

N° D'ORDRE : 883

CN0101292
H110-1
BAL

THESE

PRESENTEE

DEVANT L'UNIVERSITE PAUL SABATIER DE TOULOUSE (SCIENCEIS)

EN VUE DE L'OBTENTION

DU DIPLOME DE DOCTEUR-INGENIEUR

Spécialité : Ecologie

PAR

Amadou Bocar BAL

DEVELOPPEMENT ET REPRODUCTION
D'ELDANA SACCHARINA WALKER (LEP. PYRALIDAE).
ESSAIS DE MODIFICATION DU MILIEU ARTIFICIEL
D'ELEVAGE DES CHENILLES



C.N.R.A. - BILLY - S.D.I.	
Date	18 AVR 1984
Numéro	76.018
Mois Bulletin	AME
Destinataire	Doc

Soutenu le 24 Septembre 1984 devant la Commission d'Examen

MM. J. BITSCH

Président

M. BETBEDER-MATIBET

M. CANARD

G. TERRON

} Examineurs

UNIVERSITE PAUL SABATIER

PRESIDENCE

M. BANCEL Président
 M. MADAULE Vice-Président Sciences

ORDRE DES SCIENCES

HDNORARIAT

M. AGID Professeur honoraire
 M. BEDOS Professeur honoraire
 M. BLAIZOT Doyen honoraire
 M. CAPDECOMME . . . Doyen honoraire, Recteur honoraire,
 Correspondant de l'Institut,
 Professeur honoraire
 Mlle De FERRE . . . Professeur honoraire
 M. DUPOUY Membre de l'Institut, Doyen honoraire,
 Directeur honoraire du C.N.R.S.,
 Professeur honoraire
 M. DURAND Emile . . Doyen honoraire, Professeur honoraire
 M. FERT Professeur honoraire
 M. GALLAIS Professeur honoraire, Membre de l'Institut
 M. HURON Professeur honoraire
 M. LAFOURCADE . . . Professeur honoraire
 M. LESBRE Professeur honoraire
 M. MARGULIS . . . Professeur honoraire
 M. MASDUPUY . . . Professeur honoraire
 M. MATHIS Doyen honoraire
 M. MIGNONAC . . . Professeur honoraire
 M. ORLIAC Professeur honoraire
 M. PERRIER Professeur honoraire
 M. PILOD Professeur honoraire
 M. TEISSIE-SOLIER . Professeur honoraire
 M. TRICHE Professeur honoraire

EMERITAT

M. AGID M. GALLAIS
 M. CAPDECOMME M. LESBRE
 Mlle De FERRE M. ORLIAC
 M. FERT

CORPS ENSEIGNANT

PROFESSEURS DE CLASSE EXCEPTIONNELLE ET DE 1^{ère} CLASSE

M. LEDOUX Zoologie Appliquée
 M. MATHIS Chimie
 M. ANGELIER..... Zoologie
 M. FARRAN Minéralogie et Gbotechnique
 M. LAUDET Physique Théorique et Calcul Numérique
 M. LAGASSE Electrotechnique
 M. BLANC Physique Nucléaire
 M. CEREDDE Botanique
 M. LELUBRE Géologie

M. LALAGUE Mathématiques Générales
 M. BOUIGUE Astronomie
 M. ASSELINEAU . . . Chimie Biologique
 M. MAURET Chimie Systématique
 M. MONTANT Cryptogamie
 M. GAUTIER Physique
 M. CRUMEYROLLE . . Mathématiques
 M. GOURINARD . . . Géologie
 M. PULOU Minéralogie
 M. CAMBOU Physique Spatiale
 M. LACOSTE Electrotechnique
 M. THIBAUT Mécanique Rationnelle et Appliquée
 M. MASCART Mathématiques
 M. MEDIONI Psychophysiologie
 M. RAVNAUD P. . . . Physiologie Animale
 M. ZALTA Chimie Biologique
 M. SEVELY Electrotechnique
 M. POMMIEZ Mathématiques
 M. REY Paul Biologie Végétale
 M. COULOMB Physique
 M. TRINQUIER . . . Physique
 M. MARONI Chimie
 M. BEE'TSCHEN . . . Biologie Générale
 M. DERACHE Physiologie Animale
 M. SATGE Chimie Organique
 M. LATTES Chimie
 M. VEDRENNE . . . Géophysique
 M. DURAND-DELGA Géologie, Correspondant de l'Institut
 M. CARRARA Physique
 M. MAHENC Chimie
 M. MIROUSE Géologie
 M. BITSCH Zoologie
 M. DEGEILH Physique
 M. MARTIN J.C. . . . Génie Electrique
 M. REY Gérard . . . Génie Electrique
 M. SICARD Biologie Génétique
 M. SOUQUET Géologie
 M. TOUZE Physiologie Végétale
 M. FRASNAY Mathématiques (Algèbre et Combinatoire)
 M. CASSAGNAU . . . Zoologie
 M. CAUSSINUS . . . Mathématiques Appliquées (Statistiques Appliquées)
 M. PESCIA Physique
 M. PICCA Physique de l'Atmosphère
 M. BAUDIERE Botanique Fondamentale et Pyrénéenne
 M. BARRANS Chimie Physique Organique
 M. POILBLANC . . . Chimie Minérale
 M. PERENNOU . . . Informatique
 M. ATTEIA Mathématiques
 M. CASTAN Informatique
 M. COLLETTE . . . Physique
 M. REME Mesures Physiques
 M. CUPPENS Mathématiques
 M. BAUDRAS Chimie Biologique
 M. BEAUFILS . . . Informatique
 M. CALVET Mécanique des Fluides
 M. LETAC Mathématiques
 M. BOUDET Physiologie Végétale

PROFESSEURS DE 2ème CLASSE

V. MERIC Mathématiques Appliquées
 Mme LEGAL Zoologie
 M. LARFOUQUE . . . Physique
 Mme LAUDET . . . Mathématiques - Informatique
 LAPEYRE
 M. BERTRAND . . . Chimie
 M. DESO Mathématiques
 M. ROCARD Electronique
 M. GUEPIN Mathématiques
 M. SCHNEIDER . . . Biologie Cellulaire
 M. de LOTH Chimie Physique
 M. SAPOURTE . . . Physique
 M. THENOZ Génie Civil
 M. DURAND Ph. . . Physique
 M. FONTAN Physique Nucléaire
 M. PAGANI Physique
 M. BERTHELEMY . . Zoologie
 M. TERJANIAN . . . Mathématiques
 M. MORUCCI Génie Biologique et Médical
 M. SOTIKOPOULOS . Chimie Organique
 M. VERDIER Physique
 M. ETTINGER Mathématiques
 M. BONNET Louis . . Biologie
 M. JOSSE RAND . . . Mesures Physiques
 M. ROUTIE GBnie Chimique
 M. COTTU Génie Mécanique
 M. HURAU Physique
 Mme GERVAIS . . . Chimie Inorganique
 M. BANCEL Mathématiques
 M. LOUARN Génétique
 M. HERAULT Chimie
 M. GRANDET GBnie Civil
 Mlle BARBANCE . . . Mathématiques
 M. GILLY GBnie Mécanique
 M. MARP L Mesures Physiques
 M. LEGRAND Génie Civil
 M. ABATJT Electronique, Electrotechnique, Automatique
 M. MAUSS Mécanique
 M. BETOIJRNE . . . Informatique
 M. CAMPAN Psychophysologie
 M. CLERC Mécanique
 M. GRIFONE Mathématiques
 M. COUOT Mathématiques, Analyse Numérique
 M. NGUYEN THANH Mathématiques
 VAN
 M. TRAVERSE Problèmes Chimiques de l'Energie
 M. ALRAN Génie Chimique
 M. REYJ Géologie Sédimentaire et Paléontologie
 M. DART GUENAVE Chimie Minérale Moléculaire
 M. PRADINES Mathématiques
 M. GALINIER Informatique
 M. VIGNOLLE Informatique
 M. DEPARIS Embryologie
 M. CAVALIE Physiologie Végétale
 M. MASSOL Chimie des Composés Organiques
 et Organominéraux d'intérêt biologique
 M. HARTMANN Mécanique
 M. ROUSSET Chimie Appliquée (Matériaux)
 M. HOLLANDE Biologie Cellulaire
 M. DUGAS Physique des Energies Nouvelles
 M. BENOIT-CATTIN . Physique
 M. COMTAT Chimie Appliquée
 M. LANEELLE Biochimie
 M. LUGUIT Informatique Fondamentale et Appliquée
 M. BONNET JJ. Chimie Minérale
 M. PERAMI Minéralogie et Matériaux
 M. AUDOIJNET Mathématiques
 M. PERIE Chimie Organique
 M. AMBID Physiologie
 M. AURIOL Biologie
 M. COURVOISIER . . Electronique, Electrotechnique, Automatique
 M. FORTUNE Géologie
 Mlle RIVIERE Chimie
 M. TIRABY Biologie
 M. BARONNET Thermodynamique Energétique
 M. COMBES GBnie Electrique
 M. DUBAC Mesures Physiques
 M. GUMOWSKI Mécanique
 M. RAUGI Mathématiques
 M. HIRIART Mathématiques
 URRUTY
 M. BALLADORE Electronique et Electrotechnique
 M. HARAN Chimie Min&

M. RENUCCI . Physique du Solide et Cristallographie
 Mme VAUCLAIR . . Astronomie, Physique Spatiale, Géophysique
 M. COLOMBEL . . . Zoologie et Ecologie
 M. DURRIEU Biologie
 M. SAINT-MARC . . Mesures Physiques
 M. CORDIER Génie Mécanique
 M. JOFFROY Génie Electrique

CHERCHEURS DU C.N.R.S.

DIRECTEURS DE RECHERCHE

M. BUI AI
 M. ESTEVE Daniel
 M. GALY Jean
 M. GIRALT Georges
 M. LABARRE Jean-François
 M. LAURENT Jean-Pierre
 M. LEGRIS
 M. MARTINOT Henri
 M. MAZEROLLES
 M. PRADAL
 M. WOLF Robert

MAITRES DE RECHERCHE

M. AGUILAR-MARTIN José
 Mme ASSELINEAU Cécile
 M. AYROLES René
 M. AZEMA Pierre
 Mme BENAZETH Nicole
 M. BUXO Jean
 Mme DARTIGUENAVE M.
 Mme DUPRAT Anne-Marie
 M. FORT Bernard
 M. HAWKES Peter
 M. HOUALLA Doureid
 M. JEREBZOFF
 M. MALRIEU J.P.
 Mme MARONI Yvette
 Mme MATHIS
 M. MAYOUX Christian
 M. MUNOZ Aurélio
 M. NAVECH
 M. PRAJOUX Roland
 M. SEVELY Jean
 M. VACQUI E Serge
 M. VAUCLAIR Gérard
 M. VIDALLON Claude

CORPS DES OBSERVATOIRES ASTRONOMIQUES
ET INSTITUTS DE PHYSIQUE DU GLOBE

Mme ANDRILLAT Y. Astronome titulaire
 M. AZZOPARDI M. . . Astronome adjoint
 M. COUPINOT G. . . . Astronome adjoint
 M. LEROY J.L. Astronome adjoint
 M. MIANES Astronome adjoint
 M. MULLER R. Astronome adjoint
 M. PEDOUSSAULT A. . Astronome adjoint
 M. QUERCI F. Astronome adjoint
 M. ROBLEY R. Physicien titulaire
 M. ROZELOT J.P. . . . Physicien adjoint
 M. SAISSAC J. Physicien titulaire
 M. ZAHN J.P. Astronome titulaire

ADMINISTRATION

M. PRINEAU Secrétaire Général de l'Université

BA:L (Amadou Bocar) - Développement et reproduction d'*Eldana saccharina* Walker (Lep. Pyralidae). Essais de modification du milieu artificiel d'élevage des chenilles. (96 p.)

Th. docteur-ingénieur : Ecologie
TOULOUSE III : 1984.

RESUME

Une étude en laboratoire du développement larvaire d'*Eldana saccharina* Walker, élevé sur milieu artificiel est faite à partir de mensurations sur divers organes et de l'élevage individuel des chenilles. Elle a permis, moyennant le recours à certaines méthodes d'analyse, de déterminer le nombre de stades larvaires du ravageur. Il ressort de cette étude que le nombre de stades larvaires d'*E. saccharina*, même s'il est sujet à certaines variations dues essentiellement à l'alimentation, est de 6 chez les femelles et de 5 ou 6 chez les mâles, dans les pourcentages respectifs de 63 et 37 %.

Lors d'essais de modification du milieu artificiel témoin, d'autres paramètres biologiques ont été utilisés pour l'appréciation des milieux nutritifs. Ces essais ont pour but d'obtenir la diminution du prix de revient du milieu artificiel d'élevage des chenilles, dans une perspective d'utilisation de celui-ci en région tropicale. Ils ont permis, d'une part d'apprécier l'importance du germe de blé et de la levure de bière dans lesdits milieux, et d'autre part d'aboutir à une réduction d'environ 30 % du prix de revient du milieu témoin à la suite de la substitution de l'agar-agar par d'autres extraits d'algues.

MOTS - CLES

- *Eldana saccharina* Walker
 - Développement
 - Reproduction
 - Milieu artificiel
 - Germe de blé
 - Levure de bière
 - Mil
 - Sorgho
 - Extraits d'algues
-

Date de soutenance : 24 Septembre 1984

JURY :

Président : J. BITSCH (Laboratoire de Biologie des Insectes:
Membres : M. BETBEDER-MATIBET
M. CANARD
G. TERRON

A V A N T - P R O P O S

Le travail présenté dans cette thèse a été réalisé au Laboratoire de Biologie des Insectes de l'université Paul SABATIER, sous la direction de MM.BITSCH et CANARD. Je les remercie très vivement pour tous les conseils qu'ils m'ont donnés et toute la sympathie qu'ils m'ont témoignée pendant mon séjour.

Que M. BETBEDER-MATIBET trouve ici l'expression de ma gratitude, d'abord pour m'avoir intéressé à *E. saccharina* et pour avoir accepté, par la suite, de juger ce travail.

Je suis très reconnaissant à M. le Professeur TERRON, pour l'honneur qu'il me fait en acceptant de participer au jury de cette thèse.

Je remercie également tout le personnel du Laboratoire de Biologie des Insectes de l'U.P.S. de Toulouse et du Laboratoire d'Entomologie de l'I.R.A.T. de Montpellier pour leur aide technique.

Je voudrais enfin remercier tous ceux qui m'ont soutenu moralement pendant mes études et Mlle Nicole FAGES qui, malgré ses occupations, a assuré la frappe de cette thèse dans des délais très brefs.

S O M M A I R E

INTRODUCTION.....	8
CHAPITRE PREMIER : GENERALITES	
1. POSITION SYSTEMATIQUE, REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET PLANTES-HOTES.....	12
2. BIOLOGIE, SYMPTOMES D'ATTAQUE ET DEGATS.....	16
3. METHODES VE LUTTE.....	21
4. ELEVAGE EN LABORATOIRE.....	23
CHAPITRE II : OBSERVATIONS SUR LA BIOLOGIE D'ELDANA SACCHARINA WALKER, ELEVE SUR LE MILIEU TEMOIN	
7. POSITION VU PROBLEME VU NOMBRE DE STADES LARVAIRES.	25
2. MATERIEL ET METHODES.....	28
2.1. EXPERIMENTATIONS.,.....	28
2.2. EXPRESSION DES RESULTATS.,.....	29
3. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	30
CONCLUSIONS.....	43
CHAPITRE III : MILIEUX D'ELEVAGE DES INSECTES EU ESSAIS VE MODIFICATION VU MILIEU ARTIFICIEL TEMOIN	
LES MILIEUX ARTIFICIELS POUR L'ELEVAGE DES INSECTES	
1. DEFINITION EU HISTORIQUE.....	46
2. PROPRIETES PHYSIQUES.....	47
3. SUBSTANCES NUTRITIVES ET/OU LIEES A LA PRISE VE NOURRITURE.....	48
4. LES EQUILIBRES NUTRITIFS.....	51

5. LES AGENTS ANTIMICROBIENS	52
6. PREPARATION DES MILIEUX	53
ESSAIS VE MODIFICATION VU MILIEU TEMOIN	
INTRODUCTION	55
7. METHODOLOGIES	55
1.1. UTILISATION DES CEREALES TROPICALES EN L'ABSENCE DE GERME DE BLE	55
1.2. SUBSTITUTION DE LA LEVURE DE BIERE	56
1.3. SUBSTITUTION DE L'AGAR-AGAR	56
1.4. CONDUITE DES ELEVAGES ET EXPRESSIONS DES RESULTATS	57
2. RESULTATS ET DISCUSSIONS	61
2.1. ELEVAGE SANS GERME DE BLE	61
2.2. SUBSTITUTION DE LA LEVURE DE BIERE	76
2.3. SUBSTITUTION DE L'AGAR-AGAR	79
CONCLUSIONS	82
CONCLUSION GENERALE....."	83
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	85
ANNEXES	

I N T R O D U C T I O N

Depuis près de 20 ans, la production agricole en général et céréalière en particulier n'a pas crû de **façon** suffisante pour permettre aux populations africaines, dont 75 % sont des ruraux, de subvenir à leurs besoins alimentaires, essentiellement couverts par les céréales. Ainsi, à une croissance annuelle de la population sénégalaise de 2,9 % correspondait une croissance de la production agricole de 2,2 % (Document non publié). La production nationale, qui approvisionnait 74 % de la consommation intérieure de 1961 à 1965, ne le faisait plus qu'à 67 % de 1976 à 1977. Cette couverture ne devait **guère** être meilleure en 1980, au vu des productions céréalières rapportées par CROUZET' (1983). Il en résulte, par conséquent, une aggravation permanente du déficit vivrier. Cette situation n'est d'ailleurs pas spécifique au Sénégal. Elle correspond à celle existant dans de nombreux pays africains, portant ainsi en 1980 à 60 et 75 % respectivement, le pourcentage de sous-alimentés et le degré d'auto-suffisance alimentaire en Afrique (BESSIS, 1980).

Conscient de cette situation et par crainte de famine, le gouvernement sénégalais a inscrit dans ses priorités le développement rural, dont le principal objectif est de contribuer à la résorption du déficit vivrier. L'un des **moyens** préconisés est l'accroissement de la production céréalière. Un tel accroissement nécessite certes, l'augmentation des surfaces cultivées et **l'utilisation** de variétés plus productives, mais aussi et surtout le contrôle de tout facteur susceptible d'entraîner une perte de récoltes. Bien que la **sècheresse** ait une très grande influence dans la réduction des productions agricoles, elle ne suffit pas à expliquer les faibles volumes de récoltes utilisables.

Parmi les autres maux dont souffre l'agriculture tropicale, figurent les déprédateurs sur lesquels l'attention ne semble pas encore être suffisamment attirée, et au sein **des-** **que ls** les insectes occupent une place de choix.. Les céréales tropicales sont victimes d'attaques d'insectes, depuis le semis jusque pendant le stockage. Ce n'est pas pour autant que **les résultats** chiffrés **des** pertes qu'ils occasionnent abondent. On peut citer, à titre indicatif, les pertes moyennes de rendement du riz au Sénégal, provoquées par **les insectes, qui** sont de **l'ordre** de 25 % (DIOP, 1973 ; VERCAMBRE, 1978). Suite à des traitements insecticides, réalisés pour le compte de **l'International Rice Research Institute** (IRRI) dans plusieurs pays, des augmentations de rendement en riz paddy de l'ordre de 80 % ont été enregistrées (PATHAK, 1968).

Pour indiquer leur importance dans le complexe entomologique parasitaire, BRENIERE (1971) disait **des** insectes foreurs des graminées tropicales qu'ils sont les ennemis les plus constants, les plus largement répandus et les plus insidieux de ces cultures. Il apparaît ainsi que :La réduction du déficit vivrier dans les régions **tropicales** ne peut se faire en l'absence d'une défense des **céréales** contre les ravageurs en **général** et les foreurs des tiges en particulier.

Ce sont leur importance économique et leur large distribution géographique qui ont valu aux foreurs des tiges de nombreux travaux en Afrique,, en Asie, en Amérique et dans les Iles de l'Océan Indien (MOUTIA & COURTOIS, 1952 ; INGRAM, 1958 ; HARRIS, 1962 ; MOHYUDDIN & GREATHEAD, 1970 ; BRENIERE, 1971, 1976 ; HENSLEY, 1971 ; LONG & HENSLEY, 1972 ; BORDAT *et al.*, 1977 ; ALAM, 1980 ; SCHEIBELREITER, 1980 ; etc.).

Eldana saccharina Walker est un des foreurs des tiges dont la polyphagie fait l'importance, Ses plantes hôtes

s'étendent au-delà des graminées. En tant qu'ennemi n° 1 de la canne à sucre et à cause de son développement récent, menaçant les jeunes plantations d'Afrique, il a fait l'objet de nombreuses publications (CARNEIGE, 1974, 1981 ; WAIYAKI, 1974 a et b ; BETBEDER-MATIBET, 1977 ; GIRLING, 1978 ; ATKINSON, 1980 a et b, 3.981, 1982 a et b ; COCHEREAU, 1980, 1982 ; ATKINSON *et al.*, 1981 ; BETBEDER-MATIBET, 1981, 1983 ; GASOGO, 1982 ; KAUFMANN,, 1983 ; etc.).

Bien qu'*E. saccharina* soit limité au Vieux Monde, la canne à sucre est cultivée dans la quasi totalité des régions tropicales du monde. Les travaux sur le ravageur ont été largement inspirés de ceux réalisés sur les foreurs de la canne à sucre en général,, et sur *Distraea saccharalis* (F.) en particulier. On peut citer entre autres,. à ce propos , les travaux de MATHES *et al.* (1954) sur la corrélation entre le nombre d'entre-noeuds forés et la perte de rendement en poids de la canne à sucre. Néanmoins, l'ensemble des travaux réalisés sur les foreurs des tiges n'a pas encore permis d'accumuler les connaissances minimales nécessaires à une réelle protection contre ces ravageurs des **céréales** tropicales. En effet, tant en Afrique qu'en Asie, la **production** céréalière est entre les mains de paysans, peu pourvus en moyens aussi bien techniques que financiers. Si l'on ajoute à ceci le faible rendement des céréales en culture traditionnelle, la lutte chimique est alors exclue d'office.. Le recours à des méthodes de lutte agronomique et biologique nécessite des connaissances solides sur l'ensemble des composants de **l'écosystème** (ravageurs, **plantes-hôtes**, auxiliaires, milieu) et leurs interactions. Ces méthodes supposent également la possibilité de disposer d'un nombre important d'insectes au moment voulu, notamment dans la perspective de mise en place de systèmes d'avertissement et de production d'entomophages ou de pathogènes.

C'est en contribution à ces connaissances du rava-

geur et des milieux d'élevage des Lépidoptères que le travail suivant a été entrepris.

Après avoir exposé certains points de **généralités** sur *E. saccharina*, nous nous sommes intéressés (chapitre II) aux modalités de son développement larvaire. C'est, en effet, la larve d'*E. saccharina* qui est **nuisible**, comme c'est le cas chez tous les foreurs des tiges de graminées. Bien que la connaissance de ce stade soit capitale, elle doit nécessairement s'accompagner de celle des autres stades de développement. C'est ainsi que dans le **chapitre III**, des indications sont données sur d'autres paramètres biologiques. L'intérêt a porté principalement sur le milieu d'élevage, dans le but d'amener à une réduction du prix de revient de l'insecte, élevé sur milieu artificiel. Dans un souci de coller aux réalités techniques et **financières** de l'Afrique actuelle, il est largement tenu compte des conditions précaires d'obtention de tels milieux.

CHAPITRE PREMIER

GENERALITES

GENERALITES SUR ELDANA SACCHARINA WALKER

1. POSITION SYSTEMATIQUE, REPARTITION GEOGRAPHIQUE ET PLANTES-HOTES

1.1. POSITION SYSTEMATIQUE

E. saccharina est un Lépidoptère de la famille des Pyralidae et de la sous-famille des Galleriinae. Le genre fut créé en 1865 par WALKER qui a décrit l'espèce en cette année, à partir d'échantillons récoltés en **Sierra-Léone**. L'adulte est un papillon de 1,5 cm à 2 cm d'envergure (photo 1). Le mâle est plus petit que la **femelle** et ses ailes antérieures sont traversées longitudinalement par 2 bandes **d'écailles**, l'une foncée, l'autre claire. La couleur de ces bandes, dont l'une ou l'autre est plus marquée suivant le **specimen**, s'atténue progressivement vers la région postérieure de l'aile.

