

N° d'ordre :

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

THESE

Présentée à

**L'UNIVERSITE DES SCIENCES DE LA TECHNOLOGIE
HOUARI BOUMEDIENE – ALGER**

FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES

Pour obtenir le titre de

MAGISTER

**EN SCIENCES DE LA NATURE
BIOLOGIE ANIMALE
(Option : ENTOMOLOGIE APPLIQUEE)**

par
Aïcha MESBAH

**Contribution à l'étude de l'écobiologie et de la
physiologie de la nutrition de *Geotrogus deserticola*
(Blanchard), insecte coléoptère ravageur des céréales
en Algérie**

Soutenue publiquement le : 1er Octobre 2002 devant la commission d'examen :

M.T. GERNIGON	Professeur, USTHB, Alger	Président
M.A. BOUFERSAOUI	Professeur, USTHB, Alger	Directeur de thèse
M.A. MOUMEN	Dr. Ingénieur, M A, Alger	Co Directeur de thèse
M.B. DOUMANDJI	Professeur, I N A, Alger	Examinatrice
M.J.P. LUMARET	Professeur, U P V, Montpellier	Examinateur
M.F. BOUKROUFA	Chargé de cours, USTHB, Alger	Examinateur
M.M. BOUHADJAR	Président de C N A, Alger	Invité



Mon Lyassou, notre lyassou
A la mémoire de mon neveu
Lyes et de ses amis Mehdi,
Hicham, Yacine et Djamyl,
assassinés alors qu'ils
étaient à la poursuite de
leurs rêves.

A la mémoire de :

- Mon bien aimé père
- Mes oncles, Papa Salah et Tonton Zahir
- Madame Mamméri L.,
technicienne à l'I.N.P.V, pour sa gentillesse et l'aide qu'elle m'a apporté tout au long de ma thèse.
- Monsieur Rachef S., ingénieur à l'I.N.P.V, pour m'avoir accueilli dans son département, mis à ma disposition toutes les conditions nécessaires pour mener à bien ce travail.

- Mon amie Drouiche N.,
assistante à la F.S.B.
(U.S.T.H.B) qui m'a soutenue
tout au long de ce travail.
- Mes collègues et amis
Lakhdari Y. et Tazi D.,
décédés à la suite des
intempéries du 10 novembre
2001.

A ma mère, pour tant
d'amour durant tant
d'années.

A ma grand-mère mama
Kamir ;

A mes frères ;

A mes sœurs ;

A mes neveux et nièces
chéris et adorés ;

A toute ma famille.

Remerciements

Au terme de ce travail qui a été réalisé respectivement au laboratoire d'Entomologie (F.S.B., U.S.T.H.B.), au département d'Entomologie (I.N.P.V) et au laboratoire de Zoogéographie (Université Paul Valéry, Montpellier),

Je suis heureuse d'exprimer ma reconnaissance à monsieur le Professeur Boufersaoui A., qui a bien voulu assurer la direction de mon travail.

Je tiens également à lui exprimer ma gratitude pour sa bienveillante attention et les conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer.

Je tiens à remercier monsieur Moumen A., Docteur Ingénieur et Copromoteur, pour m'avoir fourni l'aide nécessaire sur les plans matériels et scientifiques ainsi que son soutien tout au long de cette thèse.

Madame Gernigon T., Professeur à la F.S.B. (U.S.T.H.B.), a fait preuve d'une grande disponibilité à mon égard malgré un agenda très chargé. Je la remercie de m'avoir initié à la recherche et de me faire l'honneur de présider ce jury.

Je témoigne ma gratitude à monsieur Lumaret J.P., Professeur et Directeur du Laboratoire de Zoogéographie à l'université Paul Valéry (Montpellier), qui a toujours voulu prendre le temps de s'intéresser de très près à mes travaux de recherche. La confiance, l'intérêt qu'il m'a constamment manifesté ainsi que ses critiques et commentaires tant sur le contenu que sur la rédaction de cette thèse me furent très utiles. Je le remercie également de me faire l'honneur de participer à ce jury.

Madame Doumandji-Mitiche B., Professeur à l'I.N.A., nous fait l'honneur d'examiner ce travail. Qu'elle soit assurée de notre respectueuse gratitude.

Monsieur Boukroufa F., Chargé de cours à la F.S.B. (U.S.T.H.B.) m'a toujours ouvert les portes de son laboratoire et a bien voulu marquer son intérêt pour mon travail en acceptant de l'examiner. Qu'il soit humblement remercié.

Monsieur Bouhadjar M., Président de la Chambre d'Agriculture, malgré un agenda chargé, me fait l'honneur de participer au jury. Je le remercie très vivement.

Ce travail n'aurait pas eu autant d'intérêt sans la collaboration de mes collègues et amis(es).

Mes remerciements s'adressent tout particulièrement à l'ensemble de l'équipe :

- du Département de Pharmacie (Laboratoire de Biologie) et tout particulièrement à :
 - Monsieur le Professeur Aiouaz, Chef de service, pour avoir mis à ma disposition la documentation nécessaire ainsi que pour son soutien lors de la phase finale de la thèse.
 - Mademoiselle Boukenaoui N., pour son amitié et pour m'avoir permis de mettre en forme mon manuscrit.
 - Mademoiselle Bélabas S., pour son amitié et pour son aide dans ma tâche d'enseignante.
- de l'ex Centre Biomédical de Dergana et en particulier à Messieurs Ferrani Y. et Bouaziz A. pour leur soutien à toute épreuve et pour l'estime et le respect qu'ils m'ont toujours témoignés.
- de la F.S.B. (U.S.T.H.B.) et en particulier à Madame Benamar H. et à Mesdemoiselles Beloui W. et Bouaoune D.
- du Département Entomologie (I.N.P.V.) et en particulier à Messieurs Nédjari et Bélialla.
- du Laboratoire de Zoogéographie (Université Paul Valéry, Montpellier) et en particulier à Habiba, Faiek, Daniel, Valérie,.....
- de l'Institut de Chimie (U.S.T.H.B.) et en particulier à Mademoiselle Kaddour S.

- de la Direction des Services Agricoles de Médéa (département de la Protection des Végétaux) et en particulier à Monsieur Boumenir, qui n'a pas ménagé ses efforts pour me faciliter les prospections sur le terrain.

A tous ceux (si nombreux !) qui ont contribué à la réalisation de cette thèse, je dis un grand merci.

* *
 *

SOMMAIRE

	Pages
Introduction	1
1.- Chapitre 1 : Analyse bibliographique	4
1.1.- Répartition géographique des Melolonthini (Coleoptera Melolonthinae)	4
1.2.- Données bibliographiques sur le cycle biologique des espèces	10
1.3.- Données bibliographiques sur les moyens de lutte utilisés jusqu'à ce jour contre les Melolonthini	13
1.3.1.- Moyens de lutte dans le monde	13
1.3.2.- Moyens de lutte développés en Algérie	16
1.4.- Importance économique et dégâts des vers blancs en Algérie	17
2.- Chapitre 2 : Matériels et Méthodes	21
2.1.- Présentation de la zone d'étude	21
2.1.1.- Situation géographique	21
2.1.2.- Données pédoclimatiques	21
2.1.2.1.- Pluviométrie	21
2.1.2.2.- Température	21
2.1.2.3.- Le sol	23
2.1.2.4.- Le couvert végétal	23
2.2.- Matériel biologique	23
2.2.1.- L'insecte	23
2.2.1.1.- Position systématique	23
2.2.1.2.- Description de la larve	24
2.2.1.3.- Description de l'adulte	25
2.2.2.- Nourriture de la larve en élevage	25
2.3.- Méthodes d'étude	25
2.3.1.- Récolte des vers blancs	25
2.3.2.- Analyse édaphique du milieu	25
2.3.2.1.- Mesure du taux d'humidité	26
2.3.2.2.- Mesure de la température	26
2.3.2.3.- Analyse de la terre à la pipette Robinson	26
2.3.3.- Technique de mesure morphométrique des larves	27
2.3.4.- Technique d'élevage	27
2.3.4.1.- Matériels utilisés	27
2.3.4.2.- Composition du milieu nutritif	28
2.3.4.3.- Conditions d'élevage	28
2.3.5.- Technique histologique	29
2.3.5.1.- Fixation	29
2.3.5.2.- Déshydratation, imprégnation, inclusion	29
2.3.5.3.- Coupes et colorations	29
2.3.6.- Etude de la prise alimentaire	29
2.3.7.- Technique de montage des larves	30
2.3.7.1.- Montage direct au Baume de Canada	30
2.3.7.2.- Montage temporaire dans de l'acide lactique	30

2.3.7.3.- Observation des larves	31
2.4.- Analyse statistique des résultats	31
3.- Chapitre 3 : Résultats et Discussion	32
3.1.- Répartition géographique des Melolonthini (Coleoptera Melolonthinae) en Algérie ...	32
3.2.- Mise au point d'une technique d'élevage	38
3.2.1.- Elevage des larves L1	38
3.2.2.- Elevage des larves L2 et L3	38
3.2.3.- Elevage de la nymphe	38
3.2.4.- Conditions d'élevage	39
3.2.4.1.- Influence de la température	39
3.2.4.2.- Influence de l'humidité	39
3.2.4.3.- Influence de la nature du sol	40
3.3.- Détermination du cycle biologique	43
3.4.- Biométrie de la larve	49
3.5.- Description de la larve	51
3.6.- Activité alimentaire	58
3.6.1.- Variation de l'activité alimentaire en fonction du stade larvaire et détermination du stade ravageur	58
3.7.- Anatomie et histologie du tube digestif des larves	60
3.7.1.- Anatomie du tube digestif	60
3.7.2.- Histologie du tube digestif	61
3.7.2.1.- Le stomodeum	61
3.7.2.2.- Le mesenteron	64
3.7.2.3.- Le proctodeum	69
4.- Chapitre 4 : Conclusion générale et perspectives	77
5.- Références bibliographiques	78
6.- Résumé	84
7.- Annexes	85

* *
* *

Liste des figures, tableaux et planches

1- Liste des figures

Numéros	Titres	Pages
1	Surfaces céréalières attaqués par les vers blancs en Algérie (I.N.P.V., 1984)	8
2	Réparation des vers blancs (Coleoptera Melolonthini) (genres : Rhizotrogus, Pseudoapterogyna et Geotrogus) (d'après les données de Baraud, 1985)	35
3	Réparation des vers blancs (Coleoptera Melolonthini) en Algérie (d'après les données de Baraud, 1985)	35
4	Données climatiques de Médéa () exprimés en moyennes mensuelles d'après les mesures du centre météorologique de Dar Beida de 1987-1990	22
5	Larve de <i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.)	24
6	Raster	24
7	<i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.). Adulte mâle	25
8	<i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.). Adulte femelle	25
9	Elevage des larves de <i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.)	28
10	Climat du nord de l'Algérie (Stewart, 1974)	36
11	Cycle Biologique de <i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.)	44
12	Evolution de la taille de la larve (cm) en fonction de la largeur de la capsule céphalique (mm)	49
13	<i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.), larve au 3 ^{ème} stade	51
14	Tête et mandibules, vue dorsale	51
15	Capsule céphalique	52
16	Mandibule gauche, vue dorsale (A) et mandibule droite, vue dorsale (B)	53
17	Antenne droite	54
18	Maxille gauche, vue ventrale (A) et maxille droite, vue dorsale (B)	54
19	Hypopharynx	55
20	Epipharynx	55
21	Pattes	56
22	Stigmate abdominal	56
23	Raster	57
24	Anatomie du tube digestif	60

2- Liste de tableaux

Numéros	Titres	Pages
1	Les différentes sous-familles des Melolonthidae, leurs tribus et leurs genres nord-africains (d'après Baraud, 1985).	5
2	Répartition des vers blancs (Coleoptera Melolonthini) en Algérie (d'après les données de Baraud, 1985).	9
3	Répartition des dimensions établi par Atterberg et adoptée par l'association internationale pour l'étude du sol (Brunnel, 1948 et Meriaux, 1945).	26
4	Composition des différents milieux nutritifs	28
5	Etat de l'abondance des larves de <i>Geotrogus deserticola</i> (Banch.) dans la région de Médéa (1987/1989).	45
6	Mesures de la largeur de la capsules céphalique (mm) (a) et de la taille de la larve (cm) (b) aux différents stades larvaires.	50
7	Influence du milieu nutritif naturel sur le développement larvaire.	58
8	Influence du milieu nutritif semi synthétique sur le développement larvaire.	59

3- Liste des planches

Numéros	Titres	Pages
I	Dégâts des vers blancs en Algérie a- "Tâches grandissantes" qui se dessinent sur le terrain (domaine Si M'hamed, Berrouaghia, 1987). b- dégâts des vers blancs sur le blé. c- dégâts des vers sur féveroles.	18
II	Importance économique du blé en Algérie [d'après les données du Ministère de l'Agriculture, (1985-1996)] a- Superficie et rendement du blé dur et du blé tendre. b- Evolution de la production céréalière en Algérie	85
III	Estimation des dégâts des vers blancs en Algérie (I.N.P.V., 1995-1997) a- Superficies infestées (ha). b- Densité des larves par m ² . c- Taux d'infestation (%).	86
IV	Surfaces céréalières attaquées par les vers blancs (I.N.P.V., a : 1995 b : 1997)	33
V	Influence de la température (t°C), de l'humidité et de la nature du sol sur le développement larvaire. a- Mortalité des larves L1 selon la température pour des taux d'humidité (HR = 5%, HR = 10% et HR = 20%). b- Mortalité des larves L2 selon la température pour des taux d'humidité (HR = 5%, HR = 10% et HR = 20%). c- Mortalité des larves L3 selon la température pour des taux d'humidité (HR = 5%, HR = 10% et HR = 20%). d- Influence de la nature du substrat : mortalité des larves de <i>Geotrogus deserticola</i> (Blanch.) élevés dans les mêmes conditions de température (20°C) et d'humidité relative (5% HR).	41
VI	Mesures de la largeur des capsules céphaliques des larves et de la taille de la larve (cm) a- mesure de la largeur de la capsule céphalique (mm) b- mesure de la taille de la larve à différents stades. c- mesure de la largeur de la capsule céphalique (mm) des larves L3	88
VII	Evolution individuelle de la taille de la larve (cm) en fonction de la largeur des capsules céphaliques (mm)	87
VIII	Coupes transversales au niveau du stomodeum de la larve. a- Coupe transversale au niveau du pharynx (G x 10) b- Coupe transversale au niveau du pharynx (G x 40) c- Coupe transversale au niveau du jabot (G x 10) d- Coupe transversale au niveau du jabot (G x 40) e- Coupe transversale au niveau du jabot (G x 40)	62-63 65-66

3- Liste des planches (suite)

IX	<p>Coupes transversales au niveau du mesenteron. a- Coupe transversale au niveau du mesenteron (G x 10) b- Coupe transversale au niveau du mesenteron (G x 40)</p>	68
X	<p>Coupe transversale au niveau du proctodeum. a- Coupe transversale au niveau de l'intestin postérieur (G x 10) b- Coupe transversale au niveau de l'intestin postérieur (G x 40) c- Coupe transversale au niveau de l'intestin postérieur (G x 100) d- Coupe transversale au niveau du rectum (G x 10) e- Coupe transversale au niveau de l'ampoule rectale (G x 10) f- Coupe transversale au niveau de l'ampoule rectale (G x 40)</p>	70-73
XI	Correspondance entre les anciens noms français et les noms actuels des localités citées dans le texte.	89

Aïcha MESBAH, F.S.B. / U.S.T.H.B., Alger

Résumé de thèse de Magister

Directeur de thèse : Pr. Abdelkader Boufersaoui

Geotrogus deserticola (Blanch.), dont la larve fait partie des "vers blancs", appartient à la superfamille des Scarabaeoidea, tribu des Melolonthini.

En Algérie, les Melolonthini et plus particulièrement *Geotrogus deserticola* (Blanch.), commet de gros dégâts sur les racines des végétaux les plus variés et notamment les céréales.

La littérature entomologique trop ancienne, voire absente, ne nous permettait pas de nous faire une idée claire sur les différents aspects biologiques et morphologiques de la larve, tels que son cycle biologique, son comportement et son mode de nutrition.

Il fallait en premier lieu mettre au point une technique d'élevage. La technique mise au point semble satisfaisante. Celle-ci consiste à isoler individuellement les larves dans des récipients de dimensions appropriées contenant de la terre légère et à les nourrir de racines de blé en les maintenant dans des conditions de température et d'humidité adéquates (entre 20 et 30°C et 20% HR pour les larves jeunes, entre 20 et 25°C et 10% HR pour les larves âgées).

Nous avons été menées à préciser l'ensemble des adaptations de *Geotrogus deserticola* (Blanch.), aux variations climatiques locales puisque l'émergence des adultes semble différer d'une région à l'autre. Les recherches sur le cycle biologique ont montré que les larves maintenues dans ces conditions de température et d'humidité ont un cycle de deux ans, avec émergence des adultes au printemps. L'accouplement se fait à la surface du sol. La ponte qui commence 2 à 3 semaines après l'accouplement se déroule en 3 à 4 jours. Au bout de 3 semaines, la larve L₁ apparaît, la première mue étant observée au mois de septembre de la première année. La longévité de L₂ peut dépasser une année. La deuxième mue intervient au mois de septembre de la deuxième année. La durée de vie de L₃ est de 6 mois. La nymphose qui dure 1 mois, a lieu en mars. L'émergence des nouveaux imagos se fait au printemps (avril – mai).

Les larves issues à la fois des conditions d'élevage et du terrain (station de Médéa) ont permis de révéler que :

- Il existe une isométrie entre la taille de la larve(y) et la largeur de la capsule céphalique(x) ($y=0,78x-0,44$, $r=0,98$). Les mensurations moyennes et respectives de L₁, L₂ et L₃ sont : $[1,99 \pm 0,29$, $2,97 \pm 0,36$ et $4,60 \pm 0,38$ pour la largeur de la capsule céphalique (mm) et $1,12 \pm 0,22$, $1,87 \pm 0,27$ et $3,14 \pm 0,28$ pour la taille de larve (cm)].

- La description de la larve, basée sur la nomenclature de Richter (1966) et complétée par McQuillan (1985) montre :

Une tête de couleur brune, une capsule céphalique transverse, une suture clypéofrontale distincte, un clypéus orné de soies, un labre étroit, des antennes à 4 articles, un thorax pubescent, un segment anal en Y, bordé par un palidium bien développé, des stigmates abdominaux, au nombre de 8, dirigés vers l'avant.

- L'activité alimentaire, montre que les exigences alimentaires varient d'un stade à l'autre. Le stade L₂ étant le plus exigeant.

- L'observation anatomique montre que le tube digestif est très développé et remplit à lui seul tout le corps. Il est composé successivement, de l'avant vers l'arrière, d'un stomodeum, d'un mesenteron et du proctodeum en forme de S.

- L'histologie du tube digestif montre que ces trois segments sont structurellement différenciés.

