres auront tendance à être réinfestés entre les deux dates.

+ Ajustement à la loi binomiale négative

La similitude entre la distribution des pontes et la loi binomiale négative semble apparaître sur la figure 44 où nous avons représenté les fréquences observées (FREQ. OBS.) et les fréquences espérées (FREQ. ESP.). Pour mieux s'en rendre compte, nous avons effectué le test de chi 2 d'ajustement à la loi. Le tableau XXVI présente les résultats obtenus.

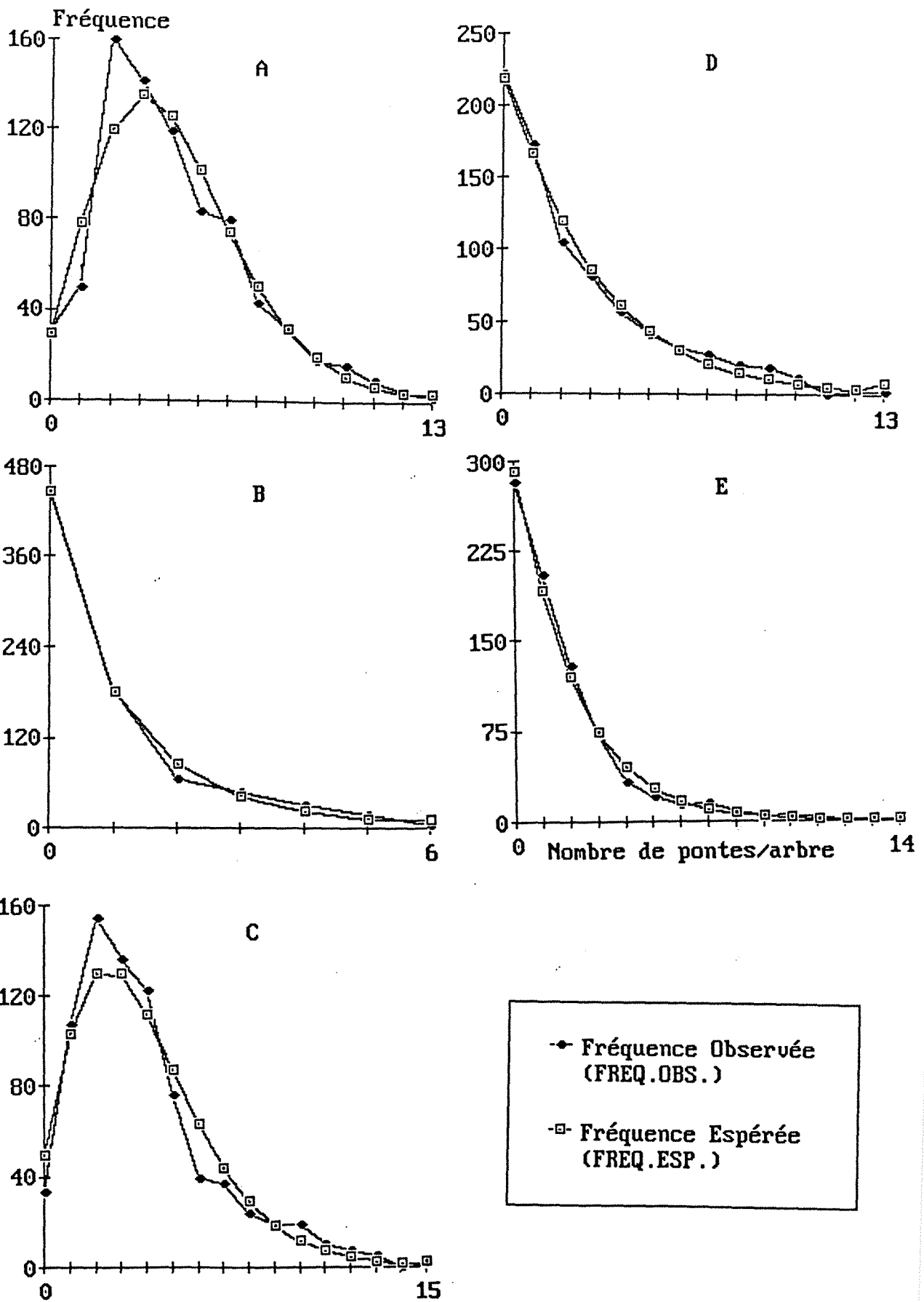


Figure 44: Fréquence de distribution des populations de pontes de G. sidae à 5 dates différentes. A=novembre 1987; B=février, C=avril, D=juin et E=septembre 1988.

Avant de commenter ces résultats, rappelons que le chi 2 permet d'apprécier l'écart entre FREQ. OBS. et FREQ. ESP. Au seuil de signification choisi (5 p. 100 ou 1 p. 100) sa valeur permet d'accepter ou de rejeter l'hypothèse de similitude.

TABLEAU XXVI

AJUSTEMENT DE LA DISTRIBUTION DES PONTES DE G. SIDAE A LA DISTRIBUTION

BINOMIALE NEGATIVE

Sondage	Moyenne		Degrés de	k(1)
Date	Nombre	par arbre	Valeur de chi 2	liberté
Nov.	789	4,086	33,189(**)	10
Fév.	789	0,861	10,100(*)	3
Avr.	789	3,816	32,140(**)	10
Juin	789	2,431	21,663(*)	9
Sept.	787	1,618	12,786	7

(**) Significative aux seuils 5 p. 100 et 1 p. 100

(*) Significative au seuil 5 p. 100

(1) Estimation selon la méthode des moments, le modèle étant

$$\frac{S^2}{m} = 1 + \frac{m}{k}$$

Il apparaît que l'adéquation à la loi binomiale négative n'est pas du tout significative en novembre et avril. En revanche, elle l'est en septembre et dans une certaine mesure en février et en juin (seuil 1 p. 100).

On semble s'éloigner d'autant plus de la distribution binomiale négative que la densité de ponte par arbre est élevée (voir colonnes 3 et 4 du tableau XXVI). Les valeurs nettement plus élevées de k pour les dates de novembre et avril semblent indiquer que la répartition des pontes à ces dates se fait au hasard, si l'on s'en tient au fait que la

distribution binomiale négative se rapproche de celle de Poisson dans ces conditions (CANCELA DA FONSECA, 1965). Un autre type de loi contagieuse devrait être essayé.

* Analyse avec des groupes de 5 x 5 arbres comme
unité statistique

La taille de regroupement 5 x 5 arbres a été décidée en tenant compte tout simplement des résultats sur l'autocorrélation précédemment observée.

Le test réalisé ici en ce qui concerne l'ajustement à la loi binomiale négative n'apporte pas d'informations autres que celles obtenues précédemment. En revanche on observe que la surdispersion disparaît en novembre, février et avril (tableau XXVII), tandis que l'autocorrélation spatiale et temporelle disparaît pour toutes les dates (tableau XXVIII).

TABLEAU XXVII

MOYENNE (m), VARIANCE (S²), ET INDICE DE DISPERSION (Id) OBTENUS APRES
REGROUPEMENT 5 X 5 ARBRES

DATE	NOV.	FEV.	AVR.	JUIN	SEPT.
m	100,75	21,22	94,09	59,94	39,78
S ²	99,355	24,950	70,798	141,609	79,983
Id	0,986	1,176	0,752	2,363(*)	2,011(*)

* significativement supérieur à 1.

TABLEAU XXVIII

RANG DU CRITERE DE TEST D'AUTOCORRELATION SPATIALE ET TEMPORRELLE

(REGROUPEMENT 5 X 5 ARBRES)

DATE	NOV.	FEV.	AVR.	JUIN	SEPT.
Autocorrélation					
spatiale:ligne	434	76	329	11 (*)	208
entre :colonne	462	478	25	239	137
:4 voisins:	484	355	87	27	152
temporelle	480	179	244	453	

(*) significative (autocorrélation négative)

Il semblerait donc qu'aux 3 premières dates (novembre 87, février et avril 88) les effectifs des pontes soient répartis au hasard à l'échelle de 5 x 5 arbres mais qu'à l'échelle des arbres, on ait surdispersion des pontes et contraste dans la répartition spatiale.

A l'échelle de l'arbre, les pontes de *G. sidae* sont surdispersées à toutes les dates (qui correspondent à des densités de pontes différentes), mais surtout en juin et en septembre, donc durant les périodes où la répartition des feuilles suivant les différentes classes précédemment définies est relativement plus hétérogène d'un arbre à l'autre. La surdispersion observée est d'autant moins prononcée que la physionomie du peuplement sur le plan phénologique (état des feuilles) est plus homogène (avril, novembre).

La distribution de *G. sidae* est agrégative et suit une loi binomiale négative dans la majorité des cas, en particulier en période de faible densité de pontes. Aussi la localisation des foyers est-elle plus importante que l'estimation précise de la densité moyenne de population.

Une stratification du peuplement en sous-parcelles de petite taille peut donc s'avérer nécessaire, de telle sorte que l'effort d'échantillonnage se porte sur ces sous-parcelles qui peuvent être réparties au hasard (aucune disposition particulière des arbres les plus infestés, par rapport aux différentes frontières du peuplement étudié n'a été observée).

Ceci permettra, dans l'étude de la dynamique des populations, d'avoir une certaine précision dans l'évaluation de la densité, tout en étant suffisamment à l'abri d'erreurs d'échantillonnage pouvant masquer des variations entre sondages (d'une période à l'autre).

Le nombre de répétitions à l'échelle des petites sous-parcelles dépendra de la précision recherchée, celle-ci étant fonction des objectifs poursuivis. Le dispositif sera d'autant plus complexe qu'au lieu de prendre l'arbre comme unité d'observation, on cherchera à avoir une unité plus petite (branche, feuilles, etc...).

2.2.3. Application à l'échantillonnage

2.2.3.1. Observations préalables sur la répartition des pontes à l'échelle de l'arbre

Nous avons déjà eu à préciser les zones privilégiées par les femelles lors de la recherche d'un site de ponte (cf. 2ème partie). Nous avons alors noté que les oeufs sont pondus essentiellement sur les jeunes feuilles et sur la face inférieure de celles-ci.

Il s'agit donc ici essentiellement d'essayer de déterminer l'unité d'échantillonnage nécessaire pour avoir un échantillon standard représentatif de l'arbre. Cette unité dépendra de la façon dont sont réparties les pontes sur l'arbre, de la variabilité inter-arbre, de la

densité des pontes (cf. 2.2.2.) et enfin de la précision recherchée dans l'estimation de la population réelle des pontes.

Les contrôles ont été faits sur 10 arbres, d'une part en juin, époque où la cime des arbres est touffue, et d'autre part en novembre, époque où elle est clairsemée, ceci pour tenir compte du fait que la densité du feuillage peut influencer la répartition des pontes dans la cime. Le nombre de verticilles sur l'arbre, à l'âge du peuplement observé, varie en général de 4 à 7. Nous avons retenu les arbres présentant 5 verticilles (cas le plus fréquent). Les 5 verticilles sont numérotés de 1 à 5 à partir du sommet.

Dans un premier temps, nous avons noté le nombre de pontes par verticille. Dans un deuxième temps, le nombre de pontes est exprimé selon leur position dans le plan horizontal, sur chaque verticille. Pour cela, nous avons considéré, pour chaque verticille, la portion des branches distantes de 1 m maximum de la tige principale (I) et la partie extrême des branches (E) située à plus de 1 m de la tige. Pour ce deuxième cas, les résultats sont exprimés uniquement pour les 4 verticilles inférieurs, le verticille supérieur bénéficiant dans sa totalité de l'éclaircissement solaire.

Il ressort de ces contrôles que la répartition des pontes est presque la même que la cime soit densément feuillue ou pas (figure 45 A): on observe un nombre décroissant de pontes du sommet vers le bas de la cime. Cependant, les variations du nombre de pontes selon la position du verticille sont moins nettes lorsque la cime est clairsemée : alors que sur le verticille 1 on observe plus de 50 p. 100 de pontes dans un cas (juin), l'effectif des pontes ne représente plus que 33,8 p. 100 du nombre total observé dans l'autre cas (novembre) (figure 45 A).

Par ailleurs, la fréquence relative des pontes déposées à l'intérieur de la cime apparaît négligeable (5,9 p. 100) en juin, tandis qu'elle atteint 31,4 p. 100 en novembre, époque où la cime est clairsemée (figure 45 B).

Lorsque l'on examine ces observations en tenant compte de l'état phénologique de la plante, on s'aperçoit que novembre correspond à la période où les arbres renouvellent leurs feuilles, lesquelles, alors, sont toutes des supports de pontes privilégiés. Même si la tendance des femelles à visiter essentiellement les parties extrêmes des branches demeure, il n'en reste pas moins qu'une partie non négligeable des pontes est déposée à l'intérieur de la cime.

Il apparaît par conséquent possible de circonscrire la zone de dénombrement ou de prélèvement des pontes dans la cime des arbres, mais il semble nécessaire de tenir compte, suivant la période d'observation, de l'état du feuillage.

Etant donnée l'extrême variabilité inter-arbre de la densité, il serait préférable pour un contrôle visuel de considérer l'arbre en entier comme unité d'échantillonnage. Ceci permettrait une bonne estimation de l'effectif de pontes à l'échelle du peuplement et simplifierait le dispositif à mettre en place.