1.2. REPARTITION GEOGRAPHIQUE

E. saccharina est un insecte du continent africain, où il se trouve dans la zone au sud du Sahara, entre les latitudes 15° N et 30° S, depuis le Sénégal jusqu'à la corne est (GIRLING, 1978). Selon BRENIERE (1976), *E. saccharina* se trouve jusqu'en Arabie Saoudite ; GIRLING (1978) le signale à Madagascar et dans une Ile de l'Océan indien, du groupe des Seychelles (Cf carte). D'après APPERT (1971) et GIRLING (1978), l'insecte serait originaire de l'ouest. De là, il s'est **propagé vers** l'Afrique de l'est et du sud. Ce déplacement du ravageur a probablement eu lieu depuis longtemps, bien que ce ne soit qu'à partir de 1950 que l'insecte est signalé par ses **dégâts** (TAPLEY, 1954 ; INGRAM, 1958 ; NYE, 1960 ; WALKER, 1966 ; MILNER, 1967). En effet, des adultes récoltés en Tanzanie entre 1900 et 1.918, au Kenya et en Ouganda en 1931, sont présents au British Museum (GIRLING, 1978).

1.3. PLANTES-HOTES

Bien que l'insecte soit très polyphage, le genre *Cyperus* semble être son hôte originel. Selon ATKINSON (1980 - a), ce n'est que progressivement que l'insecte est passé sur les graminées cultivées, ceci étant en corrélation avec le développement de l'utilisation des engrais qui amélioreraient l'appétence de celles-là et des herbicides. L'action favorable des produits chimiques sur le développement des insectes ravageurs s'expliquerait en partie par la conclusion de CHABOUSSOU (1980), tirée entre autres des travaux de BECK (1965) et de SCOTT & GUTHRIE (1966) sur *Pyrausta nubilalis* Hiibner. De ces travaux, il ressort que la résistance du maïs est liée à une carence de la plante en éléments nutritionnels nécessaires aux déprédateurs. La participation des produits chimiques au métabolisme des plantes modifie les critères du niveau de protéosynthèse corrélatifs du processus de résistance (CHABOUSSOU, 1980). Les travaux menés dans le but d'expliquer l'action des herbicides l'ont généralement été sur l'Acide 2-4 Dichlorophénoxyacétique (2,4-D). Il en ressort 2 conclusions importantes :

- Le 2,4-D provoque une augmentation des protéines et des acides aminés dans les tiges et un effet inverse dans les feuilles et les racines (WORT, 1964).

- La fertilité des femelles d'*Ostrinia* (*Pyrausta*) *nubilalis* Hübner et le poids des nymphes augmentent avec les doses de 2,4-D appliquées sur maïs (OKA & PIMENTEL, 1976).

Suite au passage ainsi favorisé d'*E. saccharina* sur les plantes cultivées, il y a eu adaptation de certaines populations à ces cultures et apparition de "formes" qui leur sont inféodées (GIRLING, 1978).

Actuellement, de nombreuses plantes, cultivées ou sauvages appartenant à des familles très variées, sont fréquentées par un ou plusieurs stades d'*E. saccharina*. Dans le tableau 1 sont portées ces plantes, suivies des pays où les auteurs indiqués ont signalé l'insecte.



CARTE 1 : Répartition géographique d'*E. saccharina* Wlk.
et son extension (d'après GIRLING, 1978)

TABLEAU 1 : Plantes-hôtes d'*E. saccharina* Wlk.

Familles et espèces	Pays ou ensemble de pays et auteurs
GRAMINEAE	
<i>Saccharum</i> spp (canne à sucre)	Afrique du Sud (DICK, 1945 ; CARNEIGE, 1974 ; ATKINSON, 1980-a), Côte d'Ivoire (COCHEREAU, 1982), Nigéria (HARRIS, 1962 ; JERATH, 1968), Ouganda (INGRAM, 1958), Tanzanie (TAPLEY, 1954 ; WALKER, 1966)
<i>Sorghum vulgare</i> pers. (sorgho)	Afrique du sud (CARNEIGE, 1974), Nigéria (HARRIS, 1962), Ouganda (INGRAM, 1958), Sénégal (APPERT, 1957), Tanzanie (MILNER, 1967)
<i>Zea mays</i> L. (maïs)	Côte d'Ivoire (COCHEREAU, 1982), Nigéria (HARRIS, 1962), Ouganda (INGRAM, 1958), Sénégal (APPERT, 1957)
<i>Oryza sativa</i> L. (riz)	BRENIERE (1976), Afrique du Sud (CARNEIGE, 1974), Nigeria (HARRIS, 1962) Sénégal (APPERT, 1957)
<i>Pennisetum typhoides</i> Rich. (mil)	Afrique de l'Ouest (WAIYAKI, 1974-b) Afrique du sud (CARNEIGE, 1974), Sénégal (APPERT, 1957 ; N'DOYE, 1979)
<i>Rottboellia exalta</i> L.	Nigéria (HARRIS, 1962)
<i>Eulesine cohaicana</i> Caernt. (millet)	Nigéria (HARRIS, 1962)
CYPERACEAE	
<i>Cyperus distans</i> L. F.	Ouganda (INGRAM, 1958)
<i>C. papyrus</i> L. (laiche, carex)	Ouganda (INGRAM, 1958)
<i>C. immensus</i> C.B.cl.	Afrique du Sud (ATKINSON, 1980 - a)
Autres <i>Cyperus</i> Spp.	Afrique du Sud (ATKINSON, 1980 - a ; CARNEIGE, 1974)
AMARANTHACEAE	
<i>Amaranthus dubius</i> Mart.	Tanzanie (WAIYAKI, 1968), Afrique du sud (CARNEIGE, 1974)
<i>A. spinosus</i> L.	Tanzanie (WAIYAKI, 1968), Afrique du sud (CARNEIGE, 1974)
EUPHORBIACEAE	
<i>Manihot utilissima</i> Pohl. (manioc)	Zaire (LEFEVRE, 1944)

2. BIOLOGIE, SYMPTOME D'ATTAQUE ET DEGATS

2.1. BIOLOGIE

Les adultes d'*E. saccharina* sont nocturnes et les émergences ont lieu **tôt** dans la soirée (GIRLING, 1978 ; GASOGO, 1982 ; BETBEDER-MATIBET, 1983). La sortie des adultes est, semble-t-il, induite par la chute de la température consécutive au coucher du soleil (GIRLING, 1978) ; mais, compte-tenu des émergences en laboratoire dans les élevages à température constante, la chute de celle-ci ne peut être considérée que comme une condition **synchronisante**, mais non indispensable. Selon cet auteur, l'espèce est protandre. Quelques heures après l'émergence, mâles et femelles sont aptes à s'accoupler. La rencontre des deux sexes et l'accouplement ont été décrits avec précision par ATKINSON (1981) et ZAGATTI (1981). Deux phéromones émises par le **mâle** seraient à la base de l'enchaînement des séquences du comportement sexuel des adultes (ZAGATTI, 1981) :

- **l'une, émise** par les poches alaires antérieures aurait été, à l'origine, un attractif à distance. Elle aurait cependant perdu sa fonction première de **déclencheur** du vol anémotactique de recherche des femelles ; elle déclenche tout de même le comportement locomoteur de recherche des mâles appelants à courte distance (tiges de canne ou de maïs, olfactomètre).

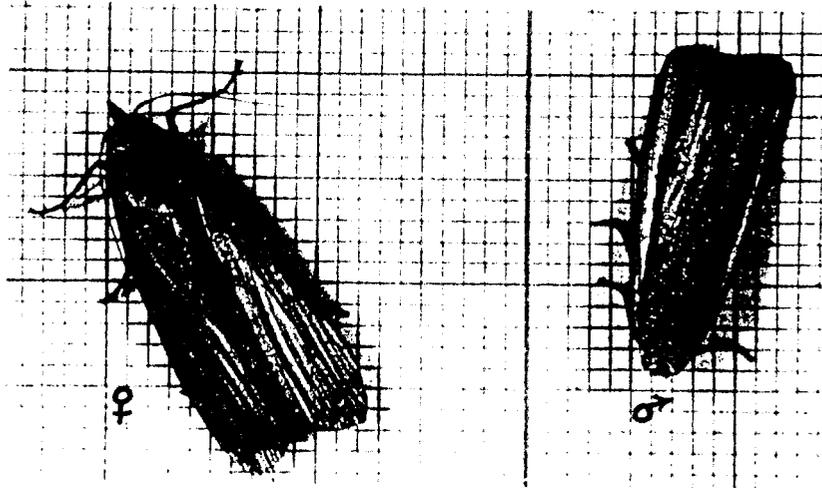
- **l'autre, émise** par les pinceaux androconiaux agirait par contact après la rencontre des deux sexes, à la manière des aphrodisiaques. Elle serait à l'origine de l'identification du partenaire sexuel, suivie d'un arrêt du comportement de recherche, d'une vibration des ailes et de la sortie de l'ovipositeur permettant l'intromission. Les poches alaires et la région porteuse des pinceaux androconiaux ont été décrites par ATKINSON (1982 - a), ainsi que l'extrémité du

septième segment abdominal de la femelle qui, selon l'auteur, pourrait être aussi le siège de la sécrétion d'une phéromone. Cette phéromone complémentaire, si elle existait, devrait être incitatrice du mâle.

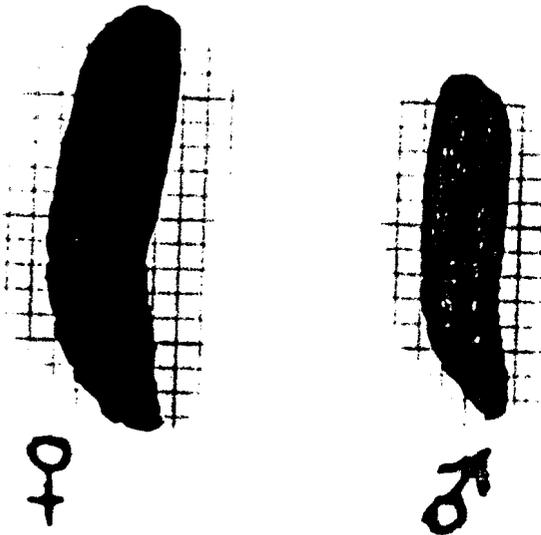
L'accouplement peut durer plusieurs heures et une seule insémination est suffisante pour **féconder** tous les oeufs (**GIRLING**, 1978). Les femelles inséminées commencent à pondre la nuit même de l'accouplement. Des ooplaques, d'effectif très variable, sont déposées à la partie basse de la végétation et entre les feuilles et les gaines tombées au **sol** (**GASOGO**, 1982 ; **BETBEDER-MATIBET**, 1983 ; **KAUFMANN**, 1983). La durée de la période de ponte est de 10 à 15 jours ; la femelle pond environ 500 oeufs (photo 2), dont la moitié au cours des 2 premières nuits de ponte (**BETBEDER-MATIBET**, 1977).

Selon cet auteur, le stade baladeur est très bref. La chenille néonate recherche très **tôt** un abri. Elle s'alimente à partir des tissus tendres (**oeilletteons**, **primordia** racinaires, anneaux de croissance). La chenille pénètre plus ou moins rapidement dans la **tige** où elle poursuit son développement. La durée de celui-ci est sujette à une **très** grande variation, ainsi que le nombre de stades larvaires (cf. chapitre II). L'un et l'autre sont fonction des **conditions** climatiques et de la partie du végétal servant à l'alimentation ; une grande variabilité interspécifique existe cependant (**BETBEDER-MATIBET**, 1983). Aucune **diapause** n'a été observée, ni dans les régions avec saison sèche, ni dans celles sans saison sèche (**AIKINS**, 1957 et **GIRLING**, 1978). Cependant, **DICK** (1945) suggère que l'insecte, inactif en dessous de 11 °C, hiberne en Afrique du Sud et **KAXJFMANN** (1983) fait état d'une **dormance** induite par le jeûne en saison sèche au Nigéria.

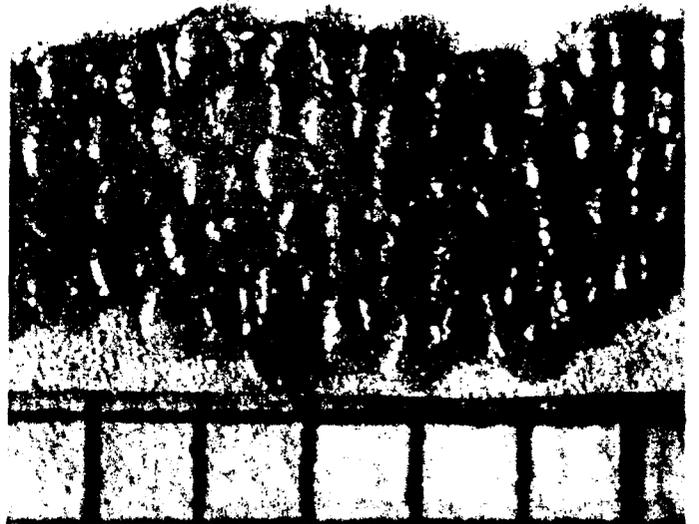
Au terme de son développement, la larve de **der-**



1. Adultes



5. Nymphes



2. Oeufs



4. Prénymphé



3. Chenille

nier stade perce un trou de sortie à l'usage du futur adulte, trou qu'elle obture plus ou moins avec des **débris** de la plante-hôte. Elle tisse alors un cocon épais et **résistant**, dans lequel elle se nymphose (photos 3, 4 et 5). Cette nymphose a lieu le plus souvent à l'intérieur de la tige (**BETBEDER-MATIBET**, 1981) , mais aussi dans la gaine (**GASOGO**, 1982). Le premier auteur signale enfin qu'en Afrique de l'Ouest, au cours d'un cycle de culture de la canne (12 mois), 6 générations du foreur peuvent se développer, avec des chevauchements plus ou moins importants. Dans la même région, **SCHEIBELREITER (1980)** rapporte 3 à 5 générations annuelles sur canne à sucre, tandis que **KAUFMANN (1983)** fait état de 7 à 8 générations sur mafs.

2.2. SYMPTOMES D'ATTAQUE ET DEGATS

Bien qu'il soit difficile d'évaluer les dégâts imputables à un ravageur précis, il importe de **connaître** les symptômes d'attaque et la nature des dégâts qu'il peut occasionner. Contrairement à la plupart des foreurs des tiges des graminées tropicales, dont les larves baladeuses se nourrissent de la partie chlorophyllienne des feuilles, provoquant un dessèchement des feuilles latérales, la présence d'*E. saccharina* ne peut être soupçonnée qu'une fois que la larve est à l'intérieur de la tige. Sa présence et son alimentation entravent la circulation de la sève et provoquent une malnutrition de la partie au-dessus de la galerie, ce qui se traduit par un dessèchement de la feuille centrale ("coeur mort") et/ou l'**avortement** des épis ("tête blanche"). Les dégâts ainsi occasionnés par le ravageur se manifestent de 3 manières :

- une baisse de rendement quantitatif due à des avortements d'épis et qualitatifs à cause d'une réduction du brix du jus *, dans le cas particulier de la canne à sucre (**WAIYAKI**, 1974 - b ; **BETBEDER-MATIBET**, 1983).

* Le brix du jus est la concentration d'une solution de saccharose pur dans l'eau, ayant la même densité que Le jus à la même température.

- un affaiblissement de la tige qui casse au moindre coup de vent, car fragilisée par la galerie interne.

- une plus grande vulnérabilité de la plante aux maladies et aux ennemis ; en effet, les trous forés par les chenilles sont des portes d'entrée pour les agents de maladies cryptogamiques (moisissures, pourriture, etc. :) et la plante minée est affaiblie.

3 - METHODES VE LUTTE

Du fait de leur vie endophyte, les foreurs des tiges sont des ravageurs, dont le contrôle des populations cause d'énormes problèmes aux agriculteurs et aux agents de la protection des végétaux. La question est d'autant plus grave que le stade baladeur d'*E. saccharina* est bref et que, pendant ce temps, la larve est dans la partie basse de la végétation, toujours dense, des céréales hôtes. Dans le but de contrôler les populations du ravageur, des essais d'intervention et des observations ont été conduits par plusieurs auteurs (WAIYAKI, 1971 ; CARNEIGE, 1981 et 1982 ; COCHEREAU, 1982 ; BETBEDER-MATIBET, 1983). De la confrontation des divers résultats et des conclusions apportées par les auteurs, il ressort que la solution du problème ne réside pas, en l'état actuel de nos connaissances, dans une stratégie curative.

3.1. LUTTE CHIMIQUE

En plus de ses conséquences écologiques, la lutte chimique rencontre d'autres problèmes en milieu tropical, à savoir l'analphabétisme des agriculteurs et les rendements souvent trop faibles pour justifier des investissements élevés. Le monocrotophos, le carbofuran et l'endrine appliqués soit sur cannes (jeunes et développées), soit sur souches, sont expérimentalement efficaces contre *E. saccharina* (WAIYAKI, 1971 ; CARNEIGE, 1981 et 1982). L'utilisation d'aucun de ces produits ne peut cependant être rentabilisée, étant donné le coût actuel de ces interventions.

3.2. LUTTE BIOLOGIQUE ET MICROBIOLOGIQUE

Contrairement à la lutte microbiologique (inconnue jusqu'à présent sur *E. saccharina*), les recherches en matière de lutte biologique abondent. Un certain nombre d'espèces d'antagonistes ont été signalées sur les différents stades du ravageur (JERATH, 1967 ; VIGGIANI, 1979 ; SCHEIBEL-REITER, 1980 ; LESLIE & BOREHAN, 1981 ; COCHEREAU, 1982 ;

BETBEDER-MATIBET, 1981 et 1983). Suite aux tests réalisés en laboratoire et au champ, **BETBEDER-MATIBET (1983)** conclut au manque d'efficacité de ces espèces dans les conditions actuelles des cultures, et à l'impossibilité d'une protection par lâchers d'entomophages. L'auteur préconise cependant la protection de la faune existante, parmi laquelle des espèces de *Formicidae*, dont le rôle dans la destruction des oeufs et des jeunes larves d'*Eldana* est très important.

3.3. LUTTE AGRONOMIQUE

Ce sont les méthodes liées aux techniques culturales et au choix de variétés résistantes ou peu sensibles qui semblent donner plus de résultats dans la lutte actuelle contre *E. saccharina* (**BETBEDER-MATIBET, 1983**). L'utilisation de boutures non infectées, les précautions prises lors de la désinfection du sol (afin de réduire les destructions de la faune utile), l'irrigation par aspersion, la préparation et l'exécution de la coupe et éventuellement les traitements herbicides dans une certaine mesure sont, semble-t-il, autant de façons de minimiser les populations d'*Eldana* dans les plantations de canne à sucre.

Des observations de **BETBEDER-MATIBET (1983)**, il ressort également que des caractéristiques anatomiques et morphologiques des entre-noeuds ont une influence sur le taux de pénétration des jeunes chenilles dans la tige. **Une** telle remarque ouvre la voie à la recherche de variétés résistantes ou tolérantes.

4. ELEVAGE EN LABORATOIRE

E. saccharina est élevé sur milieu artificiel au laboratoire d'entomologie de l'Institut de Recherches d'agronomie Tropicale (I.R.A.T.) à Montpellier, depuis plus de 7 ans. Les techniques d'élevage ont été décrites par BETBEDER-MATIBET en 1977.

4.1. MILIEU ARTIFICIEL

C'est celui de POITOUT & BUES (1970), utilisé par GUENELON & SORIA en 1973 pour l'élevage de *Chilo suppressalis* Walker. Certaines modifications ont été faites au fur et à mesure que se développaient les élevages des différentes espèces de foreurs (BORDAT, 1978). Ainsi, la dose d'acide ascorbique a été doublée à la suite d'une forte attaque bactérienne ; l'auréomycine a été remplacé par un mélange de pénicilline et de streptomycine. L'acide sorbique a été préféré à l'acide benzoïque, à cause des mortalités élevées de *Chilo partellus* Swinhoe. L'ensemble de ces modifications et le doublement de la dose d'acide ascorbique essentiellement ont fait baisser le pH du milieu de 2 unités, sans que les différentes espèces élevées en souffrent (BORDAT, 1983). La composition du milieu utilisé, qui reste qualitativement proche du standard de POITOUT & BUES, est actuellement la suivante :

- Eau	000 cc
- Agar-agar	14 g
- Farine de maïs	112 y
- Germe de blé	28 g
- Levure de bière	30 g
- Acide ascorbique	10 g
- Acide sorbique	1,2 g
- Nipagine	1 g
- Péni-strepto (1 000 000 UI)	0,25 4

Ce milieu témoin est appelé dans la suite du texte Mb. Après la préparation et le refroidissement, il est stocké dans une pièce à 7 °C, avant son utilisation.

Les boîtes contenant le milieu sont retournées pendant le stockage pour éviter que l'eau de condensation ne retombe sur celui-ci. D'autres milieux utilisés au chapitre III sont stockés dans les mêmes conditions avant leur utilisation.

4.2. CONDITIONS D'ELEVAGE

Les conditions d'élevage et les techniques que nous utilisons ne diffèrent guère de celles des chercheurs de l'I.R.A.T. pour l'élevage de plusieurs Lépidoptères foreurs (BORDAT *et al.*, 1977). Notons cependant que dans les expériences décrites ici, le cycle de l'insecte a entièrement lieu dans la même enceinte, depuis l'incubation des oeufs jusqu'à l'émergence des imagos et la ponte. Les conditions climatiques de cette enceinte sont les suivantes :

- Température : 25 °C ± 1 °C
- Humidité : 75 % ± 5 %
- Photopériode : 12 : 12
- Intensité de l'éclairage : 300 - 600 lux au niveau des boîtes d'élevage.

C H A P I T R E I I

O B S E R V A T I O N S S U R L A B I O L O G I E
D ' E L D A N A S A C C H A R I N A W A L K E R
E L E V E S U R L E M I L I E U T E M O I N

OBSERVATIONS SUR LA BIOLOGIE D'ELDANA SACCHARINA WALKER
ELEVE SUR LE MILIEU TEMOIN

7. POSITION 'VU PROBLEME VU NOMBRE VE STADES LARVAIRES

Le nombre de stades larvaires d'un insecte, déterminé génétiquement, est en général constant. Cependant, chez certaines espèces, il peut être sujet à des variations suivant les conditions de l'environnement. C'est **semble-t-il** le cas chez *Eldana saccharina*. En effet, selon **CARNEIGE** (1974) et **GIRLING** (1978), les chenilles muent 5, 6 ou 7 fois et le nombre de stades larvaires varie selon le sexe. **WALKER** (1966) fait état de 5 stades, alors que **WAIYAKI** (1974 - a) et **KAUFMANN** (1983) en rapportent 6. **BETBEDER-MATIBET** (1977) signale 5 ou 6 stades larvaires. Mais une telle variation, selon ce dernier auteur, n'a d'origine ni sexuelle, ni génétique. Enfin, **ATKINSON** (1980 - a) **rapporte** que, dans de bonnes conditions alimentaires, les mâles ont 5 stades larvaires et les femelles en ont 6. **Il** précise en outre que certains individus auraient 6, 7 ou même 8 stades.

La variation de facteurs extrinsèques à l'espèce, par les altérations qu'elle peut provoquer dans la détermination du nombre de stades larvaires, peut être à l'origine, selon les espèces, d'une nymphose anticipée ou de mues surnuméraires. Les conditions dans lesquelles les auteurs précédemment cités ont conduit leurs travaux, incitent à suspecter une action de facteurs trophiques. L'alimentation joue en effet un **rôle** essentiel dans le développement des insectes. Cependant, le facteur thermique, s'il est défavorable, tend à masquer l'action du facteur alimentaire chez *Helicoverpa (Heliothis) armigera* Hübner (**POITOUT & CAYROL**, 1969).

Selon BECK (1950), une **déficience** alimentaire ne favorise pas la croissance, et la chenille de *Pyrausta nubilalis* Hbn., mal nourrie, continue à muer ; le nombre de stades larvaires augmente par conséquent, bien que la capsule céphalique reste plus petite que celle des chenilles élevées sur milieu riche. JONES *et al.* (1980) font état d'un poids minimum devant être atteint par l'insecte au moment du **jeûne** chez *Manduca sexta* Linnaeus.