Sans avoir la prétention de traiter dans son ensemble le problème de *Geotrogus deserticola* (Blanch.), ce travail devrait contribuer à la mise en place d'une stratégie de lutte.

Mots clés : vers blancs – Melolonthini – *Geotrogus deserticola* (Blanch.)

INTRODUCTION

Notre travail s'inscrit dans le cadre d'un programme de recherches visant à proposer une stratégie de lutte contre les ravageurs des cultures. Notre attention s'est portée particulièrement sur *Geotrogus deserticola* (Blanch.), ravageur des céréales en Algérie. *Geotrogus deserticola* (Blanch.), longtemps considéré comme une espèce (Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Peyerimhoff, 1945), a été ramené au rang de sous-espèce par Baraud (1985). Son statut taxonomique actuel est *Geotrogus inflatus* ssp *deserticola* (Blanchard). Si la systématique de l'espèce et la description de l'adulte ont fait l'objet d'études, il n'en est pas de même de la larve, non décrite jusqu'à ce jour. L'espèce appartient à la sous-famille des Melolonthinae, tribu des Melolonthini. La larve, du type ver blanc, se reconnaît notamment à son mode de déplacement dorso-ventral sur une surface plane (contrairement aux larves de cétonides, à déplacement latéral) et à sa fente anale en forme de Y (Hurpin, in Balachowsky, 1962). Les dégâts aux cultures, en particulier aux cultures céréalières, se manifestent par des tâches grandissantes qui se dessinent sur le terrain (Balachowsky et Mesnil, 1936).

Les attaques des vers blancs sur les cultures ne sont pas nouvelles et sont observées sur tous les continents. En Europe, les recherches réalisées sur les Melolonthinae et l'usage massif des pesticides ont permis de mettre fin au fléau que constituait alors le hanneton commun *Melolontha melolontha* (L.). L'introduction accidentelle d'*Hoplochelus marginalis* (Fairm.) à l'île de la Réunion (1981), en provenance de Madagascar a également fait l'objet de recherches intensives afin de contrôler les attaques enregistrées dans les plantations de canne à sucre (Rajabalée, 1990 ; Vercambre *et al.*, 1991). Ce gros ver blanc s'attaque aux racines et parties souterraines des plantes qui finissent par flétrir et se dessécher. Avant que soient prises des mesures de protection à la Réunion, il causait des pertes atteignant jusqu'à 10% de la production de la canne à sucre dans certaines zones de l'île et des budgets annuels de plusieurs millions de francs ont été alloués pour le combattre (Ackfarrally, 1996). Depuis 1989, les services de protection agricole de l'île Maurice, distante d'à peine 150 kilomètres de la Réunion, sont en alerte pour éviter que l'introduction accidentelle de l'insecte n'entraîne les mêmes ravages que ceux survenus aux champs de canne à sucre entre 1910 et 1940 du fait d'un autre ver blanc : *Phyllophaga smithi* (Arrow) (Rajabaleé, 1990).

En Algérie, les Melolonthini sont considérés depuis longtemps comme des ennemis redoutables des cultures. L'enquête sur la distribution géographique de ces ravageurs effectuée chaque année par l'Institut National de la Protection des Végétaux a permis de localiser les foyers les plus actifs. Une analyse des cartes établies par l'Institut National de la Protection des Végétaux permet de voir que la vitesse d'extension est très rapide puisque entre 1984 et 1995, les vers blancs ont accentué leurs dégâts dans tout le Nord du pays, partout où sont cultivées ou ont été cultivées les céréales. L'ampleur des dégâts a attiré l'attention des autorités algériennes et c'est ainsi que nous avons été amenée à entreprendre des recherches en vue d'évaluer ces dégâts, et surtout de cerner la biologie de l'espèce principale dans une perspective de lutte.

Dans ce travail, nous nous proposons de :

- (1) Cerner la répartition des Melolonthini présents en Algérie susceptibles de causer des dégâts notables aux cultures, à savoir les genres *Rhizotrogus* (Berthold, 1827), *Pseudoapterogyna* (Escalera, 1914) et *Geotrogus* (Guerin, 1842).
- (2) Superposer ces répartitions, avec les cartes établies par l'Institut National de la Protection des Végétaux, qui globalisent les dégâts liés aux vers blancs. Malheureusement, ces documents ne précisent pas l'espèce ou même le genre mis en cause, à l'exception du cas de *Geotrogus deserticola* (Blanch.). Cette espèce est très largement répandue dans la région de Médea, avec des densités qui atteignent 100 larves au m² dans certaines localités autour de Médea, comme à Berrouaghia, Zoubiria et Ouzera, d'où le choix de Médea comme zone d'étude.
- (3) Trouver une technique d'élevage des larves qui permettra plus tard de préciser le cycle et la biologie de l'espèce. Cette mise au point était d'autant plus délicate que les données de terrain disponibles étaient fragmentaires, avec un insecte à cycle long (plusieurs années) et des larves sensibles aux frictions et aux manipulations, avec des exigences alimentaires variant selon les stades.
- (4) Décrire la larve de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) afin d'avoir un document de référence qui permette de rapporter indiscutablement les dégâts enregistrés à l'espèce en question.
- (5) Compléter l'étude morphologique de la larve par une étude de son tube digestif, à la fois anatomique et histologique.

(6) Identifier le stade larvaire causant le plus de dommages aux cultures, par une étude de la prise alimentaire.

(7) Préciser le moment où les traitements chimiques ou autres sont susceptibles de se montrer les plus efficaces, compte tenu du cycle biologique de l'espèce.

Sans avoir la prétention de traiter dans son ensemble le problème de *Geotrogus deserticola* (Blanch.), ce travail devrait contribuer à la mise au point d'une stratégie de lutte. Cette approche consiste en l'application d'un certain nombre de principes : 1/ connaissance de la répartition des espèces nuisibles, 2/ étude approfondie des bioclimats dans leur aire de distribution et enfin 3/ la biologie du ravageur (Kirk, 1992).

Ces recherches sont d'autant plus intéressantes pour l'économie céréalière de l'Algérie que l'accroissement de ce type de culture est depuis toujours une nécessité économique majeure pour ce pays.

* *

*

1.- Chapitre 1 : Analyse bibliographique

1.1.- Répartition géographique des Melolonthini (Coleoptera Melolonthinae)

Les vers blancs correspondent aux larves (stades immatures) de plusieurs espèces de Scarabéides qui vivent dans le sol. Leur apparence générale est très semblable, et il en est de même pour leurs traits de vie. Les larves passent par trois stades entrecoupés chacun d'une mue, au cours desquels la taille de l'individu peut devenir considérable, plusieurs centimètres pour certaines espèces. Elles vivent dans le sol où elles mangent les racines de beaucoup de plantes, dont certaines à forte valeur ornementale ou agricole. Les premiers symptômes des dégâts qui apparaissent en surface sont un flétrissement des tiges, tandis que les dommages progressent par taches, avec une mortalité des plantes apparemment inexplicables si les conditions hydriques du sol paraissent favorables et que l'on ne soupçonne pas la présence des insectes. Les larves donnent ensuite des adultes dont la morphologie générale est celle d'un hanneton.

La famille actuelle des Melolonthidae correspond à une partie des Scarabaeidae Pleurostici des anciens auteurs. Elle a été subdivisée en Melolonthinae, Cetoniinae, Rutelinae et Dynastinae (Paulian, 1952). Plus tard, ces sous-familles ont été élevées au rang de familles (Paulian et Baraud, 1982) et c'est cette nomenclature que nous avons adoptée. Les représentants de la famille des Melolonthidae se reconnaissent à leur clypéus non échancré à sa base, qui cache l'insertion des antennes. Les mandibules sont simples, non élargies et cachées sous le clypéus. Cette famille est la plus riche en espèces parmi l'ensemble des Coléoptères Scarabaeoidea. En Europe, elle est représentée par 42 genres et 173 espèces. Pour les espèces d'Afrique du Nord, Baraud (1985) a scindé les Melolonthidae en deux sous-familles : les Melolonthinae et les Sericinae, tandis que les Pachydemini, les Melolonthini et les Chasmatopterini sont réduites au rang de tribus (Tableau 1). Plus tard, dans sa révision des Scarabaeoidea d'Europe, Baraud (1992) a élargi ces limites et considéré que les Melolonthidae se répartissaient en quatre sous-famille : les Sericinae, les Pachydeminae, les Chasmatopterinae et les Melolonthinae. Les espèces de la sous-famille de Melolonthinae (sensu Baraud, 1985) se reconnaissent par leur labre épais en forme de croissant. Ce dernier est situé au-dessus du clypéus mais reste nettement visible. Le plateau tibial des pattes postérieures est sans échancrure et les hanches antérieures sont non carénées. Les 5^{ème} et 6^{ème} sternites sont séparées au milieu par une zone membraneuse.

**Tableau 1 : Les différentes sous-familles de Melolonthidae,
leurs tribus et leurs genres nord-africains
(d'après Baraud, 1985)**

Sous-familles	Tribus	Genres
Melolonthinae	Pachydemini	Elaphocera (Géné) Elaphocerida (Reitter) Europton (Marseul) Pachydema (Castelnaud) Tanyproctus (Faldermann)
	Melolonthini	Amphimallon (Pelletier et Serville) Anoxia (Castelnaud) Cryptotrogus (Kraatz) Cyphonoxia (Reitter) Eriotrogus (Reitter) Geotrogus (Guerin) Haplidia (Hope) Monotropus (Erickson) Oligophylla (Kraatz) Polyphylla (Harris) Pseudoapterogyna (Escalera) Redotus (Fairmaire) Rhizotrogus (Berthold) Schizonycha (Blanchard) Sphodroxia (Kraatz)
	Chasmatopterini	Chasmatopterus (Latreille)
Sericinae	Trochalini	Bielliani (Baraud)
	Sercinini	Euserica (Reitter) Hetamius (Fairmaire) Hymenoplia (Eschsocholtz) Neomaladera (Baraud) Paratriodonta (Baraud) Triodonta (Mulsant)

Les Melolonthinae se sont très largement diversifiés aussi bien en Europe (173 espèces) qu'en Afrique où l'on compte 100 espèces. Beaucoup d'espèces parmi ces phytophages sont considérées comme nuisibles et l'ampleur des dégâts qu'elles causent aux plantes cultivées a fait l'objet de nombreux travaux portant à la fois sur les méthodes d'échantillonnage (Chessel, 1975 ; Robert *et al.*, 1985), leur biologie (Couturier et Robert, 1955a et b ; Trouvelot *et al.*, 1954 ; Barbier, 1954 ; Evans et Gyrisco, 1959 ; Hurpin et Maillard, 1952), l'importance économique et les méthodes de lutte (Caputa et Murbach, 1951 ; Soulié et Journet, 1954 ; Cairaschi ; 1954 ; Regnier et Joary, 1954 ; Couturier et Cairaschi, 1954) et enfin la systématique (Baraud, 1970 ; 1971 a et b ; Coca Abia, 1995 ; Coca Abia et Martin Piera, 1998 ; Montreuil, 2000).

Parmi les espèces les plus étudiées du fait leur nuisance aux cultures, nous citerons *Melolontha melolontha* (L.) et *Melolontha hippocastani* (F.) en Europe, à l'exception des régions méridionales (Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Balachowsky, 1962 ; Robert *et al.*, 1986), *Polyphylla olivieri* (Castelnau) (Hafez et Bishara, 1961, a et b), *Polyphylla fullo* (L.) au Proche-Orient (Balachowsky, 1962) et *Phyllophaga* spp. Aux Etats-Unis et au Canada (Yves et Warren, 1965 ; Guppy et Harcourt, 1970 ; Kard et Hain, 1987 ; Kard *et al.*, 1988).

Si en Europe, aux Etats-Unis et dans d'autres parties du monde, beaucoup de travaux ont été consacrés aux Melolonthidae (Moron, 1986 ; Ridsdill-Smith et Roberts, 1976 ; Lim *et al.*, 1980 ; Guppy et Harcourt, 1973 ; Allsopp et Bull, 1989 ; Wightman, 1972, a et b), pour l'Afrique du Nord on ne relève pratiquement que des études consacrés à des descriptions ou à la position taxonomique des espèces (Peyerrimhoff, 1949 ; Balachowsky, 1962 ; Baraud, 1985). Toutefois des travaux plus récents ont porté sur les Scarabaeoidea phytophages de l'est du Maroc, apportant d'appréciables compléments : descriptions de nouvelles espèces pour la faune marocaine et amélioration des connaissances sur la biologie et l'écologie de ce groupe d'insectes (Chavanon, 1990 ; 1994 ; Chavanon *et al.*, 1995 ; Chavanon et Zirari, 1996 ; Zirari, 1998).

En ce qui concerne plus spécifiquement l'Algérie, quelques notes relatent sommairement la biologie de deux espèces nuisibles, à savoir *Pseudoapterogyna numidicus* (Lucas) et *Geotrogus deserticola* (Blanch.) (Balachowsky, 1962 ; Delassus et Pasquier ; 1930 ; Balachowsky et Mesnil, 1936). L'aire de répartition de ces espèces est limitée à des zones géographiques restreintes. *Pseudoapterogyna numidicus* (Lucas) est essentiellement

distribuée dans les régions d'Oran, Médéa, Keddara, Khemis Miliana et Theniat El Haad. Quant à *Geotrogus deserticola* (Blanch.), il se répartit dans les régions de Médéa, Berrouaghia, Theniat El Haad et Tiaret (Baraud, 1985).

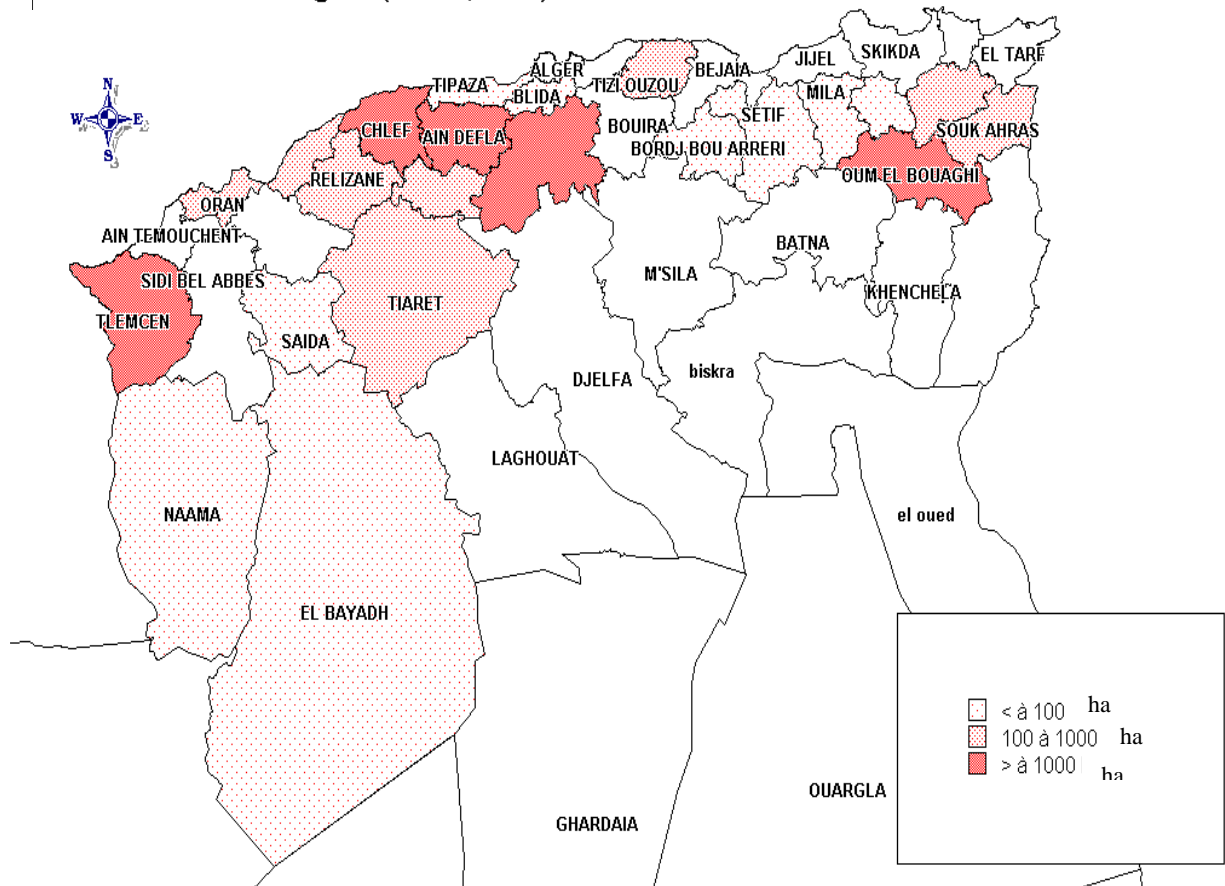
Une carte (Figure 1) établie en 1984 par l'Institut National de la Protection des Végétaux globalise les dégâts liés aux vers blancs, mais sans préciser l'espèce (ou les espèces) concernée (s), ni même le genre. Après avoir dépouillé la bibliographie consacrée à cette sous-famille (Peyerimhoff, 1945 ; Balachowsky, 1962 ; Baraud, 1985), il nous a paru utile de donner la répartition de toutes les espèces de Melolonthinae présentes dans le nord de l'Algérie (Tableau 2, figure 2), tout en précisant la répartition des espèces appartenant aux trois genres de Melolonthini nuisibles aux cultures en Algérie (figure 3), à savoir *Rhizotrogus* (Berthold, 1842), *Pseudoapterogyna* (Escalera, 1914) et *Geotrogus* (Guérin, 1842).

La systématique des Rhizotrogini a été récemment revue par Coca Abia (1995) et Montreuil (2000). Coca Abia a procédé à une analyse phylogénique des *Rhizotrogus* et des taxons voisins et a proposé une nouvelle classification des espèces. Dans cette classification, le genre *Pseudoapterogyna* est mis en synonymie avec *Geotrogus*. Toutefois, dans le cadre du présent travail, nous continuerons à utiliser la classification proposée par Baraud (1985) de manière à ce que les travaux plus anciens sur les ravageurs puissent encore se référer à un cadre taxonomique reconnu.

En effet :

- ⇒ *Pseudoapterogyna* et *Geotrogus* ont longtemps fait partie des *Rhizotrogus*. Cela permet de situer dans un contexte connu les travaux de Balachowsky et Mesnil (1936) et de Peyerimhoff (1945). C'est Baraud (1985) qui sépara des *Rhizotrogus* les *Pseudoapterogyna* et *Geotrogus*, érigés au rang de genre.
- ⇒ *Geotrogus deserticola* (Blanch.) a longtemps été considéré comme une espèce à part entière (Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Peyerimhoff, 1945 ; Balachowsky, 1962). Depuis les travaux de Baraud (1985), il ne s'agit plus que d'une sous-espèce de *Geotrogus inflatus* (Buquet).