Dans le cas où l'on ferait des prélèvements, une unité d'échantillonnage constituée d'un certain nombre de feuilles à prélever sur chaque arbre (proportionnellement au nombre de pontes sur l'arbre et que l'on peut évaluer rapidement) peut être envisagée. Mais ici interviendra l'entité "taille des pontes" et la nécessité de mettre en oeuvre un système d'échantillonnage plus complexe qui tiendra compte du nombre de feuilles par unité de prélèvement (unité d'échantillonnage) et

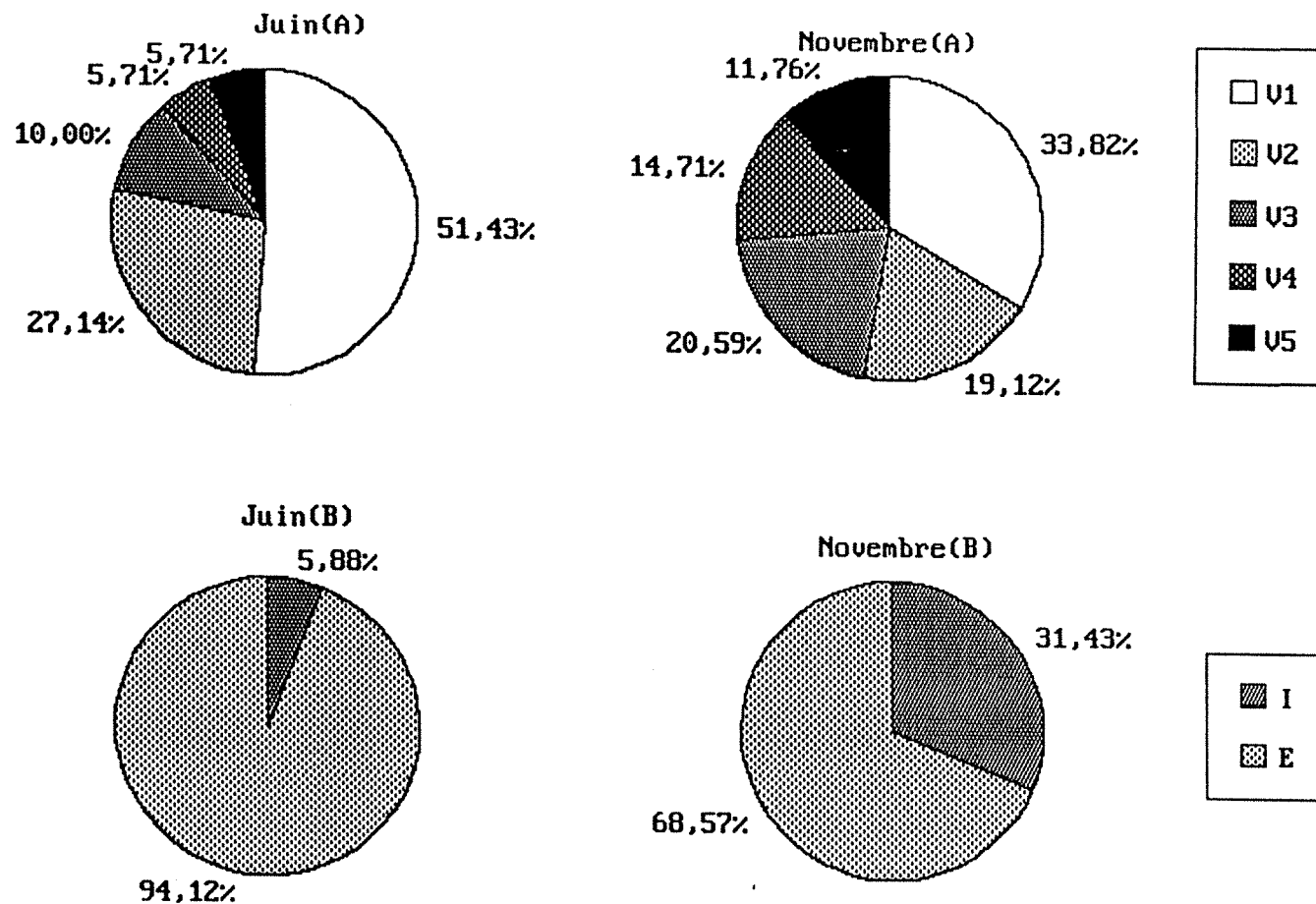


Figure 45: Fréquence de répartition des pontes dans la cime selon la position du verticille (A) et selon la localisation sur le verticille (B).

V1=verticille sommital

V5=verticille basal

E=partie distale, des branches

I=partie proximale des branches (moins de 1m à partir de la tige)

du nombre d'unités de prélèvement nécessaire.

2.2.3.2. Choix des arbres échantillons

Nous avons choisi de considérer l'arbre en entier comme unité d'échantillonnage. Les arbres sont retenus par groupes de 25 voisins. Ces groupes sont répartis dans des parcelles de 1 ha.. Le nombre de groupes a été choisi en tenant compte des possibilités de réaliser ces observations en un temps raisonnable.

2.2.3.3. Estimation de la densité des pontes et de l'importance de la défoliation

* Dénombrement des pontes par contrôle visuel

Compte tenu de la durée du développement embryonnaire, le dénombrement des pontes au cours du mois peut être réalisé de deux manières (périodicité) :

- Comptage tous les trois jours avec risque de surestimation au cas où les oeufs déposés la veille du précédent comptage - et qui auront été comptés - n'auront pas éclos lors du passage suivant. Le développement embryonnaire aura duré à ce moment au moins trois jours 6 heures du fait que les femelles pondent après minuit.
- Comptage tous les 4 jours avec risque de sousestimation au cas où les oeufs déposés la première nuit après le précédent dénombrement auront éclos la veille du passage suivant. La durée de développement embryonnaire à ce moment aura duré moins de 3 jours 6 heures.

Vu la nécessité - et l'habitude d'ailleurs - de travailler très tôt le matin avant que le soleil devienne gênant, le risque de sousestimation est plus faible. Nous avons donc retenu la périodicité de 4 jours

qui de plus est moins contraignante (nombre de passages réduit).

Le dénombrement a donc lieu tous les 4 jours et le total mensuel de pontes correspond à celui enregistré au cours du mois correspondant.

En marge de ce dénombrement, nous avons essayé d'estimer chaque mois, à Bakundu la taille moyenne des pontes. A défaut de pouvoir déterminer cette taille par des observations directes, nous avons décidé de prélever un certain nombre de pontes au hasard dans les parcelles (en dehors des sous-parcelles étudiées) représentant au moins 6 p. 100 du nombre total de pontes recensées dans le mois. Le but ici est de vérifier si en moyenne la fécondité des femelles varie au cours de l'année.

* Evaluation du niveau de la défoliation

Notre objectif est d'obtenir de façon indirecte des indications sur la densité de population larvaire, notamment celle des derniers stades qui sont à l'origine des dégâts bien visibles. Nous avons choisi de travailler sur la période qui s'écoule entre deux défoliations importantes (cf. figure B 2).

Nous avons déjà signalé l'utilisation courante de la méthode indirecte d'estimation du niveau de population d'insectes forestiers, notamment en région tempérée. Ici, les principaux risques d'erreur d'estimation rencontrés sont de 2 types : lorsque l'essence a un feuillage persistant (cas des résineux par exemple) et que le ravageur ne consomme que les feuilles de l'année, les dégâts de l'insecte peuvent passer inaperçus ; chez certains ravageurs à diapause prolongée, il y a parfois absence de dégâts, même lorsque la population de l'insecte est encore élevée (GERI, 1986). Ces risques ne se présentent pas dans le cas de *G. Sidae* sur *M. altissima*. En revanche, avec une périodicité d'un mois

il peut y avoir surestimation de l'importance de la défoliation d'un mois à l'autre sous l'influence de l'état clairsemé de la cime, consécutif à l'accumulation des pertes de feuilles par défoliation (due au ravageur).

Pour rendre notre estimation moins dépendante de la variation de la quantité de feuilles dans la cime des arbres, nous avons utilisé une échelle de valeurs qualitatives (indice de 1 à 6) selon l'importance, dans la cime, des feuilles atteintes à plus de 4/5 de leur surface, plutôt qu'une échelle quantitative. L'expérience montre que ces feuilles ne persistent pas longtemps et auront chuté lors du passage le mois suivant. L'indice 1 correspond à l'absence de défoliation et l'indice 6 à la défoliation la plus importante.

Cette méthode nous semble mieux à même de nous renseigner sur le niveau de la défoliation en rapport avec la population larvaire à une période donnée.

2.3. RESULTATS ET DISCUSSION

2.3.1. Aire de répartition de G.sidae par rapport à celle de M. altissima

La figure 41 (p. 137) précise les stations où la présence de G. sidae a été relevée par la mise en évidence de défoliation et/ou la présence effective de larves, ou par la capture de mâles au piégeage sexuel.

Les observations faites dans tous les sites situés dans l'aire de répartition du végétal hôte ont révélé la présence de l'insecte, sauf à Ndiki qui se trouve presque en limite de cette aire (figure 2, p. 10). Les arbres de forêt naturelle, situés dans des conditions d'éclairement

insuffisantes, sont peu ou pas attaqués. En dehors de l'aire de répartition de *M. altissima*, la présence de l'insecte a été notée uniquement à Bilik où une plantation a été mise en place en 1974. L'insecte présente ainsi une aire de répartition qui couvre les formations forestières suivantes :

- forêt semi-caducifoliée
- forêt de transition dite forêt congolaise
- forêt dense humide sempervirente dite forêt biafréenne.

Cette aire se superpose à celle du végétal-hôte avec une interruption approximativement à la limite entre forêt congolaise et forêt biafréenne. Elle correspond donc à des formations forestières à la physionomie et à la composition floristique différentes, liées probablement à leurs caractéristiques climatiques (température et précipitations) et physiques (altitude, sol, relief) différentes. Ceci permet de penser que la zone de répartition potentielle de *G. sidae* couvre l'ensemble de la région forestière du sud Cameroun et que son aire effective suit plus ou moins étroitement celle de *M. altissima*.

2.3.2. Fluctuations des populations au cours de l'année

On connaît l'effet de la phénologie du végétal hôte sur les variations du niveau de population de certains défoliateurs forestiers (HOUGH & PIMENTEL, 1978 ; RAUPP & DENNO, 1983 ; DU MERLE, 1983). Il existe même des cas où l'évolution de la population est entièrement dépendante de l'état de développement de l'organe attaqué (DU MERLE & MAZET, 1983 ; TURGEON, 1986).

Pour interpréter les résultats obtenus sur les fluctuations de population de *G. sidae* au cours de l'année, nous avons essayé de prendre en compte l'état des feuilles de *M. altissima* selon les différentes

classes précédemment définies.

Dans un premier temps nous pouvons noter que l'insecte est présent toute l'année à Bakundu, tandis qu'à Bélabo la chute totale (défeuillaison naturelle) des feuilles fait qu'aucune trace de pontes ni de défoliation n'est observée en plantation entre mars et avril.

A Bakundu on observe une régression plus ou moins régulière de la densité des pontes entre janvier et mars, régression déjà amorcée en fin d'année après la culmination d'octobre. Cette régression est suivie d'une autre progression assez brusque en avril. Puis la fluctuation est irrégulière avec une tendance à la régression jusqu'en août. A Bélabo, le schéma est presque le même avec un décalage dans le temps.

On observe aussi qu'une ponte importante fait suite à la défoliation importante d'octobre et à la défeuillaison naturelle partielle (Bakundu) et totale (Bélabo) en avril. Cette situation est illustrée par la relation observée entre la densité de ponte et l'état phénologique. En effet, lorsque l'on superpose les deux courbes d'évolution (figures 46 et 47), on peut remarquer qu'une forte densité est observée au moment où les feuilles sont jeunes en général.

Ainsi une forte population larvaire entraîne normalement une population importante de chrysalides dont on obtiendra beaucoup de papillons donc beaucoup de pontes. Mais on doit aussi prêter attention à l'état phénologique des arbres (en plus des autres considérations d'ordre environnemental) pour analyser le niveau de ponte observé. Le devenir de ces pontes ou plutôt celui des jeunes larves qui en seront issues dépendra de la disponibilité en nourriture appropriée pour ces larves.

En ce qui concerne la taille moyenne des pontes (fécondité), on constate sur la figure 48 qu'il y a une nette variation de cette taille dans le temps. Cependant, nous avons noté qu'à chaque mois (à l'exception

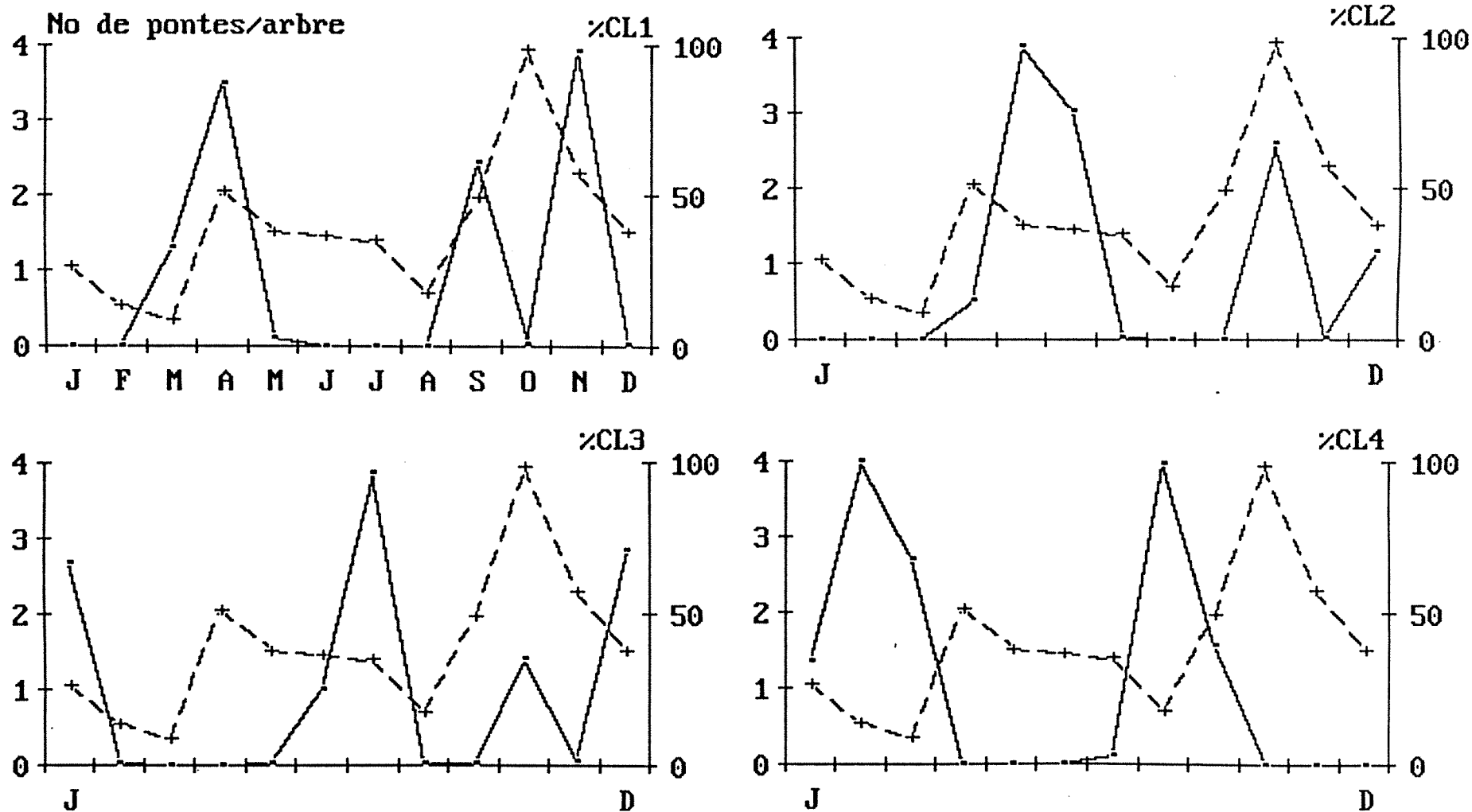


Figure 46: Evolution annuelle de la densité de pontes en relation avec l'état phénologique des arbres (Bakundu).
 CL1=classe1.+-+densité de pontes.↔=état phénologique.