Bien que la physiologie ne soit pas notre propos, rappelons les différentes hypothèses faites sur l'aspect physiologique du phénomène amenant à des mues surnuméraires ; ceci semble lié à un facteur d'ordre trophique, lequel pourrait agir à deux niveaux :

1.1. SUR LE TAUX DE JH

1.1.1. Le changement dans les constituants hémolymphatiques (glucose et tréhalose surtout) agit directement ou par l'intermédiaire du cerveau en activant les corps **allates** et maintient leur activité à un taux élevé (NIJHOUT, 1975).

1.1.2. L'altération du milieu intérieur peut empêcher, au dernier stade, l'inhibition des corps **allates** directement ou indirectement par la "**Brain hormone**" (BHASKRAN & JONES, 1980).

1.1.3. L'altération du milieu intérieur entraîne l'inhibition des JH-estérases et permet le maintien de la JH dans l'hémolymphe à un taux élevé (REDDY *et al.*, 1979).

1.2. SUR LA NATURE DE LA MUE

1.2.1. Le changement métabolique est susceptible de provoquer chez les animaux à jeun (ou mal nourris) une accélération de la mue, en activant la glande prothoracique

directement ou après libération du P.T.T.H. Une telle accélération entraîne le déclenchement d'une mue avant la chute du taux de JH à un niveau bas (NIJHOUT & WILLIAMS, 1974).

1.2.2. Le changement dans le milieu intérieur pourrait faire que les cellules épidermiques deviennent incompétentes à synthétiser la cuticule **nymphale**, en réponse aux ecdystéroïdes, même en l'absence de JH (BHASKARAN & JONES, 1980).

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. EXPERIMENTATIONS

Les chenilles, à partir desquelles le travail a débuté, ont été fournies par le laboratoire d'entomologie de l'IRAT/GERDAT, à Montpellier. Sur des chenilles âgées de 1, 4, 6, 8, 11, 13, 15, 18 et 20 jours, soit 229 chenilles, et dans la limite du possible, les mesures suivantes ont été faites :

- le diamètre de la capsule céphalique (caps. céph.) ,
- la plus grande largeur de la mandibule (Md),
- le grand axe et le petit axe des stigmates (stigm.) qui ont permis de calculer une valeur proportionnelle à la surface dustigmate. Cette valeur est le produit des 2 mesures (a x b).

Ces mensurations ont été complétées par des élevages individuels suivis au laboratoire, au cours desquels on a, d'une part vérifié l'apparition ou non d'un nouveau stade larvaire à un âge donné et d'autre part précisé ce qui se passait au-delà du 4ème stade larvaire. Ces contrôles ont été préférés aux contrôles journaliers, depuis la larve néonate jusqu'à la nymphose, pour 2 raisons essentielles :

- Les manipulations fréquentes peuvent occasionner une mortalité importante des premiers stades, mais aussi perturber l'alimentation et la croissance pondérale des chenilles, voire leur mue.
- L'ouverture journalière des boîtes (d'élevage peut exposer les chenilles à une infestation d'agents pathogènes et sub-pathogènes qui, même s'ils ne provoquent pas de mortalité, peuvent entraîner des déficiences telles, qu'elle peut mener à un allongement de la vie larvaire, voire une augmentation du nombre de stades larvaires.

2.2. EXPRESSION DES RESULTATS

Les mandibules et les stigmates sont très **petits** chez les chenilles âgées de 1 et 4 jours. Pour ces formes **jeunes**, seule la capsule céphalique a été valablement mesurée et prise en considération. Les résultats de ces manipulations sont portés sur le tableau II. L'histogramme de fréquence de la capsule céphalique (Fig. 1) n'a pas permis de séparer les stades larvaires de l'insecte que les différentes moyennes laissaient prévoir. Celle du stigmate (Fig. 2) ne nous a guère permis d'aboutir à une meilleure séparation, encore moins **celle** de la largeur de la mandibule. C'est pourquoi des représentations graphiques en fonction des 2 **critères** ont été envisagées. Les mensurations faites sur les chenilles devaient ainsi être considérées, non plus séparément, mais 2 à 2 (capsule céphalique - mandibule ; capsule céphalique - stigmate ; mandibule - stigmate). La précision des mesures concernant les stigmates n'a pas été suffisante pour permettre une explication suite à une telle représentation ; seule la figure 3 nous a été utile. C'est la combinaison de cette figure avec le résultat obtenu par le méthode de BHATTACHARYA • 1967 (tableau III et IV a ; Fig. 4), qui nous a permis d'aboutir à une première séparation des différents stades larvaires. Les largeurs des capsules céphaliques de ceux-ci sont **portées** au tableau IV. compte-tenu de ces valeurs, l'élevage individuel de chenilles, leur suivi journalier et la mesure de la largeur de leur capsule céphalique à 20 jours a permis de connaître : Le nombre exact de stades larvaires et **d'apprécier** les limites des largeurs des capsules céphaliques des différents stades et celle de la méthode elle-même. Les résultats de ces observations figurent sur le tableau V. Sur le tableau **VI**, sont portés les pourcentages de nymphes provenant de chenilles à un nombre donne de stades larvaires, en fonction du sexe des nymphes.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Au vu des différentes moyennes du tableau II, on est tenté de dire qu'*E. saccharina* mue 6 fois pendant les 20 jours de son développement larvaire. Les chenilles âgées de 1, 4, 6, 8, 11, 13, 15 jours et plus seraient respectivement au 1er, 2ème, 3ème, 4ème, 5ème, 6ème et 7ème stades larvaires. La figure 3 permet de se rendre compte que même si *E. saccharina* a 7 stades larvaires, ceux-ci ne correspondent pas aux âges indiqués. En effet, les mensurations faites sur les chenilles de 11 jours sont en majorité dans le 2ème nuage de points correspondant à celles de 8 jours. Seuls 5 points (couples de valeurs de la capsule céphalique et de la mandibule) sur 20 sont extérieurs à ce nuage. L'histogramme de fréquence ne permet pas, par ailleurs, de considérer ces 2 lots de chenilles à des stades différents ; l'élevage individuel de 24 chenilles a permis de s'en assurer, car aucune de ces chenilles n'a mué entre le 9ème et le 12ème jour.

La figure 4 met en évidence 6 droites qui, si elles s'expliquaient toutes, représenteraient 6 stades larvaires. Une première droite, non représentée sur cette figure, correspond au 1er stade mis en évidence par d'autres moyens et en particulier l'élevage individuel. Etant donné que, par 2 points distincts, il passe toujours une droite, on peut se poser des questions sur la nature et la représentation des 2ème et 4ème droites. A ces questions, les réponses sont les suivantes :

- La 2ème droite correspond bien au 2ème stade larvaire. Celui-ci est d'ailleurs mis en évidence par la figure 1, de même que le 1er stade, non représenté. Au cours de l'élevage individuel mentionné plus haut, toutes les chenilles ont mué une 2ème fois au 6ème jour de leur âge. Les capsules céphaliques rejetées par ces chenilles ont des dimensions identiques et mesurent 0,425 mm de largeur et la plus grande largeur de la mandibule est de 0,075 mm.

TABLEAU II : Mensurations sur *E. saccharina* Wlk. (Récapitulation)

Nombre de chenilles	Age	Capsule céphalique (mm)			Mandibule (mm)			Stigmates (a x b .10 ² mm ²)		
		Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.	Min.	Max.	Moy.
20	1 j	0,27	0,32	0,30 ± 0,00	-	-	-	-	-	-
19	4 j	0,35	0,50	0,45 ± 0,01	-	-	-	-	-	-
20	6 j	0,50	0,85	0,73 ± 0,02	0,07	0,15	0,11 ± 0,00	0,12	0,37	0,23 ± 0,02
19	8 j	0,65	1,17	1,01 ± 0,05	0,10	0,25	0,17 ± 0,01	0,25	1,50	0,82 ± 0,19
20	11 j	0,96	1,56	1,24 ± 0,05	0,17	0,37	0,24 ± 0,01	0,70	3,00	1,59 ± 0,14
31	13 j	1,38	1,98	1,61 ± 0,03	0,25	0,42	0,34 ± 0,01	1,87	4,50	3,14 ± 0,13
34	15 j	1,38	2,34	1,87 ± 0,04	0,30	0,50	0,40 ± 0,01	2,25	8,75	4,77 ± 0,28
33	18 j	1,50	2,16	1,88 ± 0,03	0,30	0,50	0,41 ± 0,01	2,18	6,18	4,80 ± 0,21
33	20 j	1,50	2,34	1,92 ± 0,04	0,32	0,55	0,42 ± 0,01	3,00	9,62	5,34 ± 0,42

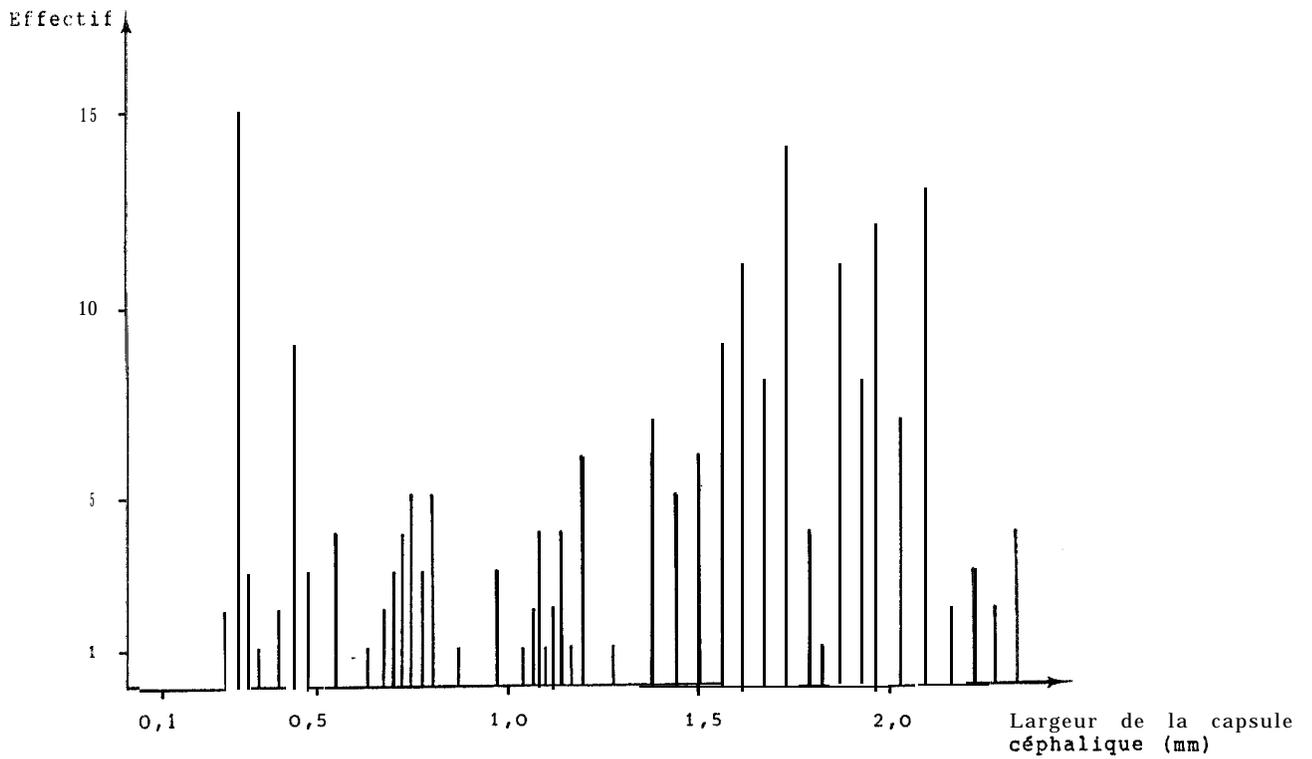


Fig. 1 : Histogramme de fréquence de la largeur de la capsule céphalique d'*E. saccharina* Wkl.

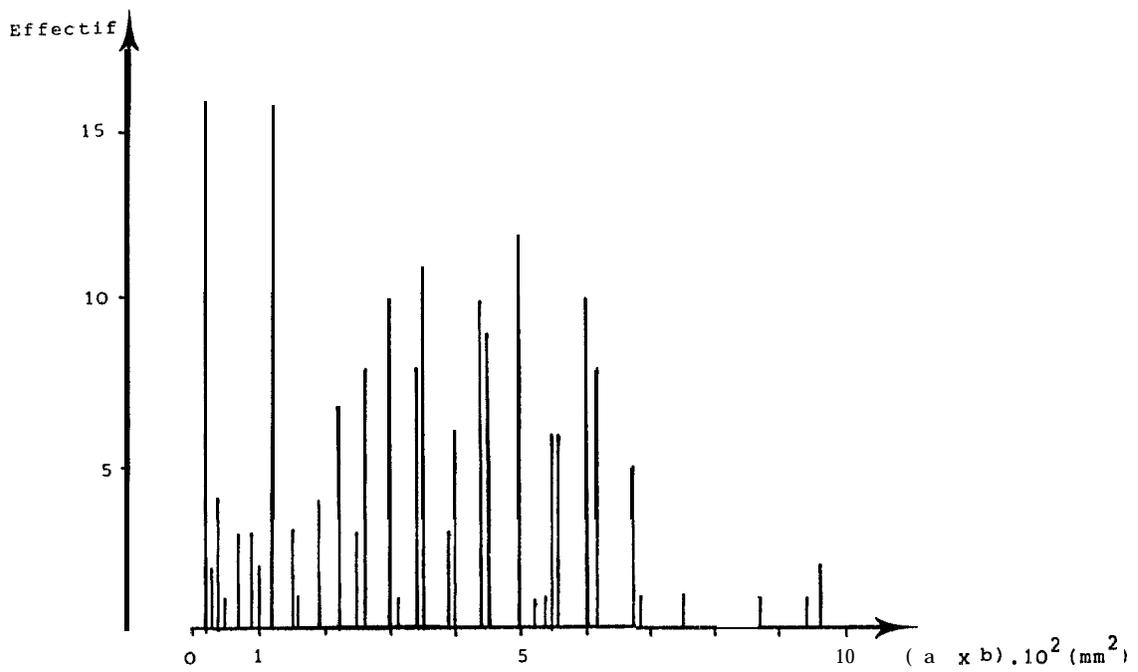


Fig. 2 : Histogramme de fréquence du produit des 2 axes (a et. b) du stigmate d'*E. saccharina* Wkl.

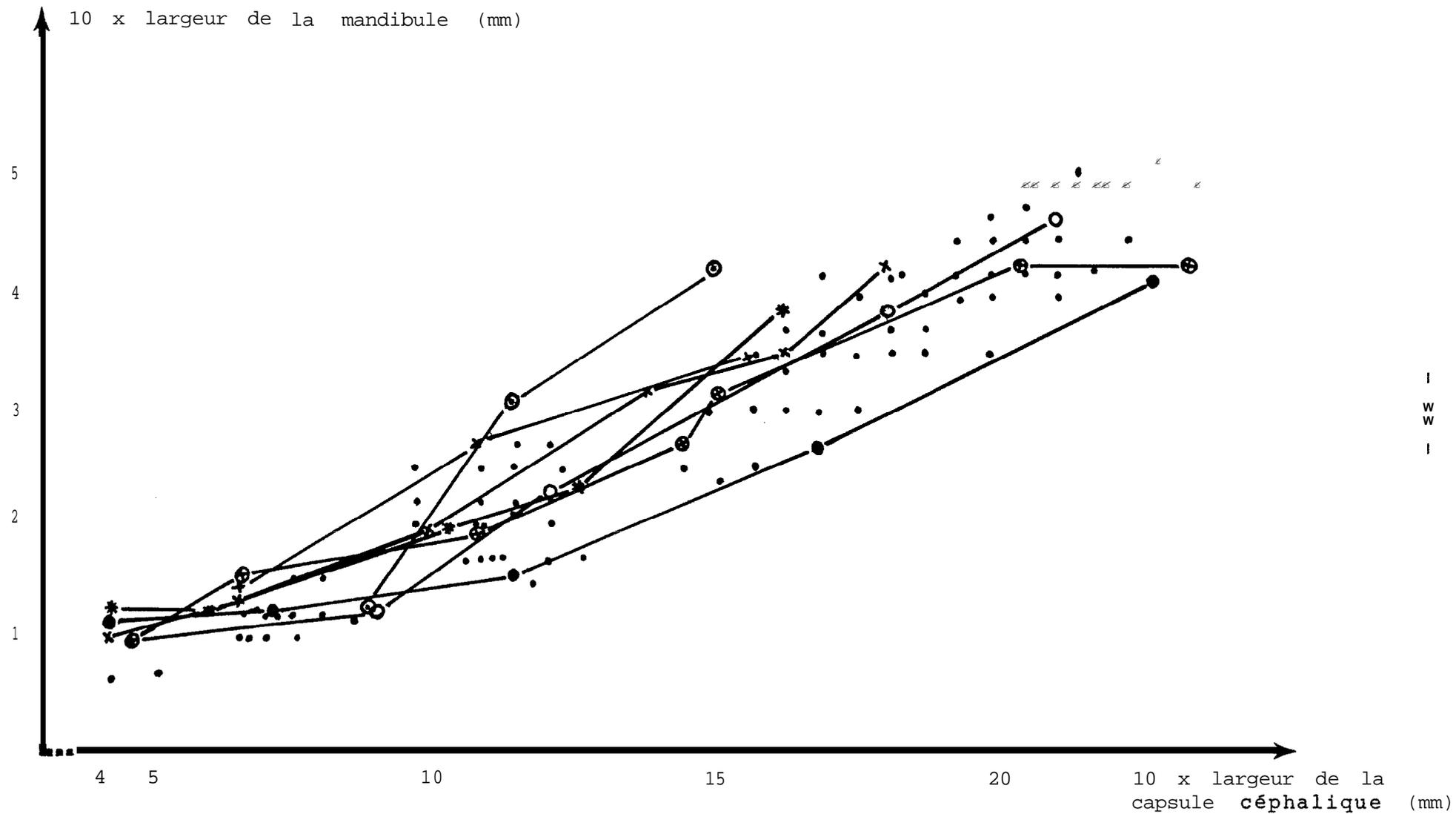


Fig. 3 : Distribution de chenilles d'*E. saccharina* Wlk. en fonction de la largeur de la capsule céphalique et de la largeur de la mandibule
 (Les lignes continues joignent entre eux des couples de points correspondant à des chenilles suivies depuis le 2nd stade larvaire jusqu'à la nymphose)

▪ La 4^{ème} droite, quant à elle, ne peut être expliquée qu'après observation de l'effectif résiduel., une fois calculés les effectifs attachés aux distributions gaussiennes 3 et 5. Cet **effectif** résiduel. n'est pas celui d'une distribution gaussienne ; cette droite ne correspond donc pas à un stade larvaire. La figure 3 irait d'ailleurs dans ce sens.

La méthode de BHATTACHARKA nous a permis de calculer des moyennes et des déviations standards **correspondant** à chacune des 5 droites (Tableau **IV a**). Les moyennes ainsi obtenues sont voisines de celles observées, **compté**-tenu des différents âges. Etant donné que ces âges ne correspondent pas systématiquement à des stades larvaires différents, et que les interpénétrations sont considérables, une séparation graphique, à partir de la figure 3 paraît plus judicieuse. Les moyennes calculées après une telle séparation sont portées au tableau IV b, ainsi que les intervalles correspondants. Les 2 séries de moyennes du tableau IV sont très voisines, ce qui explique entre autre la justesse de la séparation graphique.

Certaines valeurs élevées de la capsule céphalique, peu fréquentes, ont fait croire à l'existence d'un stade surnuméraire chez certaines chenilles. Des observations faites sur un lot de 10 chenilles à partir du 15^{ème} jour vont dans ce sens. En effet, 2 de ces chenilles ont mué une 6^{ème} fois. Les largeurs des capsules céphaliques du dernier stade mesurées sur ces 2 chenilles sont de 2,16 mm et 2,28 mm. Le point correspondant qui apparaît sur la figure 4 intervient de même en faveur d'un 7^{ème} stade larvaire, qui serait également représenté à la figure 2. Les chenilles auraient à ce stade une capsule céphalique de largeur supérieure à 2,1 mm, conformément à la limite supérieure du dernier intervalle du tableau IV a.

TABLEAU III : Distribution de fréquence de la capsule céphalique d'*E. saccharina* Wlk et différences logarithmiques (Méthode BHATTACHARYA)

Classes	Centre de classes	Fréquence (y)	$\log_{10}(Y + 1)$	$\Delta \log_{10}(Y + 1)$
0,25 - 0,34	0,3	20	1,322	- 0,54
0,35 - 0,44	0,4	5	0,778	0,45
0,45 - 0,54	0,5	16	1,230	- 1,23
0,55 - 0,64	0,6	0	0,000	1,00
0,65 - 0,74	0,7	9	1,000	0,18
0,75 - 0,84	0,8	14	1,176	- 0,87
0,85 - 0,94	0,9	1	0,301	0,30
0,95 - 1,04	1,0	3	0,602	0,57
1,05 - 1,14	1,1	14	1,176	- 0,22
1,15 - 1,24	1,2	8	0,954	- 0,47
1,25 - 1,34	1,3	2	0,480	0,63
1,35 - 1,44	1,4	12	1,114	- 0,21
1,45 - 1,54	1,5	7	0,903	0,40
1,55 - 1,64	1,6	19	1,300	0,06
1,65 - 1,74	1,7	22	1,360	- 0,16
1,75 - 1,84	1,8	15	1,204	0,10
1,85 - 1,94	1,9	19	1,300	0,0
1,95 - 2,04	2,0	19	1,300	- 0,15
2,05 - 2,14	2,1	13	1,146	- 0,37
2,15 - 2,24	2,2	5	0,778	0,07
2,25 - 2,34	2,3	6	0,845	

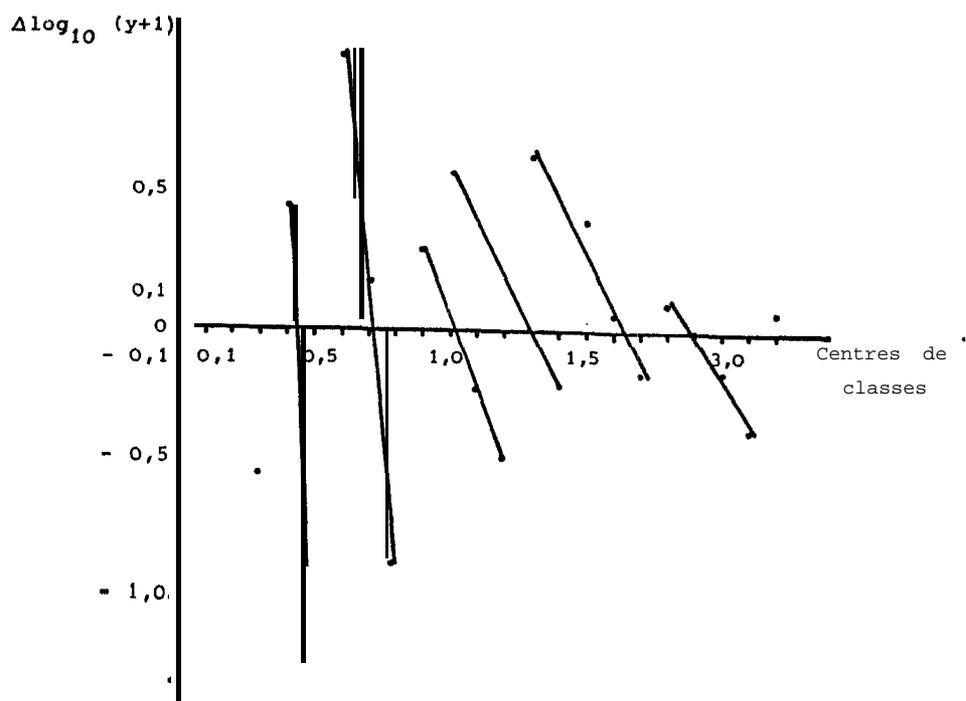


Fig. 4 Représentation graphique des différences logarithmiques de fréquences (y) en fonction des centres de classes (méthode BHATTACBARYA)

TABLEAU IV : Valeurs moyennes de la capsule céphalique des différents stades larvaires d'*E. saccharina* Wlk

STADES	a. Moyennes obtenues à partir de la méthode de BHATTACBARYA			b. Moyennes obtenues après séparation graphique	
	Moyennes	s.d.	Intervalles	Moyennes	Intervalles
I	0,30 *			0,30 *	
II	0,47	0,04	[0,43 ; 0,6]	0,42 *	
III	0,76	0,06	[0,7 ; 0,82]	0,74	[0,64 ; 0,85]
IV	1,07	1,126	[0,94 ; 1,196]	1,11	[0,95 ; 1,2]
V	1,68	0,14	[1,54 ; 1,82]	1,70	[1,45 ; 1,89]
VI	1,93	0,167	[1,76 ; 2,1]	2,03	$\geq 1,9$

* Valeurs vérifiées sur élevage individuel

Les résultats portés au tableau **V** permettent d'apporter des précisions sur l'existence ou non d'un 7ème stade larvaire. Ils font apparaître une différence assez nette, du moins pour les stades 6 et 7, entre les 2 méthodes d'appréciation qui ont permis l'affectation des différentes chenilles à un stade donné. Les chenilles manipulées étant les mêmes, on est tenté de dire que la largeur de la capsule céphalique, telle qu'elle a été délimitée par les méthodes antérieures n'est pas aussi fiable aux derniers stades qu'on aurait pu le croire, malgré toutes les **coïncidences**.