Figure 1 : urfaces céréalières attaquées par les vers blancs en Algérie (I.N.P.V, 1984)



**Tableau 2 : Répartition des vers blancs (Coleoptera Melolonthini) en Algérie
(d'après les données de Baraud, 1985)**

I) SCHIZONYCHA (Blanch.)	II) RHIZOTROGUS (Berthold)	III) PSEUDOAPTEROYNA (Escalera)	
1) <i>S. algerina</i> (Blanch.) Oran, [Telagh], [Medroussa], Chellala, [El bayadh], Ain Sefra, Aflou, El Aricha, Alger, Boghari, Bouira, Guelt Es Stel, Constantine, Biskra. 2) <i>S. dumonti</i> (Pey.). [El Goléa], Ghardaïa, Laghouat, Oglat Beraber, Chellala. 3) <i>S. layeti</i> (Pey.) Tassili des Ajjers, Djanet.	1) <i>R. beauprei</i> (Pic.) Chellala, [Medroussa], Oran. 2) <i>R. vicarius</i> (Bedel) [Theniet El Haad], Mascara, Cèdres de Blida, [Telagh], Babor, Alger. 3) <i>R. rotroi</i> (Pey.) Sidi Bel Abbès.	1) <i>P. tusculus</i> (Buquet) Constantine, [Skikda] [Annaba], Setif, [Lakhdaria], Batna. 2) <i>P. stupidus</i> (Fairmaire) Alger, Dellys, [Chlef], Oran. 3) <i>P. majorinus</i> (Pey.) [Annaba]. 4) <i>P. holoscantus</i> (Fair.) Biskra, Ouled Rahmoun, Msila, Ain Touta, [El Bayadh], Tebessa, Setif. 5) <i>P. prophetii</i> (Fair.) Tiaret, Mascara, Frenda, Ain El Hadjar, Tlemcen, Lalla Marnia. 6) <i>P. grossus</i> (Blanch.) - ssp <i>grossus</i> Médéa, Berrouaghia, Benchicao, Kabylie. - ssp <i>cedretorum</i> (Pey.) Ghriss, Zelboun, Tlemcen, Ain Fezza. - ssp <i>mesatlanticus</i> Thiersville, Zelboun, Ain Feza, Tlemcen. 7) <i>P. editorum</i> (Pey.) Djurdjura. 8) <i>P. barbarus</i> (Lucas) [Telagh], Tlemcen, Alger, Mouzaia, Médéa, Biskra, [Khemis Miliana], Constantine. 9) <i>P. cibripennis</i> (Pey.) Ain Beida, Constantine Ain Miila.	10) <i>P. gerardi</i> (Buquet) - ssp <i>gerardi</i> [Annaba], [El Kala], [Skikda], Alger. - ssp <i>henoni</i> (Fair.) Constantine, Guelma Souk Ahras, Batna, Hammam El Meskoutine. - ssp <i>aurasiacus</i> (Pey.) Aurès (infeodé aux cèdres). 11) <i>P. tigneti</i> (Baraud) [Theniet El Haad] (coll. Oberthür). 12) <i>P. ignobilis</i> (Reitter) Tlemcen, Mascara, Remchi, Marnia, Frenda. 13) <i>P. vorax</i> (Marseul) Batna, Boghar Relizane Mascara, Frenda, Ain Fezza, Belezma, Timgad. 14) <i>P. euphytus</i> (Buquet) Constantine, [Annaba], [Skikda], Médéa. 15) <i>P. numidicus</i> (Lucas) Oran, Alger, Médéa, Keddara, [Khemis Miliana], Miliana, [Theniet El Haad], Bou Berak. 16) <i>P. bedeli</i> (Reitter) [Theniet El Haad]. 17) <i>P. elegans</i> (Brenski) Tebessa, [Annaba], [El Kala].
IV) GEOTROGUS (Guerin)		V) AMPHIMALLON (Pelletier et Serville)	VI) ANOXIA (Castelnau)
1) <i>G. inflatus</i> (Buquet) - ssp <i>inflatus</i> Oran, Saida, Ain El Hadjar, Mascara, Tiffrit. - ssp <i>deserticola</i> (Blanch.) Boghar, Berrouaghia, Médéa [Theniet El Haad], Tiaret. 2) <i>G. magognoxi</i> (Guerin) Médéa, Miliana. 3) <i>G. gabalus</i> (Buquet) Constantine, Sétif, Batna Djelfa, Oran Tiaret, Sidi Bel Abbès, Zelbou (Entre [Sougueur] et Aflou).	4) <i>G. bleicheri</i> (Fairm.) Tlemcen, Ain Fezza. 5) <i>G. gonoderus</i> (Fairm.) Marnia, Oran. 6) <i>G. rectibasis</i> (Reitter) Tebessa. 7) <i>G. araneipes</i> (Fairm.) Ouargla, Aflou, [Medroussa], Bousaada, Biskra, M'sila. 8) <i>G. dispar</i> (Buquet) Constantine. 9) <i>G. temperei</i> (Baraud) [Annaba], Setif (coll. Oberthür) Djemilia (Maldes).	1) <i>A. suturale</i> (Lucas) Marnia, Oran. 2) <i>A. scutellare</i> (Lucas) Oran, Setif, Alger, Djurdjura, Médéa, [Theniet El Haad]. 3) <i>A. suberistatum</i> (Fairm.) Aures, Batna. 4) <i>A. obscurum</i> (Reiche) Kabylie, Alger, Djurdjura.	1) <i>A. emarginata</i> (Coquerel) Alger, Oran, [Annaba], [Ghazaouet] (Dewailly), [Theniet El Haad] (Vauloger). 2) <i>A. desbrochersi</i> (Baraud) [Annaba], [El Kala] (coll. Maldes et Doguet). 3) <i>A. maldesi</i> (Baraud) [Annaba], Alger, [Theniet El Haad] (Pey.).
VII) CYPHONOXIA (Reitter)	VIII) OLIGOPHYLLA (Krâatz)	IX) POLYPHYLLA (Harris, 1842)	X) SPHRODOXIA (Krâatz)
1) <i>C. kircheri</i> (Balthasar) Béchar, Beni Abbès, Ain Salah.	1) <i>O. detrita</i> (Fairm.) Biskra. 2) <i>O. peyerimhoff</i> (Dewailly et Baraud) Aïn Salah (nord).	1) <i>P. fullo</i> (Linné) Aïn Sefra. 2) <i>P. maroccana</i> (Pey.) - ssp <i>descarpentriési</i> Aïn Sefra.	1) <i>S. mauritanica</i> (Lucas) Constantine, [Mostaghanem]. 2) <i>S. atripennis</i> (Pic.) Bousaâda. 3) <i>S. algerica</i> (Pey.) [Thenia].

Les noms des localités mentionnées par Baraud ⁽¹⁾ (1985) et qui ont été changés sont mis entre crochets.

⁽¹⁾ La correspondance des noms des localités est reportée dans la planche AXI.

1.2.- Données bibliographiques sur le cycle biologique des espèces

En Europe, aux Etats-Unis et au Canada, de très nombreux travaux ont été consacrés aux vers blancs. L'étendue des dégâts causés par les espèces telles que *Melolontha melolontha* (L.), *Melolontha hypocaustani* (F.), *Polyphylla fullo* (L.), *Phyllophaga anxia* (Le Conte), a orienté les recherches vers l'étude de leur biologie. Le cycle biologique, qui concerne la durée de développement de l'insecte, est constant pour chaque espèce. Par contre, son régime évolutif, qui concerne les années de sorties massives puis de vol, peut varier d'une région à l'autre. Cette donnée est fondamentale d'un point de vue agricole car cela nécessite de suivre localement l'évolution des pullulations et de tenir à jour des cartes régionales (Heer, 1841, in Régnier, 1946). Les cartes établies font ressortir la dispersion des régimes de type I, II et III à travers les différentes régions d'Europe pour *Melolontha melolontha* (L.) (Régnier, 1954) et des régimes A, B et C à travers les différentes régions du Canada pour *Phyllophaga anxia* (Le Conte) (Lim *et al.*, 1980).

La numérotation des régimes représentés par les chiffres romains (Régnier, 1954) ou par les lettres de l'alphabet pour les anglosaxons (Shenefelt et Simkover, 1951) est obtenu en divisant les millésime de l'année de sortie par le chiffre caractérisant la durée du cycle en années au point considéré ; le reste donne le numéro du régime. Dans le cas ou celui ci est nul, on prend le chiffre du cycle.

Exemple :

Nous sommes dans une région à cycle 2. La division par 2 donne :

Pour l'année 1996 qui correspond à la date de l'émergence de l'adulte dans une région, un reste de 0. Dans ce cas, c'est un régime II ou régime A.

La connaissance des régimes I, II et III a amené les auteurs à étudier le vol des adultes dans l'optique d'une meilleure conduite des opérations de hannetonnage chimique (Couturier et Robert, 1954). La ligne de vol du hanneton commun est indépendante de l'aspect des lieux ; c'est la perception de la lumière polarisée diffusée dans le ciel qui permet sans doute aux insectes de se diriger toujours dans la même direction, en dehors de tout repère extérieur (Couturier et Robert, 1955 a et b, 1956). Par ailleurs, il a été montré que l'activité du vol était importante sous l'influence des courtes longueurs d'onde du spectre visible (Couturier et Jacky, 1970) et que la direction des migrations d'avant et après la ponte restait inchangée en dépit des variations climatiques et indépendamment du paysage (Couturier et Robert, 1958). Par ailleurs, si *Melolontha melolontha* (L.) (Hurpin, in

Balachowsky, 1962) et *Phyllophaga anxia* (Le Conte) (Lim *et al.*, 1980) ont un cycle biologique de 3 ans, *Polyphylla fullo* (L.) présente un cycle évolutif sur 2 ans (Hurpin, *in* Balachowsky, 1962).

Dans la nature, les pontes sont d'autant plus nombreuses que le terrain est moins couvert par la végétation arbustive (Régnier et Arnoux, 1946). Leurs lieux de prédilection sont les prairies, les cultures fourragères et les céréales (Régnier, 1952 a et b). Cela explique la direction des vols de ponte des femelles qui vont des bois vers les milieux arbustifs (Couturier et Robert, 1955 a et b, 1956, 1958). Au laboratoire, des pontes multiples ont été obtenues. En effet, entre chaque ponte les hannetons s'alimentent pendant un temps assez long et le développement des œufs est subordonné à différents facteurs du milieu (Hurpin, 1951 ; Robert, 1951). L'optimum de développement des œufs de *Melolontha melolontha* (L.) se situe entre 15°C et 20°C, pour un taux d'humidité compris entre 5% et 15% (Régnier et Hurpin, 1955). La résistance de l'œuf est fonction de son âge. Agé de quelques jours, il peut être manipulé aisément, alors qu'au moment de la ponte il est très fragile et ne supporte pas l'air ni le moindre choc (Hurpin, 1956). Par ailleurs, les œufs âgés supportent une température de 0°C et résistent au laboratoire à une immersion de plusieurs jours, cela d'autant plus longtemps que la température est moins élevée (Hurpin, 1971).

Le développement embryonnaire et larvaire dépend également de la température, de l'humidité et de la nature du substrat. Dans une terre riche en limon, l'optimum est compris entre 15°C et 20°C pour un taux d'humidité de 10% à 20% tandis qu'à la même température mais dans le cas de terrains plus sablonneux, le taux d'humidité optimal est compris entre 5% et 15%. Cela explique que l'importance des populations de vers blancs soit liée aux facteurs climatiques (Hurpin, 1956). Une méthode d'élevage fut mise au point pour mener à bien les recherches sur le développement embryonnaire et larvaire. Cette technique satisfaisante pour les *Rhizotrogus* consiste à isoler individuellement les larves dans des boîtes de polystyrène de 240 ml remplies aux $\frac{3}{4}$ de leur capacité par du terreau. Les boîtes sont fermées par un couvercle non percé, de telle façon que l'humidité du substrat reste aussi constante que possible, et placées dans une enceinte maintenues à environ 20°C. Les larves sont nourries hebdomadairement par des rondelles de carotte (Régnier et Hurpin, 1955). Les exigences alimentaires des larves varient en fonction de leur âge. C'est la larve de stade L3 qui consomme le plus, tandis qu'elle recherche des plantes riches en sucres et appauvries en azote, bêtaïne et tyrosine (Ricou, 1953). Le développement complet de *Melolontha melolontha* (L.), de l'œuf à l'imago, peut ainsi être

obtenu au laboratoire au bout de 13 à 15 mois, avec un rendement de 30%, pour une température de l'ordre de 20°C et une alimentation à base de carottes et une humidité du substrat satisfaisante (200ml d'eau mélangée à 100g de tourbe préalablement desséchée à l'étuve à 105°C (Hurpin, 1971). Les adultes obtenus sont maintenus préalablement pendant 3 mois à 13°C, temps nécessaire pour permettre la maturation des ovaires, puis au delà de ce délai la température est ramenée à 20°C avec un éclairage de 3000 lux et une alimentation à base de feuilles de chênes (Hurpin, 1971).

Contrairement à l'Europe ou aux Etats-Unis, les vers blancs n'ont fait l'objet que de quelques travaux en Afrique du Nord, en dépit de l'importance des ravages. Quelques notes et mémoires relatent sommairement leur biologie et beaucoup se rapportent à des observations sur le terrain (Pasquier, 1930 ; Delassus *et al.*, 1933). Le cycle biologique est de deux ans pour les *Rhizotrogus* (Delassus et Pasquier, 1930), avec émergence des adultes avant la fin de l'hiver et au printemps (Balachowsky et Mesnil, 1936). L'accouplement a lieu au printemps sur les plantes basses (Hurpin, *in* Balachowsky, 1962), avec ponte en mars (Balachowsky et Mesnil, 1936).

Ces résultats rejoignent les observations fragmentaires recueillies sur le terrain en Algérie (Fiches techniques INPV, 1985, 1986). *Pseudoapterogyna numidicus* (Lucas) et *Geotrogus deserticola* (Blanch.) ont un cycle évolutif de 2 ans. L'apparition des adultes s'effectue en deux périodes : l'une en automne et la seconde au printemps. Les insectes s'alimentent peu. Ceux qui apparaissent au printemps sont plus exigeants en nourriture et ils peuvent commettre des dégâts sur les bourgeons de la vigne. L'accouplement se fait à la surface du sol ou sur la végétation basse. La ponte commence deux semaines après la sortie de la femelle. La fécondité est de 30 œufs, la ponte étant répartie sur plusieurs jours. Les femelles déposent leurs œufs dans le sol à une profondeur de 3 à 4 cm, le plus souvent par paquets de deux. Pour pondre, la femelle cherche des terres légères, fraîchement travaillées. La durée d'incubation est de deux à trois semaines. Les jeunes larves s'alimentent de débris de racines et ce n'est que plus tard, qu'elles commencent à ronger les racines vivantes. A partir du deuxième stade, les larves commencent à faire des dégâts (Fiches techniques INPV, 1985, 1986).

Si au Canada, aux Etats-Unis, en Europe et en Afrique du Nord les vers blancs sont connus depuis fort longtemps comme étant nuisibles aux cultures, il arrive encore que des

introductions accidentelles entraînent des dégâts considérables. C'est le cas de *Clemora Smithi* (Arrow) et d'*Hoplochelus marginalis* (Fairm.) qui furent introduits à l'île Maurice (Vercambre *et al.*, 1988). Les dégâts causés par *Hoplochelus marginalis* (Fairm.) portent essentiellement sur la canne à sucre, mais aussi sur les cultures vivrières, maraîchères, fourragères, fruitières et horticoles (Basso Bert, 1988). *Hoplochelus marginalis* (Fairm.) présente un cycle biologique annuel, avec apparition des adultes au mois d'octobre. C'est dans ce cas, la larve L3 qui commet les plus gros dégâts. Le cycle de *Clemora smithi* (Arrow) est également annuel, avec apparition des adultes au moins de septembre. Les trois stades larvaires sont présents entre mars et juillet et c'est pendant cette période que les dégâts sont les plus à craindre (Rajabalée, 1990). *Clemora smithi* (Arrow) se développe dans les régions humides, sub-humides et dans les types de sol, sauf dans les argiles noires.

1.3.- Données bibliographiques sur les moyens de lutte utilisés jusqu'à ce jour contre les Melolonthini

1.3.1.- Moyens de lutte dans le monde

L'importance économique des dégâts provoqués par les hannetons, ou d'une façon plus précise par leurs larves est variable. On assiste tous les 2 à 3 ans à des sorties massives d'adultes qui iront ensuite disséminer leurs pontes sur tout le territoire environnant, les ravages les plus importants étant le fait des larves de troisième année. Plusieurs moyens de lutte ont été préconisés. Ces moyens, adaptés à chaque ravageur, différent d'un pays à l'autre mais ils restent basés sur le même principe, la diminution de l'abondance des populations.

En Europe, la lutte auparavant limitée au hannetonnage et aux techniques culturales (passages croisés à l'extirpateur ou pulvérisateur travaillant en profondeur réalisés au moment où les vers blancs sont jeunes et se trouvent dans les couches superficielles du sol) (Régnier et Joary, 1954), connut un essor considérable avec l'arrivée sur le marché des produits de synthèse. Divers essais montrèrent la toxicité vis-à-vis des vers blancs du SPC, HCH et du DDT (Couturier et Antoine, 1949 ; Viel, 1955; Bouchet, 1949), à condition que les déclenchement des opérations de hannetonnage chimique se fassent quand il y a assez de hannetons sur les arbres, tout en tenant compte de l'évolution physiologique des femelles et la date des premiers départs (Régnier *et al.*, 1953). A côté de ces puissants insecticides qui communiquent aux organes souterrains des plantes et aux tubercules une odeur de moisi qui

les rend impropres à la consommation (Balachowsky, 1962), furent introduits le lindane, le parathion, le fonofos, le phoxime, l'endosulfon et le chlorpyrifos-éthyl (Hurpin, 1960 a ; Bourdin et Daurade, 1971 ; Le Nail, 1980) qui réduisent la densité des vers blancs si les opérations s'effectuent à l'automne, après l'arrêt de vols, ou à la rigueur au printemps suivant, à condition que les seuils de tolérance des plantes aient été préalablement définis (Le Nail, 1980). Toutefois, l'emploi trop généralisé d'insecticides organiques est susceptible de provoquer des déséquilibres divers au niveau des biocénoses édaphiques, et nombreux sont les produits cités précédemment qui sont maintenant interdits du fait de leur toxicité et de leur accumulation le long des chaînes alimentaires. A cette lutte purement chimique s'est substituée progressivement la lutte biologique et surtout la lutte intégrée utilisée dans son contexte le plus large (Kirk, 1992). La lutte biologique au sens strict consiste en une limitation de l'abondance des ravageurs par leur ennemis naturels, ou par des techniques de stérilisation des mâles, ou encore par la production des plantes hautement résistantes au ravageur.