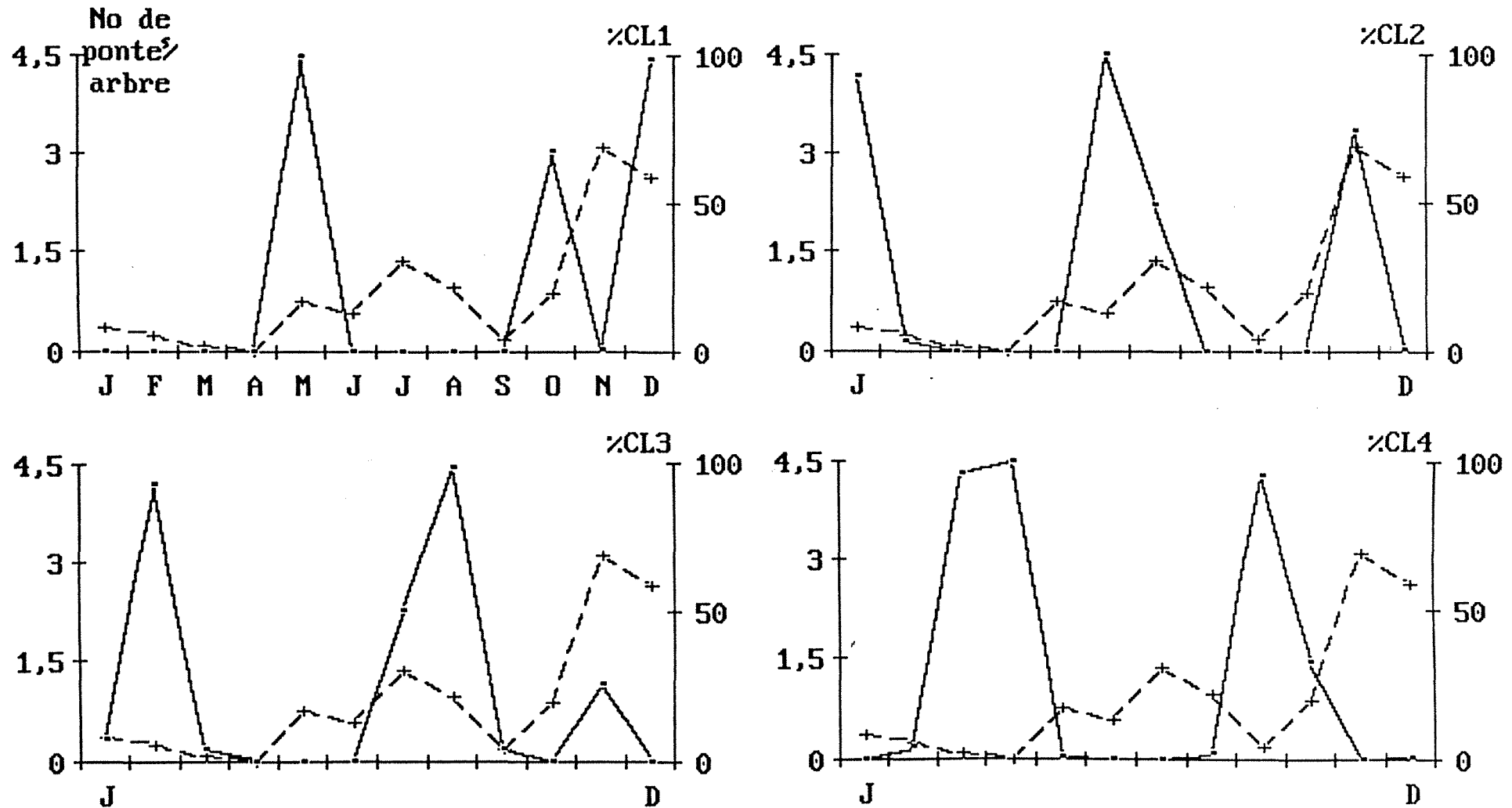


Figure 47: Evolution annuelle de la densité de pontes en relation avec l'état phénologique des arbres (Bélabo).
 CL2=classe 2. +--+ : densité de pontes. —●— : état phénologique.

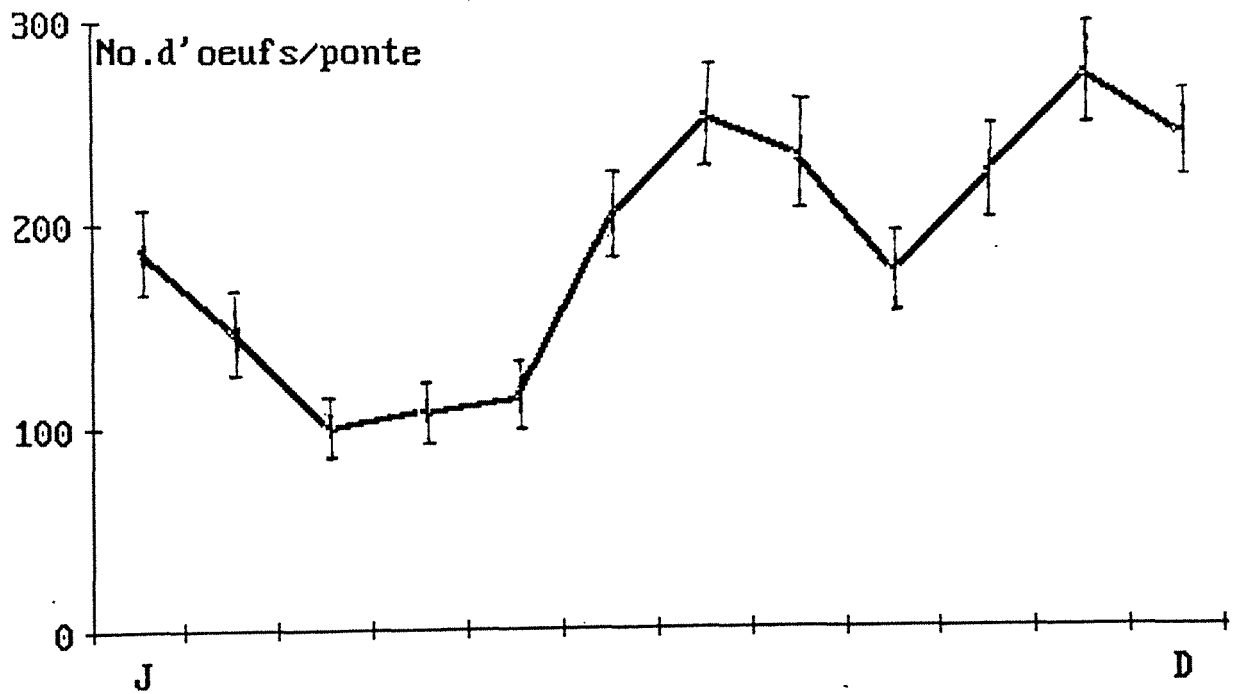


Figure 48: Evolution annuelle de la fécondité (No. d'oeufs/ponte): les traits verticaux représentent l'écart-type à la moyenne.

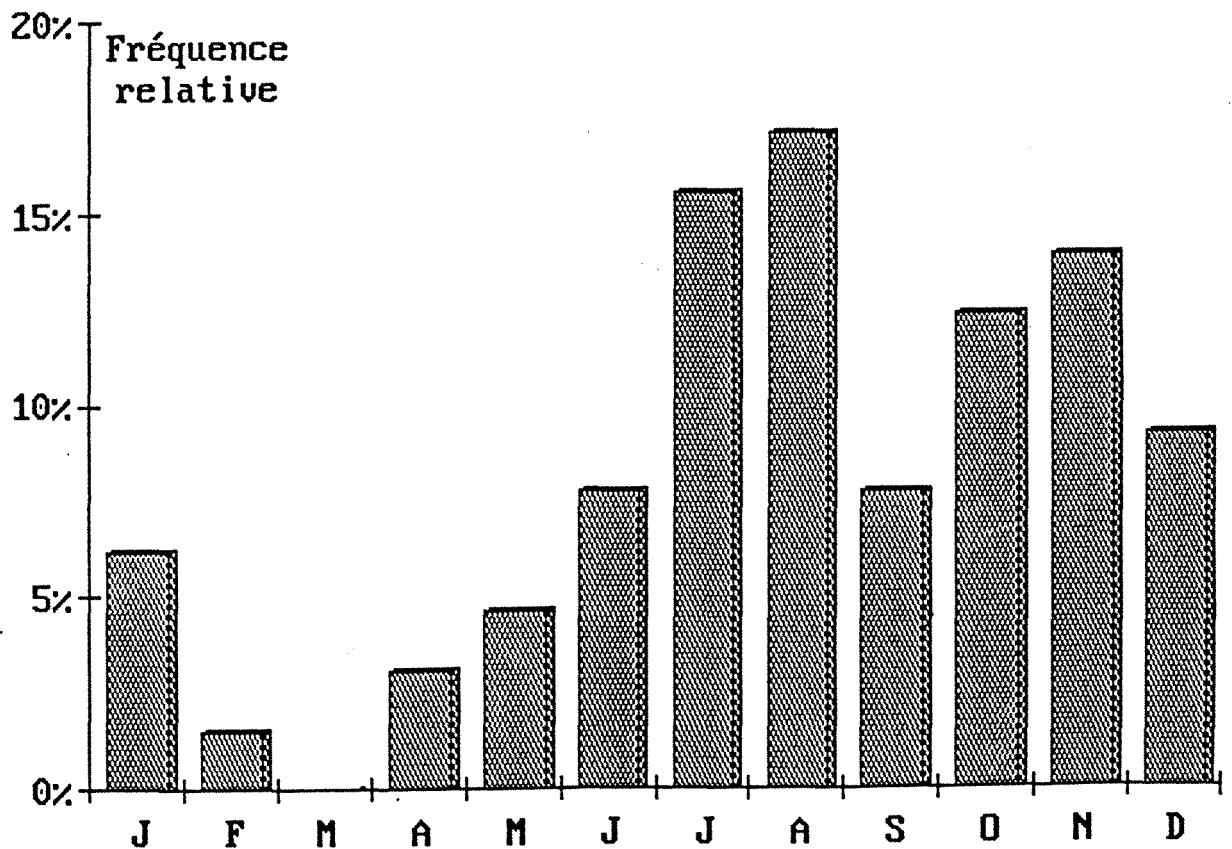


Figure 49: Fréquence(%) mensuelle d'observation de pontes de grande taille (plus de 400 oeufs).

du mois de mars), il est possible de rencontrer des pontes de grande taille, la différence se situant au niveau de leur fréquence (figure 49).

L'évolution de l'indice moyen de défoliation, qui donne une idée de la population des larves âgées, est représentée sur la figure 50. La remarque la plus importante à faire ici est qu'une fois de plus le schéma de cette évolution est presque le même à Bakundu et à Bélabo. En dehors de la période d'octobre-novembre où la valeur moyenne de l'indice est proche de la valeur 6 (défoliation totale ou presque) de l'échelle d'évaluation, une autre manifestation bien visible a lieu en juin-juillet.

L'analyse de la régression entre l'indice de défoliation et la densité des pontes met en évidence une forte corrélation positive (figure 51, r_1). Cependant, cette valeur très élevée s'explique par la coïncidence aux valeurs extrêmes entre ces deux paramètres, traduisant le fait que pour qu'une défoliation importante ait lieu, il faut qu'il y ait une forte densité de ponte. Lorsque l'on considère uniquement les valeurs intermédiaires, la relation s'atténue considérablement par la diminution de la valeur de r (r_2), notamment à Bakundu où il serait difficile de prévoir l'intensité de la défoliation par l'observation du seul niveau de ponte.

Les observations que nous avons faites ici demeurent encore très modestes. De plus, la subjectivité qui influence de façon non négligeable la démarche utilisée, notamment en ce qui concerne l'appréciation de l'importance de la défoliation sur la base de critères qualitatifs, n'est pas sans effet sur la précision avec laquelle les données ayant servi de base à nos analyses ont été obtenues.