En effet, la séparation graphique, la méthode de BHATTACHARYA et les 2 chenilles qui ont eu un 7ème stade, vont toutes dans le même sens, quant à la limite des **largeurs** des capsules céphaliques des derniers stades. Après un tel suivi, on ne peut que renoncer à cette séparation, du moins dans nos conditions de travail.

Le contrôle journalier des chenilles dont les résultats sont ceux portés sur le tableau V a été poursuivi au-delà de 20 jours et ce, jusqu'à la nymphose. 62 nymphes réparties comme suit ont été obtenues :

- 18 mâles ont eu 5 stades larvaires,
- 3 femelles ont eu 5 stades larvaires,
- 8 mâles **ont eu** 6 stades larvaires,
- 33 femelles ont eu 6 stades larvaires.

Ces résultats ne diffèrent pas beaucoup de ceux de **BETBEDER-MATIBET** (1977). Très peu de femelles ont eu cependant 5 stades larvaires, lors de ce suivi. Bien que l'action de la photopériode sur le nombre de stades larvaires n'ait pas été vérifiée, on peut signaler que cet auteur a fait ses élevages à 18 : 6, tandis que les **nôtres** ont lieu à 12 : 12.

TABLEAU V : Distribution des chenilles d'*E. saccharina* Wlk âgées de 20 jours (n = 71) en fonction de la méthode

STADES	VII	VI	V	IV	III
METHODES					
Mesure de la capsule céphalique	7	28	28	7	1
Suivi journalier	0	40	23	7	1

TABLEAU VI : Pourcentage de nymphes provenant des chenilles ayant eu 5 ou 6 stades larvaires (n = 137)

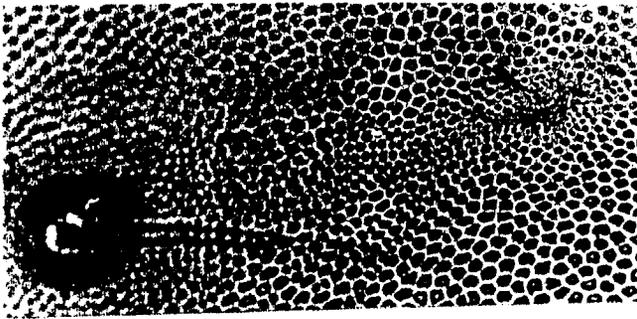
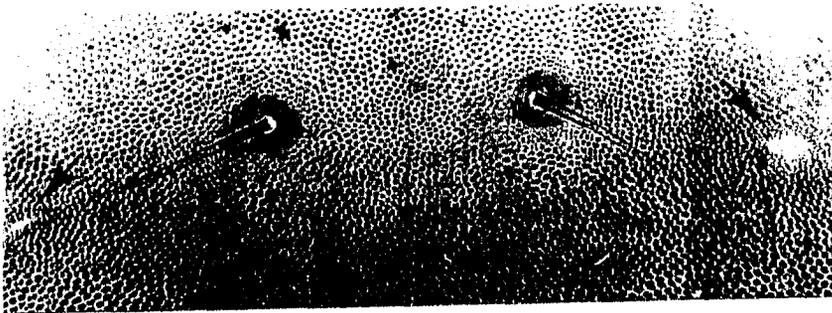
STADES	V	VI	Total.
SEXE			
♂	27,7	16,1	43,8
♀	2,2	54	56,2
TOTAL	29,9	70,1	100

Sur 75 nymphes, suivies par ailleurs, il n'a pas été noté une femelle qui a eu 5 stades larvaires. Ce chiffre porte celui des observations à 137 nymphes et les résultats sont ceux du tableau VI. Ceux-ci sont plus proches de ceux obtenus par ATKINSON (1980 - a) selon qui, mâles et femelles ont respectivement 5 et 6 stades larvaires. Dans notre étude, le nombre de mâles qui ont eu 6 stades larvaires n'est cependant pas à l'échelle de quelques individus, puisqu'il concerne plus d'un tiers de leur effectif total.

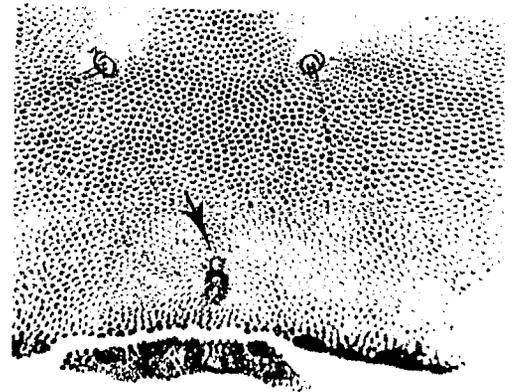
En relation avec cette différence liée au sexe, notons que des caractères externes permettent de déterminer le sexe de la chenille d'*E. saccharina*. Aux derniers stades, il est en effet très facile de distinguer, sur la face ventrale de la chenille femelle, au niveau des 8^{ème} et 9^{ème} segments, 2 invaginations cuticulaires symétriques par rapport à l'axe antéro-postérieur. De telles invaginations ont été décrites par HINKS & BYERS (1973) et par LAVENSEAU (1982) chez de nombreux **Lépidoptères**. Elles correspondraient aux ébauches ectodermiques des disques génitaux des adultes.

L'absence de ces invaginations bien distinctes chez *E. saccharina* permet de caractériser la chenille mâle, au cas où l'on ne distinguerait pas, au niveau du 9^{ème} segment, une modification impaire de la structure cuticulaire. Une telle modification difficile à déceler est liée à l'existence d'un histoblaste pyriforme qui serait l'ébauche de l'organe d'**Héroid**. Ces 2 caractères sexuels que nous avons observés sur *E. saccharina* (photos 6 et 7) ont été signalés chez l'espèce par ATKINSON (1980 - a).

PLANCHE II : Face ventrale du 9ème segment
abdominal d'*E. saccharina* Wlk.



6. Chenille femelle



7. Chenille mâle

Malgré le résultat obtenu sur le nombre de stades larvaires d'*E. saccharina*, on peut se demander s'il faut absolument remettre en cause l'idée d'un 7ème stade larvaire que pourraient avoir certaines chenilles du ravageur.

Hormis les 2 chenilles qui ont été signalées précédemment, on a obtenu fortuitement, lors d'un élevage, un lot de 12 chenilles qui ont donné 9 nymphes dont 5 provenaient de chenilles à 6 stades larvaires et 4 de chenilles à 7 stades. Après analyse des éventuelles particularités de cet élevage, dont les résultats étaient si différents des précédents, il a été noté que le milieu d'élevage, bien qu'étant le même, avait été préparé longtemps à l'avance (Cf. p. 23 pour les conditions de stockage). Aucun signe d'altération du milieu n'avait cependant été noté, pas même une synérèse. La température de l'étude a oscillé entre 25 et 31 °C et l'humidité relative entre 60 et 96 %. Dans les conditions normales d'élevage, ces paramètres varient respectivement entre 24 et 26 °C, et 70 et 80 % (Cf. p. 24). Selon BETBEDER-MATIBET (1977), le nombre de stades larvaires n'est pas influencé par la température entre 20 et 30 °C. Sachant que les chenilles sont en présence d'un milieu très riche en eau, on ne peut pas incriminer la température **et/ou** l'humidité, en cas d'anomalies. Seule l'altération du milieu avec l'âge pourrait être, dans ce cas, un élément d'explication. Un tel phénomène ne peut que conforter l'idée de suspicion du **rôle** trophique dans la variation du nombre de stades larvaires.

Des élevages à 25°C et 75 % d'humidité ont été faits par ailleurs sur un milieu dont la levure de **bière** différerait de celle traditionnellement utilisée. Bien que cette levure, élevée sur houblon, ait les mêmes compositions qualitatives et quantitatives, à l'exception de la Vitamine **B12**, le milieu s'est avéré défaillant pour l'élevage

d'*E. saccharina*, et même après adjonction de **B₁₂**. On peut signaler, à l'occasion, que 6 chenilles sur 26 survivantes (à partir de 50 **néonates**) ont mué au-delà du 7ème stade. Ces chenilles ne se sont cependant pas nymphosées après 67 jours de développement.

Afin d'éviter toute idée qui consisterait à dire que les chenilles ayant 7 stades ou plus sont inaptées à la nymphose, on peut signaler que, lors des élevages en l'absence de germe de blé avec du **maïs**, du sorgho ou du mil (Cf. chapitre III), certaines chenilles ont eu 7 stades et des nymphoses et émergences ont cependant eu lieu.

Toutes ces conditions **dans** lesquelles un 7ème stade a été observé ne nous permettent pas de conclure à son existence, au même titre que! les 5ème et 6ème stades, comme le font **CARNEIGE** (1974) et **GIRLING** (1978).

CONCLUSIONS

E. saccharina, élevée sur le milieu témoin fraîchement préparé et dans des conditions climatiques précises ($\theta = 25 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1$; $H = 75 \% \pm 5$; Photopériode : 12 : 12), a 5 ou 6 stades larvaires. Des observations journalières précises ont seules permis de se rendre compte de cette différence. De ces mêmes observations, il découle que les femelles du ravageur ont 6 stades, alors que les mâles en ont 5 ou 6 dans les pourcentages respectifs de 63 et 37 %.

Il apparait par ailleurs que la détermination du nombre de stades larvaires par la largeur de la capsule céphalique, à cause des résultats qu'elle fournit, de son utilisation relativement facile et comparé au dérangement qu'engendre une surveillance journalière, d'ailleurs impossible pour les jeunes stades, reste la meilleure méthode, bien qu'il faille, dans certains cas, faire appel à des méthodes statistiques peu connues, pour arriver à une réelle séparation des différents stades larvaires. Le problème posé par celle-ci est de longue date. Déjà en 1935, GAINES et CAMPBELL, se référant aux travaux de SATTERTHWAIT (1933) sur *Agrostis ypsilon* Rott., rapportaient la difficulté, voire l'impossibilité d'interpréter les distributions de fréquence de la capsule céphalique dans le cas d'une population d'individus ayant n et $n + 1$ stades larvaires.

Quant au 7ème stade larvaire, signalons qu'en cas de défaillance, même insoupçonnée du milieu d'élevage, le nombre de stades larvaires peut être très facilement altéré. Une telle défaillance peut être à l'origine d'une modification du nombre de stades larvaires, par un ou plusieurs des mécanismes physiologiques déjà signalés. La subtilité de cette altération et ses conséquences prouve une sensibilité aux facteurs trophiques, peut être très élevée d'*E. saccharina*. Une telle sensibilité expliquerait aussi et surtout les interprétations multiples dans le nombre de stades larvaires du ravageur.

CHAPITRE III

MILIEUX D'ELEVAGE DES INSECTES
ET ESSAIS VE MODIFICATION VU
MILIEU ARTIFICIEL TEMOIN

Depuis les tentatives **réussies** de BOGDANOV (1908) et de BOTTGER (1942) (Cf. historique des milieux artificiels), les élevages des insectes sur milieux artificiels n'ont pas cessé. Ce fut d'abord l'oeuvre de nutritionnistes préoccupés par la définition des besoins nutritionnels des insectes. On peut citer à cet égard les travaux de VANDERZANT (1965, 1968), de DADD (1970), de CHIPPENDALE & REDDY (1972, 1974), d'ITO & INOKUCHI (1972), de ROCK (1972), de POITOUT & BUES (1974), etc.

Les entomologistes agricoles ont vite compris cependant les possibilités que pouvaient leur offrir les milieux **d'élevage** des insectes et la connaissance de l'ensemble des facteurs liés à leur alimentation. En effet, l'étude de la biologie et de l'éthologie d'un ravageur est une condition première à une entreprise de lutte rationnelle contre **celui-ci**. Les milieux artificiels permettent de telles études avec beaucoup plus de précisions par le contrôle de facteurs de variation inhérents à un support végétal dont la composition dépend de plusieurs paramètres (**âge**, saison, variété, conditions climatiques, etc.). Cette compréhension est une des raisons des importants développements des milieux d'élevage des insectes. Les élevages en laboratoire permettent ainsi de répondre aux besoins considérables en insectes, tant pour les recherches nutritionnelles, physiologiques et éthologiques, que pour la production d'entomophages et d'entomopathogènes, **le "screening"** des insecticides et les essais variétaux. La maîtrise de l'alimentation des insectes permet par ailleurs son utilisation dans une stratégie de lutte, avec introduction de certaines carences préjudiciables aux ravageurs et sans danger pour l'homme, telle qu'elle a été avancée par PRATT *et al.* (1972).

Avec la production de masse des insectes, il est particulièrement important de faire intervenir le critère

économique dans la gestion de l'élevage, afin d'**amener** à son minimum le prix de revient de l'insecte **élevé**. L'ensemble des essais réalisés à cette fin devra nous permettre de porter une appréciation sur certains composants du milieu standard et sur le milieu lui-même, du moins dans son prix de revient rapporté à la quantité d'insectes produite. Ils seront précédés d'un rappel bref sur les milieux artificiels dont la mise au point nécessite certaines connaissances sur les besoins nutritifs de l'insecte qu'on envisage d'élever. Sans se limiter exclusivement aux Lépidoptères, il sera cependant surtout question dans ce paragraphe **des** milieux d'élevage de ceux-ci.

LES MILIEUX ARTIFICIELS POUR L'ELEVAGE DES INSECTES

1. DEFINITION ET HISTORIQUE

un milieu artificiel est toute préparation fabriquée par l'homme et différant, à la fois par la présentation, les caractères physiques et la composition chimique, de l'aliment disponible dans la nature (GUENELON, 1967). Il doit non seulement répondre aux besoins nutritifs des insectes, mais aussi satisfaire les besoins comportementaux et assurer le gîte pour certains stades de développement qui vivent en son sein, comme c'est le cas des chenilles. Une définition aussi large inclut évidemment et avec raison les milieux synthétiques et pose un problème de précision quant à la **définition** chimique des **éléments** constitutifs des milieux artificiels, Pour répondre au problème posé par la diversité dans la dénomination des milieux, DOUGHERTY (1959) a proposé la terminologie suivante :

- Milieu holidique : milieu dont les constituants, autres que ceux qui sont purs et inertes, ont une structure chimique parfaitement définie.
- Milieu méridique : milieu composé d'une base holidique à laquelle on ajoute au moins une substance ou préparation de structure inconnue ou d'une pureté incertaine.
- Milieu oligidique : milieu dans lequel les matériaux organiques bruts satisfont la plupart des besoins alimentaires.

Bien avant que ces précisions ne soient faites, les travaux sur les milieux d'élevage des invertébrés ont connu des développements. C'est en effet en 1908 que BOGDANOV a réussi, pour la première fois, à élever un insecte (*Calliphora vomitoria* Linnaeus) de l'oeuf à l'adulte sur un milieu artificiel. Il a fallu attendre 1942 pour que le premier Lépidoptère soit élevé avec succès sur milieu artificiel. Ce fut l'oeuvre de BOTTGER qui réussit alors l'élevage de la Pyrale du maïs sur milieu synthétique (GUENELON, 1968 ; SINGH, 1977).

2. PROPRIETES PHYSIQUES

Les milieux artificiels doivent posséder certaines **qualités** physiques afin d'être correctement utilisés par les insectes dont la locomotion et les fonctions, telles que la respiration et l'excrétion, ne doivent pas être gênées par eux. Ils doivent être homogènes et d'une consistance adéquate. Ce sont essentiellement l'eau et les substances liantes qui sont responsables de ces propriétés des milieux. A ces causes, on doit cependant ajouter le mode de préparation dont il sera question plus loin.

2.1. L'EAU

L'eau est le principal constituant des milieux artificiels de Lépidoptères phytophages dans lesquels sa teneur est de l'ordre de 75 %. Elle est un support pour les autres éléments du milieu dont elle facilite l'homogénéisation. En plus des qualités physiques **qu'elle** confère au milieu, l'eau a un rôle nutritif chez tous les organismes et son apport exogène est indispensable pour la grande majorité des insectes. Selon CLARK *et al.* (1961) et FUKUDA (1964), elle aurait un rôle phagostimulant.

2.2. LES SUBSTANCES LIANTES

Les chenilles de Lépidoptères étant broyeuses, elles exigent de leur milieu d'élevage une certaine consistance. Les substances liantes permettent à cet usage, la prise en masse du milieu. Elles confèrent à celui-ci une structure suffisamment solide pour être découpé par les pièces buccales et doivent posséder en outre un fort pouvoir de rétention de l'eau. Depuis les travaux de **BOTTGER**, précédemment cités, jusqu'à nos jours, l'agar-agar **tient** la première place dans la gélification des milieux d'élevage des Lépidoptères. De nombreux essais ont été conduits pour lui trouver un substitut parmi lesquels une partie du travail décrite dans ce chapitre.

3. SUBSTANCES NUTRITIVES ET/OU LIEES A LA PRISE VE NOURRITURE

Un milieu nutritif doit posséder l'ensemble des substances dont a besoin l'insecte pour assurer, de façon homogène et le plus longtemps possible, son développement et sa reproduction. Ces substances sont les glucides, les lipides, les protides, les vitamines et les sels minéraux. Elles sont apportées aux milieux oligodiques par les farines (de céréales ou de légumineuses), la levure de bière et l'acide ascorbique.

Les substances nutritives peuvent aussi, dans une certaine mesure, stimuler la prise de nourriture. Il est cependant difficile de tracer la frontière entre les rôles nutritif et phagostimulant d'une substance. Il importe de savoir que la présence ou l'absence de certains produits dans le milieu peut, soit stimuler l'alimentation, soit l'inhiber. Selon ITO *et al.* (1964), les terpènes ont un rôle phagostimulant chez *Bombyx mori* Linnaeus. WADA & MUNAKATA (1971) et MEISNER *et al.* (1980) leur reconnaissent quant à eux un rôle inhibiteur de la prise de nourriture chez *Spodoptera littoralis* Boisduval.

3.1. LES GLUCIDES

Hormis certaines larves de Coléoptères et de Diptères, élevées en présence d'une alimentation suffisamment riche en lipides et en protides, les larves d'insectes manifestent, en règle générale, un net besoin en glucides. Celui-ci est cependant satisfait par de faibles quantités qui sont de l'ordre de 15 à 30 % du poids sec du milieu (CHIPPENDALE, 1978). Le glucose, le fructose, le saccharose satisfont ainsi les besoins de beaucoup d'espèces (ALTMAN & DITTMER, 1968 ;CHIPPENDALE, 1978). Selon ces auteurs, *et* d'autres, les pentoses sont mal utilisés. CHIPPENDALE rapporte une inhibition du développement de *Diatraea grandiosella* Dyar par ces sucres. Une telle inhibition est notée également

en l'absence de glucose (CHIPPENDALE & REDDY, 1974).

3.2. LES PROTIDES

La valeur nutritive des protéines étant en Corrélation avec le nombre et les proportions d'acides aminés contenus dans ces protéines, les besoins des insectes ont été évalués essentiellement en acides aminés. Il ressort ainsi des nombreux travaux, que les acides aminés indispensables aux insectes sont identiques à ceux qui le sont pour les vertébrés. Il s'agit de l'arginine, l'histidine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine, la thréonine, le tryptophane et la valine. L'ensemble de ces acides aminés ne permet cependant qu'une faible croissance de certaines espèces parmi lesquelles *Argyrotaenia velutinana* Walker. Il faut leur ajouter d'autres acides aminés pour une meilleure croissance, essentiellement de l'acide glutamique (ROCK, 1972). Les observations de ITO & INOKUCHI (1972) sur *B. mori* vont dans le même sens.

3.3. LES LIPIDES

Les besoins des insectes en lipides sont essentiellement des besoins en stérols, indispensables à la croissance et au développement de nombreuses espèces (GUENELON, 1968). Leur importance dans l'alimentation de tous les insectes, à l'exception des Aphides et de certains Coléoptères, a été prouvée par de nombreux auteurs : ITO *et al.* (1964), GILBERTE (1967), ITO & NAKASONE (1967), DADD (1970), CHIPPENDALE & REDDY (1972), etc. Le rôle de précurseur de l'ecdysone est ainsi reconnue aux stérols depuis les travaux de KARLSON & HOFFMEISTER (1963) ; leur absence se traduit par une mortalité de toutes les larves de *B. mori* et de *D. grandiosella* dès le premier stade (ITO *et al.*, 1964 ; CHIPPENDALE & REDDY, 1972). En sus des besoins en stérols, de nombreux travaux montrent l'importance des acides gras polyinsaturés

(acides linoléique et linoléique surtout). On peut citer à ce propos ceux de VANDERZANT (1968) sur *Heliothis zea* Boddie, de CHIPPENDALE & REDDY (1972) sur *D. grandiosella* et de POITOUT & BUES (1974) sur *Chrysodeixis chalcites* Esper, *Autographa gamma* Linnaeus, *Macdunnoughia confusa* Stephens et *Trichoplusia ni* Hübner. La carence du milieu en ces acides gras se traduit, soit par un allongement de la vie larvaire ou une mortalité importante, soit par une déformation alaire des adultes et même une impossibilité d'émergence.

3.4. LES VITAMINES

A partir des nombreux travaux sur les vitamines, ALTMAN & DITTMER (1968) ont indiqué les besoins d'environ 40 espèces. Il semble que les besoins des insectes sont surtout manifestes en vitamines du groupe B. La thiamine, la riboflavine, l'acide nicotinique, la pyridoxine, l'acide ptéroglytamique (**folique**), l'acide pantothénique et la biotine sont indispensables. En l'absence de l'une de ces vitamines, le développement de la plupart des insectes est fortement atteint. D'autres besoins **spécifiques** peuvent cependant exister. Le rôle de l'acide ascorbique qui est utilisé dans presque tous les milieux d'élevage de phytophages n'est pas encore élucidé. Selon CHIPPENDALE & BECK (1964) et CHIPPENDALE *et al.* (1965), le facteur contenu dans la feuille de maïs et dont ont besoin *P. nubilalis* et *T. ni* est l'acide ascorbique. Parallèlement, en son absence dans le milieu d'élevage, WONGSIRI & RANDOLPH (1962) rapportent une grande mortalité larvaire de *D. grandiosella*.

3.5. LES SELS MINÉRAUX

A cause des difficultés inhérentes à son étude, principalement dues à l'existence de substances minérales diverses dans beaucoup de composants des milieux oligodiques, l'alimentation minérale des insectes a été très peu étudiée. L'idée qui en est faite part de la supposition que l'ensemble

des animaux ont besoin des aliments inorganiques pour leurs enzymes, l'homéostasie et les fonctions nerveuses (DADD, 1970). ITO & NIIMURA (1966) ont réussi à montrer que les ions tels que K^+ , Mg^+ , Ca^{++} , Fe^{++} , Zn^{++} , Mn^{++} et Na^+ sont indispensables à *B. mori*.

4. LES EQUILIBRES NUTRITIFS

Bien que la nature et la quantité de nutriments soient d'une grande importance dans un milieu artificiel, les équilibres nutritifs semblent avoir un rôle essentiel dans l'alimentation des insectes. Selon SINGH (1977), les facteurs non alimentaires seraient probablement à l'origine du choix d'un aliment par un insecte. Même si des changements peuvent intervenir dans les besoins des insectes au cours du cycle biologique, pour cet auteur, c'est l'équilibre nutritif qui est le facteur dominant dans la réussite d'un milieu. Protéines,, carbohydrates, lipides et vitamines doivent être présents dans de bonnes proportions. Lors d'essais d'alimentation de *Plodia interpunctella* Hübner, MORERE (1970) rapporte les concentrations globales suivantes dans le meilleur milieu :

- glucides : 25 %,
- protides : 55 %,
- lipides : 17 %,
- divers : 3 %.