Hawlitzky (1969) a proposé, comme substitut des insecticides de synthèse pour lutter contre les vers blancs, l'emploi de deux germes pathogènes *Bacillus popillae* (Dutky) et *Rickettsiella melolonthinae* dont l'effet se traduit par une diminution des échanges respiratoires et une diminution de la prise alimentaire chez les larves de troisième stade de *Melolontha melolontha* (L.). Un champignon, *Beauveria tenella*, fut également proposé pour la lutte microbiologique en raison de sa grande pathogénie et de sa facilité de production en milieu artificiel (Hurpin in Robert *et al.*, 1971). *Beauveria tenella* semble être plus efficace, cependant s'il est associé à des doses réduites d'insecticides (Ferron, 1971). Si *Beauveria tenella* demeure l'arme idéale dans la lutte microbiologique (Hurpin et Robert, 1961 ; Hurpin, 1971), *Bacillus popillae* (Dutky) a fait l'objet d'essais concluants aux Etats-Unis sur *Popillae japonica* (New.). Cependant, comme *B. popillae* n'attaque que le stade L3 de *Melolontha melolontha* (L.), son action se retrouve réduite à un tiers pour les vers blancs (Hurpin, 1971). Un Hyphomycète tel que *Melarrhizium anisoplia* fut également proposé (Fargues, 1976). La contamination des larves se fait par pulvérisation ou par injection intrahémocoelienne en raison du tégument de l'insecte hôte qui joue le rôle de barrière à l'infection cryptogamique (Kogler, 1965 ; Fargues et Vey, 1974, in Fargues, 1976). Les tachinaires (Diptère parasite) tels que *Dexia rustica* et *Dexia vacuo* et les nématodes du genre *Mermis* se montrèrent par contre inefficaces. La lutte dite autocide par lâchers de mâles stérilisés a par contre fait l'objet d'un essai concluant en Suisse contre les vers blancs (Horber, in Hurpin, 1977). Cependant en France la raréfaction, voire la disparition, du

hanneton commun dans les zones de grandes cultures semble davantage due à la modification du paysage agricole (suppression des zones boisées et des productions fourragères) et au travail du sol par de puissants moyens mécaniques plutôt qu'à l'usage massif des pesticides (Robert *et al.*, 1986).

Au Canada, l'espèce dominante qui cause les plus gros dégâts dans la Province du Québec est *Phyllophaga anxia* (Le Conte). Tout d'abord, la lutte chimique fut préconisée à condition qu'elle coïncide avec l'émergence des adultes (Lim *et al.*, 1979). Des essais montrèrent la toxicité vis-à-vis des vers blancs du DDH, BHC, aldrine, endrine, dieldrine, chlordane, heptachlore et toxaphène (Hammond, 1948, 1949, 1960 ; Shenefelt et Simkover, 1951; Burkhardt, 1955 ; Pass, 1964 ; Polivska, 1965 ; Daniels, 1971 ; Fowler et Wilson, 1971, 1974 ; Sutton et Stone, 1974). Ces insecticides s'avèrent trop puissants et polluants et furent alors proposés le diazinon, le fensulfion et le carbofuron (Teetes, 1973). Cette lutte chimique fut élargie à la lutte non chimique, c'est-à-dire la technique culturale et la lutte biologique. En lutte biologique, la démarche consiste à répertorier l'ensemble des ennemis naturels du ravageur et ensuite de tester leur efficacité (Lim *et al.*, 1981). Seize espèces d'insectes parasites et prédateurs furent trouvés, avec aussi deux espèces d'acariens phorétiques. Le nématode diplogastéride *Mikoleztya aerivora* (Cobb) fût isolé. Des micro-organismes pathogènes tels que *Bacillus cereus* (Fr.) et quatre mycoses (*Metarhizium anisopliae* (Metsh.) Sorok ; *Beauveria bassina* (Bals.) Wuill ; *Fusarium sp* ; *Penicillium sp*) furent également proposés (Lim *et al.*, 1981). Récemment, Propawsky et Yule (1990) isolèrent un virus iridescent (Palv.) qui, inoculé sous forme d'une injection intra-hémocoelienne, provoque une forte mortalité des vers blancs.

A l'île Maurice, le contrôle de *Clemora smithi* (Arrow), espèce introduite accidentellement, s'est fait naturellement ; aucune méthode particulière n'ayant été utilisée contre cette espèce. Vercambre *et al.*, (1988) ont montré que la rémission définitive des attaques de *Clémora smithi* (Arrow) était due à des causes multiples, parmi lesquelles :

- 1) Une infection des larves par une grégarine encéphaline intestinale non létale, mais favorisant des enchaînements de maladies qui affaiblissent les larves et réduisent la fécondité des femelles ;
- 2) L'utilisation de variétés de canne à sucre résistantes aux attaques, puisque le déclin des ravages coïncida avec l'introduction d'une autre variété de canne à sucre.

Certains des facteurs responsables de la décroissance des attaques de *Clemora smithi* (Arrow) pourraient d'ailleurs servir à contrôler *Hoplochelus marginalis* (Fairm.) à l'Ile de la Réunion (Rajabalée, 1990). A l'Ile de la Réunion, *Hoplochelus marginalis* (Fairm.) a, toutefois, fait l'objet d'une lutte chimique où différents insecticides ont été utilisés, parmi lesquels le lindane, le chlormephos, l'isaphos, l'ethoprophos et le chlorpyriphos-éthyl, ce dernier donnant les meilleurs résultats (Basso Bert, 1988). Des essais de lutte biologique furent également entrepris. Si les Hyphomycètes, tels que *Melarrhizium anisopliae* et *Beauveria brogniarti*, maintiennent les larves au-dessous de leur seuil de nuisibilité, les Scolies (Hyménoptères), tels que *Compsomeris erythrogaster* et *Typhia parallela*, ne sont pas adaptés à l'Ile de la Réunion (Vercambre *et al.*, 1990).

1.3.2.- Moyens de lutte développés en Algérie

Si en Europe, et en Amérique du Nord la lutte contre les Mélolonthides a pris une ampleur considérable, en Afrique du Nord elle resta très limitée et ponctuelle. Un essai de lutte chimique avec du sulfure de carbone fut tenté mais très vite abandonné en raison de son coût élevé et de la complexité des opérations de sulfurage (Delassus et Pasquier, 1930). Par contre à la même époque, en Algérie, un essai concluant de lutte biologique fut menée sur les hauteurs d'Alger contre les vers blancs à l'aide de *Beauveria effusa* (Delassus, 1930). Et par référence aux différents essais concluants contre les Rhizotrogus en Europe, Hurpin (*in* Balachowsky, 1962) propose l'utilisation des bactéries telles que *Dexia rustica* et *Dexia vacuo* (Fall.) et les champignons tels que Beauveria.

Actuellement en Algérie la lutte, qui a d'abord été limitée à des techniques culturales consistant en des disques croisés et des labours profonds (Fiches techniques INPV, 1985, 1986) fût élargie à la lutte chimique. Le chloropyriphos-éthyl s'est révélé très efficace mais son coût est très élevé ; le lindane et le phoxime ont également été recommandés (actuellement en Europe le lindane a été retiré du marché pour son usage sur les cultures vivrières du fait de sa toxicité) ; par contre le parathion-méthyl s'est révélé inefficace (Fiches techniques INPV, 1985, 1986, 1987 ; Hammami, 1985).

1.4.- Importance économique et dégâts de vers blancs en Algérie

Les *Rhizotrogus* en Berbérie comptent parmi les ennemis les plus actifs et les plus apparents des plantes cultivées, en particulier les céréales, la vigne et les plantes

maraîchères (Peyerimhoff, 1945). Leurs dégâts se manifestent par des taches grandissantes qui se dessinent sur le terrain (Planche I, a). Ils peuvent atteindre 50% de la surface cultivée, notamment sur les hauts plateaux de l'Algérie (Balachowsky et Mesnil, 1936). Les larves s'attaquent aux parties souterraines et commettent de gros dégâts sur les racines des végétaux les plus variés (Planche I, b et c) tandis que les adultes s'attaquent aux parties aériennes et sont particulièrement nuisibles en consommant le feuillage de la vigne (Delassus et Pasquier, 1930 ; Delassus *et al.*, 1930). Toutefois, les céréales restent les aliments préférés des vers blancs (Hurpin, *in* Balachowsky, 1962).

Actuellement, il existe des données dans les statistiques agricoles sur la production céréalière en Algérie, et plus particulièrement celle du blé (Planche AII, a et b) (Rapports du Ministère de l'Agriculture, Alger, 1985 - 1996). Ces données ne détaillent pas les diverses causes. On estime cependant que les facteurs de pertes de récolte sont dues à des agents biologiques (rongeurs, insectes), à des agents physiques (température, précipitations) et à des agents de type technique (travail du sol). Les estimations des gains de récolte sont imputées aux traitements chimiques et aux conditions climatiques, sans que jamais ne soit précisé l'importance relative de tel ou tel facteur par rapport à l'ensemble des facteurs cités. Cependant, des efforts sont faits actuellement dans ce sens et ont donné quelques indications (Rapports INPV de 1994 - 1997). Les dégâts dus aux vers blancs sont exprimés en hectares de surface infestée, en densité de larves au m², en nombre de taches et quelquefois en taux d'infestation, particulièrement pour la Wilaya de Médéa (Planche AIII, a, b, c et d).

Planche I : Dégâts des vers blancs en Algérie

a- « Tâches grandissantes qui se dessinent sur le terrain » (Domaine Si M'hamed, Berrouaghia, 1987)

T = Tâches

b- Dégâts des vers blancs sur le blé

r : racines rongées

t : tiges flétries

c- Dégâts des vers blancs sur féveroles

r : racines rongées

t : tiges flétries



Ces données fragmentaires dont on dispose au cours de l'année pour une région donnée s'expliquent, sans doute, par le fait que :

- ⇒ Les tâches qui traduisent le flétrissement des plantes rongées aux racines n'apparaissent qu'au printemps, d'où le manque de données en d'autres saisons.
- ⇒ Les larves en période de fortes chaleurs ou de sécheresse s'enfouissent très profondément dans le sol, rendant difficile leur collecte, d'où la brusque diminution de la superficie infestée pendant cette période sèche.
- ⇒ La méthode d'échantillonnage systématique utilisée jusqu'à ce jour pour estimer la densité des vers blancs n'est réalisable que lors des saisons humides, lorsque les larves remontent à la surface. D'où le manque de données en d'autres saisons.

Toutefois, la combinaison de toutes les données disponibles montre que :

- Le fléau persiste et que les zones les plus touchées se situent à l'Ouest de l'Algérie, là où la culture céréalière a été intensifiée (Planche AIV, a et b).
- Que l'étendue des dégâts augmente chaque année (Figure A1, Planche AIV a et b).

Ainsi, même si en certaines périodes de l'année les attaques semblent diminuer, cela ne doit pas nous amener à cesser toute lutte car le fléau est cyclique.

* *
* *

2.- Chapitre 2 : Matériels et Méthodes

2.1.- Présentation de la zone d'étude

2.1.1.- Situation géographique

La région de Médéa fait partie de l'Atlas tellien géographiquement et de la wilaya de Médéa administrativement. La région est limitée au nord par les monts de Chréa et de Mouzaia, au sud par les monts de Zoubiria, à l'ouest, par la vallée du Cheliff et à l'est, par les plaines de Beni Slimane.

2.1.2.- Données pédoclimatiques

2.1.2.1- Pluviométrie

Les pluies sont irrégulières, fréquentes à la fin de l'automne et durant la période hivernale. Elles diminuent sensiblement au printemps. D'un point de vue pluviosité, nous distinguons deux saisons différentes :

- **Une saison humide** qui s'étale d'octobre à mai et pendant laquelle tombent en moyenne 560 mm de pluie soit 80% des précipitations. Pratiquement, pendant toute cette période, le sol est pourvu d'eau.
- **Une saison sèche** qui débute au mois de juin et se prolonge jusqu'à la fin du mois de septembre.

La pluviométrie obtenue lors des années 1987 est consignée dans la figure 4. Pour l'année 1988, un maximum de précipitation est noté en décembre avec 218,6 mm et un minimum en juillet et août où nous relevons 0mm respectivement pour les années 1988 et 1990.

2.1.2.2.- Températures

Sur le plan thermique, nous distinguons deux saisons contrastées :

- **Une saison froide** qui commence au début du mois d'octobre et se prolonge jusqu'à la mi avril. La température moyenne la plus basse est remarquée en janvier (4,8°C).
- **Une saison chaude** qui s'étale du mois de mai jusqu'à octobre. Les moyennes mensuelles des températures minima et maxima sont données dans la figure 4 pour les années 1988 à 1990. Nous remarquons pour ces années que c'est le mois de janvier qui a la moyenne des minima la plus basse (3,7°C) et c'est le mois d'août qui avec 33,3°C possède la moyenne des maxima la plus élevée. L'observation des diagrammes ombrothermiques (Figure 4) pour l'année 1987, nous révèle la période de sécheresse totale de juin à octobre. Pour l'année 1988, cette période de sécheresse présente un pic en juillet et août, et nous observons deux périodes humides respectivement entre janvier et juin et entre septembre et décembre.

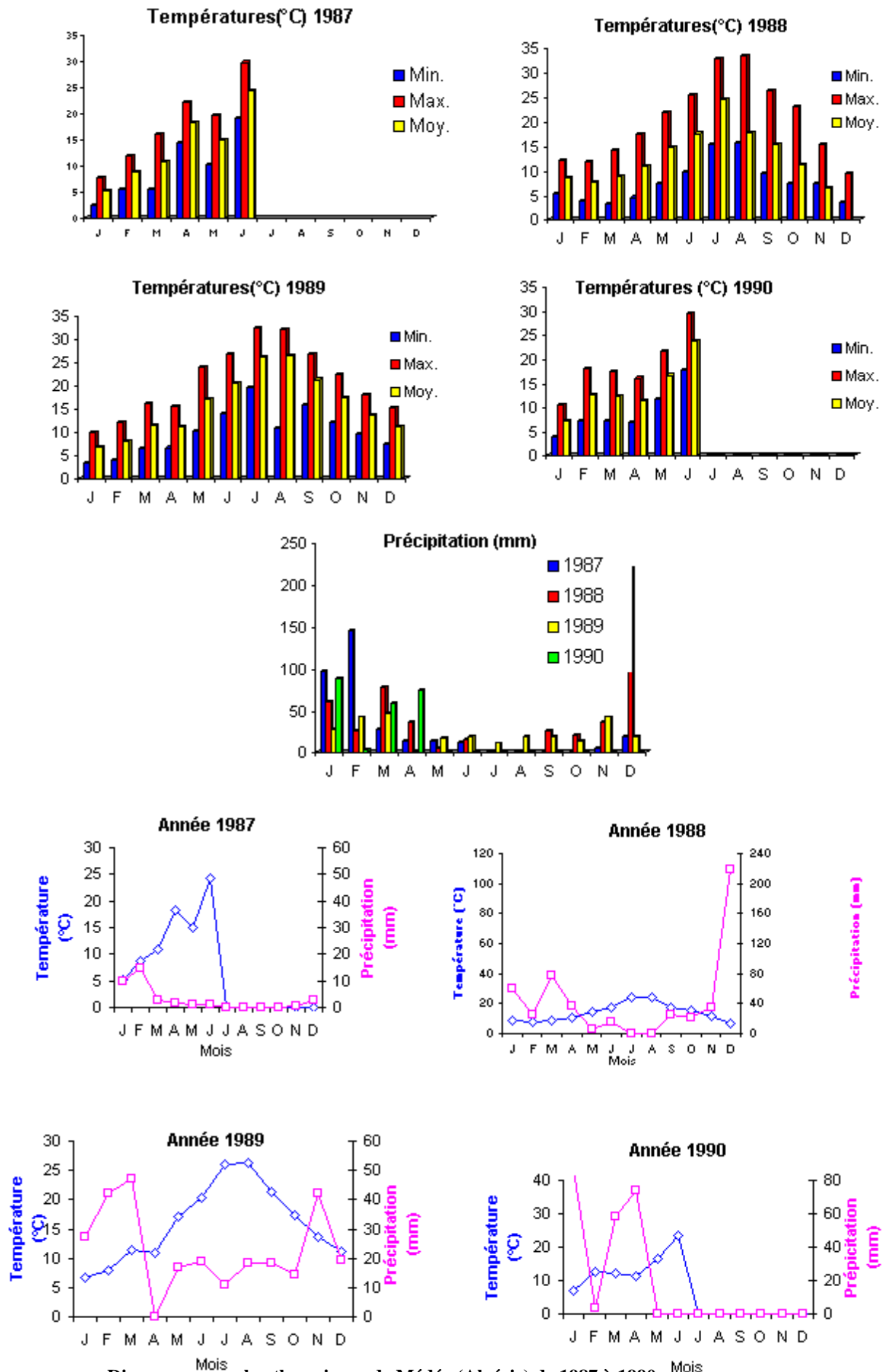


Figure 4 : Données climatiques de Médéa () exprimées en moyennes mensuelles d'après les mesures du centre météorologique de Dar El Beida de 1987 à 1990

2.1.2.3.- Le sol

La constitution géologique de la région de Médea est formée par une succession de strates (grès, marnes, calcaires et argiles). Il y a de nombreux massifs de grès dont le débordement recouvre les couches argileuses et marneuses qui apparaissent dès qu'il y a diminution de l'altitude. La constitution du sol hétérogène peut changer d'un endroit à l'autre et même d'une parcelle à une autre. Pourvu en humus et bien drainé, il est de constitution sableuse, argilosilicieuse ou bien argilocalcaire.

2.1.2.4.- Le couvert végétal

La wilaya est à vocation agrosylvo pastoral. La céréaliculture occupe une surface de l'ordre de 165000ha. Les cultures pérennes qui occupent une superficie de plus de 15896ha sont également à considérer comme une activité très importante (particulièrement la vigne). Les cultures maraîchères, bien qu'elles ne constituent pas une vocation pour la wilaya de Médéa, ont quand même pris de l'extension. Les superficies qu'elles occupent annuellement oscillent autour de 7500ha.

2.2.- Matériel biologique

2.2.1.- L'insecte

2.2.1.1.- Position systématique

La systématique de cet insecte a été plusieurs fois remaniée (Balachowsky et Mesnil, 1936 ; Peyerimhoff, 1945 ; Baraud,1985). Si dans Hurpin (*in* Balachowsky, 1962) *Geotrogus deserticola* (Blanch.) est classée au rang d'espèce, Baraud (1985) la ramène au rang de sous espèce de *Geotrogus inflatus* (Buquet). L'insecte appartient à la sous famille des Melolonthinae et à la tribu des Melolonthini.