Néanmoins, ces données ont au moins le mérite de nous permettre d'illustrer ce que serait l'évolution de la population du ravageur. Nous avons pris en compte dans l'appréciation de cette évolution la phénologie

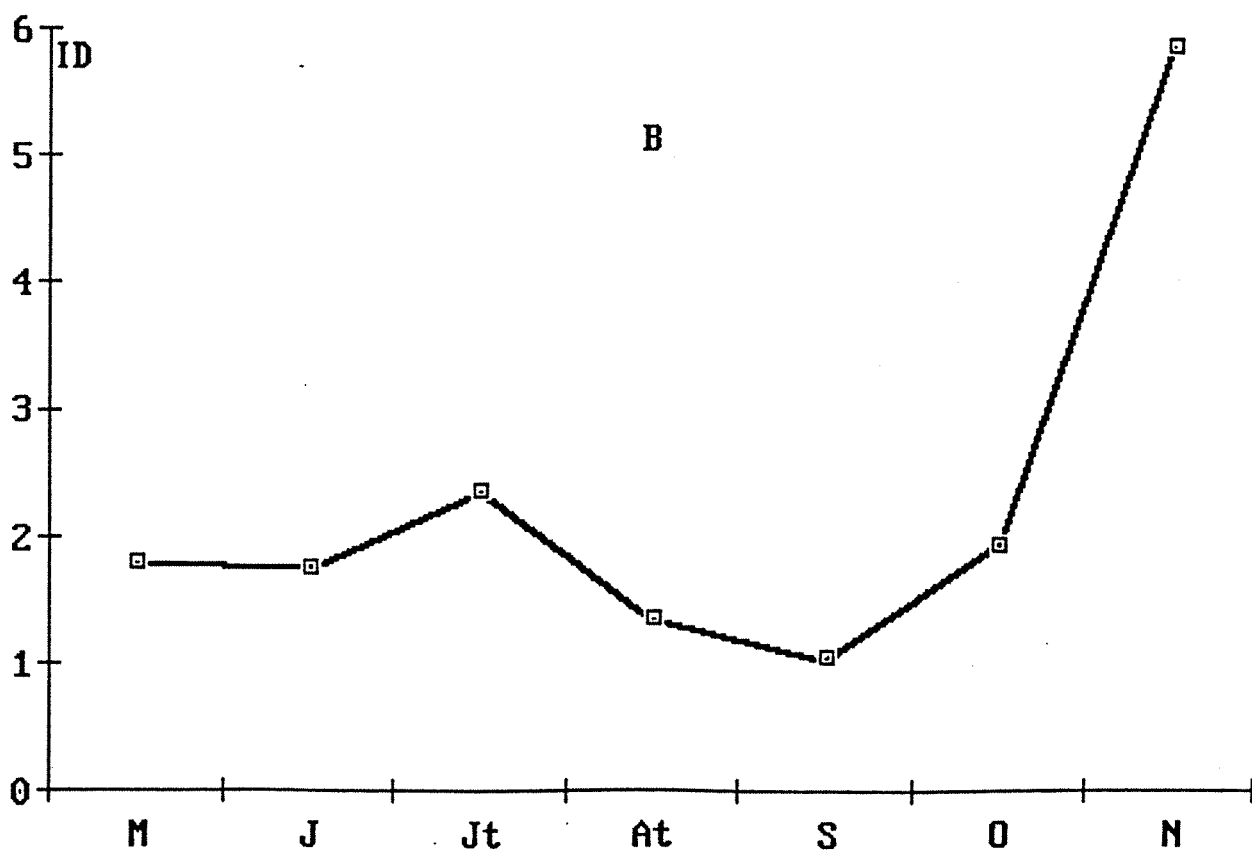
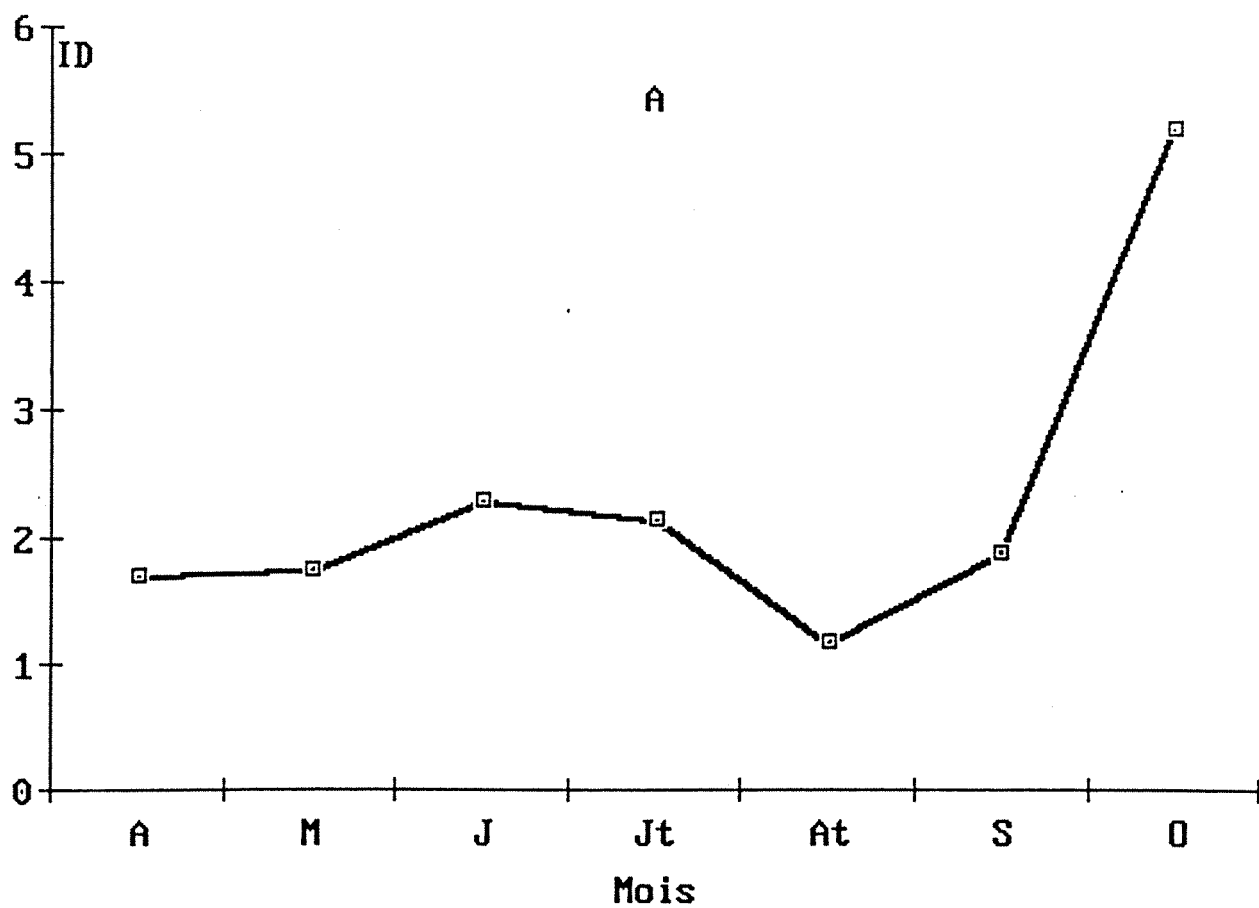


Figure 50: Evolution mensuelle de la valeur moyenne de l'indice (ID) de défoliation à Bakundu (A) et à Bélabo (B).

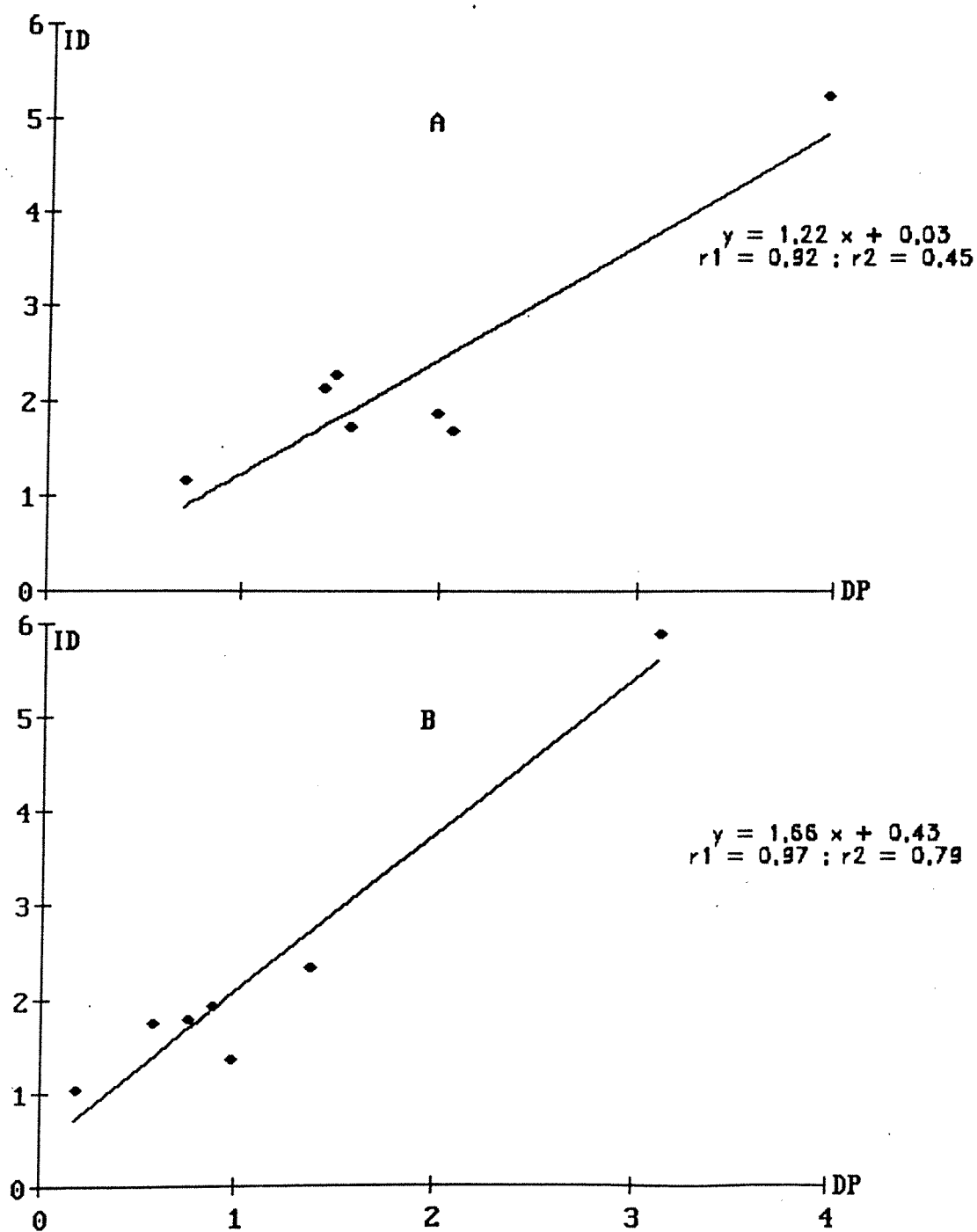


Figure 51: Regression entre la densité de ponte (DP) et le niveau de défoliation (ID) à Bakundu(A) et Bélabo(B).

du végétal hôte dont l'effet ne semble pas négligeable. Il apparaît cependant que de nombreux points restent encore à élucider. La manifestation importante de l'insecte en octobre-novembre et le maintien de sa population à un niveau relativement bas par la suite dépassent vraisemblablement le cadre du seul effet de la "qualité" du feuillage des arbres.

Dans le paragraphe suivant, nous aborderons sur le plan qualitatif l'étude des ennemis naturels de *G. sidae*, susceptibles d'intervenir dans la réduction du niveau de population de l'insecte.

2.4. FACTEURS DE REGULATION DES POPULATIONS. LES ENNEMIS NATURELS DE *G. SIDAË*

Nous avons relevé précédemment que l'insecte est présent toute l'année et que sa population subit des fluctuations avec une période de pullulation importante qui se répète tous les ans avec presque la même intensité (en rapport avec l'importance des défoliations observées).

Le point de départ de ces pullulations (foyer d'invasion) se trouve donc être le peuplement hôte lui-même, sauf peut-être dans le cas des observations faites à Bélabo où l'insecte disparaît complètement en plantation à certaines périodes de l'année. Il n'est pas impossible que dans ce cas l'insecte soit obligé de migrer à l'intérieur de la forêt naturelle pour coloniser les jeunes arbres en attendant la période favorable pour réinvestir les plantations artificielles.

Il faut rappeler à ce titre le rôle joué par l'état phénologique du végétal hôte illustré de la manière suivante :

- disparition totale (Bélabo) ou baisse considérable (Bakundu) de la densité des pontes au moment où l'arbre perd complètement ses feuilles ou lorsque dominant dans la cime les feuilles des classes 3 et 4.
- dépendance de la survie et du développement larvaire vis-à-vis de la "qualité" de nourriture (état des feuilles) ; il en est de même pour la fécondité des femelles (cf. 1ère partie, chapitre 2).
- variations de l'indice de défoliation et de la fécondité au cours de l'année : coïncidence entre une manifestation importante (dégâts) de l'insecte et l'époque où les feuilles de classe 2 dominant dans les arbres.

Lorsque l'on considère la très faible densité en forêt naturelle du végétal-hôte et la monophagie presque stricte de l'insecte, la migration précédemment évoquée apparaît difficile à expliquer. L'hypothèse de l'existence d'une diapause facultative à Bélabo ne peut donc être totalement exclue, d'autant plus que cette diapause a été vérifiée chez d'autres Lépidoptères ravageurs en région tropicale (SCHELTER, 1978 ; DELINGER, 1980 ; HACKETTE & GATEHOUSE, 1982) ; GIRET (1986) souligne même chez *Heliothis armigera* l'existence de 2 lignées dont une diapausante et l'autre non diapausante. Les facteurs régulateurs environnementaux de cette diapause restent cependant encore mal établis (ROOME, 1979 ; DELINGER, 1988).

Nous nous limiterons dans ce qui suit à l'inventaire des facteurs biotiques susceptibles d'intervenir dans la réduction du niveau de population de *G. sidae*. Leur efficacité respective dans le contrôle de la population ne sera donc pas abordée de façon rigoureuse dans cette étude.

2.4.1. Matériel et méthode

2.4.1.1. Prédation

La prédation a fait l'objet d'observations directes sur le terrain, parfois suivies de récoltes et de tests au laboratoire visant à :

- confirmer la nature du prédateur lorsque ce dernier n'a pas été vu à l'oeuvre,
- vérifier si certains insectes, notamment des fourmis présentes sur l'arbre, ont une action prédatrice sur *G. sidae*.