5. LES AGENTS ANTIMICROBIENS

Même si les milieux sont préparés dans des conditions aseptiques, ils ne sont pas à l'abri d'infestations ultérieures diverses par des micro-organismes (moisissures, levures, bactéries) pendant leur utilisation. Ces infestations peuvent être à l'origine d'un important retard de développement, voire d'une mortalité ou d'une modification d'autres paramètres biologiques de l'insecte. Afin de limiter l'action de ces "indésirables", plusieurs substances, réputées à toxicité nulle ou très réduite pour les insectes, sont incorporées aux milieux : nipagine, acide sorbique, **penicilline**, streptomycine, acide benzolque, formol, etc. Ces substances capables de limiter efficacement la multiplication de germes nocifs peuvent cependant parfois avoir une action dépressive ou même désastreuse pour l'insecte **élevé**, notamment quand elles sont utilisées à des concentrations trop élevées. Ainsi GUENELON (1968) signale que le poids d'agents anti-microbiens classiques ne doit pas dépasser **0,6 %** du poids du milieu., Cette limite établie avec la présence surtout de nipagine, d'acide sorbique, de formol et d'auréomycine est toujours révisable. La dose sécurisante dépend non seulement des agents assainisseurs utilisés, mais aussi du milieu et de l'espèce élevée. Ainsi, **0,05 %** de benzoate de sodium, **ajouté** au milieu utilisé par PROKOPY (1967), est toxique pour 55 % des oeufs de *Rhagoletis pomonella* Walsh ; une combinaison de **0,2 %** d'acide sorbique avec **0,2 %** de butobène entraîne un allongement significatif de la durée de développement larvaire de *Pectinophora gossypiella* Saunders par rapport à celle obtenue à la suite de l'incorporation au milieu de **0,05 %** de formaldéhyde et **0,15 %** de nipagine (OUYE, 1962).

6. PREPARATION DES MILIEUX

Il a été précisé plus haut que les propriétés, physiques des milieux dépendent, entre autre, de la façon de les préparer. Les méthodes peuvent varier même avec la quantité de milieu à préparer pour des raisons d'ordre pratique. Il est important cependant de savoir que les milieux de Lépidoptères se gélifient en refroidissant, ceci en raison des caractéristiques physico-chimiques du liant. Il faudra par conséquent **réussir** à faire la totalité des mélanges nécessaires avant que la solution du liant ne soit à une température trop proche de celle de gélification. C'est la difficulté majeure que l'on rencontre dans la préparation de petites quantités de milieu, n'ayant pas une inertie thermique suffisante. Deux possibilités s'offrent à l'opérateur lors de la préparation du milieu :

- Pour la dissolution du liant :
 - , Dissoudre le liant à froid et porter la solution ainsi obtenue à l'ébullition.
 - , Porter l'eau à **l'ébullition** et dissoudre le liant ensuite.

- Pour l'incorporation des autres éléments du milieu :
 - , Ajouter ces éléments sous forme de poudres après refroidissement de la solution du liant à la température adéquate.
 - , Ajouter ces éléments après les avoir dissous au préalable dans de l'eau. Une bonne agitation de l'ensemble met à l'abri de l'eau libre dans le milieu.

Dans les 2 cas, ce sont les 2èmes procédés qui ont été surtout utilisés lors de la préparation de nos milieux, Quelle que soit la méthode **employée**, il est souhaitable

d'incorporer les éléments nutritifs et les agents **anti-**microbiens à la solution du liant après avoir refroidi celle-ci à la bonne **température**, afin d'éviter des destructions des produits qui perdraient leurs qualités nutritives ou antimicrobiennes.

Certaines substances non hydrosolubles ou non miscibles à l'eau, telles que la nipagine, nécessitent une dissolution préalable dans de l'alcool avant l'incorporation au milieu de cette solution-mère intermédiaire.

ESSAIS V E MODIFICATION R U MILIEU TEMOIN

INTRODUCTION

Ces essais comportent la substitution et/ou l'élimination de certaines substances contenues dans le milieu standard. Ils ont pour but d'obtenir la diminution du prix de revient du milieu artificiel, tout en assurant un développement et une reproduction convenables des insectes élevés sur les milieux modifiés. A cette fin, **3** possibilités ont été envisagées :

- l'utilisation du sorgho et du mil et la suppression du germe de blé,
- la substitution de la levure de bière par un complexe vitaminique prêt à l'emploi,
- la substitution de l'agar-agar.

7 . METHODOLOGIES

1.1. UTILISATION DES CEREALES TROPICALES EN L'ABSENCE DE GERME DE BLE

L'emploi du germe de blé dans les milieux d'élevage des Lépidoptères en l'absence de stérols est lié à la satisfaction des besoins lipidiques qu'il procure aux insectes (GUENELON, 1968). L'efficacité des doses faibles de plusieurs phytostérols sur *B. mori* (ITO et al., 1964) a permis d'émettre l'hypothèse que le maïs, le mil et le sorgho en contiendraient suffisamment pour satisfaire les besoins d' *E. saccharina*.

Compte-tenu de la richesse de ces céréales en glucides, lipides et protides, des quantités susceptibles de fournir aux insectes autant de ces substances que 112 g de maïs et 28 g de germe de blé (quantités contenues dans le milieu standard) ont été calculées proportionnellement. Ces quantités ont été substituées au maïs et au germe de blé dans le milieu, les autres composés étant inchangés. Aussi, ont été utilisés pour l'élevage d'*E. saccharina*, 3 milieux contenant respectivement : 160 g de maïs (Ma), 170 g de mil (Mi) et 180 g de sorgho (S) pour 600 ml d'eau, au lieu de **112** g de maïs auxquels on ajoute 28 g de germe de blé (Mb).

1.2. SUBSTITUTION DE LA LEVURE DE BIÈRE

La levure de bière est utilisée dans les milieux des insectes essentiellement pour sa richesse en vitamines du complexe B. Eu égard au prix relativement bas de certains mélanges vitaminiques et aux faibles quantités nécessaires, l'idée était de voir si de tels mélanges suffisaient à satisfaire les besoins des insectes au même titre que la levure de bière. Ainsi, en fonction de la composition de celle-ci et des besoins des insectes, des mélanges **vitaminiques** (solutions, dragées) ont été utilisés, incorporés au milieu standard en substitution à la levure de bière. Le recours à des mélanges prêts à l'emploi s'explique par le souci économique, les substances vitaminiques pures étant d'un coût élevé.

1.3. SUBSTITUTION DE L'AGAR-AGAR

De tous les éléments constitutifs du milieu standard, **l'agar-agar** est la substance la plus dispendieuse. Selon SHAPIRO & BELL (1982), son **coût** équivaut à la moitié du prix de revient du milieu d'élevage de *Lymantria dispar* Linnaeus. Il correspond à 40 % du prix du milieu témoin. Il fallait donc, dans une étude dont la finalité est la

réduction du prix de revient du milieu, envisager aussi la substitution de l'agar-agar. Plusieurs substances, seules ou en association, ont été rapportées en tant que substituts potentiels de l'agar-agar : l'amidon, la cellulose, l'hydroxyméthylcellulose, l'alginate de sodium, la caroube et la caséine ont été proposés par VANDERZANT (1969), puis HOWELL (1977), SHAPIRO & BELL (1982) ont utilisé le Gelcarin[®], le Seagel[®] Pet, le Seakem[®], le Carrageenan[®], tandis que BATHON (1982) préconise le Metylan[®], le Montigel[®] ou le Tixoton[®].

Lors d'essais préliminaires, de nombreuses substances testées n'ont pas permis, dans la plupart des cas, l'obtention d'une texture adéquate. Les substances dont on n'a pas poursuivi l'étude sont l'amidon, la cellulose, l'hydroxyméthylcellulose, l'alginate et la gomme Sénégal. Seul ce dernier produit ou la farine de maïs très fine, utilisée avec des quantités moindres d'agar-agar, a donné des préparations de texture apparemment convenable. Cependant, ces préparations n'ont pas été propices au développement du ravageur dont la mortalité était presque totale lors de la lère génération. Ainsi, seuls les milieux préparés avec des extraits d'algues (Gelcarin[®], Seagel[®] Pet, et Danagel[®]) ont été par la suite utilisés pour l'élevage suivi d'*E. saccharina*.

1.4. CONDUITE DES ELEVAGES ET EXPRESSIONS DES RESULTATS

1.4.1. Elevage sans germe de blé

Pour chaque génération d'élevage, 50 **néo-nates** ont été utilisées par milieu. Pendant les 10 premiers jours de développement larvaire, les élevages ont été conduits en lots de 25 **chenilles**. Ils ont été poursuivis individuellement à partir du **11ème** jour. Les critères utilisés pour l'appréciation de la valeur des milieux sont :

- l'état de développement larvaire à 20 jours,
- la durée moyenne du développement larvaire et l'échelonnement des entrées en nymphose,
- les mortalités larvaires et nymphales, la première étant exprimée sous forme de rapport
$$\left(\frac{\text{mortalité sur milieu testé}}{\text{mortalité sur milieu témoin}} \right),$$
- le poids des nymphes,
- la fécondité des femelles et la longévité des adultes,
- la fertilité des oeufs pondus.

Les résultats bruts obtenus sont portés sur les tableaux VII et VIII et sur les figures 5, 6, 7, 8 et 9. Chaque fois que cela a été possible, des regroupements des différentes générations ont été faits pour les différents critères. Ce sont les résultats obtenus après ces regroupements qui figurent au tableau VIII et à la figure 5. Les regroupements ont été faits en utilisant le test de la médiane pour la durée de développement larvaire, le poids des nymphes et la fécondité des femelles, et le test de $2\hat{I}$ tel qu'il a été utilisé par ARBONNIER (1967) pour l'état de développement à 20 jours. L'expression ainsi désignée suit, dans l'hypothèse d'homogénéité des échantillons, une loi de χ^2 . A la 2ème génération d'élevage du ravageur, la levure de bière était différente de celle utilisée habituellement, De ce fait, cette génération n'a pas été prise en considération dans l'expression des résultats.

1.4.2. Substitution de la levure de bière

Les élevages ont été conduits comme précédemment et les critères utilisés pour l'appréciation de

la valeur nutritive des milieux sont **identiques**. Il n'a pas été cependant envisagé dans ce cas de regroupements, à cause des résultats peu enthousiasmants obtenus. Les résultats unitaires sont donc ceux portés sur le tableau XI.

1.4.3. Substitution de l'agar-agar

A partir du moment où seul le liant est différent d'un milieu à l'autre et qu'une telle substitution n'a de sens que dans l'utilisation du produit sélectionné en élevage de masse, afin d'apprécier entre autre son aptitude à contrôler la synérèse, l'élevage individuel à partir du 11ème jour ne nous a pas paru être suffisamment explicite pour l'appréciation des qualités des produits susceptibles de nous intéresser ultérieurement dans la pratique de la production d'insectes. C'est donc **l'élevage** de masse qui a été utilisé pendant les 20 premiers jours du développement larvaire. Afin de **connaître** les durées de développement larvaire et les poids des nymphes, les élevages des chenilles sont poursuivis dans des logettes individuelles à partir du 21ème jour. Les critères d'appréciation autres sont le pourcentage d'adultes, la sex-ratio ($\frac{\text{♀}}{\text{♂} + \text{♀}}$), la fécondité des femelles inséminées et la fertilité des oeufs pondus.

L'agar-agar étant enfin une substance sans valeur nutritive, son utilisation dans les études nutritionnelles en témoigne, il ne nous a pas paru fondamental de poursuivre l'élevage pendant plusieurs générations. Ceci nous évite l'introduction de! variation liée au temps qui ne ferait que compliquer l'interprétation des résultats, sans pour autant devoir changer les conclusions. Ainsi, les résultats portés sur le tableau XII sont ceux obtenus sur une génération. Le taux net de reproduction 'R (utilisé en écologie classique), même s'il n'est pas très représentatif à cause des effectifs, permet de représenter par un seul

paramètre, 3 critères biologiques qui sont : La sex-ratio (**S**), le taux de survie (**V**) et le nombre de descendants (**O**) : $R = S \times V \times O$. Une précaution, qui consiste à utiliser un nombre relativement important de néonates réparties en lots de 20 pendant les 20 premiers jours de développement larvaire, a été prise lors de cet essai.

Aux tableaux VIII, XI et XII, les effectifs sur lesquels les moyennes ont été calculées sont indiqués entre parenthèses. Pour l'ensemble des tests statistiques, utilisés dans l'analyse des résultats, le risque $\alpha = 5 \%$ a été pris.

2. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.1. ELEVAGE SANS GERME DE BLE

2.1.1. Etat de développement à 20 jours

La figure 5 représente l'état de développement des chenilles survivantes âgées de 20 jours. Malgré une légère différence, cet état de développement reste comparable sur les 3 milieux Mb, Ma et S ($2\hat{I} = 3,18$). Seul Mi se détache des autres de façon significative. Ceci traduit une vitesse de développement moindre dans le cas de Mi, corollaire d'une réduction de la valeur nutritive du milieu avec le mil.

2.1.2. Durée du développement larvaire

Le test de Student, effectué sur les valeurs dont les moyennes sont portées au tableau VIII et à la figure 8, a permis d'obtenir les résultats suivants sur les comparaisons des durées de développement larvaire :

♂				♀			
Mb	Ma	S	Mi	Mb	Ma	S	Mi

Il ressort ainsi une différence de réaction entre les sexes. Quel que soit le sexe considéré, la durée de développement sur Mi est **différente** de celle obtenue sur les autres milieux, alors que celle sur S n'est pas significativement différente de la vitesse de développement sur Ma. Ce résultat qui apparait aussi à la figure 8 fait penser, du moins compte-tenu de ce **paramètre**, à une identité des réactions sur ces 2 milieux et **une** similitude dans la composition en matières nutritives **des** 2 céréales.

TABLEAU VII : Caractéristiques biologiques d'*E. saccharina* Wik. élevée sur divers milieux artificiels

Milieu et n° de génération	Etat de développement	Développement larvinaire (j)		Poids des nymphes (mg)		Mortalité		Sex-Ratio $\frac{Q}{\sigma^+ + \varphi}$	Fécondité		Fertilité a	Longévité (j)		
		σ^+	φ	a	φ	L (1)	N (1)		In ¹	N ¹ Ins		σ^+	In ²	N ² Ins
Mb _I	6j : 27L ₃ + 23L ₂ 11j : 1L ₅ + 41L ₄ + 4L ₃ 20j : 30L ₆ + 9L ₅ + 3L ₄	25,25	27,89	92,60	152,60	1,00	0,0	0,54	886	-		12,5	11,7	
S _I	6j : 12L ₃ + 32L ₂ 11j : 32L ₄ + 5L ₃ + 2L ₂ 20j : 15L ₆ + 12L ₅ + 1L ₄ + 1L ₃	25,45	27,83	86,56	136,25	1,60	4,5	0,57	658	552			12,2	
Mi _I	6j : 7L ₃ + 39L ₂ 11j : 32L ₄ + 2L ₃ + 7L ₂ 20j : 2L ₆ + 31L ₅ + 5L ₄ + 1L ₃	32,58	32,09	82,96	132,88	1,40	3,5	0,37	701	-		10,4	10,1	
* Mb _{II}	36L ₃ + 5L ₂ 26L ₄ + 9L ₃ + 1L ₂ 29L ₅ + 1L ₄	38, X	42,20	58,86	77,20	1,00	15,8	0,44	385	-	78,1	15,1	13,0	-
S _{II}	28L ₃ + 18L ₂ 33L ₄ + 6L ₃ 10L ₆ + 23L ₅ + 2L ₄	32,00	36,27	70,45	92,80	0,616	6,5	0,38	542	-	15,2	12,1	13,0	-
Mi _{II}	3L ₃ + 46L ₂ 7L ₄ + 23L ₃ + 2L ₂ 10L ₅ + 10L ₄ + 6L ₃	46, a	46,50	57,59	100,30	0,918	10,0	0,55	564	-	14,7	12,0	13,1	-
Mb _{III}	10L ₃ + 37L ₂ 39L ₄ + 1L ₃ 280 ² + 2PN + 26L ₆ + 7L ₅	23, X	26,47	97,86	176,35	1,00	14,1	0,60	953	881	12,5	17,8	19,2	19,0
Ma _I	50L ₂ 36L ₄ + 6L ₃ 180 ² + 23L ₆ + 16L ₅ + 1L ₄	25, 14	27,06	17,88	165,21	0,80	6,0	0,43	983	713	82,5	15,0	10,2	15,4
S _{III}	1L ₃ + 46L ₂ 29L ₄ + 16L ₃ + 1L ₂ 21L ₆ + 12L ₅	26,76	28,17	11,06	134,61	1,30	3,3	0,45	677	560	13,8	12,5	9,0	14,6
Mi _{III}	33L ₂ + 7L ₁ 3L ₄ + 16L ₃ + 11L ₂ 8L ₆ + 17L ₅ + 5L ₄	30,06	38,00	79,29	105,81	1,00	8,7	0,33	361	-	12,6	11,2	9,	-
Mb _{IV}	1L ₃ + 49L ₂ 42L ₄ + 4L ₃ + 1L ₂ 30L ₆ + 12L ₅	25,42	26,24	17,04	160,01	1,00	0,0	0,54	199	192	14,7	17,2	12,	19,8
Ma _{II}	44L ₂ + 1L ₁ 14L ₄ + 12L ₃ + 15L ₂ 19L ₆ + 10L ₅ + 5L ₄ + 1L ₃ + 1L ₂	26,78	19,36	16,50	148,12	2,615	0,0	0,42	1042	106	11,7	18,6	9,	19,5
S _{IV}	23L ₂ + 12L ₁ 4L ₄ + 4L ₃ + 15L ₂ 6L ₆ + 7L ₅ + 2L ₄ + 2L ₃	31,37	13,60	11,27	144,46	4,10	1,0	0,38	387	160	13,8	12,5	8,	13,6
Mi _{IV}	36L ₂ + 9L ₁ 20L ₄ + 2L ₃ + 11L ₂ 14L ₆ + 9L ₅ + 4L ₃ + 1L ₂	31,67	11,43	8,129	118,14	3,00	0,0	0,30	-	192	-	14,3		13,0
Mb _V	2L ₃ + 44L ₂ + 1L ₁ 26L ₄ + 2L ₃ + 10L ₂ 14L ₆ + 9L ₅ + 4L ₄ + 1L ₃	27,70	27,60	74,98	128,62	1,00	9,1	0,50	61	70	19,9	4,8	13,6	14,7
Ma _{III}	46L ₂ + 1L ₁ 25L ₄ + 3L ₃ + 4L ₂ 5L ₆ + 20L ₅ + 1L ₃ + 1L ₂	3,40	3,00	84,40	129,06	1,10	5,2	0,33	-	32		1,1		11,2
S _V	46L ₂ 15L ₄ + 20L ₃ 11L ₆ + 15L ₅ + 2L ₄ + 2L ₃	29,50	31,90	84,70	127,20	0,93	12,5	0,38	32	60	13,2	1,1	13,0	12,2
Mi _V	INEXISTANTE : Seules 4 Q de G _{IV} étaient apparemment normales. Aucune présence de σ^+ . AUCUN Q fécondé n'a éclos ; rares étaient d'ailleurs ceux qui étaient fécondés.													
Ma _{IV}	INEXISTANTE : Aucune de 5 Q mises en accouplement n'a été inséminée.													

(1) $\frac{\text{Mortalité sur milieu testé}}{\text{Mortalité sur milieu témoin (Mb)}}$

* Cette génération a été réalisée dans un milieu nutritif contenant de la levure de bière différente de celle utilisée d'habitude.

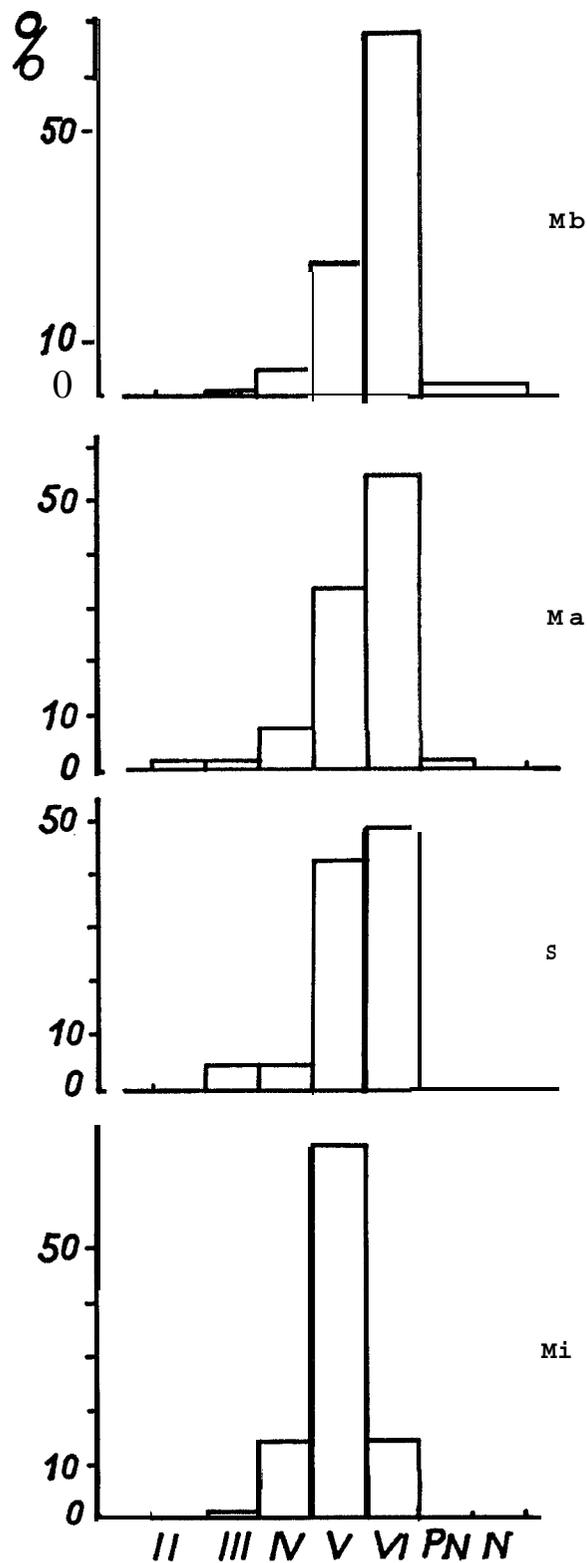


Fig. 5 : Etat de développement des chenilles d'*E. saccharina* Wlk. âgées de 20 jours sur différents milieux

La durée de développement sur Mb, même si elle n'est pas significativement différente de celle sur Ma pour les mâles, l'est pour les femelles. Une telle différence de réaction permet d'avancer une **intéraction** milieu -- sexe, selon laquelle sur Ma les mâles se développent encore **beaucoup** plus rapidement que les femelles en comparaison à ce qui se passe sur Mb.

TABLEAU VIII : Caractéristiques biologiques d' *E. saccharina* Wlk. après regroupement des résultats obtenus aux différentes générations ($\bar{X} \pm \sigma/\sqrt{n}$; entre parenthèses : Effectifs)

MILIEUX CRITERES		Mb		Ma		S		Mi	
		♂ (60)	♀ (71)	♂ (48)	♀ (33)	♂ (52)	♀ (38)	♂ (46)	♀ (26)
Durée de développement larvaire (j)		25,2 ± 0,4	27,0 ± 0,2	26,4 ± 0,7	29,3 ± 0,8	28,0 ± 0,5	29,8 ± 0,6	32,8 ± 0,9	33,7 ± 1,0
Poids des nymphes (mg)		92,4 ± 2,0	157,2 ± 3,6	93,9 ± 2,3	156,0 ± 3,0	90,0 ± 2,0	134,8 ± 2,6	81,2 ± 2,4	126,0 ± 3,7
Fécondité (w/Q)	Q Ins.	915 ± 30 (22)		1 012 ± 66 (20)		675 ± 54 (16)		547 ± 80 (11)	
	Q NIns.	754 ± 32 (18)		-		622 ± 26 (18)		-	
Fertilité des oeufs (%)		89,0 (11 638)		87,1 (7 358)		70,2 (4 167)		52,6 (1 221)	
Sex-ratio ($\frac{Q}{Q + NQ}$)		0,55 (126)		0,41 (57)		0,45 (84)		0,34 (71)	
Longévité (j)	♂	14,7 ± 0,7 (33)		13,7 ± 1,1 (29)		12,6 ± 0,6 (25)		11,5 ± 4,9 (24)	
	Q Ins.	10,8 ± 0,4 (20)		9,8 ± 0,7 (8)		9,7 ± 0,4 (15)		9,8 ± 0,3 (12)	
	Q NIns.	17,7 ± 0,8 (16)		15,6 ± 2,2 (10)		13,7 ± 0,9 (13)		13,0 ± 1,5 (4)	

Quant à la différence de développement des 2 sexes sur les différents milieux, le test de Student **a permis** de mettre en évidence une différence significative dans tous les milieux, à l'exception de Mi ($t = 0,72$). Cela confirme les résultats obtenus par de nombreux auteurs qui ont travaillé sur *E. saccharina* et rapporté que la durée de développement larvaire des mâles est inférieure à celle des femelles. Ce résultat traduit de même l'inaptitude du Mi à assurer un développement larvaire complet dans les meilleurs délais et permet d'avancer l'hypothèse selon laquelle le retard de développement sur Mi, noté à la figure 5 est dû à un retard plus marqué chez les mâles que chez les femelles.