Ainsi la position systématique est établie comme suit :

Embranchement : Arthropodes

Sous Embranchement : Antennates

Classe : Insecte

Ordre : Coleoptère

Sous ordre : Polyphaga

Super famille : Scarabeoidea

Famille : Melolonthidae

Sous Famille : Melolonthinae

Tribu : Melolonthini

Genre : *Geotrogus* (Guerin)

Espèce : *Geotrogus inflatus* (Buquet)

Sous espèce : *Geotrogus inflatus deserticola* (Blanchard)

2.2.1.2.- Description de la larve (Figures 5 et 6)

Aucune description de la larve n'a été publiée jusqu'à ce jour. Les larves de scarabéides sont connues par les termes de vers blancs en Europe et de «chahmet el ard» en Algérie (Demontes, 1930). Le corps est de couleur blanche crème, de taille variable et recourbée en C de façon très caractéristique. La tête est brune ainsi que les pattes. Le dernier segment abdominal beaucoup plus long que les précédents est fortement coloré (Balachowsky, 1962). Les larves de Rhizotrogini se reconnaissent à leur mode de déplacement sur une surface plane, elles cheminent la face ventrale contre terre à l'aide de leurs pattes. Enfin, la fente anale composée de 2 rangées de poils, est disposée en Y.



Figure 5 : Larve de *Geotrogus deserticola* (Blanch.)

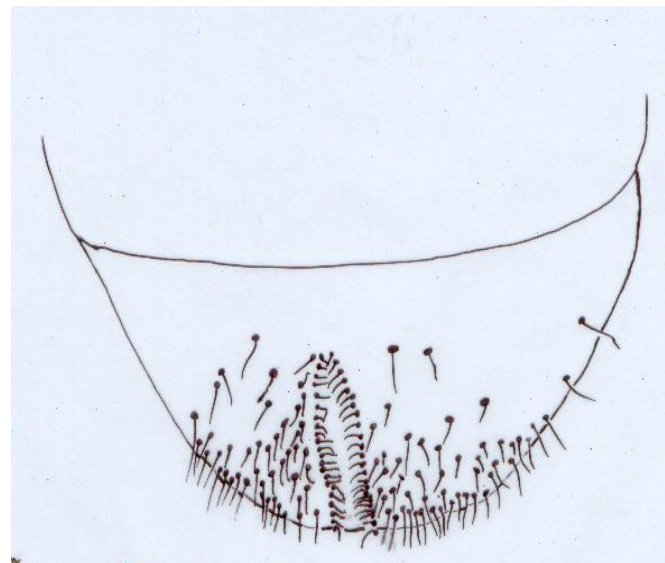


Figure 6 : Raster

2.2.1.3.- Description de l'adulte (Figures 7 et 8)

Il est caractérisé par des antennes de 10 articles et par l'aptérisme des deux sexes (Balachowsky, 1962). Sa taille varie selon les sexes, la femelle est plus grande que le mâle (Balachowsky et Mesnil, 1933 ; Peyerimhoff, 1945). Il est de couleur rougeâtre avec le disque du pronotum et le milieu des élytres brun foncé, parfois les élytres clairs, parfois pronotum et élytres noirs avec les cotés rouges. Forme moins élargie, les élytres plus allongés, pronotum non ou à peine chagriné luisant. Tibias médians et postérieurs presque toujours sans carène sur leur face dorsale. Tibias médians et postérieurs dépourvus de dents sur leur face supérieure, tarsi allongés, premier article des tarsi postérieurs aussi long ou plus long que le troisième, calus huméral absent, marge suturale des élytres non ciliée en dedans à l'apex. Bord épipleural non cilié, avec tout au plus quelques poils à la base. La massue antennaire très petite. Les paramères sont identiques à ceux de la forme nominative (Baraud, 1985).



Figure 7 : *Geotrogus deserticola* (Blanch.)
Adulte mâle



Figure 8 : *Geotrogus deserticola* (Blanch.)
Adulte femelle

2.2.2.- Nourriture de la larve en élevage

Les grains de blé sont mis à germer dans des bacs tapissés de papier journal. L'apport en eau s'effectue par petites quantités afin de maintenir une humidité constante. Après trois semaines de culture, les plantules séparées en lots sont destinées à nourrir les larves en élevage.

2.3.- Méthodes d'étude

2.3.1.- Récolte des vers blancs

Elle consiste à creuser à l'aide d'une pioche ou d'une bêche, un trou d'une profondeur variant en fonction de la localisation des larves. La récolte des vers blancs se fait directement ou après avoir effrité les mottes de terre.

2.3.2.- Analyse édaphique du milieu

L'importance des populations de vers blancs est liée en premier lieu aux conditions pédoclimatiques. L'humidité, la température et la nature du sol jouent un rôle prépondérant dans le développement des vers blancs (Hurpin, 1956). Ainsi la température, l'humidité et la nature du sol ont été appréciés selon les techniques classiques.

2.3.2.1.- Mesure du taux d'humidité

Des échantillons de terre de 10g chacun ont été pesés avant et après dessiccation pendant 24h dans une étuve réglée à 180°C. La teneur en eau moyenne du substrat est exprimée en % (g d'eau/100g de substrat frais).

2.3.2.2.- Mesure de la température

Sur le terrain, la mesure de la température est appréciée en plaçant un thermomètre à mercure gravé au 1/10 de degré centigrade dans le sol au niveau du site exact de localisation des vers blancs. Cette profondeur varie en fonction de la saison et de la pluviosité.

2.3.2.3.- Analyse de la terre à la pipette Robinson

Le principe de cette analyse granulométrique consiste tout d'abord à individualiser les différentes fractions minérales en détruisant la matière organique qui stabilise les argiles et limons fins par de l'eau oxygénée. Ensuite, il s'agira de laver la terre, de la mettre en suspension dans de l'eau additionnée d'un dispersant (hexametaphosphate), de prélever l'argile, puis l'argile liée au limon, en se rapportant à un tableau (Tableau 3) donnant le temps de chute des différentes particules et enfin de déterminer le % des différentes fractions en procédant comme suit (Brunel, 1948 ; Mériaux, 1954).

Pour 20g de terre dispersée dans un litre et des prélèvements de V_{cm^3} , les différents paramètres ont été obtenus à partir des formules suivantes :

$$P_{s_{al}} = (\text{Poids sec à } 105-110^{\circ}\text{C du prélèvement de l'argile + limon}) - (\text{le témoin}).$$

$$P_{s_a} = (\text{Poids sec à } 105-110^{\circ}\text{C du prélèvement de l'argile}) - (\text{le témoin}).$$

$$\text{argile \%} = P_{s_a} \times 1000 \times 5 / V_{cm^3}$$

$$\text{limon \%} = (P_{s_{al}} - P_{s_a}) \times 1000 \times 10 / V_{cm^3}$$

$$\text{sable fin \%} = \text{poids sec passant au tamis (0,2mm)} \times 5$$

$$\text{sable grossier} = \text{poids sec refus au tamis (0,2mm)} \times 5$$

Fraction	Diamètre des particules (mm)	Nom
I	< à 0,002	Argile
II	0,002 < x < 0,02	Limon
III	0,02 < x < 0,2	Sable fin
IV	0,2 < x < 2	Sable grossier
V	2 < x < 20	Graviers

Tableau 3 : Répartition des dimensions établie par Atterberg et adoptée par l'association internationale pour l'étude du sol (Brunel, 1948 ; Meriaux, 1954).

2.3.3.- Technique de mesure morphométrique des larves

En raison du chevauchement des différents stades larvaires observés sur le terrain, et surtout en l'absence de toute donnée sur le cycle biologique de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) en particulier, et des vers blancs nuisibles en Algérie en général ; il est très difficile d'apprécier l'appartenance d'une larve à un stade déterminé aussi bien sur le terrain qu'au laboratoire. Pour cela, nous avons pris en compte deux critères biométriques généralement utilisés chez les insectes (Doumandji, 1981 ; Doumandji *et al.*, 1982 ; Chakali, 1982) afin d'établir une abaque directement utilisable pour cette espèce :

- * La taille de la larve (mesurée en centimètres).
- * La largeur de la capsule céphalique (mesurée en millimètres).

L'élevage individuel des larves avec recueil des exuvies tout le long du cycle biologique a permis de dégager 3 lots :

- * Lot 1 : larves nouvellement écloses (stade L1) ;
- * Lot 2 : larves jeunes (stade L2) ;
- * Lot 3 : larves âgées (stade L3) ;

Les mensurations des larves sont faites au microscope photonique. Dans un des oculaires, est placé un micromètre comportant 100 divisions préalablement étalonnées pour chaque grossissement utilisé. Cette méthode a été employée pour la mesure des capsules céphaliques de petites tailles. Pour les grandes dimensions, dépassant le champ du microscope, au plus faible grossissement, nous nous sommes servis d'un pied à coulisse. Les capsules céphaliques sont ensuite dessinées sous une loupe binoculaire équipée d'une chambre claire.

2.3.4.- Technique d'élevage

Pour pouvoir travailler utilement sur les vers blancs, il fallait d'abord trouver une technique d'élevage. Cette mise au point était d'autant plus délicate que l'on se trouvait en présence d'un insecte à cycle long (plusieurs années), aux exigences alimentaires variant suivant le stade évolutif et dont les larves sont sensibles à toute manipulation (Régnier et Hurpin, 1955).

2.3.4.1.- Matériels utilisés (Figure 9)

Deux types de récipients ont été utilisés :

- * Des récipients en matière plastique fabriqués à partir de plaques (1,4m x 1m) découpés et enroulés de manière à former des tubes de dimensions appropriées selon le stade larvaire (en particulier L1 et L2).
- * Des récipients en verre posés sur le couvercle d'une boîte de Pétri.

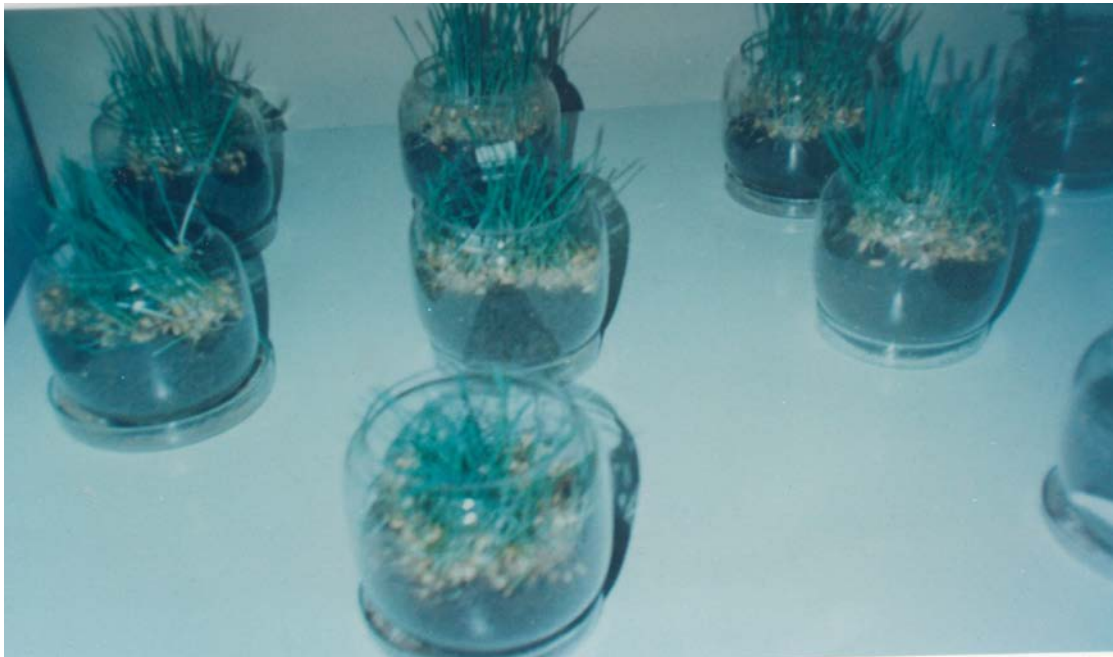


Figure 9 : Elevage des larves de *Geotrogus deserticola* (Banch.)

2.3.4.2.- Composition du milieu nutritif (Tableau 4)

Cinq milieux ont été proposés pour un suivi du cycle biologique, pour une étude comparée de la croissance de la larve et pour apprécier le rôle de certaines substances sur le développement larvaire.

Le degré de développement a été apprécié en déterminant le taux de mortalité (%) de chaque stade au sein d'un lot de 30 larves.

milieux naturels		milieux semi-synthétiques		
I	II	III	IV	V
Sable mélangé à du terreau	Sable mélangé à du terreau	Poudre de carotte (10g)	Poudre de carotte (10g)	Son de blé (10g)
Blé germé	Rondelles de carotte	Saccharose (1g)	Saccharose (1g)	Saccharose (1g)
		Nipagine (0,2g)	Nipagine (0,2g)	Nipagine (0,2g)
		Benzoate (0,2 g)	Benzoate (0,2g)	Benzoate (0,2g)
		Eau (8ml)	Eau (150ml)	Eau (8ml)
			Agar (4 g)	

Tableau 4 : Composition des différents milieux nutritifs

2.3.4.3.- Conditions d'élevage

La technique d'élevage des larves est basée sur leur isolement dans des récipients de dimensions appropriées et maintenues à une température et à un taux d'humidité dépendant du stade larvaire. Les exigences thermiques ont pu être mises en évidence en soumettant les larves à des températures différentes (10, 20, 25 et 30°C) et à des taux d'humidité de 5% HR

et 10%HR. Un récipient témoin placé au niveau de l'élevage permet le contrôle de la température et du taux d'humidité du substrat.

Les adultes sont placés par couples dans des cages de 50mm de hauteur et de 80mm de diamètre dont le couvercle a été percé puis grillagé et dont le fond est tapissé de terre. La ponte a lieu dans la terre. Les œufs recueillis sont déposés dans des boîtes de Pétri.

2.3.5.- Techniques histologiques

Nous avons opté pour les techniques les plus simples qui se décomposent classiquement en cinq étapes fondamentales : fixation, déshydratation, coupes et colorations (Gabe, 1968 ; Martoja et Martoja, 1967).

2.3.5.1.- Fixation

Les larves provenant de la station de Médéa et également de l'élevage effectué au laboratoire sont disséquées sur fond noir dans du liquide physiologique à 9%. Un type de fixateur a été utilisé : le Bouin Hollande. Les tubes digestifs ont été fixés pendant 24h à 72h. Ce fixateur permet de conserver les protéines et de maintenir les structures cellulaires et tissulaires intactes (Martoja et Martoja, 1967).

2.3.5.2.- Déshydratation, imprégnation et inclusion

Les pièces fixées et lavées ont été déshydratées par une série d'alcools à degré croissant. Parmi les nombreux procédés d'inclusion utilisés, nous avons retenu le plus courant, celui à la paraffine en employant le butanol comme solvant intermédiaire et liquide d'attente.

2.3.5.3.- Coupe et coloration

Les blocs préparés, face taillée en trapèze ont été débités au microtome en coupe de 6µm d'épaisseur. Ces coupes ont été collées sur la lame porte objet au moyen d'une solution de gélatine à 0,1%.

* Une coloration topographique a été utilisée : Elle crée un contraste permettant de différencier les structures cellulaires. Ainsi, l'Hemalun Eosine et le Picro Indigo Carmin ont été utilisés.

2.3.6.- Etude de la prise alimentaire

L'étude d'une période physiologique précise pouvant correspondre au cycle entier de l'insecte, à un seul stade évolutif ou à plusieurs, présente des inconvénients notamment la difficulté d'obtenir des larves nouvellement écloses ou venant de muer en quantité suffisante

pour mettre en marche une expérience (Moumen, 1985). Dans notre étude, nous avons considéré les larves L1, L2 et L3.

2.3.7.- Technique de montage des larves

Quand on parle de préparations microscopiques en Entomologie, il s'agit le plus souvent de préparations définitives stables susceptibles d'être classées et rangées. Ce sont les préparations permanentes. Cependant, il existe d'autres préparations dites temporaires.

2.3.7.1.- Montage direct au baume de Canada

Dans ce cas, la pièce reste figée définitivement. Cette technique a donc été utilisée pour la mesure des capsules céphaliques de petites tailles. Les capsules céphaliques récupérées après le sacrifice des larves ainsi que les capsules céphaliques exuviales subissent le traitement suivant :

- * Un éclaircissement des pièces sclérifiées à la potasse en solution 4‰ à chaud ou à froid.
- * Un rinçage à l'eau distillée, à l'eau acétifiée pour éliminer les traces de potasse .
- * Une déshydratation par une série d'alcool à degré croissant.
- * Un montage entre lame et lamelle après un bref séjour dans le toluène.
- * Séchage dans une étuve réglée puis observation au microscope photonique.

2.3.7.2.- Montage temporaire dans de l'acide lactique

Contrairement à la plupart des entomologistes qui utilisent en microscopie des préparations permanentes, dans lesquels la pièce à observer n'est visible que dans un seul plan et sans possibilité aucune d'en changer, nous avons préféré des préparations temporaires en lame ouverte pour l'étude de la morphologie des pièces buccales, des antennes ou des pattes.

Dans ce but, il convient de détruire les masses musculaires qui emplissent les pièces et d'éclaircir celles-ci pour les amener au degré d'hyalinité voulue pour une bonne observation.

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec la méthode suivante :

- * Plonger la pièce disséquée dans une solution de potasse à 10 % pendant 10 à 30 mn selon sa grosseur.
- * Rincer à l'eau distillée dans de l'acide acétique glacial pendant 30 mn.
- * Plonger la pièce dans de l'acide lactique pur ou un mélange 1/1 acide lactique – eau oxygénée à 110 volumes si on veut accélérer la décoloration.

Cette dernière phase de l'opération est dérivée des techniques utilisées par certains acarologues (Coineau, 1974) et donne d'excellents résultats.

Lorsque la pièce est suffisamment décolorée, il suffit de la rincer à l'alcool 70° dans laquelle on peut la conserver avant son observation ultérieure.

La lame porte objet est une lame à concavité dont la profondeur est choisie en fonction de l'épaisseur de l'objet à examiner. La lamelle couvre objet ne recouvre que la moitié de la concavité qui est remplie d'acide lactique qui sert de milieu de montage.

L'objet est glissé sous la lamelle et est maintenu coincé entre celle-ci et le bord de la concavité de la lame (Grandjean, 1949 *in* Coineau, 1974).

Cette technique permet une observation de chaque pièce sur toutes ses faces et facilite la compréhension des volumes et l'interprétation (Lumaret, 1978).

Les dessins ont été réalisés en chambre claire.

2.3.7.3.- Observation des larves

les dessins de morphologie générale sont effectués à la loupe binoculaire sans préparation particulière des larves. Celles-ci sont maintenues par des épingles minuties au fond d'un cristalliseur à fond paraffiné et rempli d'alcool à 70°.

L'observation se fait en lumière oblique.

2.4.- Analyse statistique des résultats

- ❖ Les résultats numériques sont représentés sous forme de moyenne arithmétique accompagnés de l'erreur standard à la moyenne (ESM).