2.4.1.2. Parasitisme

Des pontes ont été régulièrement prélevées sur le terrain avec leur support et suivies au laboratoire dans des enceintes de type 1 (cf. 2ème partie, chapitre 2). Les prélèvements ont été effectués les premier, deuxième et troisième jours après le dépôt des oeufs.

Le parasitisme des larves a été suivi dans tous les élevages réalisés au laboratoire à partir de chenilles récoltées sur le terrain. Cette étude a été complétée par d'autres récoltes suivies d'élevage et spécifiquement destinés aux observations sur le parasitisme. Les larves récoltées sont séparées et élevées en groupes selon leur âge dans des enceintes de type 3.

Les chrysalides, récoltées selon le dispositif précédemment évoqué (cf. 1.1.), ont été élevées dans des enceintes de type 4 afin de noter l'émergence des parasites. Les chrysalides mortes, qui se reconnaissent par l'absence de mouvements vifs de l'extrémité de l'abdomen lorsque l'on exerce une légère pression au niveau de la tête et du thorax, sont également examinées.

2.4.2. Résultats et discussion

Les observations sur la mortalité embryonnaire ont porté sur un total de 13443 oeufs. Les résultats correspondant sont présentés au tableau XXIX, où sont distingués les prélèvements réalisés en période de pullulation (octobre-novembre) et ceux réalisés en période de récession (juillet-août).

Deux types de dégâts ont été observés : certains oeufs étaient vidés de leur contenu mais leur chorion était presque intact et présentait un trou de sortie du parasite ; d'autres oeufs étaient déchiquetés. Nous avons pu établir une relation quasi absolue entre la présence d'oeufs déchiquetés et celle d'une fourmi (*Crematogaster* sp.), dans la cime de l'arbre, présomption confirmée au laboratoire en proposant à cette fourmi des oeufs fraîchement pondus. Les oeufs étaient d'autant mieux consommés que la ponte était plus récente.

TABLEAU XXIX

POURCENTAGE D'OEUFS PARASITES, PREDATES ET STERILES CONTENUS DANS

L'ENSEMBLE DES OEUFS EXAMINES

<u>Période</u>	<u>Total Oeufs observés</u>	<u>Oeufs parasités</u>	<u>Oeufs prédatés</u>	<u>Oeufs stériles</u>
Pullulation	9641	405 (4,2%)	126 (1,3%)	212 (2,2%)
Récession	3802	117 (3,0%)	509 (13,4%)	898 (23,6%)

Le parasitisme des oeufs est très négligeable au stade oeuf chez *G. sidae*. On note que la proportion des oeufs prédatés est relativement plus importante en période de récession. C'est également à cette période

que l'on enregistre aussi le plus d'oeufs stériles, souvent isolés ou en groupes de petite taille et gardant le même aspect (cf. 2ème partie, chapitre 2, § 2.3.2.5.). Le prédateur qui s'intéresse plus aux oeufs récemment pondus (n'ayant subi aucun développement embryonnaire), peut donc à tout moment être attiré par ces oeufs stériles. La prédation observée est en général très faible par rapport à l'ensemble des oeufs examinés.

Les élevages menés au laboratoire ont permis d'établir une première liste des ennemis naturels des larves (tableau XXX).

La faune auxiliaire de *G. sidae*, eu égard aux observations que nous avons pu faire, apparaît peu diversifiée. De plus, aucun parasite n'a été observé sur jeunes stades larvaires (stades 1 à 3) et la fréquence du parasitisme demeure faible en ce qui concerne les larves âgées. En revanche, nous avons rencontré très fréquemment des dégâts de *Polyspilota aeruginosa* Goeze (Dictyoptère) et de *Vadimum obtusus* Villiers (Hemiptère) sur des larves de cinquième et sixième stades. *V. obtusus* a été signalée comme s'attaquant à nombreux autres Lépidoptères, notamment aux chenilles d'Epicampoptères et assure un contrôle parfois très important des populations de ces défoliateurs du caféier (PUJOL, 1960 ; LAVABRE, 1963).

Le tableau XXXI donne les résultats des dénombrements effectués sur l'insecte au stade nymphal. Avant de passer au commentaire de ce tableau, faisons les remarques suivantes :

- Nos observations ont porté uniquement sur des indices (dépouilles vides des chrysalides) et sur la présence effective des chrysalides encore intacte, vivantes ou mortes.
- Certaines des chrysalides prédatées ont pu disparaître complètement sans laisser de trace.

TABLEAU XXX

LISTE DES ENNEMIS NATURELS DE G. SIDAE RECENSES A BAKUNDU (Ba) ET A

BELABO (Be)

	Stade de l'hôte attaqué	lieu d'observa- tion	période d'observa- tion (*)

PREDATEURS			
- <u>Crematogaster</u> sp. (Hym. Formicidae)	oeuf	Ba et Be	toute saison
- <u>Polyspilota aeruginosa</u> Goeze (Dyct. Mantodea)	larve âgée	Ba	toute saison
- <u>Vadimum obtusus</u> Villiers (Hemipt. Reduviidae)	larve âgée	Ba	sept.oct.nov. déc.
-Oiseaux non identifiés	larve	Ba	novembre
PARASITES			
- <u>Charop flavipes</u> Brulle (Hym. Ichneumonidae)	Larve âgée (4e et 5e stades)	Ba	juillet
- <u>Enicospilus congoensis</u> Cameroun (Hym. Ichneum.)	larve âgée	Ba et Be	
- <u>Tachinophytopsis rufitibia</u> Mesnil (Dipt. Tachinidae)	larve âgée	Bel	nov. (1984)
- <u>Compsilura concinnata</u> (Formicidae)	larve	Nigéria (Erdt, 1963)	-
-Tachinidae (Dipt.) non identifiée	Chrysalide	Ba	juillet
-Parasite non identifié	oeuf	Ba	novembre

(*) Il s'agit de la période à laquelle nous avons noté la présence de l'ennemi ; cela ne correspond pas nécessairement à la période exclusive d'activité du parasite ou du prédateur.

- Il n'est pas exclu que la récolte des chrysalides vivantes les ait soustrait à l'action de la prédation ou du parasitisme et que l'on ait alors pu avoir une mortalité plus élevée.

En conséquence, les seuls indices intéressants au stade actuel de nos observations (au point de vue de la mortalité) sont les enveloppes indiquant l'émergence effective du papillon (facilement reconnaissable) et les chrysalides mortes et intactes ou présentant un trou caractéristique de sortie d'un parasite au moment de la récolte.

TABLEAU XXXI

MORTALITE AU STADE NYMPHAL

		Nombre de chrysalides			% de mortalité (1)		
Lieu de	Période	récoltées					
de	de	-----					
récolte	récolte	Vivantes	Dépouilles	Mortes	Total	Parasitisme	Autre
		(A)	(B)		(2)	(3)	

Bakundu	Juillet	8	58	125	68,3	33,6	66,4
	Novembre	32	156	118	43,0	55,1	44,9

Bélabo	Août	20	46	22	32,3	59,1	40,9
	Décembre	31	87	71	44,9	63,4	36,6

(1) Exprimé en pourcentage du total A + B

(2) Ce parasitisme n'est pas nécessairement le seul fait du Tachinidae observé.

(3) Origine de la mortalité inconnue.

De ce point de vue, les résultats du tableau XXXI nous renseignent sur le caractère aléatoire d'un dénombrement qui ne tiendrait pas compte de l'effectif de départ des larves du dernier stade qui se sont nymphosées. La connaissance du nombre de chrysalides exposées permettrait à ce moment de savoir combien ont effectivement disparu. En

effet la nymphose dans la litière nous paraît être un facteur limitant la survie des chrysalides (et même des larves à la recherche d'un site de nymphose) en raison de la présence dans cette litière d'une faune riche et diversifiée comprenant même des prédateurs occasionnels, sans oublier qu'une forte humidité, à la suite de pluies importantes, peut rendre le biotope impropre, surtout lorsque le cocon tissé sur un support inapproprié ne protège pas bien l'insecte.

Au niveau des chrysalides, le seul parasite que nous avons noté est une Tachinidae non encore identifiée (en raison du mauvais état dans lequel les quelques spécimens obtenus au laboratoire sont parvenus au laboratoire de faunistique du C.I.R.A.D. à Montpellier). Les 4 spécimens obtenus sont issus de chrysalides vivantes (3) et morte (1) récoltées à Bakundu en juillet.

Si nous nous limitons aux chrysalides récoltées à l'état de dépouille nymphale et à celles mortes mais encore intactes, nous notons une forte mortalité (supérieure à 32 p. 100), quelle que soit la localité et la période d'observation. Cette mortalité semble cependant plus élevée à Bakundu en juillet (68,3 p. 100), notamment en ce qui concerne les chrysalides dont l'origine de la mort n'a pas été identifiée (66,4 p. 100)

2.5. DISCUSSION ET CONCLUSION

En général les travaux sur la dynamique des populations d'insectes tendent vers la recherche de méthodes de prévision des pullulations. Cet objectif n'a été abordé qu'avec beaucoup de modestie dans cette étude où nous avons surtout cherché à réunir les informations indispensables à sa réalisation.

Les principaux points relevés en ce qui concerne les population de *G. sidae* sont les suivants :

* La répartition géographique de l'insecte se superpose à celle de son végétal-hôte, comme c'est le cas chez la plupart des grands défoliateurs monophages. Sa présence à Bilik qui se trouve en dehors de cette aire (figure 41), de même que les variations des conditions climatiques dans des limites qui lui sont favorables permettent de considérer l'ensemble de la région forestière du Sud-Cameroun comme son aire potentielle.

Le ravageur, dans ces conditions, est parfaitement susceptible de s'installer à plus ou moins brève échéance dans toute plantation de *M. altissima* quelle que soit sa situation en région forestière.

* Nous avons mis en évidence le caractère agrégatif de la distribution des populations de l'insecte, cette distribution pouvant s'ajuster à certaines périodes de l'année à la loi binomiale négative.

* Le ravageur présente au cours de l'année une phase de pullulation qui entraîne une défoliation complète des arbres. En dehors de cette phase de pullulation, la population est maintenue à un niveau bas avec des générations qui se chevauchent de façon continue. Le niveau de pullulation reste important d'année en année, si l'on s'en tient à l'importance de la défoliation et indépendamment des fluctuations possibles de la valeur absolue de la population d'une année à l'autre.

Les facteurs jusqu'ici observés et sous la dépendance desquels la population évolue au cours de l'année sont récapitulés dans le tableau XXXII selon deux catégories : facteurs favorables et facteurs défavorables à l'insecte.

* Il apparaît que la valeur prédictive de la phénologie des arbres n'est pas négligeable. Cette valeur est d'autant plus nette qu'une forte densité des pontes n'explique pas toujours un niveau important de défoliation. En effet, ces deux paramètres (densité des pontes et indice de défoliation) ne semblent étroitement liés qu'au niveau des valeurs extrêmes comme nous l'a révélé une analyse de régression (cf. 2.3.2., figure 51).

* Au plan climatique, nous observons que la température varie peu au cours de l'année, dans une même localité. On peut donc tenir ce paramètre climatique comme négligeable en ce qui concerne son influence sur le niveau des populations. En revanche, le paramètre climatique présentant des contrastes saisonniers marqués est la pluviométrie qui par ailleurs, permet de distinguer les saisons en région tropicale. Il n'est pas impossible que la pluviométrie joue un rôle dans la mortalité, surtout nymphale, par la forte humidité qu'elle crée au niveau de la litière.

* Nous avons aussi relevé l'effet négligeable de la prédation et surtout du parasitisme sur les pontes de *G. sidae*. Or il s'agit d'un insecte à fort potentiel de fécondité, ce qui lui confère un potentiel de reproduction très élevé. Au cours de nos opérations de récolte des chrysalides, nous avons obtenu un effectif de loin inférieur à celui auquel on pouvait s'attendre. Une mortalité importante était donc intervenue certainement. Cette mortalité, du moins en ce qui concerne le parasitisme et la prédation, doit s'observer essentiellement au dernier stade larvaire et au stade nymphal ; elle est probablement due à la faune présente dans la litière. Il faut cependant relever que l'effet de cette faune, même si celle-ci réduit le niveau de la population, est encore

TABLEAU XXXII

CONDITIONS D'EXISTENCE, D'ABONDANCE ET D'EVOLUTION DE LA POPULATION

DE G. SIDAE

FACTEURS FAVORABLES	FACTEURS DEFAVORABLES
: Propres à l'insecte (facteurs intrinsèques)	: Propres à l'insecte
: Relatifs à son environnement (facteurs extrinsèques)	: Relatifs à son environnement
*Potentiel de reproduction	*Défeuillaison naturelle des arbres
-Fécondité élevée	*Comportement nutritionnel
-Fort taux de fertilité	-Exigence des larves vis-à-vis de la qualité de nourriture
-Développement embryonnaire rapide	*Sites de nymphose
-Durée de cycle relativement courte	*Prédation et parasitisme des larves âgées.
*Comportement inné de défense	*Forte prédominance des classes 1 ou 4
-Ponte sur la face inférieure des feuilles	*Durée de la période de recherche d'un site de nymphose par la larve du 6 ^e stade
-Ponte sur support approprié pour la nourriture des jeunes larves	*Période d'émergence des papillons par rapport à l'état phénologique des arbres
	*Période critique de la nymphose

pratiquement inefficace, puisque le ravageur est atteint lorsqu'il a déjà commis ses dégâts et qu'il reste toujours une population survivante suffisante pour être à l'origine d'une nouvelle pullulation, compte tenu du fort potentiel de reproduction dont nous avons déjà fait état à maintes reprises.

CONCLUSIONS GENERALES

ET PERSPECTIVES

CONCLUSIONS GENERALES ET PERSPECTIVES

Les recherches que nous venons de présenter ont été menées au Cameroun sur *Godasa sidae* (Fabricius), défoliateur de *Mansonia altissima* A. Chevalier. Ces recherches se justifiaient d'une part par le caractère ravageur de l'insecte, compte tenu de l'importance économique de son hôte et d'autre part par le peu, sinon l'absence totale, d'étude sur l'insecte.