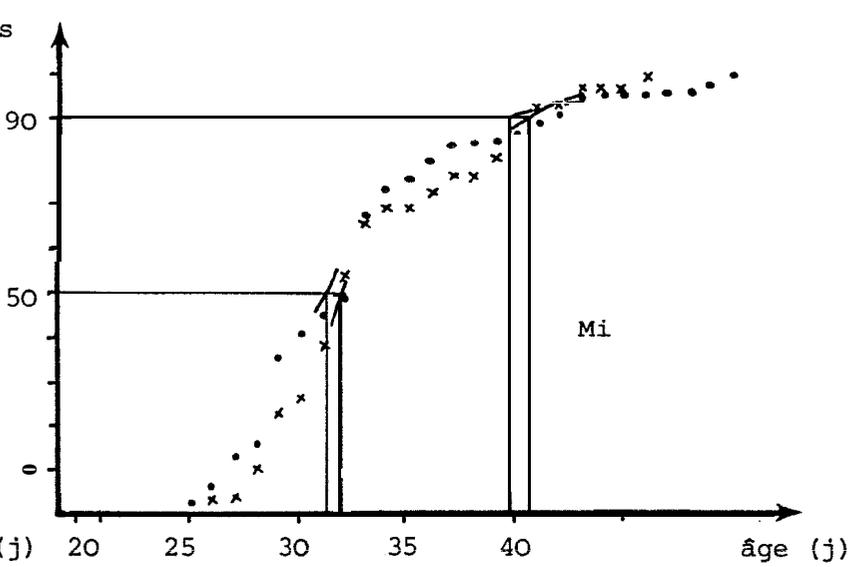
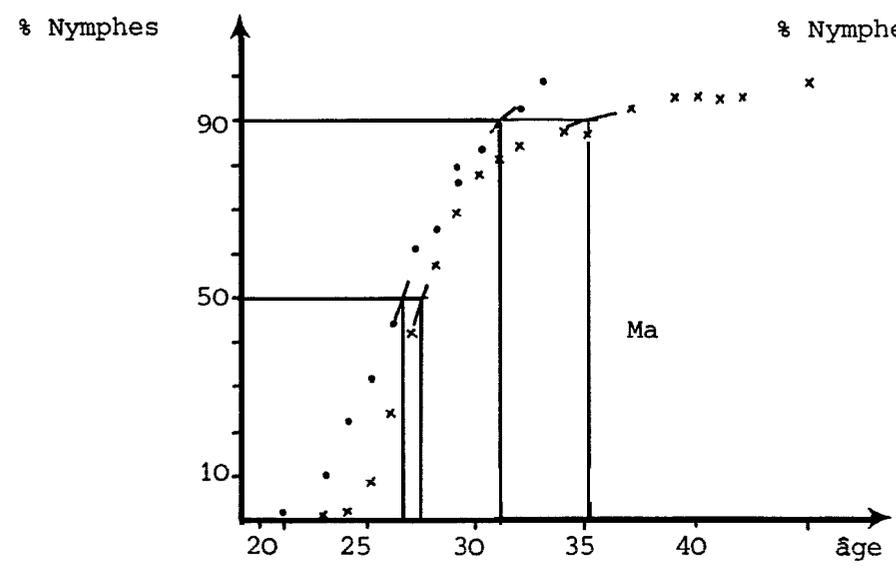
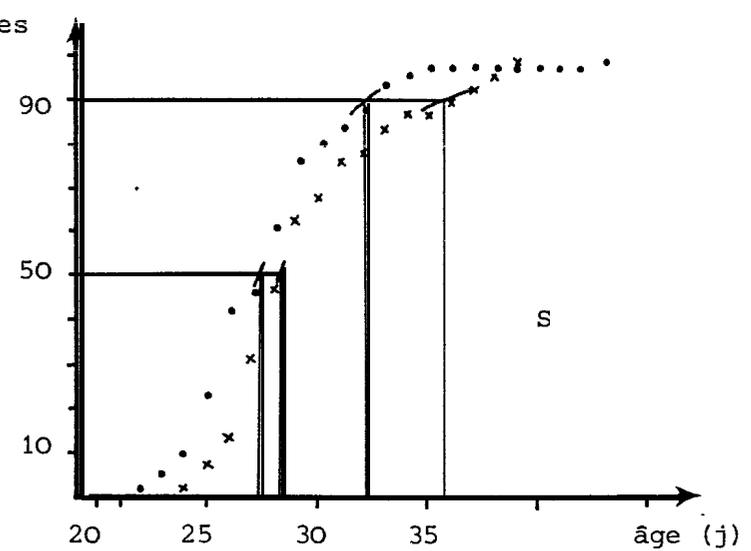
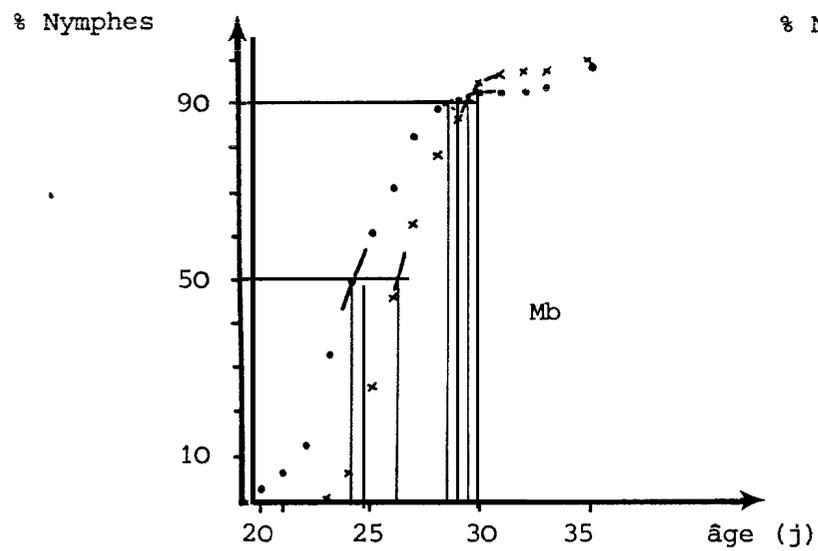


Fig. 6 : Pourcentage de nymphes d'*E. saccharina* Wlk. en fonction de l'âge et du milieu d'élevage : (.) ♂ ; (x) ♀

TABLEAU IX : Délais d'apparition (en jours) des différents pourcentages de nymphes d'*E. saccharina* Wlk. en fonction du milieu et du sexe

Milieux et sexes	Mb		Ma		S		Mi	
	♂	♀	♂	♀	♂	♀	♂	♀
1ère nymphe	20	23	21	23	22	24	25	26
50 %	24,1	26,2	26,7	27,5	27,2	28,2	31,2	32
90 %	28,3	29,4	30,9	33,7	32,3	35,8	39,9	40,7

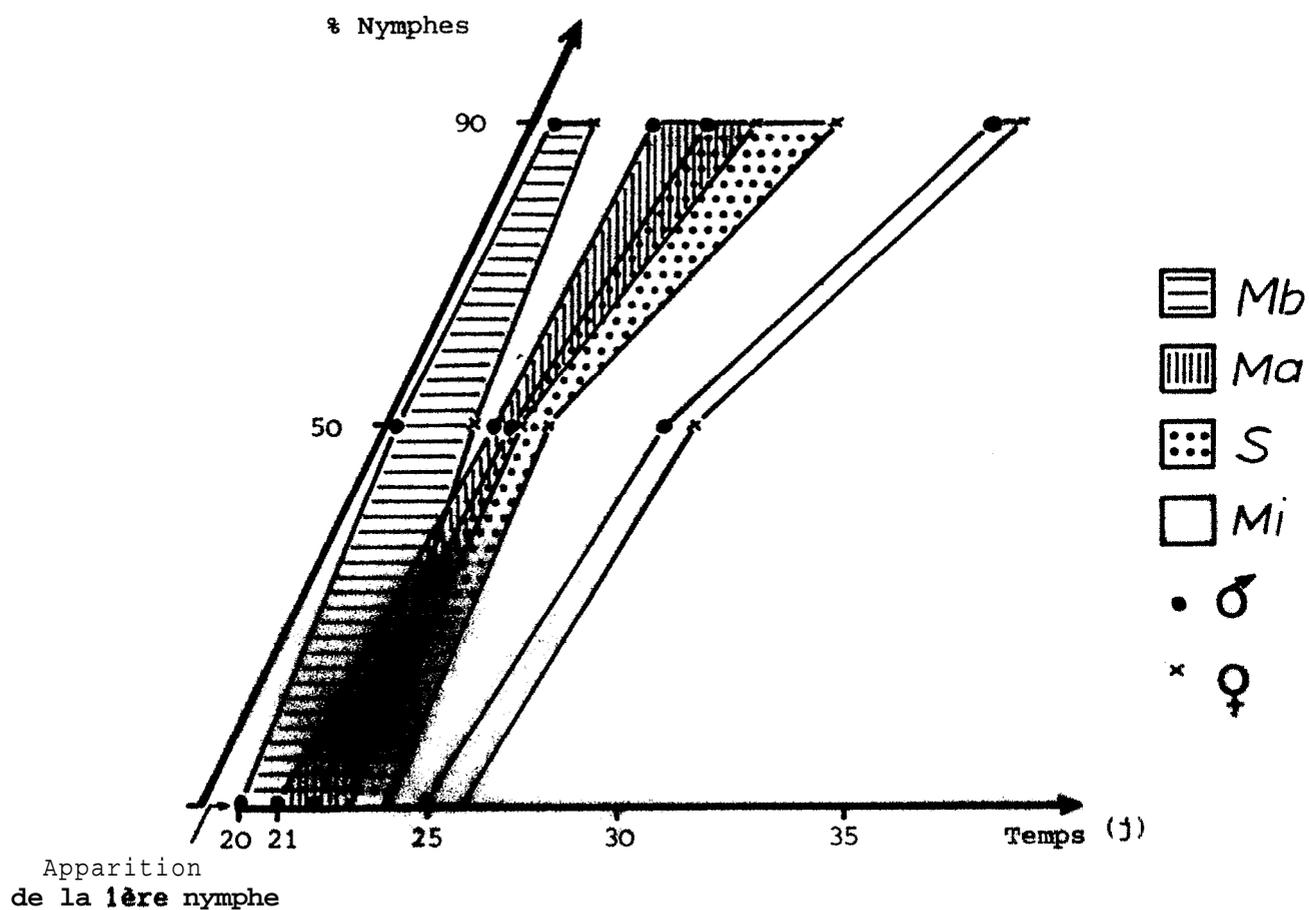


Fig. 7 : Evolution de la nymphose d'*E. saccharina* Wlk. sur différents milieux artificiels

Les délais d'apparition de 50 % et 90 % des nymphes (TABLEAU IX, Fig. 7), déterminés à partir de la figure 6, permettent d'apprécier leur échelonnement. La durée du stade nymphal n'a pas été présentée dans les résultats car, quel que soit le milieu, celle-ci est sensiblement égale à 10 jours. La date d'apparition de la lère nymphe, plus tôt chez les mâles sur Mb (20 jours après le début de l'élevage avec la larve néonate), est retardée dans les différents milieux dans l'ordre : Mb (Ma < S < Mi. Quel que soit le milieu, la lère nymphe à apparaître est une nymphe mâle ; la lère femelle apparaît avec un retard de 1 à 3 jours suivant le milieu. Le délai d'apparition de 90 % des nymphes mâles et femelles traduit la durée croissante des entrées en nymphose sur les milieux Mb, Ma, S et Mi et l'hétérogénéité des réactions des chenilles. Il en résulte une réduction progressive de l'intervalle séparant les délais de nymphose des 2 sexes dans le cas de Mb. Le faible écartement des 2 courbes représentant les mâles et les femelles sur Mi traduit le retard de développement plus important des mâles noté précédemment. Alors que sur Mi, les 2 courbes restent parallèles pendant toute la nymphose, sur Ma et S, elles se resserrent à 50 % pour s'écarter progressivement au-delà, au point de dépasser l'écartement initial. La zone commune aux périodes de nymphose sur Ma et S pendant toute la durée de la nymphose traduit la grande ressemblance de réaction des chenilles à l'égard des 2 milieux. On note enfin un allongement de la durée de développement rapporté à l'augmentation du nombre de nymphes au-delà de 50 %. Cette augmentation est presque double dans le cas de Mi, pour les 2 sexes.

2.1.3. Poids des nymphes

Des comparaisons faites avec la même méthode statistique que celle que l'on a utilisée pour la durée de développement larvaire ont permis d'aboutir aux

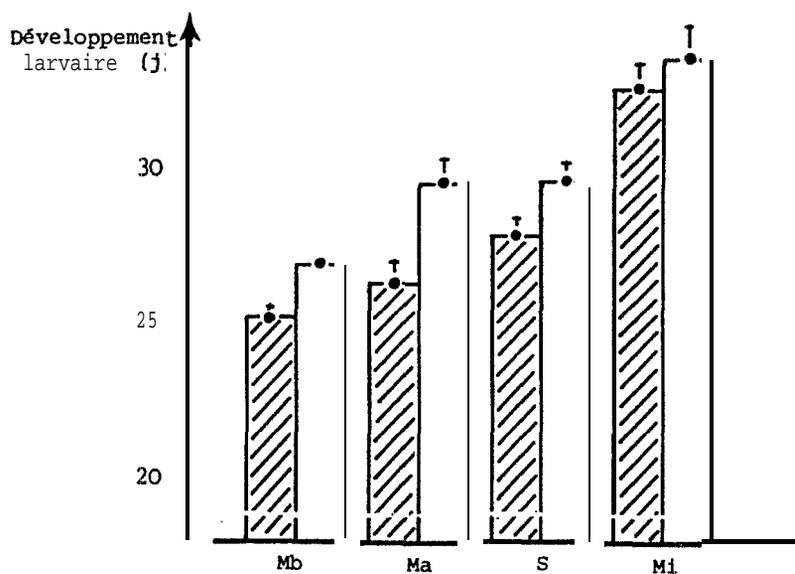


Fig. 8 : Durée de développement larvaire d'*E. saccharina* Wlk en fonction du milieu

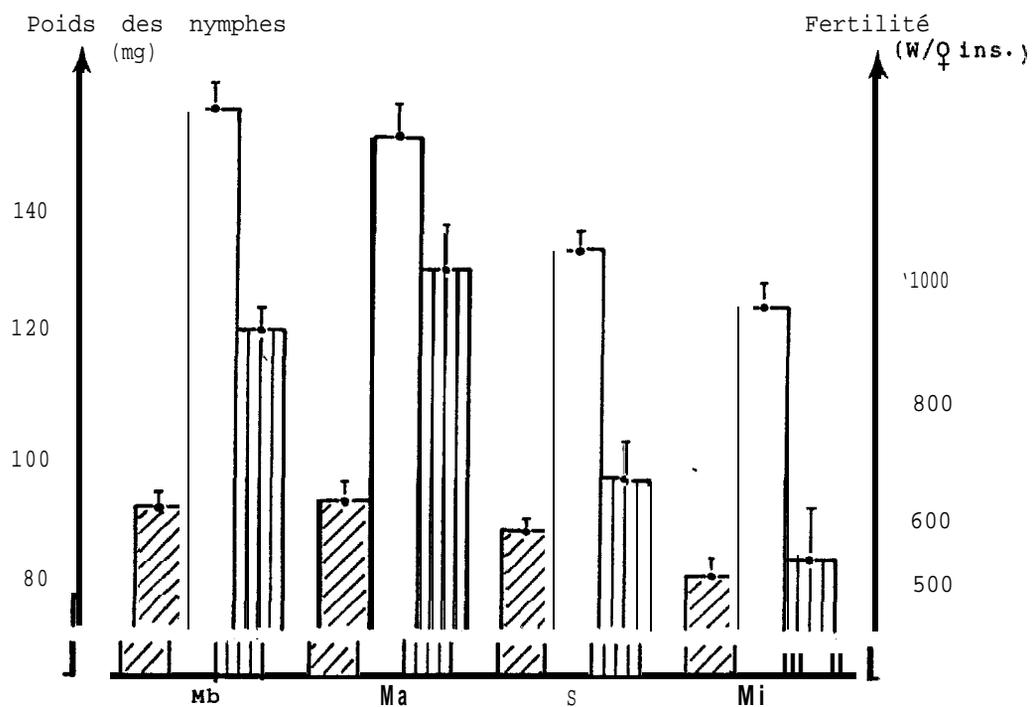


Fig. 9 : Poids des nymphes (▨ ♂ ; □ ♀) et fécondité des ♀ inséminées (▤) d'*E. saccharina* Wlk. en fonction du milieu

conclusions suivantes :

♂				♀			
Mb	Ma	S	Mi	Mb	Ma	S	Mi

On remarque ainsi une croissance **pondérale** des chenilles similaire dans Mb, Ma et S pour les mâles et dans Mb, Ma puis S, Mi pour les femelles. La lecture de la figure 9 conduit aux mêmes résultats. Ces analogies dans le poids des nymphes provenant de **chenilles, dont** la durée de développement est différente, fait penser au poids minimum devant être atteint par la chenille de dernier stade de *M. sexta* dont ~~faisaient état~~ JONES *et al.* (1980). Les femelles ayant des durées de développement comparables en Ma et S ont des poids statistiquement différents. Ainsi pour les insectes considérés, le maïs est plus apte que Le sorgho à assurer un développement pondéral optimum d'*E. saccharina*. La faiblesse du poids des nymphes provenant des chenilles élevées sur Mi, **même** si ces poids ne sont pas significativement différents chez les femelles de celles des nymphes obtenues sur S, traduit le retard de développement à 20 jours. Ces poids révèlent une incapacité du mil à assurer, dans les conditions d'utilisation, un développement correct des chenilles survivantes. Leur valeur traduit également le retard de développement des mâles, plus accentué que celui des femelles. Ainsi en comparaison **aux** autres milieux, les chenilles femelles ont une réaction plus adaptée à **ce** milieu. Le test de Student et la figure 9 font **apparaître** enfin des différences de poids entre les sexes, quel que soit le milieu considéré.

2.1.4. Mortalités

La mortalité larvaire, contrairement à celle qui frappe les nymphes a été élevée, même sur le

que la **fécondité** des femelles est de l'ordre de 500 oeufs. Selon KAUFMANN (1983), pendant les 3 nuits qui suivent le début des pontes, la femelle d'*E. saccharina* élevée en cage pond de 200 à 300 oeufs. L'auteur précise cependant que ceci ne correspond pas à la fécondité réelle d'*E. saccharina*, laquelle peut avoisiner 1 000 oeufs. C'est ce dernier chiffre que semblent confirmer nos observations.

Le test de Mann-Whitney a permis, par ailleurs, de comparer les fécondités des femelles inséminées et celles des femelles non inséminées sur Mb et S. Ces 2 fécondités sont significativement différentes dans le cas de Mb ($t = 3,25$), alors qu'aucune différence significative n'a été mise en évidence sur S ($t = 0,87$). Ce résultat permet d'avancer l'hypothèse d'une atteinte des mâles obtenus sur S. L'accouplement avec de tels mâles, même s'il stimule la ponte, entraîne des perturbations de nature indéterminée dont la conséquence est une réduction importante de la fertilité.

Le décompte du nombre d'ovocytes mûrs restés dans les ovarioles de 19 femelles mortes de Mb (10 femelles inséminées et 9 femelles non inséminées) a abouti aux moyennes de 2,3 W/♀ ins. (0-9) et 4,6 W/♀ Nins (1-18). Ces moyennes attestent que l'ensemble des ovocytes mûrs ont été pondus ou résorbés. Cette résorption apporte une éventuelle explication à la plus grande longévité que manifestent les femelles non inséminées. Cette longévité pourrait trouver une autre explication dans le fait que l'absence d'accouplement provoque la non poursuite de l'ovogénèse, sachant que celle-ci nécessite beaucoup de substances.

Les valeurs de la fertilité des oeufs, comme celles de la mortalité larvaire, sont très variables et il est difficile d'en tirer une conclusion autre que la fertilité est très fluctuante dans S et Mi, où elle baisse

d'ailleurs jusqu'à 50 % des oeufs pondus.

Autant la **longévit**é des adultes n'a pas été **différente** au cours des générations et sur les différents milieux, autant il aurait été important d'apprécier la réceptivité sexuelle des adultes. En effet, l'extinction de l'élevage sur Ma et Mi a été, à l'évidence, causée par une absence d'insémination des femelles. Il n'a pas été possible néanmoins, avec les observations faites à cet effet, à cause de la petite taille des effectifs, d'incriminer plus spécialement les mâles ou les femelles. Plus tard d'ailleurs, après une baisse de fertilité à 50 % sur S, l'élevage a pris fin sur ce milieu, mais cette fois à cause d'une très forte mortalité larvaire précoce observée en élevage de masse et parallèlement à une utilisation de stéroïds, dont les résultats obtenus sont portés au tableau X.

Cette baisse de fécondité sur S en 6^{ème} génération était cependant précédée d'un **changement** dans la fécondité des femelles obtenues sur ce milieu en G_v. Bien que les fécondités soient numériquement correctes, les femelles non inséminées ont pondu plus d'oeufs que celles qui ont été inséminées. Cette inversion des fécondités est en contradiction avec les observations antérieures ; elle traduit une certaine perturbation dans l'**oviposition**, due à l'insémination et permet un début d'explication de l'échec de l'élevage sur les milieux sans germe de blé. Celui-ci serait dû, en grande partie, aux **mâles**, car même si les observations faites à cet effet l'ont été sur de faibles effectifs, une amélioration du pourcentage d'insémination a été obtenue avec l'utilisation des **mâles** provenant de Mb. Une baisse de fertilité a été cependant notée par rapport à ce milieu. L'absence de différences entre les fécondités des femelles inséminées et celle des femelles non inséminées sur S va dans le **même** sens.

TABLEAUX : Poursuite de l'utilisation du sorgho en **élevage** de masse et amélioration du **résultat** : caractéristiques biologiques d'*E. saccharina* Wlk.

(sauf **précisions**, les parenthèses contiennent les effectifs)

Génération	Nombre de néonates	Nombre de nymphes *	Nombre d'adultes (♂ + ♀)	Pourcentage adultes par rapport aux néonates et SR	Mortalité ** (%)	Fécondité Q		Fertilité (%)
						Ins.	NIns.	
VI	52	19	14(7 + 7)	27 0,50	65	580 (3)	169 (4)	51,4 (1 433)
VII	55	Aucun développement						
avec β-sitostérol	80	42	40(21+19)	50 0,47	21	918 (10)	609 (6)	93,2 (8 421)
Meilleur témoin en élevage individuel	50	35	30(12+18)	60 0,60	26	953 (6)	881 (5)	92,5 (4 508)

* Le nombre de nymphes est celui obtenu après 26 jours (22 jours de développement larvaire et 2 x 2 jours de mise à nymphose).

** La mortalité est obtenue en retranchant au nombre de néonates le nombre de nymphes et le nombre de chenilles qui, après les 26 jours étaient au moins au 5ème stade larvaire. Ceci nous évite de garder pendant longtemps les boîtes de nymphose, tout en tenant compte des chenilles dont la viabilité a été vérifiée par ailleurs et qui ne se seraient pas encore nymphosées.

On note sur le tableau VII que les échecs des élevages ne se manifestent pas de **la** même façon et au même moment sur les différents milieux. Alors qu'aux 2 générations sur Ma, les paramètres biologiques d'*E. saccharina* restent comparables à ceux obtenus sur Mb, ces derniers sont supérieurs à ceux **sur S** et Mi, du moins à la Ière génération. Les extinctions des élevages sont apparues cependant plus tardivement dans ces milieux, même si les manifestations des échecs sont identiques sur Mi et Ma. La réussite des 2 générations sur Ma serait à mettre en relation avec des réserves qui seraient suffisantes pour assurer un développement et une reproduction correcte du ravageur pendant 2 générations. Les performances obtenues sur S et Mi font plutôt penser que la quantité de Ma utilisée contient davantage de stérols que celles de S et Mi, à moins que dans les milieux préparés avec ces céréales, il existe un facteur qui gênerait l'utilisation des réserves supposées.