- Moyenne arithmétique : $\bar{X} = \frac{\sum X_i}{n}$, où:

$$ESM = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} ; \text{ avec } \sigma = \sqrt{\frac{n \sum (X^2) - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

Xi: valeurs individuelles, n : nombre total d'observations, σ : écart type

- ❖ La précision et l'exactitude des résultats sont appréciées par le calcul du coefficient de variation (C.V.).

$$C.V. = \frac{\text{Déviation..standart}}{\text{Moyenne}} \times 100$$

Une méthode est précise et exacte si ses coefficients de variation (Auletta *et al.*, 1974 ; Orczyck *et al.*, 1974 ; Baillargeon, 1990) ne dépassent pas 15%.

* *
*

3. - Chapitre 3 : Résultats et Discussion

3.1. -Répartition géographique des Melolonthini (Coleoptera Melolonthinae) en Algérie

L'analyse des cartes reflète :

- * Un parallélisme entre la répartition des genres et la répartition des dégâts. Les ravageurs se répartissent dans les régions sub-humides et semi-arides du pays et les zones les plus touchées se situent à l'ouest du pays où les cultures céréalières sont les plus intensifiées.
- * Une séparation des espèces en fonction de leurs aires de distribution.

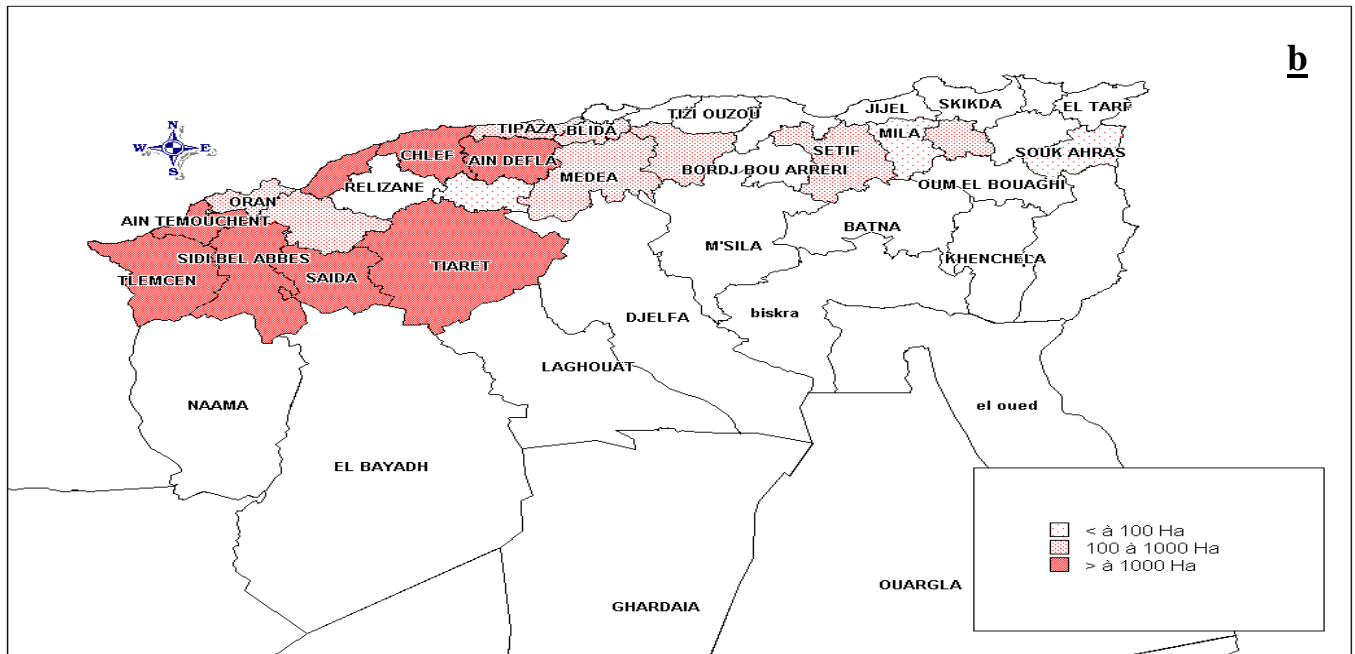
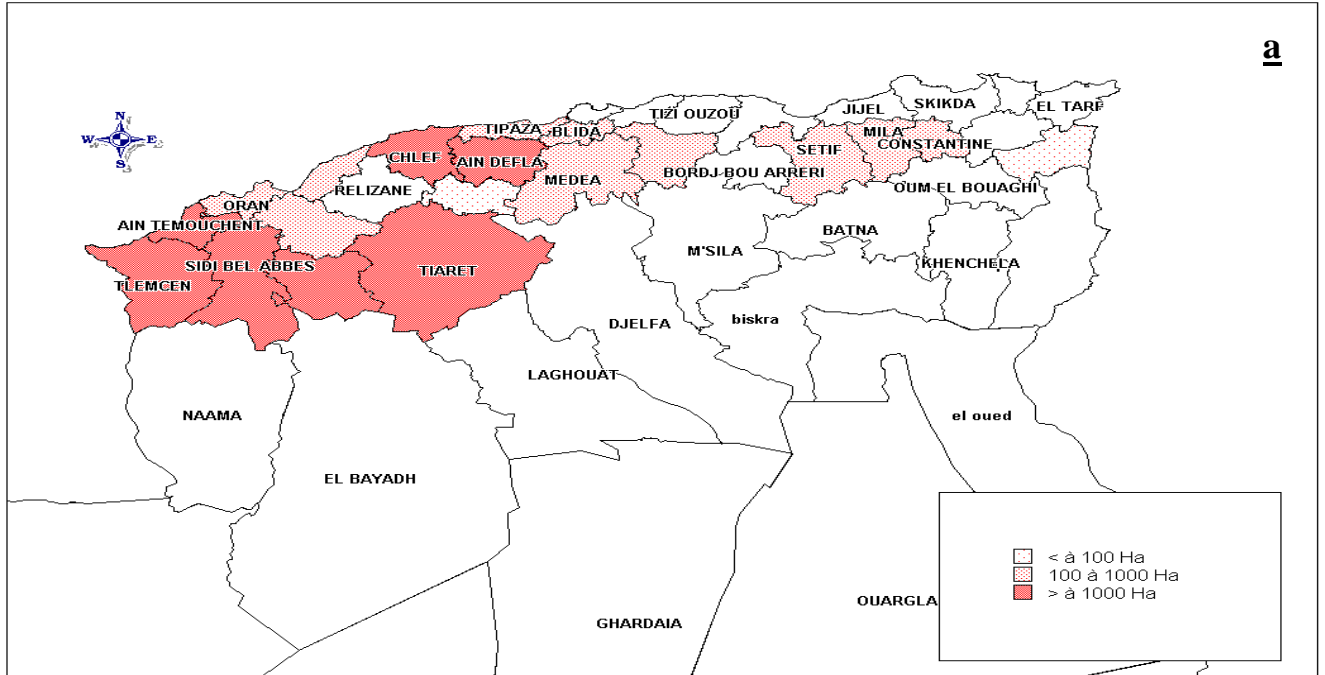
En nous basant sur la classification utilisée par Montreuil (2000), concernant la répartition des Amphimallon dans le monde, nous distinguons à l'échelle locale :

- ⇒ *Les espèces à répartition étendue* qui occupent une aire géographique restreinte, voire même localisée dans une localité type : c'est le cas de *Geotrogus gonoderus* (Fairm.) et *Rhizotrogus hirticollis* (Lucas) à Oran, *Pseudoapterogyna tignetis* (Baraud) et *Rhizotrogus carduorum* (Erichson) à Theniet El Haad et *Geotrogus dispar* (Buquet) à Constantine.
- ⇒ *Les espèces à répartition plus large* occupant différentes régions du pays. C'est le cas de la plupart des espèces de Melolonthini avec une prédominance des 3 genres : *Pseudoapterogyna* (Escalera, 1914) avec 13 espèces; *Geotrogus* (Guerin, 1842) avec 7 espèces et *Rhizotrogus* (Berthold, 1823) avec 5 espèces.
- ⇒ *Les espèces à répartition très large* dont la distribution s'étale sur tout le territoire national du nord au sud et de l'est vers l'ouest. C'est le cas de *Schizonycha algerina* (Blanch.).

Cette ségrégation définie selon l'axe espace (ségrégation spatiale) semble liée aux conditions climatiques auxquelles sont confrontées ces espèces. La superposition de la carte de ces espèces et de la carte bioclimatique (Steward, 1974), dont les données permettent de distinguer 17 types de climats, confirme cette hypothèse.

Les espèces se distribuent conformément aux climats suivants :

**Planche IV : Surfaces céréalières attaquées par les vers blancs
(I.N.P.V., a : 1995; b : 1996)**



* **Climat semi aride à hiver chaud**

C'est le cas de *Geotrogus gonoderus* (Fairm.), *Amphimallon suturale* (Lucas), *Sphrodoxia mauritanica* (Lucas). *Geotrogus gonoderus* (Fairm.) a été localisée au Maroc oriental. Cette espèce vit dans les sols à pH neutre ou alcalin, riche en matières organiques et à conductivité de 115 μ s à 1700 μ s (Zirari, 1998).

* **Climat semi-aride à hiver frais**

On retrouve plusieurs espèces. Par exemple, *Rhizotrogus beauprei* (Pic.), *Amphimallon suberistatum* (Fairm.) et *Geotrogus temperei* (Baraud).

* **Climat semi- aride à hiver doux**

C'est le cas, par exemple, de *Polyphylla fullo* (Linné), *Polyphylla maroccana* (Pey.) et *Pseudoapterogyna stupidicus* (Fairm.).

* **Climat sub-humide à hiver frais**

Différentes espèces sont retrouvées : *Geotrogus magognosci* (Guerin), *Pseudoapterogyna grossus* (Blanch.), *Geotrogus gabalus* (Buquet) et *Amphimallon obscurum* (Reiche).

Pseudoapterogyna grossus (Blanch.) a été localisée au Maroc oriental, elle vit dans les sols humides, riches en matières organiques, à texture lourde, à pH alcalin et à conductivité voisine de 240 μ s (Zirari, 1998).

* **Climat saharien**

C'est le cas de *Schizonycha dumonti* (Pey.).

Certaines espèces semblent s'acclimater à différents climats, c'est le cas de :

- 1) *Schizonycha algerina* (Blanch.) qui est répandu dans les zones semi-arides, subhumides et sahariennes. Cette espèce a été localisée au Maroc oriental dans les zones arides et subdésertiques. Elle vit dans les sols à texture sableuse, à pH alcalin, pauvre en matières organiques et à conductivité faible (Zirari, 1998).

Figure 2 : Répartition des Melolonthini (genres : Rhizotrogus, Pseudoapterogyna et Geotrogus) (d'après les données de Baraud, 1985).

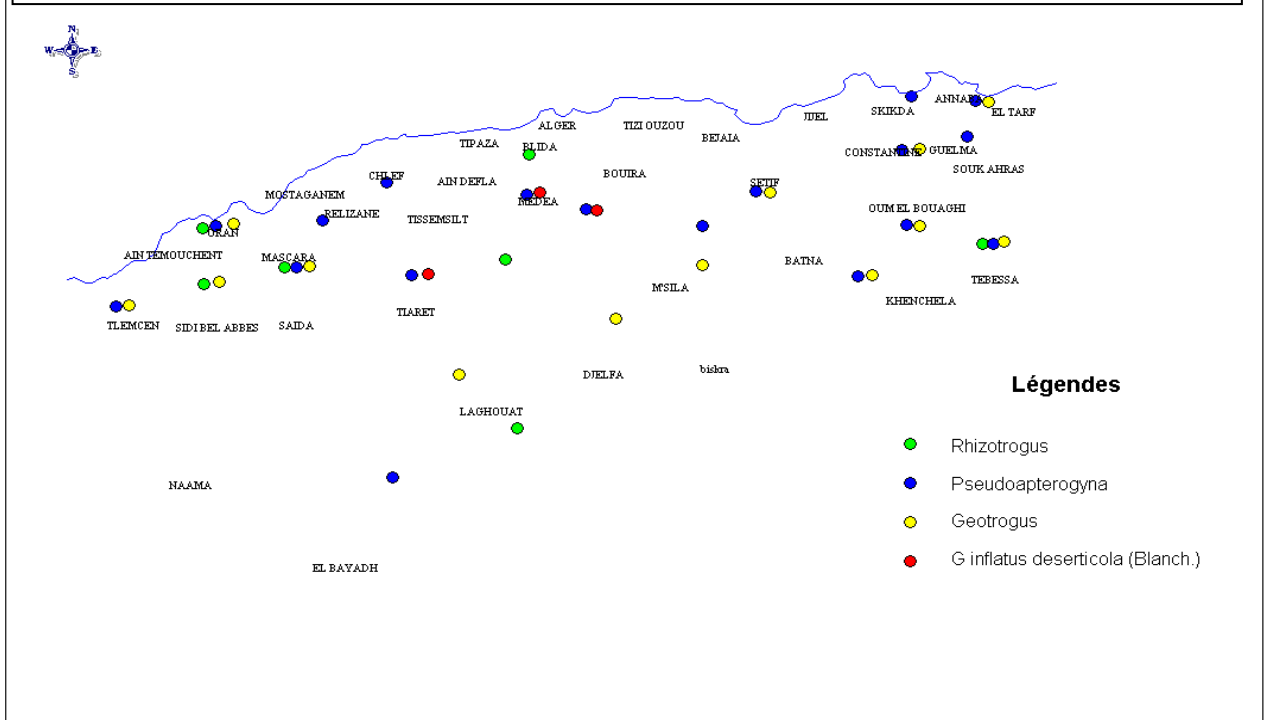


Figure 3 : Répartition des Melolonthini (d'après les données de Baraud, 1985).

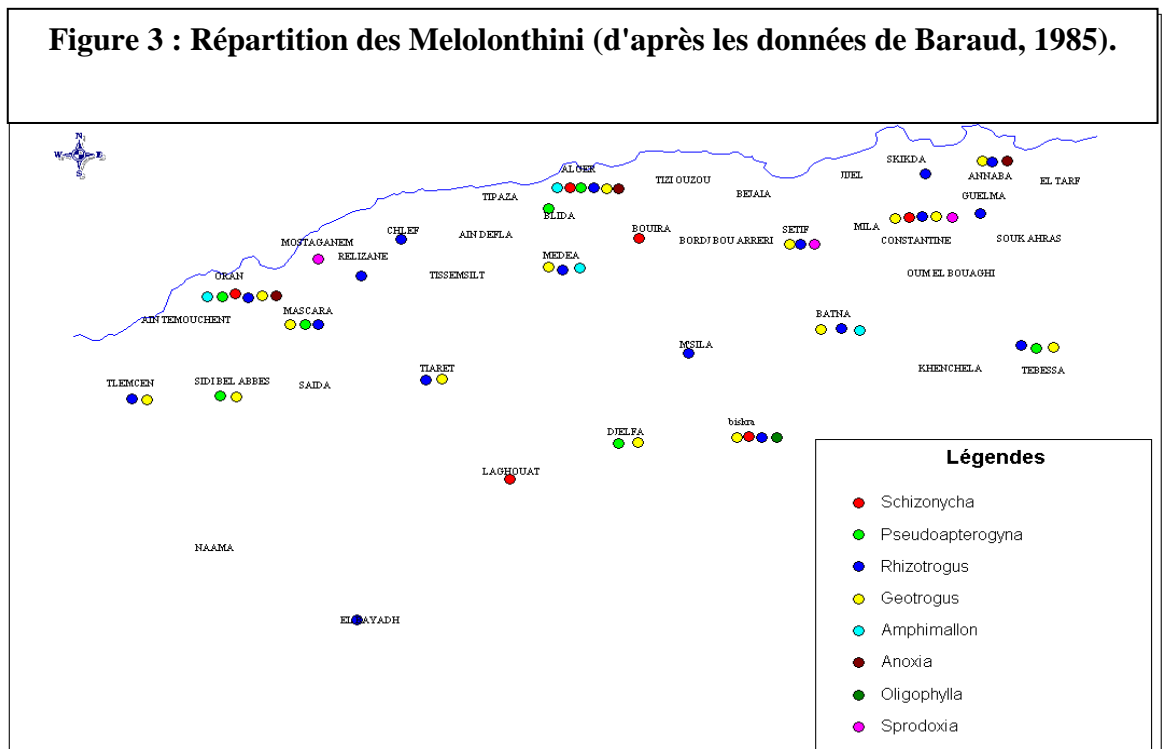
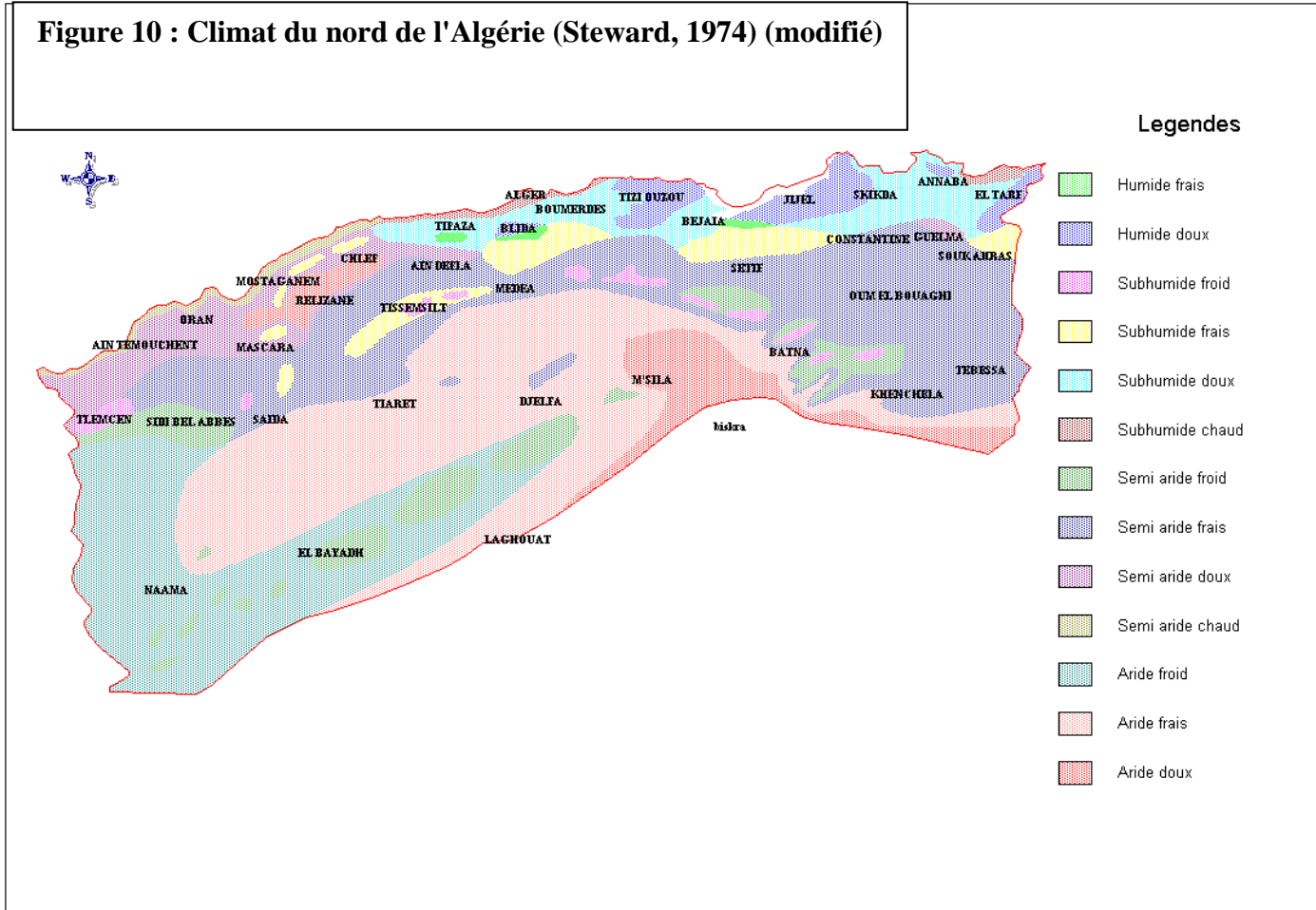


Figure 10 : Climat du nord de l'Algérie (Steward, 1974) (modifié)



2) *Pseudoapterogyna prophetii* (Fairm.), *Amphimallon scutellare* (Lucas), *Pseudoapterogyna barbarus* (Lucas), *Geotrogus gabalus* (Buquet), *Pseudoapterogyna numidicus* (Lucas), *Geotrogus inflatus* (Buquet) et *Pseudoapterogyna gerardi* (Buquet) qui sont répandus dans les zones arides et sub-humides.