Nous avons été amenés à préciser, outre la position systématique de *G. sidae*, les caractéristiques macroscopiques de sa morphologie, ainsi que les principaux aspects de sa biologie qui nous paraissaient être un préalable indispensable pour la mise en oeuvre ultérieure d'une étude approfondie de la dynamique de ses populations. Ces recherches sur *G. sidae* ont été abordées avec pour principal objectif la détermination des possibilités de suivi des populations de l'insecte après avoir défini son aire de répartition au Cameroun. Nous nous sommes également intéressé à l'évaluation qualitative des facteurs biotiques susceptibles d'intervenir dans la réduction du niveau de population et du rôle joué par la phénologie du végétal hôte dans les fluctuations annuelles de la densité de population. Ceci nous a amené à nous investir dans la première partie de notre travail, dans des recherches sur la phénologie et la physiologie de *M. altissima*.

Avant de passer à l'énoncé des principaux résultats et à des observations sur les perspectives de recherche, faisons quelques remarques sur la démarche adoptée tout au long de notre étude.

Nos recherches ont été conduites dans des conditions de travail assez difficiles où la modestie des infrastructures ne nous a pas toujours permis d'aborder de façon rigoureuse certains aspects développés

dans notre mémoire. Il est légitime d'admettre qu'outre les études ultérieures se situant dans la suite logique de notre travail, des recherches complémentaires seront nécessaires pour améliorer certains résultats obtenus.

Nous avons relevé une particularité de la phénologie et de la phytogéographie de *M. altissima*, qui réside dans la caducité de ses feuilles et dans sa forte dilution dans son aire naturelle, entraînent une très faible densité à l'hectare. L'évolution de son état phénologique est non seulement tributaire de la chute naturelle des feuilles due à l'état de dégénérescence de celles-ci, mais également de la pullulation périodique de *G. sidae*.

Nous avons mis en évidence le caractère monophage de *G. sidae* et sa grande sensibilité à la qualité des feuilles dont l'état notamment leur âge et de leur consistance, influence de façon non négligeable la mortalité larvaire et la fécondité. Cette fécondité dans les conditions favorables de nutrition est très élevée. En associant à cette fécondité élevée, le fort taux de fertilité des pontes et la courte durée du cycle de développement de l'insecte, cela confère à l'insecte un potentiel de reproduction élevé qui explique les pullulations observées périodiquement.

La mise en place de plantations de *M. altissima* à des fins de production de bois d'oeuvre constitue un investissement à long terme. Il faut donc assurer de façon permanente leur protection. Cette protection se justifie par le fait que les dégâts de *G. sidae* se répètent tous les ans avec la même intensité. De plus, *G. sidae*, comme la plupart des grands défoliateurs, présente une aire effective qui suit étroitement celle de son végétal-hôte, son aire potentielle étant constituée par l'ensemble de la région forestière du Sud-Cameroun. Là où son absence est

notée, son caractère monophage en est la cause. Les conditions climatiques varient en effet dans des limites qui lui sont favorables, si bien que ce ravageur est capable de s'installer dans toute plantation de *M. altissima* quelle que soit sa situation dans cette région forestière.

Une lutte chimique nous paraît difficilement envisageable pour deux raisons principales : son efficacité aléatoire et sa justification sur le plan économique (nécessité de répéter les traitements). De plus l'expérience acquise jusqu'ici en matière de lutte chimique contre les ravageurs forestiers a été souvent évoquée essentiellement pour mettre en exergue ses inconvénients (DAJOZ, 1980 ; JACQUIOT, 1983).

En revanche, la particularité du milieu forestier, qui réside dans sa permanence, sa stabilité et sa complexité floristique est favorable au maintien d'une faune entomologique spécifiquement diversifiée. La lutte biologique au moyen d'insectes entomophages (parasites et prédateurs) peut être, dans ces conditions, avantageusement envisagée.

Les recherches devraient s'orienter dans deux directions :

- des investigations en vue d'une meilleure connaissance des auxiliaires endémiques et de leur efficacité, afin de mieux valoriser leur action.
- le recours à des auxiliaires exogènes, notamment des parasites et les prédateurs des oeufs, ayant fait leur preuve ailleurs sur d'autres Lépidoptères en général et les Noctuidae en particulier.

Ces recherches se situeront dans le cadre de l'étude intensive des populations de *G. sidae* dont le caractère plurivoltin devra être pris en compte.

Aucune difficulté majeure ne se présente pour le moment en ce qui concerne les manipulations sur *G. sidae* en captivité, si ce n'est peut-être sa monophagie qui peut nécessiter son élevage sur milieu artificiel qu'il y aurait donc lieu de mettre au point.

REPertoire DES TABLEAUX

- Tableau I Liste des 15 essences les plus exploitées et les plus exportées par le Cameroun.
- Tableau II Durée approximative des différents stades phénologiques (en semaines).
- Tableau III Dosage de certains éléments minéraux dans les différentes classes de feuilles : écart entre 2 valeurs successives (en p. 100 de matière sèche).
- Tableau IV Répartition des oeufs selon le site de ponte.
- Tableau V Données sur le potentiel de reproduction chez *G. sidae*.
- Tableau VI Fécondité observée chez 10 femelles issues de larves nourries avec des feuilles de la classe 2.
- Tableau VII Longévité des papillons femelles en fonction des facteurs étudiés (jours).
- Tableau VIII Sex-ratio, en p. 100 des femelles par rapport au nombre total d'individus observés.
- Tableau IX Durée d'incubation des oeufs (en heures).
- Tableau X Durée de développement larvaire (en jours) selon le nombre de stades larvaires dans différentes conditions de nutrition.
- Tableau XI Proportion d'individus à 5, 6 et 7 stades de développement, dans différentes conditions de nutrition.
- Tableau XII Evolution de la survie larvaire selon les différentes conditions de nutrition.
- Tableau XIII Développements larvaire et nymphal suivant les conditions A et B en salle (jours).
- Tableau XIV Valeurs cumulées de la durée de développement larvaire (jours) selon les localités étudiées.
- Tableau XV Durée approximative des différents stades de développement en conditions naturelles (en jours) selon les localités étudiées.
- Tableau XVI Analyse de variance sur la durée de développement larvaire selon la saison.
- Tableau XVII Largeur des capsules céphaliques des différents stades larvaires (en mm).

Tableau XVIII	Taille des larves en fonction de leur stade.
Tableau XIX	Comportement des larves en présence d'une nourriture autre que <i>M. altissima</i> .
Tableau XX	Durée de développement des différents stades de <i>G. sidae</i> (en jours) dans différentes conditions d'élevage.
Tableau XXI	Nombres d'adultes de <i>G. sidae</i> capturés au piège lumineux.
Tableau XXII	Nombre de mâles de <i>G. sidae</i> capturés au piège sexuel.
Tableau XXIII	Paramètres climatiques des sites d'observations écologiques sur <i>G. sidae</i> .
Tableau XXIV	Moyenne (m), variance (S^2) et indice de dispersion (Id) pour les arbres pris individuellement.
Tableau XXV	Rang de critère de test d'autocorrélation spatiale et temporelle.
Tableau XXVI	Ajustement de la distribution des pontes de <i>G. sidae</i> à la distribution binomiale négative.
Tableau XXVII	Moyenne (m), variance (S^2), et indice de dispersion (Id) obtenus après regroupement 5 x 5 arbres.
Tableau XXVIII	Rang du critère de test d'autocorrélation spatiale et temporelle (regroupement 5 x 5 arbres).
Tableau XXIX	Pourcentage d'oeufs parasités, prédatés et stériles contenu dans l'ensemble des oeufs examinés.
Tableau XXX	Liste des ennemis naturels de <i>G. sidae</i> recensés à Bakundu (Ba) et à Bélabo (Be).
Tableau XXXI	Mortalité en stade nymphal.
Tableau XXXII	Conditions d'existence, d'abondance et d'évolution de la population de <i>G. sidae</i> .

REPERTOIRE DES FIGURES

- Figure 1 Carte phytogéographique simplifiée du Sud-Cameroun.
- Figure 2 Aire de répartition de *Mansonia altissima*.
- Figure 3 Aire de répartition de *M. altissima* : Diagrammes ombrothermiques illustratifs des différentes formations forestières.
- Figure 4 Accroissements moyens mensuels (AMM) en fonction des précipitations (forêt naurelle, Bélabo). a) 1988 ; b) 1989.
- Figure 5 Evolution (en p. 100 de mat. sèche) de certains éléments minéraux en fonction de la classe (âge) des feuilles.
- Figure 6 Proportion de plants (p. 100) ayant émis des feuilles, suivant le rang de celles-ci.
- Figure 7 Evolution de la croissance des feuilles chez *M. altissima* selon 3 modalités.
- Figure 8 Caractéristiques phénologiques de *M. altissima* (feuillage) à **Bélabo**.
- Figure 9 Caractéristiques phénologiques de *M. altissima* (feuillage) à **Bakundu**.
- Figure 10 Evolution mensuelle du nombre de galeries d'*Eulophonotus* sp. sur 322 *T. sclerosylon* et 371 *M. altissima*.
- Figure 11 Importance des dégâts (no. de galeries) d'*Eulophonotus* sp. par arbre en fonction de la grosseur, sur 2 espèces, *T. sclerosylon*(A) et *M. altissima* (B).
- Figure 12 Crémaster.
- Figure 13 Empreintes génitales de la chrysalide.
- Figure 14 a Pontes en ooplaque (au laboratoire).
- Figure 14 b Larve du dernier stade.
- Figure 14 c Adulte.
- Figure 14 d Nymphe.
- Figure 15 Nervation alaire.
- Figure 16 Génitalia mâles.
- Figure 17 Aspect des ovocytes en cours d'évolution tel qu'observé sous la loupe.

- Figure 18 Schéma des ovaires illustrant les 4 ovarioles et la présence d'un vestibulum à l'extrémité de l'oviducte commun.
- Figure 19 Histogramme de fréquence des pontes selon leur taille.
- Figure 20 Evolution dans le temps, des pontes chez *G. sidae*.
- Figure 21 Régression linéaire entre poids de chrysalide et potentiel de fécondité d'une part et pontes effectives d'autre part.
- Figure 22 Régression linéaire entre potentiel de fécondité et ponte effective (en nombre d'oeufs).
- Figure 23 Longévité chez la femelle de *G. sidae*.
- Figure 24 Evolution macroscopique de l'oeuf au cours de l'incubation.
- Figure 25 Dispositif schématisé de récolte de capsules céphaliques sur le terrain.
- Figure 26 Répartition des larves selon leur âge au moment de la nymphose, leur nutrition (CL) et le nombre de stades (5, 6, 7).
- Figure 27 Fréquence d'observation d'un développement en 5, 6 ou 7 stades larvaires.
- Figure 28 Evolution globale de la survie selon 5 modalités de nutrition larvaire.
- Figure 29 Evolution de la mortalité larvaire selon le régime alimentaire, entre 2 stades successifs.
- Figure 30 Durée de développement cumulée, dans les 2 localités étudiées.
- Figure 31 Relation entre la température ambiante sur le terrain et la durée de développement larvaire.
- Figure 32 Distribution de fréquence des largeurs de capsules céphaliques récoltées sur le terrain.
- Figure 33 Fréquence relative des capsules obtenues par stade larvaire.
- Figure 34 Dispositif d'observation sur l'effet de la lumière chez la larve de *G. sidae*.
- Figure 35 Evolution du nombre de crottes en fonction du stade larvaire.
- Figure 36 Evolution journalière du nombre de crottes émises par les larves.

- Figure 37 Importance journalière de l'activité nutritionnelle (nbre. de crottes) de la larve au cours de sa vie.
- Figure 38 Importance relative de l'activité nutritionnelle selon le stade larvaire.
- Figure 39 A Dispositif de récolte des chrysalides.
- 39 B Résultats de leur répartition autour de l'arbre à Bakundu et à Bélabo.
- Figure 40 Schéma de piégage sexuel appâté avec des femelles vierges.
- Figure 41 Carte du Sud Cameroun présentant les différents sites où ont été réalisées : l'étude sur l'aire de répartition, l'étude écologique.
- Figure 42 Diagramme ombrothermique de Bakundu.
- Figure 43 Diagramme ombrothermique de Bélabo.
- Figure 44 Fréquence de distribution des populations de pontes de *G. sidae* à 5 dates différentes.
- Figure 45 Fréquence de répartition des pontes dans la cime, selon la position du verticille (A) et selon la localisation sur le verticille (B).
- Figure 46 Evolution annuelle de la densité de ponte en relation avec l'état phénologique des arbres (Bakundu).
- Figure 47 Evolution annuelle de la densité de ponte en relation avec l'état phénologique des arbres (Bélabo).
- Figure 48 Evolution annuelle de la fécondité.
- Figure 49 Fréquence (%) mensuelle d'observation de pontes de grande taille (plus de 400 oeufs).
- Figure 50 Evolution mensuelle de la valeur moyenne de l'indice (ID) de défoliation à Bakundu (A) et à Bélabo (B).
- Figure 51 Régression entre la densité de ponte et le niveau de défoliation.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLGEIER H., 1967 - The Gardenolides of seeds of *Mansonia altissima* A. chev. *Helv. chim. Acta*, 50(2), 431-462.
- AL SALT M.N., 1980 - Etude de la reproduction et du développement de *Sesamia calamistis* Hampson (Lépidoptère, Noctuidae) et des modifications apportées par un traitement insecticide (Carbofuran, Diméthoate et Décaméthrine). Thèse Doc. Ing. Univ. Paris VI, 217 pp.
- AL SALT M.N., GALICHER P.F., 1983 - Influence de la plante-hôte sur les potentialités reproductrices de *Sesamia nonagrioides*, Lef. (Lépidoptère, Noctuidae). *Acta oecol.-Oecol. applic.*, 4(1), 23-30.
- ALZOUMA I., HUIGNARD J., LEROI B., 1985 - La ponte de *Bruchidius atrolineatus* (Pic.) (Col., Bruchidae) au cours de la maturation des gousses de *Vigna unguiculata* (Wapl.) et ses conséquences sur le développement. *Ann. Soc. entomol. Fr. (N.S.)*, 21(2), 207-217.
- ARCHAMBAULT L., BEAULIEU J., 1985 - Reduction in volume growth of balsam fir following defoliation by spruce budworm. *Forestry Chronicle*, 61(1), 10-13.
- ASHER W. C., 1970 - Offactory response of *Dioryctria abietella* (Lépidoptera, Phycitidae) to slash pine cones. *Ann. entomol. Soc. Am.*, 63, 474-476.
- AUBREVILLE A., 1947 - Les bois, richesse permanente de Côte d'Ivoire et du Cameroun. *Agron. trop.*, 2(9/10), 463-489.
- BAKKE A., 1969 - The effect of forest fertilization on larval weight and larval density of *Laspeyresia strobilella* (L.) (Lepidoptera, Tortricidae) in cones of Norway spruce. *Z. angew. Entomol.*, 63, 451-453.
- BASSMAN J.H., DICKMAN D.I., 1982 - Effects of defoliation in developing leaf zone on young *Populus euramericana* plants. 1. Photosynthetic physiology, growth and dry weight partitioning. *Forest Sci.*, 28, 599-612.
- BOVEY P., 1970 - Impact de l'insecte déprédateur sur la forêt. *Rev. forest. fr.*, 23 (N.S.), 199-203.
- BOVEY P., BALTENSWEILLER W., 1963 - Techniques d'échantillonnage dans l'étude de la dynamique des populations d'insectes forestiers phyllophages. *Terre et vie*, 3, 357-366.
- BROWER J.W., CAPINERA J.L., DESHON R. E., WALMSLEY M.L., 1985 - Influence of foliar nitrogen levels on survival, development and reproduction of western spruce budworm, *Choristoneura occidentalis* (Lepidoptera, Tortricidae). *Can. Entomol.*, 117, 23-32.