Selon CHIPPENDALE & REDDY (1972), le facteur de croissance contenu dans le germe de blé est le **β -sitostérol**. C'est ce que semble confirmer les résultats portés sur le tableau X. L'adjonction de **β -sitostérol** au milieu d'élevage de la 7ème génération sur S donne, en effet, des résultats comparables aux meilleurs **résultats** obtenus sur le témoin, lors de nos élevages. Que les stérols soient précurseurs de l'ecdysone ou liés **aux protéines hémolympatiques**, comme l'a signalé GILBERTE (1967), leur absence semble expliquer les mues surnuméraires mentionnées au chapitre II et qui ont été observées pendant l'élevage d'*E. saccharina* en l'absence de germe de blé.

Quant aux **composés** linoléiques et linolé-
niques contenus dans le germe de blé et indispensables, selon ITO *et al.* (1964), à *D. grandiosella* pour un développement alaire normal, leur importance n'a pas été mise en

évidence lors de nos élevages. Les quantités de céréales utilisées en contiendraient donc, sans doute suffisamment, pour répondre aux besoins d'*E. saccharina*. Une telle hypothèse se trouve renforcée au vu des résultats obtenus sur *T. ni*, en l'absence de germe de blé par CHIPPENDALE *et al.* (1965) : allongement de 54 % de la durée de nymphose à 50 % (11 jours sur le témoin) et 91 % des adultes présentant une déformation alaire.

2.2. SUBSTITUTION DE LA LEVURE DE BIÈRE

Qu'il s'agisse d'**Hydrosol**[®] polyvitaminé ou d'**Alvityl**[®], le mélange vitaminique donne des résultats peu intéressants, du moins en tant que substitut de la levure de bière.

Les deux mélanges donnent des résultats comparables, à la différence qu'avec l'**Alvityl**[®], même si le **pourcentage** d'insémination est faible en 2ème et 3ème générations, celle-là a lieu, alors que dans le cas de l'**Hydrosol**[®] polyvitaminé, aucune des femelles n'a été inséminée malgré la présence de mâles, comme ce fut le cas sur Ma et Mi.

Le développement des chenilles sur les milieux contenant des **mélanges** vitaminiques est très ralenti. L'état de développement à 20 jours et la durée moyenne de développement larvaire sont significatifs à cet effet. Malgré l'allongement considérable de la durée de développement larvaire, le poids des nymphes reste très faible par **rapport** à celui des nymphes obtenues sur le témoin.

Comme précédemment, la longévité des adultes est comparable sur les différents milieux. La fécondité, **quant** à elle, est réduite de moitié sur les milieux avec mélanges vitaminiques. La fertilité est encore très fluctuante avec l'**Alvityl**[®] où elle est presque nulle en G_{III}.

L'ensemble des vitamines supposées être contenues dans la levure de bière utilisée existe dans les mélanges vitaminiques. Dans le cas contraire, la vitamine manquante a été incorporée sans que le **résultat** obtenu ne soit amélioré (**B₁₂** dans **Hydrosol**[®] polyvitaminé). Comme précédemment, il paraît difficile de trouver une explication aux valeurs de la sex-ratio et à leur variation. On remarquera, dans ce

TABEAU XI Substitution de la levure de bière par des $\llcorner\llcorner$ 41anges vitaminiques ; caractéristiques biologiques d'*E. saccharina* Wlk. (Entre parenthèses : les effectifs.)

Milieux et n° de génération	Etat de développement	Développement larvaire (j)		Poids des nymphes (mg)		Mortalités		Sex-Ratio $\left(\frac{\sigma}{\sigma+\varphi}\right)$	Fécondité		Fertilité	Longévité (1)			
		σ	φ	σ	φ	L (1)	N		φ	Ins.		NIns.	σ	φ	
													Ins.	NIns.	
G _I	Mb	10L ₃ + 37L ₂ 39L ₄ + 1L ₃ 2N0 + 2FN + 26L ₆ + 7L ₅	23,30 (15)	26,47 (19)	97,86 (15)	176,35 (19)	1,00	14,3	0,60 (34)	953 (5)	881 (5)	92,5 (4508)	17,8 (5)	10,2 (5)	19,0 (5)
	Hydrosol polyvitaminé	41L ₂ 2L ₄ + 2L ₃ + 33L ₂ 5L ₆ + 19L ₅ + 6L ₄	38,25 (8)	33,33 (9)	66,66 (8)	110,03 (9)	2,11	16,7	0,53 (17)	548 (3)	518 (6)	89,9 (1068)	12,5 (5)	10,3 (3)	18,5 (7)
G _{II}	Mb	1L ₃ + 49L ₂ 42L ₄ + 4L ₃ + 1L ₂ 30L ₆ + 12L ₅	25,42 (19)	26,24 (21)	97,04 (19)	160,08 (21)	1,00	0,0	0,54 (40)	999 (5)	692 (7)	84,7	17,3 (6)	12,0 (5)	19,8 (7)
	Hydrosol polyvitaminé	374 + 3L ₁ 9L ₃ + 29L ₂ 2L ₆ + 25L ₅ + 3L ₄ + 2L ₃	33,57 (7)	34,62 (16)	65,13 (7)	92,69 (16)	3,00	21,7	0,72 (23)	-	422 (10)	-	19,7 (9)	-	22,0 (3)
G _{III}	Hydrosol polyvitaminé	INEXISTANTE : en G _{II} , on a eu 13 φ et 5 σ . Aucune des femelles n'a été inséminée malgré la présence de σ .													
G _I	Mb	2L ₃ + 44L ₂ + 1L ₁ 26L ₄ + 2L ₃ + 10L ₂ 3L ₆ + 13L ₅ + 12L ₄ + 3L ₃	27,70 (10)	27,60 (12)	74,98 (10)	128,62 (12)	1,00	9,1	0,50 (22)	861 (6)	720 (6)	89,9 (3168)	14,8 (7)	10,6 (5)	14,7 (4)
	Alvityl	46L ₂ 2L ₃ + 41L ₂ 3L ₆ + 13L ₅ + 12L ₄ + 3L ₃	35,80 (14)	38,20 (13)	70,11 (14)	99,70 (13)	0,78	10,7	0,52 (27)	449 (3)	401 (4)	55,8 (839)	10,4 (7)	11,3 (3)	16,5 (4)
G _{II}	Alvityl	23L ₂ + 22L ₁ 43L ₂ 5L ₅ + 31L ₄ + 2L ₃ + 3L ₂	36,30 (15)	36,60 (17)	64,98 (15)	98,60 (17)		6,6	0,46 (32)	585 (2)	344 (10)	88,9 (971)	5,0 (2)	11,5 (2)	11,4 (7)
G _{III}	Alvityl	24L ₂ + 11L ₁ 3L ₃ + 29L ₂ + 2L ₁ 5L ₅ + 15L ₄ + 3L ₃	35,40 (5)	36,80 (8)	64,70 (5)	99,60 (8)		7,1	0,64 (13)	461 (2)	463 (4)	9,5 (439)	15,6 (5)	18,0 (2)	15,0 (4)
G _{IV}	INEXISTANTE : 2 φ en G _{III} et fertilité très basse														

cas cependant, une prédominance des femelles dans la population. Le nombre de mâles serait néanmoins suffisant pour les féconder, sachant qu'un mâle peut couramment *in-séminer* 3 femelles (**BETBEDER-MATIBET**, 1977).

Deux hypothèses peuvent être avancées dans la tentative d'explication de cet échec, étant donné que la consistance du milieu semble être correcte et que le pH du milieu n'a pas été sensiblement modifié :

- Les excipients des mélanges utilisés pourraient avoir un effet néfaste sur le développement d'*E. saccharina*.
- La levure de bière, outre les vitamines qu'elle contient, apporterait d'autres éléments au milieu d'élevage. L'état de consommation des milieux avec substituts fait penser à une action phagostimulante de ces éléments.

A cet effet, **GOTHILF & BECK** (1967) signalent l'importance des éléments minéraux et particulièrement du potassium dans l'alimentation de *T. ni*. Selon ces auteurs, ni le potassium, ni l'huile de germe de blé, utilisés seuls, n'ont d'action phagostimulante. Les 2 éléments agirait cependant par synergie sur la prise de nourriture de façon satisfaisante.

A cause de la similitude de comportement d'*E. saccharina* sur les 2 milieux, des formulations différentes des 2 mélanges vitaminiques et des paramètres biologiques des insectes élevés sur les milieux en présence de mélanges vitaminiques, une action phagostimulante semble plus en mesure d'expliquer l'échec de cette substitution. Ceci est d'autant plus vraisemblable, que même si l'évaluation de la consommation des milieux n'a pas été envisagée, il a été noté une réduction substantielle de la prise de nourriture dans les milieux où sont incorporés les mélanges vitaminiques.

2.3. SUBSTITUTION DE L'AGAR-AGAR

Le tableau XII et la figure 10 font apparaître une très grande ressemblance dans les valeurs des paramètres biologiques d'*E. saccharina*, obtenus sur les milieux avec différents substituts. On note cependant un léger allongement de la durée de développement larvaire sur Danagel[®]₂, durée d'autant plus remarquable que chez les mâles, elle s'accompagne d'une perte de poids des nymphes. Semblable à ce résultat sur Danagel[®]₂, les chenilles femelles de Mb ont un développement larvaire légèrement allongé par rapport à Gelcarin[®] et Seagel[®] Pet. La différence avec Gelcarin[®] n'est pas significative, mais elle s'accompagne d'un gain de poids qui, lui, l'est. Le raccourcissement du développement larvaire des femelles sur Seagel[®] Pet, bien qu'étant significatif par rapport à l'agar-agar, ne peut trouver d'explication dans la nature de ce substitut, d'autant plus que ce raccourcissement ne s'accompagne pas d'une variation du poids des nymphes et qu'un tel phénomène n'est pas observé chez les mâles.

Quelle que soit la représentativité de R, il fait apparaître un abaissement du taux de reproduction d'*E. saccharina* avec l'utilisation de Gelcarin[®], de Seagel[®] Pet et de Danagel[®]₁. L'augmentation de la valeur de ce paramètre avec l'utilisation de Danagel[®]₂ prouve que son abaissement dans les autres milieux est essentiellement dû aux changements de la sex-ratio. Calculée sur des effectifs aussi faibles, celle-ci me semble très peu fiable. Si cette augmentation de R avec Danagel[®]₂ était précédée d'une amélioration des autres paramètres biologiques, elle trouverait une explication qui serait essentiellement due à une meilleure alimentation dans ce milieu, grâce à l'obtention d'une consistance plus adéquate de celui-ci, conséquence d'une différence de poids de Danagel[®] utilisé en 1 et 2. Exceptée la valeur trouvée en Danagel[®]₁, ce coefficient R reste com-

parable au coefficient multiplicateur rapporté par BETBEDER-MATIBET (1977), qui est de 300 à 400.

TABLEAU XII : Caractéristiques biologiques d'*E. saccharina* Wlk. en fonction du liant du milieu d'élevage
($\bar{x} \pm \sigma/\sqrt{n}$; entre parenthèses : effectifs)

SUBSTITUTS CRITERES BIOLOGIQUES		Agar-agar (14 g)	Gelcarin [®] (14 g)	Seage [®] Pet (14 g)	Danagel [®] 1 (14 g)	Danagel [®] 2 (10 g)
Nombre de néonates		60	100	120	60	60
Développement larvaire (j)	♂	26,4 ± 0,7 (17)	26,6 ± 1,1 (33)	26,7 ± 1,3 (54)	27,1 ± 0,9 (18)	28,5 ± 0,6 (16)
	♀	30,4 ± 0,5 (27)	29,8 ± 1,0 (44)	28,9 ± 0,7 (50)	30,4 ± 0,5 (24)	31,5 ± 0,5 (30)
Poids des nymphe (mg)	♂	105,1 ± 5,2 (17)	104,6 ± 5,3 (33)	93,4 ± 3,8 (54)	108,0 ± 3,6 (18)	93,2 ± 4,0 (16)
	♀	197,4 ± 4,5 (27)	176,5 ± 4,6 (44)	170,1 ± 8,1 (50)	168,2 ± 4,4 (24)	171,1 ± 4,2 (30)
% Adultes		75	66	81	63	77
Sex-ratio		0,64 (45)	0,57 (66)	0,44 (98)	0,53 (38)	0,65 (46)
Fécondité (W/q)		920 ± 80 (6)	984 ± 94 (15)	860 ± 92 (18)	761 ± 32 (7)	912 ± 64 (9)
Fertilité %		90,0 (3168)	92,0 (11668)	95,0 (11781)	89,2 (4046)	93,0 (4992)
N = S x V x O		397	340	291	227	424
Longévités	♂	11,2 ± 1,7 (6)	9,2 ± 2,8 (11)	10,3 ± 1,9 (14)	15,8 ± 1,5 (6)	13,8 ± 1,7 (6)
	♀ Ins.	11,9 ± 1,0 (10)	9,4 ± 2,1 (15)	9,4 ± 2,4 (18)	9,7 ± 0,9 (6)	10,8 ± 0,6 (9)

Les fécondités des femelles, comparées 2 à 2 au moyen du test de Student, ne sont pas statistiquement différentes, sauf dans le cas de Danagel[®]₁ et Gelcarin[®] (t = 3,9). Même si cette fécondité est identique en Gelcarin[®] et en milieu avec de l'agar-agar, le Gelcarin[®] semble être plus intéressant compte-tenu de ce paramètre.

Ces résultats confirment ceux obtenus par SEIAPIRO & BELL (1982) pour l'élevage de *L. dispar*, à la suite d'une substitution de l'agar-agar par des carragenates dont Gelcarin[®] et Seage[®] Pet. Il apparait ainsi la possibilité de substituer l'agar-agar dans le milieu de POITOUT & BUES par l'une des 3 substances. Bien que celles-ci offrent des possibilités comparables sur la biologie d'*E. saccharina*, le Danagel[®] présente un plus grand intérêt, en ce sens que la quantité optimale de ce produit est inférieure à celle des autres dont la réduction n'a pas paru indispensable.

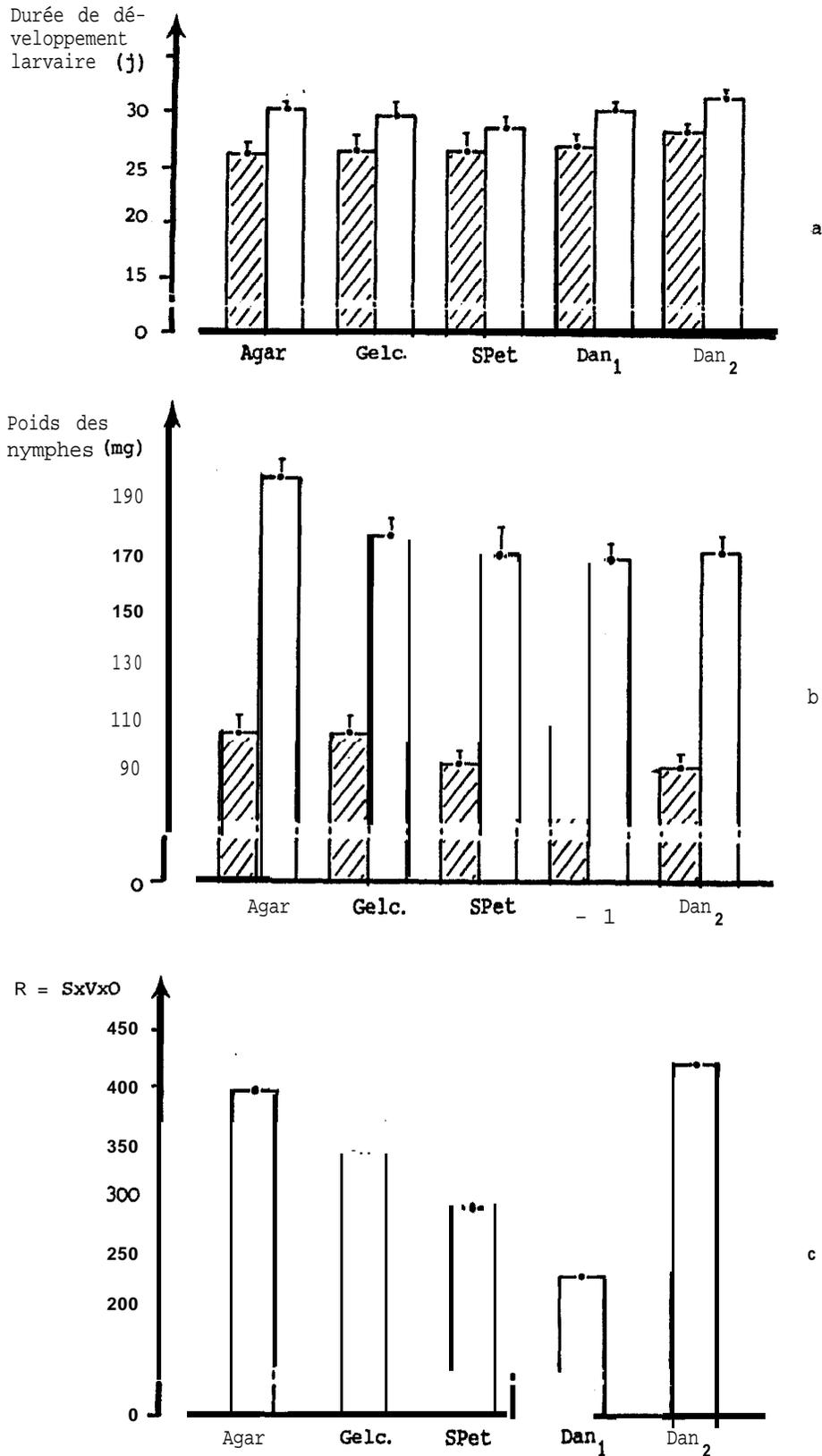


Fig. 10 : **Durée** du développement larvaire (a), poids des nymphes (b) et taux de reproduction (c) d'*E. saccharina* en fonction du liant (♂  ; ♀ )

En plus des avantages financiers, une telle réduction présente un intérêt pratique lors de la préparation des milieux. L'utilisation d'une quantité moindre de liant permet, en effet, d'obtenir une solution moins épaisse et facilite l'incorporation des substances nutritives et antimicrobiennes et l'homogénéisation du milieu avant le début de la gélification. Ces facilités sont très appréciables lors de la préparation de petites quantités de milieu.

CONCLUSIONS

L'ensemble de ces essais fait apparaître l'importance du germe de blé ou des stérols et de la levure de bière dans l'alimentation d'*E. saccharina* et la possibilité de remplacer l'agar-agar contenu dans le milieu témoin par d'autres extraits d'algues.

L'hétérogénéité des réactions sur les différents milieux dépourvus de germe de blé prouve que les **stérols** ne sont pas les seuls responsables des échecs enregistrés. Même si ceci ne semble pas être le cas sur Ma, un ou plusieurs produits, autres que les stérols, semblent avoir une importance dans l'échec des élevages **sur** S et Mi.

Quant à l'échec des élevages à la suite de la substitution de la levure de bière, la présence ou non de substances liées à la prise de nourriture semble plus en mesure de les expliquer que la quantité et la qualité des vitamines contenues dans la levure de bière.

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

L'objectif de notre travail était la contribution à la connaissance de la biologie d'*E. saccharina* et à celle des milieux d'élevage des chenilles, dont la réduction du prix de revient était parmi nos préoccupations. De cette étude, il ressort les résultats suivants :

1 - Le nombre de stades larvaires d'*E. saccharina*, même s'il est sujet à des variations essentiellement dues à l'alimentation, est de 5 ou 6. Cette dualité est liée au sexe ; ainsi, les chenilles mâles ont 5 ou 6 stades larvaires dans les proportions respectives de 63 et 37 %, alors que les femelles en ont 6. L'action de l'alimentation sur le nombre de stades larvaires du ravageur est très variable. Elle peut se limiter à une faible altération de ce nombre avec l'apparition de mue(s) surnuméraire(s), suivie(s) de nymphose ; mais l'alimentation peut être aussi responsable d'une absence totale de nymphose.

2 - Le germe de blé et la levure de bière sont indispensables dans les milieux d'élevage des chenilles. Alors que le germe de blé l'est essentiellement à cause des stérols qu'il contient, l'importance de la levure de bière dépasse sa richesse en vitamines B. D'autres facteurs liés probablement à la prise de nourriture sont présents dans la levure de bière, dont la substitution par des solutions vitaminiques est fortement ressentie dès la première génération du ravageur ; tous les paramètres biologiques sont très affectés. Le β -sitostérol apparaît, par contre, comme un substitut potentiel du germe de blé et il serait intéressant de poursuivre son utilisation afin de déterminer, si possible, une dose économiquement intéressante.

3 - La substitution de l'agar-agar par un produit autre que les extraits d'algues n'a pas été possible. Le recours à des produits de même nature que l'agar-agar a permis de lui trouver des substituts parmi les extraits d'algues. Le **Gelcarin**[®], le **Seagel**[®] Pet et le **Danagel**[®] peuvent être utilisés à cette fin. Cette substitution permet, d'une part **l'indépendance** vis-à-vis d'un produit unique pour l'ensemble des élevages et d'autre part la réduction d'environ 30 % du prix de revient du milieu artificiel.

Même si la suppression **définitive** du germe de blé dans les milieux artificiels d'élevage des chenilles n'est pas envisageable, celui-ci peut être omis avec l'utilisation du sorgho pendant près de 4 générations, sans que le potentiel biotique de l'insecte ne soit très fortement atteint. Le risque est tout au plus, du moins avec *E. saccharina*, une légère réduction de la fécondité et de la fertilité. Son élimination des milieux d'élevage, dans certains cas, ne pourrait-il pas d'ailleurs s'inscrire dans la stratégie de lutte proposée par PRATT *et al.* (1972) ?

Alors que l'utilisation de mélanges vitaminiques n'a pas été porteuse de résultats pratiques intéressants, compte-tenu des performances très réduites du ravageur, la substitution de l'agar-agar, à cause des deux possibilités qu'elle offre, est très appréciable pour **l'élevage** de masse des insectes. Une telle substitution est encore plus intéressante si cet élevage est envisagé en Afrique, où les moyens financiers sont limités et les conditions d'approvisionnement souvent précaires.

R E F E R E N C E S B I B L I O G R A P H I Q U E S

- AIKINS J.S., 1957. - Dry season investigation of the stem borers, N. région Ghana *Fmr* 1 : 190-191 (cite par GIRLING).
- ALAM M.M., 1980. - Biological and ecological factors affecting populations of sugarcane moth borer, *Diatraea saccharalis* (Lep. Pyralidae) *Entomophaga* 25 : 401-414.
- ALTMAN P.L. & DITTMER D.S., 1968. - Nutrient requirements and utilisation : insects. *In. Metabolism*, Committee of Handbooks, pp. 148-167. Fed. Am. soc. Exptl. Biol, Washington, D.C.
- APPERT J., 1957. - Les parasites animaux des plantes cultivées au Sénégal et au Soudan. Jouve, Paris, 272 p.
- " , 1971. - Les insectes nuisibles au maïs en Afrique et à Madagascar. *Agro. Trop.* 26 : 476-499..
- ARBONNIER P., 1967. - Dévitalisation du charme sur pied. Résultats comparatifs de quelques méthodes chimiques. *Ann. SC. Forest.* 24 : 5-44.
- ATKINSON P.R., 1980 a. - On the biology, distribution and natural host-plants of *E. saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae). *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 43 : 171-194.
- " , 1980 b. - Light source tests for trapping *E. saccharina* Wlk. moths. *Proc. S k h. Afr. Sugar Techn. Assoc.* 3 p.
- " , 1981. - Mating behaviour and activity patterns of *E. saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae). *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 44 : 265-280.
- " , 1982 a. - structure of putative pheromone glands of *E. saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae). *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 45 : 93-104.
- " , 1982 b. - Phenology of *E. saccharina* Wlk. in Natal and the use of light traps to monitor the distribution and abundance of the insect. *Proc. Sth. Afr. Sugar Techn. Assoc.* 5 p.