Ces résultats théoriques méritent d'être analysés plus finement par : 1/ des études sur la structure des peuplements en fonction de certains paramètres du milieu (climat, sol et végétation) et 2/ par l'étude des facteurs de ségrégation des espèces selon les 3 axes (temps, espace et nourriture).

Les espèces citées ne se rencontrent pas isolément ; ils sont regroupés en peuplement ou en communautés avec, sans doute, des groupements intermédiaires ou *gilde* qui est définie comme étant la fraction d'un peuplement qui réunit un ensemble d'espèces exploitant la même ressource (Root, 1967, in Dajoz, 1996) ou de manière plus précise, un groupement d'espèces taxonomiquement apparentés qui exploitent dans un même écosystème le même type de ressource (Barbault, 1981). Le fonctionnement de ces guildes, ou la cohabitation des espèces, est fondé sur la ségrégation des niches écologiques selon les trois axes : espace, temps et nourriture (Barbault, 1981 ; 1991 ; Dajoz, 1996 ; Cambefort, 1983). *La niche écologique* se présente comme un hypervolume à n dimensions qui rassemble la totalité des relations qu'une espèce entretient avec les paramètres de son habitat (Hutchinson, 1951 in Barbault, 1981).

Chaque espèce doit donc être analysée dans son cadre biologique en tenant compte de son cycle annuel d'activité, de sa période d'émergence, de son spectre trophique et de la dynamique des populations. En effet, une espèce dont les effectifs seront très nombreux, qui se reproduira rapidement, dont la fécondité sera élevée et qui présentera peu d'exigences stationnelles ou trophiques aura un pouvoir d'expansion considérable. Elle sera privilégiée par rapport à une espèce rare à faible effectif et dont les exigences stationnelles seront très précises (Lumaret, 1978).

* *
*
*
*

3.2. - Mise au point d'une technique d'élevage

3.2.1.- Elevage des larves nouvellement écloses

L'élevage individuel des larves L1 s'effectue dans des pots en plastique de faible volume contenant de la terre légère. Les larves sont nourries avec des rondelles de carotte ou des touffes de blé préalablement mises à germer durant deux semaines.

3.2.2.- Elevage des larves «jeunes » et « âgées »

L'élevage individuel des larves L2 et L3 se poursuit dans les mêmes conditions, mais avec des pots de dimensions plus importantes.

3.2.3.- Elevage de la nymphe

L'élevage individuel de la nymphe se poursuit dans des récipients en verre contenant seulement de la terre légère légèrement humidifiée.

Ces résultats rejoignent les travaux de différents auteurs :

Ricou (1953) réfute l'introduction de la pomme de terre et des betteraves dans le milieu d'élevage des larves de *Melolontha melolontha* (L.), en raison de la toxicité de la bétanine et de la tyrosine contenus respectivement dans la betterave et dans la pomme de terre.

Hurpin (1960 b) montre que la nature du végétal consommé par la larve de *Melolontha melolontha* (L.), élevée individuellement, est un facteur déterminant pour la survie et le développement de celle-ci. Certains végétaux, comme la pomme de terre se révèlent toxiques ; les graminées constituent une médiocre source de nourriture et les plantes de la famille des ombellifères comme la carotte et la betterave assurent une croissance rapide à un grand nombre d'individus.

Hurpin (1964) propose une méthode d'élevage des vers blancs. Elle consiste à élever individuellement les larves de *Melolontha melolontha* (L.) sur de la tourbe additionnée de fragments de carotte.

Wigtman (1972) montre que le milieu contenant de la carotte assure un développement plus rapide des larves de *Costelytra zealandica* (White) que le milieu contenant les racines de luzerne, maïs, haricots et pois.

Et enfin, **Ridsdill** (1975) suggère que les larves de *Sericesthis nigrolineata* (Boisd) se nourrissent préférentiellement sur les racines vivantes.

3.2.4.- Conditions d'élevage (Planche V)

La température, l'humidité, la nature du substrat et l'alimentation sont des facteurs qui interviennent dans le développement larvaire (Hurpin , *in* Balachowsky, 1962). Ces faits ont été vérifiés sur le terrain. En effet, le comportement des larves varie en fonction du microclimat du sol. En période de fortes températures (été) , les larves descendent à des profondeurs dépassant 40 cm et se maintiennent à des niveaux où la température et l'hygrométrie avoisinent respectivement 30°C et 5% HR, rendant difficile la collecte des larves. En période automnale, les larves remontent à la surface recherchant des températures moyennes de 25°C et une hygrométrie d'environ 5% HR. La collecte, pendant cette période ,nécessite parfois une bêche, mais la plupart des cas, elle se fait avec une petite pelle. Les larves étant très proches de la surface.

3.2.4.1.- Influence de la température

D'après ces observations de terrain, nous avons retenu quatre niveaux de température pour effectuer des élevages en conditions contrôlées : 10, 20, 25 et 30 °C. La température 10 °C n'ayant pas été observée sur le terrain en conditions normales au niveau des larves. Nous avons élevé individuellement des lots de 30 larves dans chaque condition de température, avec un récipient témoin placé dans les mêmes conditions d'élevage afin de contrôler quotidiennement la température et l'hygrométrie. Les résultats montrent que les larves ne résistent pas à des températures supérieures à 30 °C et inférieures ou égales à 10 °C et que les lots réagissent différemment à l'action de la température. L'optimum pour les larves L1 est compris entre 20 °C et 25 °C. L'optimum pour les larves L2 est compris entre 20 °C et 30 °C et l'optimum pour les larves âgées L3 est de 25 °C.

3.2.4.2.- Influence de l'humidité du sol

Le calcul du taux d'humidité se fait au laboratoire à partir de la pesée de la motte de terre dans laquelle logent les larves. Nous avons retenu pour les élevages les valeurs suivantes : 5% , 10% et 20% HR. Les résultats montrent que les lots de larves soumises à ces taux d'humidité réagissent différemment. Les larves L2 se montrent les plus résistantes à des taux élevés (HR = 20%) puisque le taux de mortalité de ces larves à cette valeur d'hygrométrie est la plus faible par rapport aux taux de mortalité des larves L1 et L3 qui avoisinent 40%. Toutefois l'optimum pour les larves L2 est compris entre 5% et 20% HR, tandis que celui des larves L1 et L3 est compris entre 5 et 10% HR.

3.2.4.3.- Influence de la nature du sol

Le substrat dans lequel vit la larve peut agir par sa texture et son taux d'humidité (Hurpin, 1955). Pour déterminer l'action de la texture, nous avons mis chacun des lots en élevage à une même température et une même humidité (20 °C et 5% HR). L'élevage individuel est effectué dans des pots contenant de la terre d'origine, du sable seul, du sable mélangé à du terreau ou de la vermiculite (substance inerte). L'alimentation est assurée par des racines de blé.

Les résultats montrent que :

1/ les milieux renfermant la terre d'origine ou le sable mélangé à du terreau sont plus favorables que le milieu renfermant le sable seul (mortalité moyenne de 10% contre 40% pour le sable). Le milieu à base de vermiculite entraîne un taux de mortalité élevé (90%).

2/ le substrat dans lequel vit la larve doit à la fois assurer un maintien suffisant d'humidité et être léger pour permettre le mouvement des larves. La terre d'origine répond à ces critères puisque l'analyse granulométrique montre qu'elle renferme 88,8% de sable et 8% d'argile + limon.

Tableau 3 : Mortalité des larves L1 selon la température pour des taux d'humidité

HR = 5%				HR = 10 %				HR = 20%			
T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)	T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)	T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)
10	30	30	100	10	30	30	100	10	30	30	100
20	30	5	16	20	30	10	33	20	30	8	26
25	30	8	26	25	30	12	40	25	30	13	43
30	30	12	40	30	30	12	40	30	30	20	66

Tableau 4 : Mortalité des larves L2 selon la température pour des taux d'humidité

HR = 5%				HR = 10 %				HR = 20%			
T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)	T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)	T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)
10	30	30	100	10	30	30	100	10	30	30	100
20	30	3	10	20	30	4	13	20	30	5	16
25	30	4	13	25	30	5	16	25	30	6	20
30	30	5	16	30	30	8	26	30	30	10	33

Tableau 5 : Mortalité des larves L3 selon la température pour des taux d'humidité

HR = 5%				HR = 10 %				HR = 20%			
T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)	T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)	T. (°C)	Nombre de larves mises en élevage	Nombre de morts	Mortalité (%)
10	30	30	100	10	30	30	100	10	30	30	100
20	30	11	36	20	30	13	43	20	30	12	40
25	30	10	33	25	30	12	40	25	30	13	43
30	30	14	46	30	30	15	50	30	30	15	50

Tableau 6 : Mortalité des larves selon la nature du substrat (température : 20 °C et humidité : 5% HR)

Substrat	L1			L2			L3		
	Total des larves	Nombre de morts	Mortalité (%)	Total des larves	Nombre de morts	Mortalité (%)	Total des larves	Nombre de morts	Mortalité (%)
Sable seul	30	12	40	30	8	26	30	14	46
Sable + terreau	30	6	20	30	3	10	30	7	23
Vermiculité	30	30	100	30	27	90	30	30	100
Terre d'origine	30	3	10	30	2	6	30	5	6

Planche V : Influence de la température (T : °C), de l'humidité (% HR) et de la nature du sol sur le développement larvaire

Ces résultats rejoignent les travaux des différents auteurs sur l'influence des facteurs physiques sur le développement larvaire des Scarabaeidae. Si chaque espèce semble évoluée dans des conditions de température et d'humidité relatives optimums particulières, toutes les espèces ne résistent pas aux fortes températures ($> 30\text{ }^{\circ}\text{C}$) et aux faibles températures ($< 5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Les larves de *Melolontha melolontha* (L.) réagissent différemment à l'action de la température. Les limites de développement pour L1 sont de 16 à 23 $^{\circ}\text{C}$. Tandis que ceux de L2 et L3, elles sont de 9 à 10 $^{\circ}\text{C}$ et 28 $^{\circ}\text{C}$ (Regnier et Hurpin, 1955 ; Hurpin, 1956).

Les larves de *Phyllophaga anxia* (Le Conte) réagissent, de la même manière, à l'action de la température et de la nature du sol. Les conditions de développement pour les larves sont de 28 $^{\circ}\text{C}$ pour la température avec une humidité relative du sol de 25 à 75% HR (Sweetman, 1931, in Lim *et al.*, 1981). Cependant, la plupart des larves retrouvées dans certains endroits du Canada semblent apprécier les sols dont l'humidité relative est de 20 à 40% HR (Jarvis, 1966 in Lim *et al.*, 1980).

Les larves de *Costelytra zealandica* (White) se développent dans le sol des pâturages (Paulian, 1988). En conditions contrôlées, elles préfèrent un sol dont l'humidité est comprise entre 25 à 33% HR avec une température comprise entre 17,5 et 20 $^{\circ}\text{C}$ (Wigtman, 1972). Elles meurent quand le taux d'humidité relative est de 5% (Wigtman, 1973).

Les larves L1 d'*Anoplognathus porosus* (Dalman) présentent un taux de mortalité élevé lorsqu'elles sont soumises à des températures dépassant 30 $^{\circ}\text{C}$ et à une humidité du sol de 2,3% HR et de 75% HR. L'optimum de développement des larves L1 est de 12 à 15%HR pour l'humidité du sol, et de 20 $^{\circ}\text{C}$ pour la température (Hassan, 1975).

Les larves d'*Anomala cuprea* (Hope) entrent en diapause quand la température est de 25 $^{\circ}\text{C}$ quelle que soit la photopériode à laquelle elles ont été soumises. A 5 $^{\circ}\text{C}$ et avec une photopériode s'étalant à 40 jours, la diapause est levée. Aucune diapause n'est observée quand les larves sont exposées à une température de 5 $^{\circ}\text{C}$ avec une photopériode de 55 jours.

Les larves de *Sericesthis nigrolineata* (Boisd) cessent de se nourrir quand elles sont soumises à des températures de 4 $^{\circ}\text{C}$ et meurent quand la température est ramenée à 30 $^{\circ}\text{C}$. Les taux relatifs de croissance atteignent leur apogée à 17,5 $^{\circ}\text{C}$ (Ridsdill Smith *et al.*, 1975).

* * *

*

3.3.- Détermination du cycle biologique (Figure 11)

Nos recherches sur le cycle biologique de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) ont montré que les larves élevées dans des conditions de température et d'humidité adéquates ont un cycle qui dure deux ans et demi, avec émergence des adultes au printemps. La ponte commence deux à trois semaines après l'accouplement. Elle se déroule sur trois à quatre jours. L'éclosion des œufs a lieu après trois semaines. La larve L1 s'alimente des racines de blé. La première mue est observée au mois de septembre de la première année, soit une durée du stade L1 de 3 mois. La larve L2 a des fortes exigences alimentaires, ce qui explique l'aggravation des dégâts observés au printemps qui suit l'émergence des adultes. La longévité de L2 peut dépasser 1 année. La deuxième mue intervient au mois de septembre de la deuxième année. La durée de vie de L3 est de 6 mois. La larve L3 cesse alors de s'alimenter et accomplit sa nymphose qui dure 1 mois. L'émergence des nouveaux imagos se fait au printemps (avril-mai). Aucune diapause n'a été observée au laboratoire durant les deux ans du cycle larvaire.

Sur le terrain les prélèvements, réalisées à la station de Médéa, ont permis d'établir le calendrier de l'abondance des stades. Ces récoltes faites à vue en retournant la terre ont été pratiquées durant les années 1987 ; 1989 ; 1990 et 1992.

Les stades sont identifiables morphométriquement dans la quasi-totalité des cas. La largeur des capsules céphaliques des larves ou de dépouilles larvaires des stades connues a été mesurée.

Les déplacements sur le terrain, ont permis également de faire des sondages auprès des propriétaires. Ils portent sur l'intensité des dégâts et sur la date de sortie des adultes.

Les résultats montrent que les larves des différents stades sont présentes dans la station toute l'année, ce qui permet de supposer que plusieurs générations cohabitent. Cependant, l'analyse détaillée de ces résultats permet d'affirmer que le chevauchement des stades est toujours marqué par la prédominance d'un stade par rapport aux autres. Le peu d'individus, récoltés durant l'année, est sans doute le résultat des conditions défavorables. L'évolution de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) dans la station de Médéa étudiée à partir de l'abondance des populations (Stupkens et Farrel., 1980 ; Cherry., 1985) montre (Tableau 5) :