- BROWER L.P., 1961 - Experimental analyses of egg cannibalism in the monarch and queen butterflies, *Danaus plexippus* and *D. gilippus* Berenice. *Physiol. Zool.*, 34, 287-296.
- BROWER L.P., 1962 - Evidence for interspecific competition in natural populations of the monarch and queen butterflies *Danaus plexippus* and *D. gilippus* Berenice in south centre Florida. *Ecology*, 43, 549-552.
- BROWNE F.G., 1968 - Pests and diseases of forest plantation trees. An annotated list of the principle species occurring in the British Commonwealth. Oxford Univ. Press, 1330 pp.
- BROWNE E. S., TAYLOR L.R., 1971 - Lunar cycles in the distribution and abundance of airborne insects in the equatorial highland of East Africa. *J. anim. Ecol.*, 40, 767-779.
- BRUNCK F. 1974 - Compte-rendu d'un déplacement effectué au Cameroun du 19 octobre au 15 novembre 1973. C.T.F.T., Nogent/Marne (Note interne), 25 pp.
- BRUNCK F. 1977 - Compte-rendu d'un déplacement effectué au Cameroun du 9 au 22 juin 1976. C.T.F.T. Nogent/Marne (note interne), 25 pp.
- BURNS J.M., 1966 - Preferential mating versus mimicry : disruptive selection and sex-limited dimorphism in *Papilio glaucus*. *Science*, 153, 551-553.
- CADEILLAN L., 1965 - Stimulation de la ponte d'*Acrolepia assectella* Z. par la présence de la plante-hôte. *C.R. Acad. Sci., Paris*, 261, 1106-1109.
- CADE S.C., 1970 - Identification of a primary attractant for *Gnathotrichus sulcatus* isolated from western hemlock logs. *J. econ. Entomol.*, 63, 1014-1015.
- CANCELA DA FONSECA J.P., 1965- L'outil statistique en biologie du sol. 1. Distribution de fréquences et tests de signification. *Rev. Ecol Biol. Sol*, 2(3), 299-332.
- CAYROL R.A., 1972 - Famille des Noctuidae. In : BALACHOWSKY A.S. *Entomologie appliquée à l'Agriculture. Lépidoptères*. Masson Ed., Paris, 2, 1255-1268.
- CENADEFOR - Inventaire des ressources forestières du Sud-Cameroun, 1983 : Première tranche, Fascicule O. CTFT et Rép. du Cameroun. 1985 : deuxième tranche, Fascicule II. CTFT et Rép. du Cameroun.
- CENADEFOR, 1988 - Inventaire des ressources forestières. Rep. du Cameroun, phase 3, étapes 1 & 2.
- C.R.F., 1983 - Rapport technique annuel. MESRES, I.R.A., Kolbisson, 107 pp.
- CHARARAS C., 1980 - Ecophysiologie des insectes parasites des forêts. Chararas (Ed.), Paris, 297 pp.

- CHEVALIER A., 1947 - Le genre *Mansonia* et utilisation des quatre espèces connues. *Rev. Bot. appl.*, 27, 422-424.
- COCHEREAU P., 1973 - Contrôle biologique des papillons piqueurs de fruits. *Fruits*, 28, 5, 367-375.
- CORNIC J.F., GERAUD D., DU MERLE P., 1986 - Evolution de la population de la Tordeuse du Sapin *Choristoneura murinana* Hb. dans la forêt de Combe Noire (Ardèche) et données préliminaires sur la situation du ravageur dans le Sud-Est de la France. *Rev. forest. fr.*, 38(6), 538-550.
- CORNIC J.F., GERAUD D., DU MERLE P., 1987 - Observations sur la distribution spatiale et sur la mesure des populations pré-imaginales de la Tordeuse du Sapin, *Choristoneura murinana*, Hb. (Lep. Tortricidae). 2. Les populations larvaires et conclusions. *Z. angew. Entomol.*, 103(4), 403-417.
- COUILLOUD R., GIRET M., 1980 - *Spodoptera littoralis* Boisd. (Lep., Noctuidae): Influence de l'espace d'élevage au cours de la vie larvaire sur le rendement en chrysalides et en adultes. *Cot. Fib. trop.*, 35(4), 369-378.
- CUDJOE F.S., 1969 - A key of the family Sterculiaceae. Techn. note, n° 7, F.F.P.R.I., 21 pp.
- DAJOZ R., 1980 - Ecologie des insectes forestiers. Gauthier-Villars, Paris, 489 pp.
- DELINGER D.L., 1980 - Seasonal and annual variation of insect abundance in Nairobi National Park, Kenya. *Biotropica*, 12, 100-106.
- DELINGER D.L., 1986 - Dormancy in tropical insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 31, 239-264.
- DETHIER V;G., 1954 - Evolution of feeding preference in phytophagous insects. *Evolution*, 8, 33-54.
- DETIENNE P; 1975 - Nature et périodicité des cernes dans le bois de Bété, *Mansonia altissima* A. Chev. C.T.F.T. Nogent/Marne (note interne), 21 pp.
- DU MERLE P., 1983 - Phénologie comparée du chêne pubescent, du chêne vert et de *Tortrix viridana* L. (Lep. Tortricidae). Mise en évidence chez l'insecte de deux populations sympatriques adaptées chacune à l'un des chênes. *Acta Oecol. applic.*, 4(1), 55-74.
- DU MERLE P., 1988 - Quelques problèmes de diagnostic posés par les insectes défoliateurs forestiers. *Rev. forest. fr.*, 40 (N.S.), 118-123.
- DUODU Y.A., BINEY F.F., 1981 - Growth, food consumption and food utilisation of *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera, Noctuidae) on four food-plants. *Bull. entomol. Res.*, 71, 655-662.

- DURANTON J.F., LAUNOIS M., LAUNOIS-LUONG M.H., LECOQ M., 1982 - Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche. Ministère des relations extérieures, Paris.
- EIDT C.D., 1963 - A survey of insect pests of indigenous trees in plantations and nurseries. F.A.O., 1775, 64 pp.
- ELUWA M.C., 1977 - Aspects of the biology of *Achaea catocaloides* Cm. in Nigeria (Lep. Noctuidae). Rev. Zool. afr., 91(4), 875-892.
- FEENY P.P., 1970 - Seasonal changes in oak leaf tannins and nutrients as a cause of spring feeding by winter moth caterpillars. Ecology, 51, 565-581.
- FOAHOM, 1985 - Aperçu sur la chenille défoliatrice de *Mansonia altissima* A. Chev. (Bété). I.R.A - C.R.F. (note interne), 6 pp.
- FOAHOM, 1988 - Aperçu sur la position systématique de *Godasa sidae* (F.). IRA-CRF Douala (note interne), 9 pp.
- FOAHOM, 1989 - *Mansonia altissima* A. Chev. dans l'écosystème forestier tropical au Cameroun : sylviculture et contraintes d'ordre phytosanitaire. In : IFS-IUFRO-ICRAF Proceedings of the seminar on Tree for Development, Nairobi-Kenya, 21-26/2/1989, 118-131.
- GAEDE M., 1926 - Hypsinae. In SEITZ (A.). Les Macrolépidoptères du Globe. Cabinet Entomol., E. LE MOULT, 88-92.
- FOX L.R., 1975 - Cannibalism in natural population. Annu. Rev. Ecol. Syst., 6, 87-106.
- FREMPONG E., 1981 - The biology of *Selepa docilis* Butler (Lepidopera, Noctuidae), an egg plant defoliator in Ghana. Bull. I.F.A.N., 43, 1 (2), 174-186.
- GAGNEPAIN C., 1987 - Effects of the host plant and the male on *Oscinella pusilla* Meig. reproduction. In : LABEYRIE V., FABRES G., LACHAISE D. Proceedings of the 6th International Symposium on Insect-Plant Relationships, Pau, 1986. D., Dr W. Junk Publishers, p. 389.
- GARDNER J.G.M., 1941 - Immature stages of Indian Lepidoptera, Noctuidae, Hypsinae. Indian Forest Records, 6(N.S.), 253-296.
- GERI C., 1986 - Facteurs influençant la dynamique des populations de *Diprion pini* L. dans le bassin parisien. In : IUFRO. Proceedings of the 18 th world congress, Ljubljana (Yugoslavia) sept. 7-21, 1986, 2(2), 695-705.
- GIRET M., 1986 - Sélection de lignées à taux et durée de diapause différents chez *Heliothis armigera* (Hübner) (Lep. Noctuidae), souche d'origine tropicale, élevée à 25°C et 12 heures d'éclaircissement. Cot. Fib. trop., 41(2), 102-115.
- GRADWELL G.R., 1974 - The effect of defoliators on tree growth. The British oak, 182-193.

- GRIJPMA P., 1970 -Immunity of *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F.V.M.) C. DC. and *Khaya worenensis* A. Chev., to attacks of *Hypsipyla grandella* Zeller, in Turrialba, Costa Rica. *Turrialba*, 20 (1), 85-93.
- GRIJPMA P., 1971 - Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* Zeller Observations on a rearing technique and on host selection behavior of adults in captivity. *Turrialba*, 21(2), 202-213.
- GRIJPMA P., GARA R.J., 1970 -Studies on the shoot borer *Hypsipyla grandella* Zeller. Host selection behavior. *Turrialba*, 20(2), 233-240.
- GUILLOIN Y., 1967 -Principes et méthodes d'échantillonnage des populations naturelles terrestres en écologie entomologique. ORSTOM. Lab. Entomol. (Côte d'Ivoire), 52 pp.
- GUILLOIN Y. 1936 - La forêt sempervirente : cadre de l'entomologie forestière. In : UNESCO : Recherche entomologique dans les écosystèmes forestiers africains. Rapport de l'atelier régional JET-PNUE-RAB, 26 novembre - 6 déc. 1985.
- HACKETTE D.S., GATEHOUSE A.G., 1982 - Diapause in *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. Fletcheri* (Hardwick) (Lepidoptera, Noctuidae) in the Sudan Gezira. *Bull. entomol. Res.*, 72, 409-422.
- HANSLIAN L., KADLEC K., 1969 - Wood from the stand point of hygiene. XII Determination of the effects of wood on bacteria and moulds. *Drevo*, 24(12), 353-355.
- HEDIN L., 1930 - Etude sur la forêt et les bois du Cameroun sous mandat français. Librairie Larose, Paris, 230 pp.
- HEIKKENEN H.J., HRUTFIORD B.J., 1965 - *Dendroctonus pseudotsugae* : a hypothesis regarding its primary attractant. *Science*, 150, 1457-1459.
- HERARD F., 1978 - Comportement des adultes d'*Ooencyrtus kuvanae* (Howard) (Hymenoptère, Encyrtidae) parasite oophage de *Lymantria dispar* (L.) (Lep. Lymantridae) en forêt de Mamora. *Ann. Zool. Ecol. anim.*, 10(4), 599-607.
- HENSON W.R., 1954 - A sampling system for Poplar insects. *Can J. Zool.*, 32, 421-433.
- HIRATA S., 1963 - On the phase variation of the cabbage armyworm *Mamestra (Barathra) brassicae* (L). I. Effect of larval crowding on food consumption and body weight. *Jpn. J. Ecol.*, 13, 125-127.
- HOLLOWAY J.D., 1988 - Family Arctiidae, Subfamily Syntominiinae, Euchromiinae, Arctiinae : Noctuidae misplaced in Arctiidae (*Camptoloma*, *Aganainae*). *Moths of Borneo*, 6, 101 pp. CAB. Intern. Inst. Entomol., London, UK.
- HOUGH J.A., PIMENTEL D., 1978 - Influence of host foliage on development, survival and fecundity of the gypsymoth. *Environ. Entomol.*, 7, 97-102.