- ATKINSON P.R., CARNEIGE A.J.M. & SMAILL R.J., 1981. --
A history of the outbreaks of *E. saccharina* Wlk.
in Natal. *Proc. Sth. Afr. Sugar Techn. Assoc.* 5p.
- :BATHON V.H., 1982. - Zum partiellen Ersatz von Agar durch
Tonmineralien in Nährmedien zur Insektenzucht
Zeits. Angew. Entomol. 93 : 482-489.
- BECK S.D., 1950. - Nutrition of the european corn borer :
Pyrausta nubilalis Hbn. II Some effects of diets
on larval growth characteristics. *Physiol. Zool.*
23 : 353-361.
- " , 1965. - Resistance of plants to insects. *Ann. Rev.*
Entomol. 10 : 207-282.
- BESSIS S., 1980 (1983). - Les Africains vivent-ils mieux
aujourd'hui ? *Jeune Afrique spécial* 1168 : 68-72.
- BETBEDER-MATIBET M., 1977. - *Eldana saccharina* Walkes : Tech-
nique d'élevage sur milieu artificiel et obser-
vations sur sa biologie. *Agro. Trop.* 32 : 3.74-179.
- " , 1981. - *Eldana saccharina* Wlk. foreur
des tiges de la canne à sucre en Afrique. *Agro.*
Trop. 36 : 279-293.
- " , 1983. - *Eldana saccharina* Wlk. (Lep.
Pyralidae), foreur des tiges de la canne à sucre
en Afrique : Dynamique des peuplements dans les
plantations, comportement larvaire et recherche
de moyens de lutte. Thèse doct. ingénieur., Mont-
pellier, 192 p.
- BHASKARAN G. & JONES G., 1980. - Neuroendocrine regulation
of corpus allatum activity in *Manduca sexta*.
The endocrine basis for starvation induced su-
pernumerary larval molt. *J. Insect Physiol.* 26 :
431-440.
- BHATTACHARYA C.G., 1967. - A simple method of resolution of
a distribution into gaussian components.
Biometrics 23 : 115-135.

- BOGDANOV E.A., 1908. - Über das Abhängigkeit des Wachstums der Fliegenlarven von Bakterien und bei Fleischfliegen. *Arch. Anat. Physiol. Abt. suppl.* 173-200 (cité par SINGH).
- BORDAT D., 1978. - *Chilo zacconius* Blesz. : Technique d'élevage sur milieu artificiel et observations sur sa biologie en laboratoire. *Agro. Trop.* 33 : 337-343.
- " , 1983. - Mise au point de l'élevage de masse d'*Apanteles chilonis* Mats. et d'*Apanteles flavipes* Cam. (Hym. Braconidae) sur trois Lépidoptères Pyralidae, foreurs de graminées. Thèse doct. d'université, Montpellier, 184 p.
- BORDAT D., BRENIERE J. & COQUARD J., 1977. - Foreurs des graminées africaines : parasitisme et technique d'élevage. *Agro. Trop.* 32 : 391-399.
- BOTTGER G.T., 1942. - Development of synthetic food media for use in nutrition studies of the european corn borer. *J. Agric. Res.* 65 : 493-500 (cité par SINGH).
- BRENIERE J., 1971., 1972. - Les problèmes des Lépidoptères foreurs des graminées en Afrique de l'Ouest. *Ann. Zoo&. Ecot. anim.* 3 : 287-296.
- " , 1976. - Reconnaissance des principaux Lépidoptères du riz de l'Afrique de l'Ouest. *Agro. Trop.* 31 : 213-219.
- CARNEIGE A.J.M., 1974. - A recrudescence of the borer *E. saccharina* Wlk. (Lepidoptera : Pyralidae). *Proc. Sth. Afr. sugar Techn. Assoc.* 4 p.
- " , 1981. - combating *Eldana saccharina* Walker : A progress report. *Proc. Sth. Afr. Sugar Techn. Assoc.* 4 p.
- " , 1982. - Current research programme against *Eldana saccharina* Walker (Lepidoptera : Pyralidae) *Proc. Sth. Afr. Sugar Techn.* 4 p.

- CHABOUSSOU F., 1980. - Les plantes malades des pesticides.
Bases nouvelles d'une prévention contre mala-
dies et parasites. Ed. DEBARD, Paris, 271 p.
- CHIPPENDALE G.M., 1978. - The function of carbohydrates in
insect life processes In : Biochemistry of
insects. Ed. ROCKSTEIN, Academic Press, N.Y.
pp 1-55.
- CHIPPENDALE G.M. & BECK S.D., 1964. - Nutrition of the
european corn borer *Ostrinia nubilalis* Hbn.
V. Ascorbic acid as the corn leaf factor.
Ent. exp. Appl. 7 : 241-248.
- CHIPPENDALE G.M., BECK S.D. & STRONG F.M., 1965. - Nutri-
tion of the cablage looper, *Trichoplusia ni*
Hbn. Some requirements for larval growth and
wing development. *J. Insect Physiol.* 11 : 211-223.
- CHIPPENDALE G.M. & REDDY G.P.V., 1972. - Polyunsaturated
fatty acid and sterol requirements of the
southwestern corn borer, *Diatraea grandiosella*.
J. Insect Physiol. 18 : 305-316.
- CHIPPENDALE G.M. & REDDY G.P.V., 1974. - Dietary carbohydra-
tes. Role in feeding behaviour and growth of the
Southwestern corn borer : *D. grandiosella*.
J. Insect Physiol. 20 : 751-759.
- CLARK E.W., RICHMOND C.A. & MCGOUCH J.M., 1961. - Artificial
media and rearing techniques for the pink boll-
worm, *Pectinophora gossypiella*. 3. *Econ. Entomol.*
54 : 4-9.
- COCHEREAU P., 1980. - The sugarcane african borer *Eldana*
saccharina Walker (Lep. Pyralidae, Golenchiinae? :
studies on populations and parasites. *Ent. Newsl.*
Int. Soc. Sugarcane Techn. 8 : 6-7.
- , 1982. - Observations on the borer *E. saccharina*
Wlk. (Lep. Pyralidae) in maize and sugarcane in
Ivory Coast : *Proc. Sth. Afr. Sugar Techn. As-*
soc., 3 p.

- CROUZET M., 1983. - L'Afrique en chiffres. *Jeune Afrique spécial*, 1168 : 131-178.
- DADD R.H., 1970. - Arthropod nutrition. *In* : Chemical zoology
Ed. M. FLORKIN & B.T. SCHEER, Academic Press,
London, Vol V, part. A, pp 35-94.
- DICK J., 1945. - Some data on the sugarcane borer, *Eldana saccharina* Walker. *Proc. Sth. Afr. Techn. Assoc.*
19 : 75-79 (cité par GIRLING).
- DIOP T., 1973. - La protection des plantes en riziculture au Sénégal. Document non publié, A.D.R.A.O. 15 p.
- DOUGHERTY E.C., 1959. - Introduction to axenic culture of Invertebrate metazoa : a goal. *Ann. N.Y. Acad. Sci.* 77 : 27-54.
- FUKUDA T., 1964. - Chemically refined diets for Eri-silkworm raising. *Bull. Seric. Exper. Stn.* 19 (cité par GUENELON).
- GAINES J.C. & CAMPBELL F.L., 1935. - Dyar's rule as related to the number of instars of the corn ear worm, *Heliothis obsoleta* (Fab.) collected in the fields. *Ann. Ent. Soc. Am.* 28 : 445-461.
- GASOGO A., 1982, - Etat des connaissances et observations complémentaires sur *Eldana saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae) mineuse des tiges de graminées. *Zeits. Angew. Entomol.* 93 : 365-378.
- GILBERTE I.L., 1967. - Lipid metabolism and function in Insects. *Adv. Insect Physiol.* 4 : 69-211.
- GIRLING D.J., 1978. - The distribution and biology of *E. saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae) and its relationship to other stem-borers in Uganda. *Bull. Ent. Res.* 68 : 471-488.
- GOTHILF S. & BECK S.D., 1967. - Larval feeding behaviour of the cabbage looper, *Trichoplusia ni* Dyar.
3 . *Insect Physiol.* 13 : 1039-1053.

- GUENELON G., 1967. - L'alimentation artificielle des insectes. *Rev. Zool. Agric. appt.* 1-3 : 20-28.
- " , 1968. - L'alimentation artificielle des larves de Lépidoptères phytophages, *Ann. Epiphyties* 19 : 359-370.
- GUENELON G. & SORIA F., 1973. - Mise au point au laboratoire d'un élevage permanent de la pyrale du riz, *Chilo suppressalis* Walker (Lep. Pyralidae) sur milieu artificiel. *Ann. Zool. Ecol. anim.* 5 : 547-558.
- HARRIS K.M., 1962. - Lepidopterous stem borers of cereals in Nigeria. *Bull. Ent. Res.* 53 : 139-171.
- HENSLEY S.D., 1971. - Management of sugarcane borer populations in Louisiana - a decade of change, *Entomophaga* 16 : 133-146.
- HINKS C.F. & BYERS J.R., 1973. - Characters for determining the sex of cutworms and other noctuid larvae (Lep. Noctuidae). *Can. J. Ent.* 51 : 1235-1241.
- HOWELL J.F., 1977. - Codling moth : Agar substitutes in artificial diets. USDA ARS. W - 43, 95.
- INGRAM W.E., 1958. - The Lepidopterous stalk borers associated with gramineae in Uganda. *Bull. Ent. Res.* 49 : 367-383.
- ITO T., KAWASHIMA K., NAKAHARA M., NAKANISHI K. & TERAHARA A., 1964. - Effects of sterols on feeding and nutrition of the silkworm, *Bombyx mori* L. *J. Insect Physiol.* 10 : 225-238.
- ITO T. & INOKUCHI T., 1972. - Nutrition and metabolism of amino-acid in the silkworm, *Bombyx mori* L. In : Insect and mite nutrition. Ed. RODRIGUEZ, Lexington 517-529.
- ITO T. & NAKASONE S., 1967. - Nutrition of the silkworm, *Bombyx mori*. X V : Utilisation of sterols in the presence of dietary fatty acids. *J. Insect Physiol.* 13 : 281-287.
-

- ITO T. & NIIMURA M., 1966. - Nutrition of the silkworm *Bombyx mori*. XII : Nutritive effect of minerals. *Bull. seric. exp. Stn.* 20 : 261-374 (cité par DADD).
- J'ERATH M.L., 1967 (1968). - Seasonal abundance and distribution of sugarcane borer in Nigeria. *J. Econ. Entomol.* 1 : 593-596.
- JONES D., JONES G. & BHASKARAN G., 1980. - Induction of supernumerary molting by starvation in *Manduca sexta* larvae. *Ent. exp. appt.* **28** : **259-267**.
- KARLSON P. & HOFFMEISTER H., 1963. - Zur Biogenese des Ecdysons. I - Unwandlung von Cholesterin in Ecdyson. *Hoppe Seyler's Z. Physiol. chem.* 331 (cité par GILBERTE).
- KAUFMANN T., 1983. - Behavioral biology, feeding habits and ecology of three species of maize stem-borers : *Eldana saccharina* (Lep. Pyralidae), *Sesamia calamistis* and *Busseola fusca* (Noctuidae) in Ibadan, Nigeria, West Africa. *J. Georgia Entomol. Soc.* **18** : **259-272**.
- LAVENSEAU L., 1982. - Determination of the sex of caterpillars without dissection. *Int. J. Insect Morphol. Embryol.* 11 : 359-362.
- LEFEVRE P.C., 1944. - Note sur quelques insectes parasites de *Manhiot utilisissima* Pohl dans la région de Kasengi (Lac Albert). *Bull. agri. Congo belge, Leopoldville* 35 : 191-200 (cité par GIRLING).
- LESLIE G.W. & BOREHAN P.F.L., 1981. - Identification of arthropod predators of *E. saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae) by cross over electrophoresis. *J. Ent. Sac. Sth. Afr.* **44** : **381-388**.
- LONG W.M. & HENSLEY S.D., 1972. - Insect pests of sugarcane. *Ann. Rev. Entomol.* 17 : 149-176.
- MATHES R., INGRAM J.W. & CHARPENTIER L.J., 1954. - A method for determining losses caused by the sugarcane borer. *Proc. Int. Soc. Sugarcane Technol.* 8 : 614-616 (cité par LONG & HENSLEY).

- MEISNER J., FLEISCHEER A. & EIZICK C., 1982. -- Phagodeterreny induced by (-) **carvone** in the larva of *Spodoptera littoralis* (Lep. Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* 75 : 462-466.
- MILNER J.E.D., 1967. - Final report on a survey of the parasites of graminaceous stem borers in East Africa. Unpublished report, Commonw. Inst. Biol. Control, East Africa Stn. (cité par GIRLING).
- MOHYUDDIN A.I. & GREATHEAD D.J., 1970. - An annotated list of the parasites of graminaceous stem borers in East Africa, with a discussion of their potential in biological control. *Entomophaga* 15 : 241-274.
- MORERE J.L., 1970. - Nutrition d'une chenille de Lépidoptère *Plodia interpunctella* (Pyralidae). I. Essai d'alimentation semi-synthétique permettant l'obtention d'adultes féconds. *Arch. Sci. Physiol.* 24 : 97-107.
- MOUTIA L.A. & COURTOIS M., 1952. - Parasites of moth-borers of sugarcane in Maritius. *Bull. Ent. Res.* 43 : 336-340.
- NDOYE MB., 1979. - L'entomofaune nuisible au mil à chandelle (*Pennisetum thyphoides*) au Sénégal. ISRA (CNRA - Bambey, Sénégal, 18 p.
- NIJHOUT H.F., 1975. - Dynamic of juvenile hormone action in larva of the tobacco hornworm, *Manduca sexta* L. *Biol. Bull. man. biol. Lab.*, Woods Hole 149 : 568-579 (cité par BHASKARAN & JONES).
- NIJHOUT H.F. & WILLIAMS C.M., 1974. Control of molting and metamorphosis in tobacco hornworm, *Manduca sexta* : Cessation of juvenile hormone secretion as a trigger for pupation. *J. exp. Biol.* 61 : 493-501 (cité par BHASKARAN & JONES}.
- NYE I.W.B., 1960. - The insect pests of graminaceous crop in East Africa. *Colon. Res. Stud. n° 31* : 48 p (cité par GIRLING).

- OKA I.N. & PIMENTEL D., 1976. - Herbicide (2,4-D) increases insect and pathogen pests in corn. *Science* 193 : 239-240.
- OUYE M.T., 1962. - Effects of antimicrobial agents on micro-organism and pink bollworm development. *J. Econ. Entomol.* 55 : 854-857.
- PATHAK M.D., 1968. - Ecology of common insect pests of rice. *Ann. Rev. Entomol.* 13 : 257-294.
- POITOUT S. & BUES R., 1970. - Elevage de plusieurs espèces de Lépidoptères Noctuidae sur milieu artificiel riche et sur milieu artificiel simplifié. *Ann. Zool. Ecol. anim.* 2 : 79-91.
- " , 1974. - Besoins particuliers en acide linoléique dans l'élevage sur milieu artificiel de Lépidoptères Noctuidae Quadrifinae, Plusiinae : *Chrysodeixis chalcites* Esp. , *Autographa gamma* L. , *Macdunnoughha confusa* Stph. *Trichoplusia ni* Hbn. *Ann. Nutr. Alim.* 28 : 173-187.
- POITOUT S. & CAYROL R., 1969. - Action de différents facteurs sur le nombre de stades larvaires chez la Noctuelle de la tomate, *Helicoverpa armigera* Hbn. *Ann. soc. Ent. Fra.* 5 : 467-427.
- PRATT J.J., HOUSE H.L. & MANSINGH A., 1972. - Insect control strategies based on nutritional principles : A prospectus *In* : Insect and mite nutrition, Ed. RODRIGUEZ, Lexington : 651-668.
- PROKOPY R.J., 1967. - Artificial diet for apple maggot larval. *J. Econ. Entomol.* 60 : 1161-1162.
- REDDY G., HWANG-HSU K. & KUMARAN A.K., 1979. - Factors influencing juvenile hormone esterase activity in the wax moth, *Galleria melonella*. *J. Insect Physiol.* 25 : 65-72.
- ROCK G.C., 1972. - Optimal proportions of dietary amino-acid. *In* : Insect and mite nutrition, Ed. RODRIGUEZ, Lexington : 183-197.

- SATTERTHWAIT A.F., 1933. - Larval instars and feeding of the black cutworm, *Agrostis ysilon* Rott. *J. Agr. Res.* 46 : 517-530 (cité par- GAINES & CAMPBELL).
- SCHEIBELREITER G.K., 1980. - Sugarcane stem-borers (Lep. Noctuidae and Pyralidae) in Ghana. *Zeits. Angew. Entomol.* 89 : 87-99.
- SCOTT G.E. & GUTHRIE W.D., 1966. - Survival of european corn borer larvae on resistant treats with nutritional substances. *J. Econ. Entomol.* 59 : 1265-1267.
- SHAPIRO M. & BELL R.A., 1982. - Production of the gypsy moth, *Lymantria dispar* L., nucleopolyedrosis virus using carageenans as dietary gelling agents. *Ann. Ent. Soc. Am.* 75 : 43-45.
- SINGH P., 1977. - Artificial diets for insects, mites and spiders. IFI/Plenum Data Company, A Division of Plenum Publishing Corporation, New York : 594 p.
- TAPLEY R.G., 1954. - Annual report of the entomologist, Lya-mungu for the year 1954. *Rep. Dep. Agr. Tanganyika 1954./Part II* : 62-63 (cité par GIRLING).
- VANDERZANT E.S., 1965. - Axenic rearing of the boll weevil on defined diets : amino-acid, carbohydrate and mineral requirements. *J. Insect Physiol.* 11 : 659-670.
- " , 1968. - Dietary requirements of the bollworm. *Heliothis zea* (Lepidoptera : Noctuidae) for lipids, choline and inositol and the effect of fat and fatty acids on the composition of the body fat. *Ann. Ent. Soc. Am.* 61 : 120-125.
- " , 1969. - Physical aspects of artificial diets. *Enk. exp. appl.* 12 : 642-650.
- VERCAMBRE B., 1978 (1979). - La lutte chimique sur riz au Sénégal. Synthèse des résultats obtenus en Casamance (1969-1977). *Rapport d'activité* ISRA, station de Djibelor, 27 p.

- VIGGIANI G., 1979. - Description of *Trichogrammatoidea eldanae* n. sp. (Hym. Trichogrammatidae), parasite of *E. saccharina* Wlk. (Lep. Pyralidae) in Ivory Coast with notes on *T. nodicornis* Westw. *Boll. Lab. Ent. Agr. "F. Silvestri"*, **36** : 108-111.
- WADA K. & MUNAKATA K., 1971. - Insect feeding inhibitors in plants. Part III : Feeding inhibitory activity of terpenoids in plants. *Agr. Biol. Chem.* **35** : 115-118.
- WAIYAKI J.N., 1968. - The biology and control of the principal Lepidopterous borers associated with sugarcane at Tanganyika Planting Company, Arusha-Chini. *Miscellaneous report n° 653*, Tropical Pesticides Research Institute, Arusha, Tanganyika (cité par ATKINSON).
- " , 1971. - Effectiveness of pyrethrum, endrin, endosulfan, azodrin and CIBA 8949 for control of *Eldana hacchahina* in Northern Tanzania. *Miscellaneous report n° 754*, Trop. Pest. Res. Inst., Arusha, Tanzania (cité par BETBEDER-MATIBET).
- " , 1974 a. - Laboratory observations on the biology of *Eldana saccharina* Wlk., a pest of sugarcane in the Northern region of Tanzania, *Proc. I.S.S.C.T.* xv : 439-443.
- " , 1974 b. - The ecology of *E. saccharina* Wlk. and associated loss in cane fields at Arusha-Chini, Moshi, Tanzania. *Proc. T.S.S.C.T. XV* : 457-462.
- WALKER P.T., 1966. - An outbreak of a moth borer of sugarcane *Eldana saccharina* (Pyralidae) in Tanzania. *Unpublished report*, Trop. Pest. Res. Unit, Porton Down, Salisbury (cite par GIRLING).
- WONGSIRI T. & RANDOLPH N.M., 1962. - A comparison of the biology of the sugarcane borer on artificial and natural diets. *J. Econ. Entomol.* **55** : 472-473.

- WORT D.J., 1964. - Effects of herbicides on plant composition and metabolism. *In* : The Phys. bioch. herb.
Ed. L.J. ANDRUS, Academic Press, London (cité par ATKINSON).
- ZAGATTI P., 1981. - Comportement sexuel de la pyrale de la canne à sucre *Eldana saccharina* Wlk. lié à deux phéromones émises par le mâle. *Behaviour* 78 : 81-98.

A N N E X E S

ANNEXE 1 : COUTS DU MILIEU TEMOIN, DES SUBSTITUTS DE
L'AGAR-AGAR ET DES BOITES D'ELEVAGE

Milieu témoin

			Prix HT
- Eau.....	600	ml	
- Agar-agar.....	14	g	5,36 F (382,65 F/kg)
- Maïs.....	112	g	1,04 F
- Germe de blé.....	28	g	0,75 F
- Levure de bière...	30	g	1,40 F
- Acide ascorbique..	10	g	3,06 F
- Acide sorbique....	1,2	g	0,19 F
- Nipagine.....	1,0	g	0,21 F
- Peni-strepto.....	0,25	g	1,50 F

Substituts de l'agar-agar

		Prix HT du Kg	
		(Livraison de 1000 kg)	(Livraison de 10 kg)
- Hydrogel [®]	HWG (= Gelcarin [®] HWG)	73 E	109,50 F
- Seagel [®]	Pet 4	44 F	66,00 F
- Danagel [®]	BM5	87 F	130,50 F

Boîte d'élevage des chenilles

Environ 2 F/boîte (livraison par 100 boîtes)..

Boîte de nymphose

Environ 20 F/boîte.

La quantité de milieu préparée avec 600 ml d'eau permet de remplir sur 1 cm d'épaisseur 6 boîtes d'élevage des chenilles. Chaque boîte de milieu ainsi obtenue peut assurer l'élevage de 30 chenilles jusqu'à la nymphose. 180 chenilles sont donc élevées avec une dose de milieu. Deux boîtes de nymphose suffisent à contenir l'ensemble pendant la nymphose.

ANNEXE 2 : COMPOSITION DE LA LEVURE DE BIÈRE ET CES MÉLANGES
VITAMINIQUES

Levure de bière (pour 100 g)

* Protides.....	50	g
- Glucides	35	g
- Lipides.	1	g
* vitamine B ₁ (Thiamine).....	12	mg
- Vit. B ₂ Riboflavine).....	4	mg
- Vit. B ₃ Acide pantothénique).....	1,4	mg
- Vit. B ₅ (PP. Niacine).....	37	mg
- vit. B ₆ (Pyridoxine).....	4	mg
- vit. B ₁₂ (Cyanocobalamine).....	0,02	mg
* vit. H (Biotine).....	0,11	mg
* Choline.....	322	mg
- Acide folique.....	0,042	mg
* Fer.....	25,8	mg
- zinc.....	7,2	mg
- Potassium.....	1,6	g
- Phosphore.....	1,2	g

Valeur énergétique 1 287 kJ (308 kcal.).

Hydrosol polyvitaminé

- Retinol (Vitamine A).....	5000	UI
- Chlorhydrate de thiamine (vit. B ₁)	2	mg
- Riboflavine (vit. B ₂).....	1,5	mg
* Chlorhydrate de pyridoxine (vit. B ₆)..	2	mg
- Acide ascorbique (vit. C).....	50	mg
- Calciferol (vit. D ₂).....	1000	UI
* dl- Y-tocopherol (vit. E).....	2	ml
- Amide nicotinique (vit. PP).....	10	mg
- Pantothénate de sodium.....	4	mg

Excipient q.s. pour 2 ml.

Alvityl

- Vitamine A.....	6250	UI
- Vitamine D ₃	500	UI
- Thiamine (chlorhydrate).....	2,5	mg
- Riboflavine (phosphate).....	2,5	mg
- Pyridoxine (chlorhydrate).....	0.75	mg
- Cyanocobalamine anhydre.....	1,5	mg
- Facteur intrinsèque.....	1,5	mg
- Acide folique.....	0.0625	mg
- Acide nicotinique.....	12,5	mg
- Acide ascorbique (sel de Ca).....	37.5	mg
- Pantothénate de calcium.....	2,5	mg
- α Tocophérol (acétate).....	5	mg
- Biotine.....	0,025	mg
- Cyclohexylsulfamate de sodium.....	6	mg

Colorant E 172

Excipient q.s. pour un comprimé dragéifié