- HSIAO H.T., 1969 - Chemical basis of host selection and plant resistance in oligophagous insects. *Entomol. exp. appl.*, 12, 423-440.
- HUFFAKER C.B., SPITZER C.H., 1950 - Some factors affecting red mite populations on pears in California. *J. econ. Entomol.*, 43, 819-831.
- HUTCHINSON J., DALIZEL J., 1958 - Flora of West tropical africa. Crown Agents for oversea Governments administrations, Millbank, London, vol. 1, par. 2, 297-823.
- HYWEL R., 1969 - Forest insects of Nigeria, with notes on their biology and distribution, C.F.I. Univ. Oxford, 206 pp.
- IWAO S., 1968 - Some effects of grouping in Lepidopterous insects. In: C.N.R.S.. L'effet de groupe chez les animaux. *Colloq. Inter.*, n° 173, Paris, 185-210.
- JACQUES-FELIX H., 1945 - Une variété camerounaise de *Mansonia altissima* A. Chev. *Rev. Bot. appl.*, 25, 235-236.
- JACQUIOT C., 1983 - Ecologie appliquée à la sylviculture. Gauthier-Villars, Paris, 184 pp.
- JACKSON D.M., MITCHELL E.R., 1984 - Growth and survival of Tobacco Budworm (Lepidoptera, Noctuidae) Larvae Fed Florida Beggarweed (Fabaceae) and Tobacco (Solanaceae). *J. econ. Entomol.*, 77(4), 960-965.
- JORDAN K. 1914 - Agaristidae. In : SEITZ A. *Les Macrolépidoptères du Monde*, T. 3, 1ère partie, 5-8.
- KHASIMUDDIN S., 1978 - Courtship and mating behaviour of the african armyworm *Spodoptera exempta* (Walker) (Lepidoptera, Noctuidae). *Bull. entomol. Res.*, 68, 195-202.
- KIRIAKOFF S.G., VIETTE P., 1974 - Les insectes Lépidoptères Agaristidae. *Faune de Madagascar*, 39, 94-96.
- KITCHING I.J., 1984 - An historical review of the higher classification of the Noctuidae (Lepidoptera). *Bull. brit. mus. nat. Hist.*, 49(3), 153-234.
- KNIGHT F.B., HEIKKENEN H.J., 1980 - Principles of forest Entomology. Mc Graw-Hill Book Company, 5 th Ed., 461 pp.
- KOCH E.A., SMITH P.A., KING R.G., 1967 - The division and differenciation of *Drosophila cystocytes*. *J. Morphol.*, 121, 55-70.
- KRISTENSEN N.P., 1986 - The higher classification of the Lepidoptera In : SCHNACK K., 52-8.
- KULMAN H.M., 1971 - Effects of insect defoliation on growth and mortality of trees. *Annu. Rev. Entomol.*, 16, 289-324.

- LAURENT-HERVOUET N., 1986 - Mesure des pertes de croissance radiale sur quelques espèces de *Pinus* dues à deux défoliateurs forestiers : 1. cas de la processionnaire du pin en région méditerranéenne. *Ann. Sci. forest.*, 43 (2), 239-262.
- LAVABRE E. 1954 - Les principaux insectes nuisibles aux cultures du Cameroun (Zone humide). Territoire du Cameroun, Inspection Générale de l'Agriculture, 158 pp.
- LAVABRE E.M., 1963 - Lutte contre les chenilles défoliatrices des caféiers en République Fédérale du Cameroun. Rapport de mission I.F.C.C., Paris, 39 pp.
- LEONARD D.E., 1968 - Effects of density of larvae on the biology of the gypsy moth (*Porthetria dispar*). *Entomol. exp. appl.*, 11, 291-304.
- LETOUZEY R., 1968 - Etude phytogéographique du Cameroun. Ed. P. Lechevalier, 511 pp.
- LETOUZEY R., 1985 a - Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1 : 500.000, 3 SG. Domaine de la forêt humide semi-caducifoliée. I.R.A.-I.C.I.V., Toulouse, 63-64.
- LETOUZEY R., 1985 b - Notice de la carte phytogéographique du Cameroun au 1 : 500.000, 4 T.V. Domaine de la forêt dense humide toujours verte. I.R.A.-I.C.I.V. (Toulouse), 95-142.
- LONG D.B., 1953 - Effect of population density on larvae of Lepidoptera. *Trans. Roy. entomol. Soc.*, London, 104, 543-585.
- LONG D.B., ZAHHEL M.A., 1958 - Effect of larval population density on the adult morphology of two species of Lepidoptera, *Plusia gamma* L. and *Pieris brassicae* L. *Entomol. exp. appl.*, 1, 161-173.
- LUCIANO P., PROTA R., 1985 - Two methods of evaluating population density in *Lymantria dispar*. (in *Forst. Ab. str.* 47, 8, 4317).
- MACLEAN D.A. and LIDSTON R.G., 1982 - Défoliation by spruce budworm : estimation by ocular and shoot count methods and variability among branches, trees, and stands. *Can. J. forest. Res.*, 12, 582-594.
- MACLEOD J., DONNELLY J., 1963 - Dispersal and interspersal of blowfly population. *J. anim. Ecol.*, 32, 1-32.
- MASCRE M., PARIS R., 1938 - Sur l'existence d'un principe amer toxique dans l'écorce de *Dô* (*Mansonia altissima* A. Chev.). *C.R. Soc. Biol.*, 128, 1004-1006.
- MASON R.R., BAXTER J.W., 1970 - Food preference in a natural population of the Douglas. Fir tussock moth. *J. econ. Entomol.*, 63, 1257-1259.
- MATTSON W.J. Jr., 1980 - Herbivory in relation to plant nitrogen content. *Annu. Rev. Ecol. Syst.*, 11, 119-161.

- MAXEL R., 1982 - Exigences trophiques et évolution dans les genres *Euphydryas* et *Melitaea* sensu lato (Lép. Nymphalidae). *Ann. Soc. entomol. Fr (N.S.)*, 18(2), 211-227.
- MILDBREAD J., 1921 - Zur Kenntnis der afrikanischen Sterculiaceae Mansonieae. *Botanischen Gartens und Museums zu Berlin*, 7, 489 pp.
- MILLER C.A., 1957 - A technique for estimating the fecundity of natural population of the spruce budworm. *Can. J. Zool.*, 35, 1-13.
- MILLER C.A., 1960 - The interaction of the spruce budworm *Choristoneura fumiferana* (Clem.), and the parasite *Glypta fumiferanae* (Ciar.) *Can. Entomol.*, 92, 839-850.
- MINET J., 1986 - Ebauche d'une classification moderne de l'ordre des Lépidoptères. *Alexandria*, 14, 291-313.
- MOECK H.A., 1970 - Ethanol as the primary attractant for the ambrosia beetle, *Trypodendron lineatum* (Coleoptera, Scolytidae) *Can. Entomol.*, 102, 985-995.
- MORRIS R.F., 1949 - Frass-drop measurement in studies of the European spruce sawfly. *School forestry & Conserv. Univ. Mich. . Bull. n° 12*, 3-4.
- MORRIS R.F., 1955 - The development of sampling techniques for forest insects defoliators, with particular reference to the spruce budworm. *Can. J. Zool.*, 33(4), 225-294.
- MORRIS R.F., 1960 - Sampling insect populations. *Annu. Rev. Entom.*, 5, 243-264.
- MUNAKATA K., 1975 - Insect antifeeding substances in plant leaves. *Pure appl. Chem.*, 42, 57-66.
- NAIR K.S.S., SUDHEENDRAKUMAR V.V., VARMA R.V., CHACKO K.C., 1985 - Studies on the seasonal incidence of defoliation and the effect of defoliation on volume increment of teak (in : *Forest. Abstr.*, 47, 8, 584 D).
- ODJO Th. A., 1984 - Contribution à l'étude de la biologie et de l'écologie de *Sesamia calamistis* Hampson (Lépidoptère Noctuidae) en Côte d'Ivoire Centrale. *Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Paris V*.
- ONSTAD D.W., REISSIG W.H., SHOEMAKER C.A., 1986 - Influence of apple cultivar, tree phenology, and leaf quality on the development and mortality of *Choristoneura rosaceana* (Lepidoptera, Tortricidae). *Can Entomol.*, 118, 123-132.
- OWEN D.F., CHANTER D.O., 1969 - Population biology of african butterflies. Sex-ratio and genetic variation in *Acraea encedon*. *J. Zool.*, 157, 345-374.

- OYIDI D., 1968 - Variation and variability in Orthopteran insects. V. Notes on the biological status of *Zonocerus variegatus* L. (Acrididae) in Nigeria, with particular reference to the relationship between dry and wet season populations. J. West Afr. Sc. Ass., 13, 159-164.
- PETERS T.M., BARBOSA P., 1977 - Influence of population density on size, fecundity and developmental rate of insects in culture. Annu. Rev. Entomol., 22, 441-450.
- PORTERES R., 1935 - Plantes toxiques utilisées par les peuplades Dan et Guéré de la Côte d'Ivoire. Bull. Com. Etude hist. scient. A.O.F., 18, 133-138.
- PORTIER P., 1749 - La biologie des Lépidoptères. P. Lechevalier, Paris 486-511.
- PUJOL R., 1960 - Les chenilles-marteau ou chenilles queue-de-rat. Rev. Sci. Nat., 42.
- QUESTIENNE P., FLAVAL A., 1977 - Etude des caractéristiques de la population de ponte de *Lymantria dispar* L. sur chêne-liège en forêt de Mamora. Ann. Rech. forest. Maroc, 17, 125-143.
- RACAUD S., 1980 - Les insectes : physiologie du développement. Masson, 296 pp.
- RAHN R., 1971 - Evaluation des potentialités d'accouplement des mâles et des femelles d'*Acrolepia assectella* Zeller (Lépidoptère, Plutellidae). Annu. Zool. Ecol. anim., 3(3), 337-345.
- RAUPP M.J., DENNO R.F., 1983 - Leaf age as a predictor of herbivore distribution and abundance, 99-124. in : DENNO R.F., M.S. McClure (Eds). Variable plants and herbivores in Natural and Managed Systems. Academic Press, New-York, 717 pp.
- ROOME R.E., 1979 - Pupal diapause in : *eliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae) in Botswana : its regulation by environmental factors. Bull. entomol. Res., 69, 149-160.
- SANDERMANN W., DIETRICH H.H., 1959 - Extractive of *Mansonia altissima* and their injurious effects on health. Holz Roch-U. Werkstoff, 17 (3), 88-97.
- SCHELTES P., 1978 - Ecological and physiological aspects of aestivation-diapause in the larvae of two pyralid stalk borers of maize in Kenya. PHD Thesis, Landbouwhoges-school, 110p.
- SCHROEDER L.A., 1986 - Changes in tree leaf quality and growth performance of Lepidopteran larvae. Ecology, 67 (6), 1628-1636.
- SCRIBER J.M., 1977 - Limiting effect of low leaf-water content on the nitrogen utilisation, energy budget, and larval growth of *Hyalophora cecropia* (Lep. Saturniidae). Oecologia, 28, 269-287.

- SCRIBER J.M., SLANSKY F. Jr., 1981 - The nutritional ecology of immature insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 26, 183-211.
- SEITZ A. 1943 - Révision systématique des Macrolépidoptères connus à ce jour. *Les Macrolépidoptères du Globe*. SEITZ A. T. 19, 61-92.
- SOUTHWOOD T.R.E., BROWN V.K., READER P.M., 1986 - Leaf palatability, life expectancy and herbivore damage. *Oecologia*, 70, 544-548.
- SPILLER D., 1964 - Numbers of eggs laid by *Anobium punctatum* (Degeer) *Bull. entomol. Res.*, 55, 305-311.
- STEINHAN E.A., 1958 - Crowding as a possible stress factor in insect disease. *Ecology*, 39, 503-514.
- TAYLOR J.W., FRANKLIN R.T., 1970 - Biology of *Hylobius pales* (Coleoptera, Curculionidae) on the Georgia Piedmont. *Can. Entomol.* 102, 729-735.
- TAYLOR T.A., 1972 - On the origin of the wet-season form of *Zonocerus variegatus* L. (Orthoptera, Acrididae) in Southern Nigeria, with some biological notes. *Bull. Entomol. Res.*, 61, 661-667.
- TAYLOR R.A.J., 1986 - Time series analysis of numbers of Lepidoptera caught at light traps in East Africa, and the effect of moonlight on trap efficiency. *Bull. Entomol. Res.*, 76, 593-606.
- THOMAS H.A., HERTEL G.D., 1969 - Responses of the pales weevil to natural and synthetic host attractants. *J. econ. Entomol.*, 62(2), 383-386.
- THORSTEINSON A.J., 1960 - Host selection in phytophagous insects. *Annu. Rev. Entomol.*, 5, 193-217.
- TURGEON J.J., 1986 - The phenological relationship between the larval development of the spruce budmoth, *Zeiraphera canadensis* (Lep., Olethreutidae), and white spruce in Northern New Brunswick. *Can. Entomol.*, 118, 345-350.
- VIGNERON J.P., 1978 - Substances antiappétantes d'origine naturelle. *Annu. Zool. Ecol. anim.*, 10(4), 663-694.
- VISSER J.H., 1986 - Host odor perception in phytophagous insects. *Ann. Rev. Entomol.*, 31, 121-144.
- VIVIEN J., FAURE J.J., 1985 - Arbres des forêts denses d'Afrique Centrale. *Agence de Coop. Techn. Cult.*, 546-547.
- WATERS W.E., HENSON W.R., 1959 - Some sampling attributes of the negative binomial distribution with special reference to forest insects. *Forest Sci.*, 5(4), 397-412.
- WESELOH R.M., 1974 - Relationships between different sampling procedures for the gypsy moth *Porthetria dispar* (Lep. Lymantriidae) and its natural enemies. *Can. Entomol.*, 106(3), 225-231.
- YARRO J.G., 1982 - Life fertility tables for *Spodoptera exempta* (WLK) (Lepidoptera, Noctuidae). *Insect. Sci. appl.*, 5(4), 303-305.

**AUTORISATION DE SOUTENANCE DE THESE
DU DOCTORAT DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE
LORRAINE**

VU LES RAPPORTS ETABLIS PAR :

Monsieur DU MERLE, Directeur de Recherche, INRA Avignon,
Mosneuir LECLANT, Professeur, ENSA Montpellier.

Le Président de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, autorise :

Monsieur FOAHOM

à soutenir devant l'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE, une thèse
intitulée :

"Etude bioécologique de *Godasa sidae* (fabricius, lépidoptère, noctuidae), chenille défoliatrice de
Manonia altissima A.Chevalier au Cameroun"

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE LORRAINE

Spécialité : **"SCIENCES AGRONOMIQUES"**

Fait à Vandoeuvre le, 30 Novembre 1990

Le Président de l'IN.P.L.,
M. GANTOIS