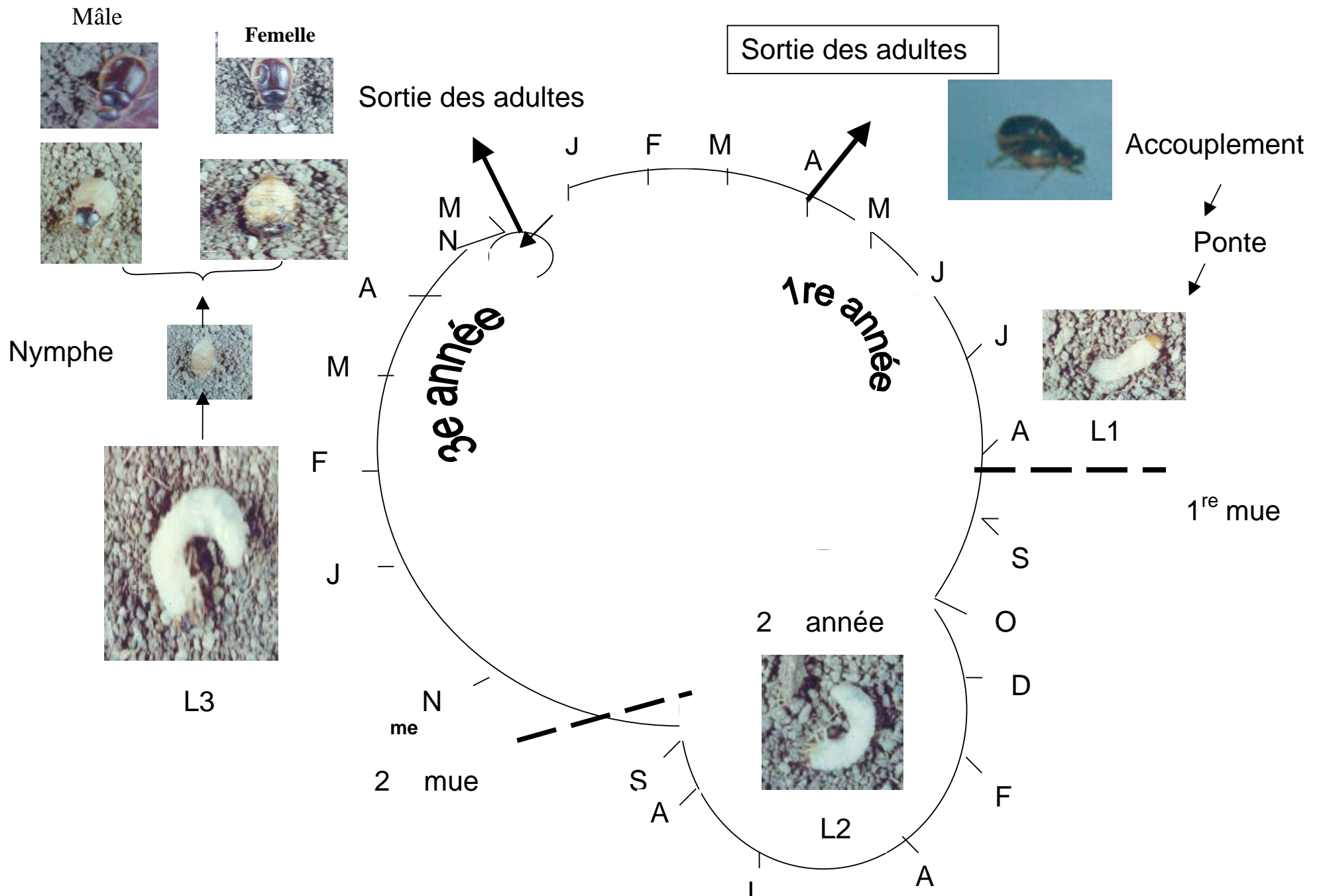


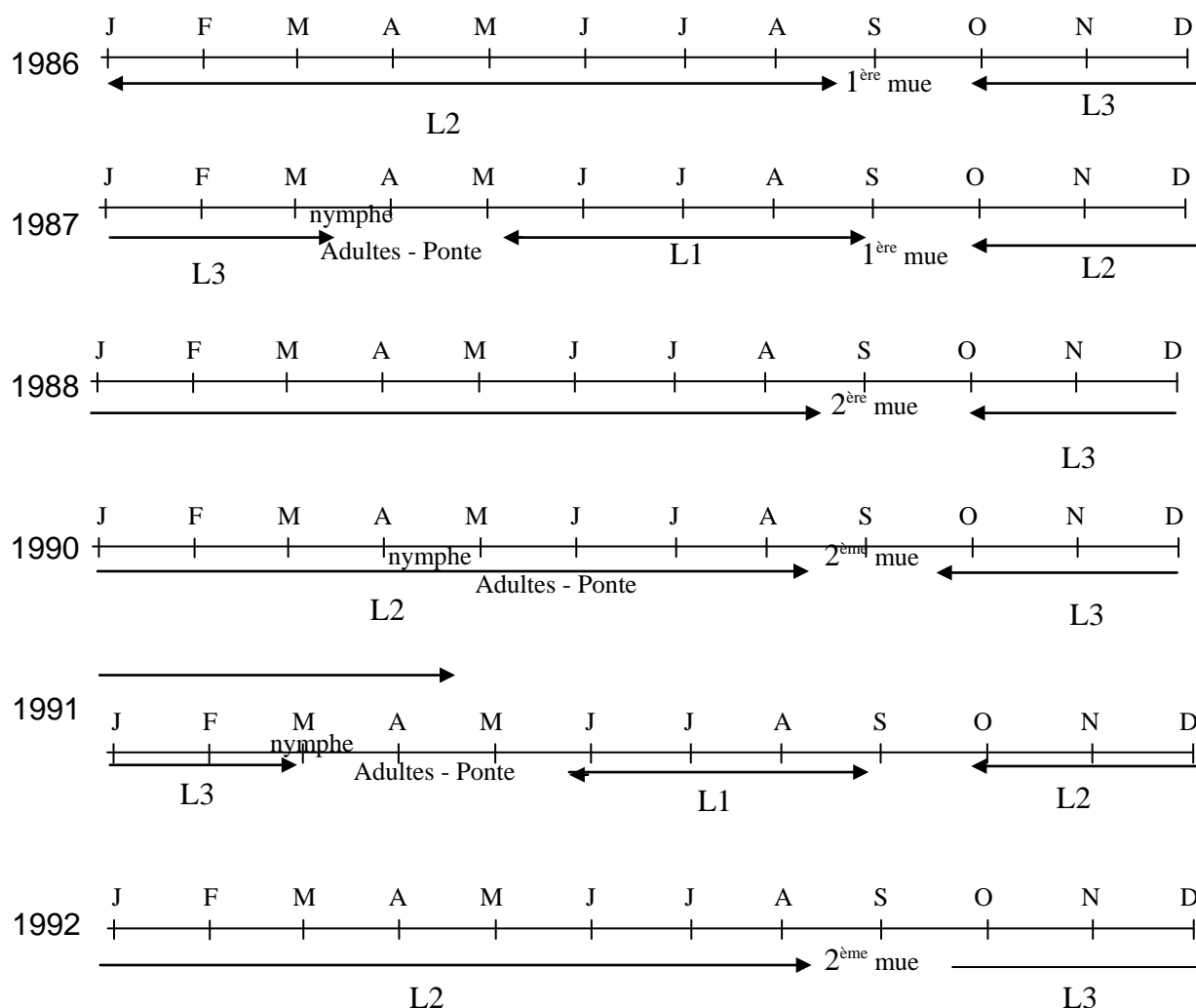
Figure 11 : Cycle biologique de *Geotrogus deserticola* (Blanch.)

Date de prélèvement	Nombre de larves	Stade
Mai 1987	1	L3
	6	L2
	56	L1
Juillet 1987	2	L3
	46	L2
	157	L1
Mai 1989	22	L3
	12	L2
	2	L1
Juillet 1989	12	L3
	10	L2
	27	L1
Décembre 1989	8	L3
	28	L2
	3	L1

Tableau 5 : Etat de l'abondance des larves de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) dans la région de Médéa (1987 et 1989)

- La prédominance du stade L1 en avril et juillet 1987. Cette abondance de L1 par rapport à L2 et L3 laisse supposer que la sortie des adultes a eu lieu en avril 1987 ; compte tenu du cycle biologique qui dure 2 ans et de la sortie des adultes qui a eu lieu au mois d'avril de l'année 1985 (sondages), cette prédominance semble justifiée.
- La prédominance du stade L3 en mai 1989 a été précédée par la sortie des adultes en juin. Elle s'ensuit par une forte densité respective des populations L1 en juillet et des populations L2 en décembre de la même année.

L'analyse des données disponibles (récoltes et sondages) relatifs à l'activité de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) permet de reconstituer l'historique de l'évolution de cet insecte dans la station de Médéa.



La date de l'émergence des adultes est variable suivant les années. Le moment de l'émergence des insectes est influencé par plusieurs paramètres notamment la température et le degré hygrométrique du milieu ambiant (air, sol) (Evans et Gyrisco, 1958). La luminosité joue également un grand rôle dans le déterminisme du moment de la sortie des insectes dans la journée (Evans et Gyrisco, 1958 ; Paulian, 1988). Ces paramètres, eux mêmes soumis aux contraintes physiques, édaphiques et climatiques dépendant de la localité géographique ont pu

induire des réponses adaptatives de la part des insectes, conduisant aux différences de comportement observés (Montreuil, 2000).

D'autre part Bouira distante de 98, 57 km Médéa a connu une sortie massive des adultes de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) en février 1988. Le déplacement que nous avons effectué, cette année là, a permis de récolter un grand nombre d'adultes et des larves de différents stades avec une prédominance du stade L3. Cette date de sortie des adultes (1988) diffère de celle observée dans la station de Médéa qui a eu lieu en 1987. Sachant qu'il s'agit de la même espèce, il s'avère que le régime évolutif qui concerne la date de sortie des adultes diffère d'une localité à une autre. La numérotation du régime évolutif déterminé par Regnier (1954) montre qu'il est représenté par I pour la station de Médéa et par II pour la station de Bouira.

La connaissance des régimes doit être plus approfondie par des études de terrain à travers les différentes localités infestées. Elle permet de prévoir les dates d'émergence et donc de planifier un programme de lutte pour chaque localité du pays. Ce programme de lutte sera édifié à partir d'un questionnaire précis qui tiendra compte de :

- 1) La situation et des caractéristiques de la parcelle infestée. A ce niveau, l'ouverture de la station, son taux de couverture par la végétation et la hauteur des strates jouent un rôle dans la distribution des espèces (Lumaret, 1978).
- 2) La date de sortie des adultes.
- 3) L'état d'abondance et des caractéristiques des larves.
- 4) Du microclimat du site de prélèvement. La température, l'humidité du sol et sa texture sont particulièrement importants car ils permettent d'expliquer la répartition de la plupart des espèces (Lumaret, 1978) et leur biologie (Hurpin, *in* Balachowsky, 1962).
- 5) L'état des infestations et des moyens de lutte utilisés.

Proposition d'un questionnaire

1) Situation de la parcelle

Wilaya :

Localité :

Domaine :

2) Caractéristiques de la parcelle

Superficie :

Type de culture actuelle :

Culture antécédente :

3) Date de prélèvement

4) Nature du prélèvement

Larves :

Nymphes :

Adultes :

5) Microclimat du site de prélèvement

Température :

Humidité relative :

Profondeur :

6) Caractéristiques de la larve

Taille :

Largeur de la capsule céphalique :

Type de déplacement :

Latéral :

Transversal :

Forme de la fente anale :

7) Etats des infestations

Nombre de taches par hectares :

Densité de larves par m²:

Taux d'infestations :

8) Méthodes de lutte

Chimiques :

Culturales :

N.B. : Dans le cas d'une lutte chimique ; précisez le nom du produit utilise et la date de l'épandage.

9) Observation(s)

Nom de l'observateur

* *

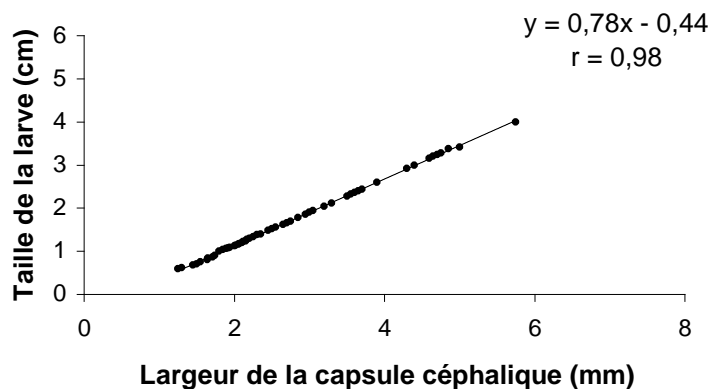
*

3.4.- Biométrie de la larve

La taille et la largeur des capsules céphaliques des individus récoltés (n= 251) ont été appréciés.

Cette étude montre qu'il existe une isométrie ($r = 0,98$) entre la taille de la larve et la largeur de la capsule céphalique tout au long de la croissance (Figure 22).

Figure 22 : Evolution de la taille de la larve (cm) en fonction de la largeur de la capsule céphalique (mm)



Des individus ont été gardés en élevage durant 2 ans. Les exuvies de chaque larve mise en élevage sont conservées dans du formol à 5%. Nous avons noté le nombre de mue et la date de la nymphose, et nous avons mesurés la largeur des capsules céphaliques exuviales et la longueur de la larve. La largeur de la capsule céphalique n'a pas été considérée. Nos possibilités expérimentales se sont limitées d'une part à la sensibilité des larves aux frictions et aux manipulations, et d'autre part à la technique de mesure des capsules céphaliques de petites tailles qui oblige chaque fois le sacrifice des larves.

Pour les larves généralement de grosses tailles et qui ont par la suite nymphosées, la largeur de la capsule céphalique a été mesurée (Planche AVI,c).

Les résultats biométriques permettent de définir les pics correspondants à chaque stade larvaire et donc de discriminer les différents stades larvaires (Planche AVIIc).

Les résultats biométriques sont (tableau 5, a et b).

a)

Stade larvaire	Nombre mesuré	Moyenne de la largeur de la capsule céphalique (mm)
I	166	$1,99 \pm 0,29$
II	58	$2,97 \pm 0,36$
III	27	$4,60 \pm 0,38$

b)

Stade larvaire	Nombre mesuré	Moyenne de la taille de la larve (cm)
I	166	$1,12 \pm 0,22$
II	58	$1,87 \pm 0,27$
III	27	$3,14 \pm 0,28$

Tableau 5 : Mesures de la largeur de la capsule céphalique (mm) (a) et de la taille de la larve (cm) (b) aux différents stades larvaires

Les données biométriques révèlent :

- Une bonne corrélation entre la taille de la larve et la largeur de la capsule céphalique.
- Une homogénéité de la dispersion de cette population (écart-type faible et un coefficient de variation inférieur à 15%).

Ces résultats nous ont permis d'identifier morphométriquement les différents stades larvaires. Ce qui facilitera les prospections sur le terrain.

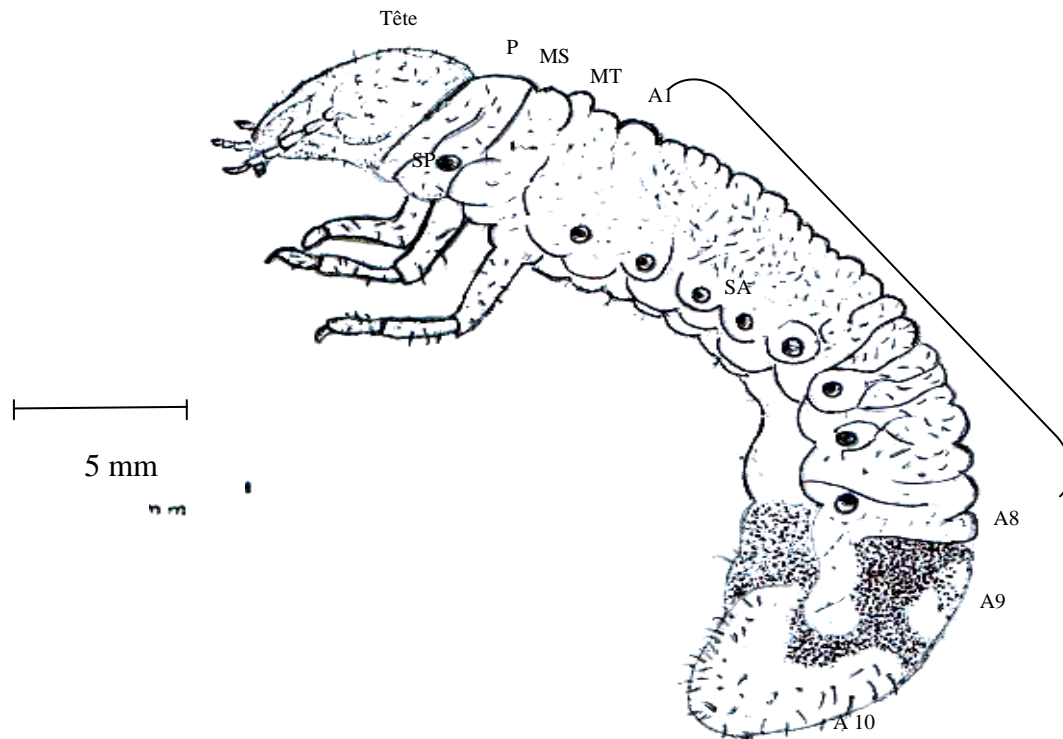
* *

*

3.5.- Description de la larve

La terminologie utilisée correspond à celle de Ritcher (1966). Elle est complétée par celle de Mc Quillan (1985).

La larve est de type melolonthoïde, de forme courbée et de grande taille pouvant atteindre, dépliée 5cm de long sur 6mm de large au niveau de sa plus grande largeur. La pilosité du corps est fine, dense avec des soies relativement longues disposées sur tous les segments. Sur les segments abdominaux de II à IV, on observe 3 rangées de courtes épines brunes disposées transversalement.



P : Prothorax ; MS : Mesothorax ; MT : Metathorax ; A1-A10 : Segments Abdominaux ; SA : Stigmate Abdominal ; SP : Stigmate Prothoracique

Figure 13 - *Geotrogus deserticola* (Blanch.), larve au 3^{ème} stade

Tête de couleur brune à extrémité des mandibules foncées.

M : Mandibule

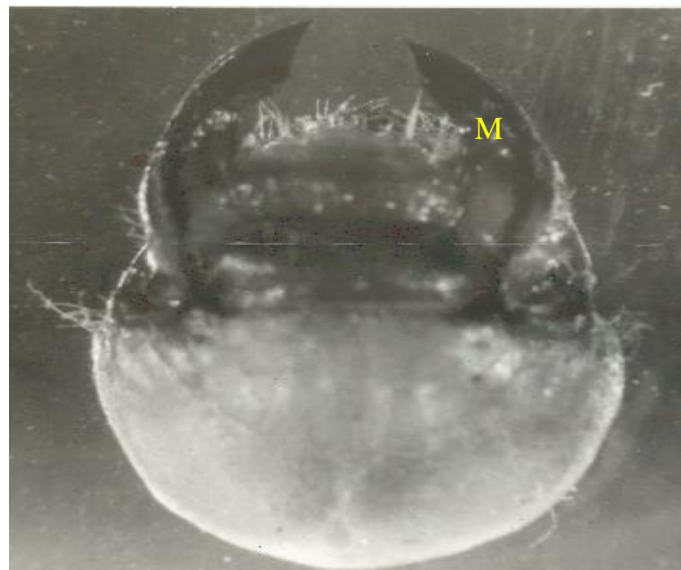


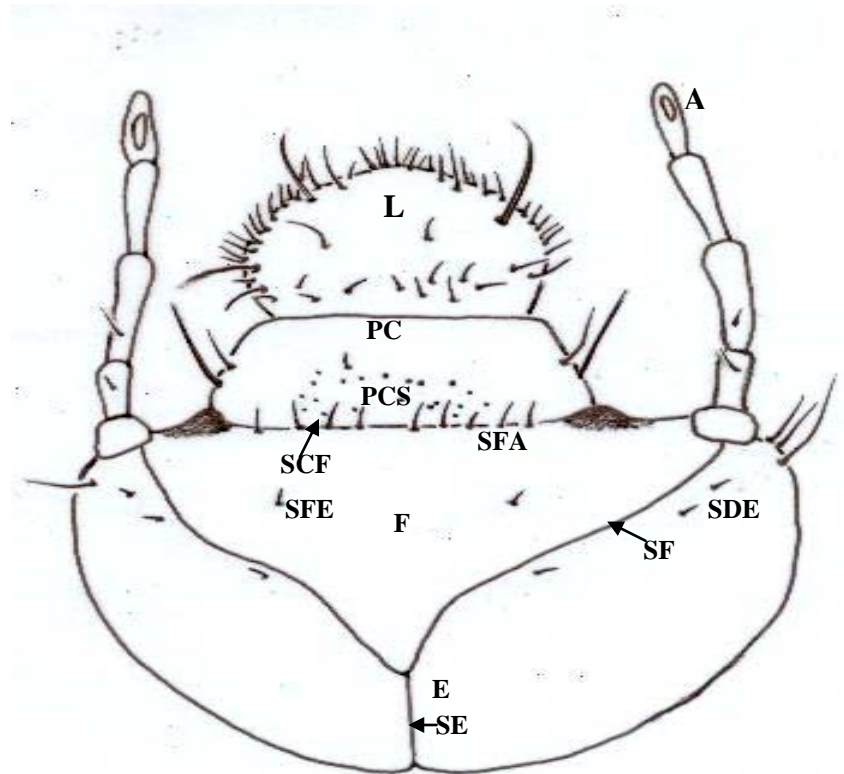
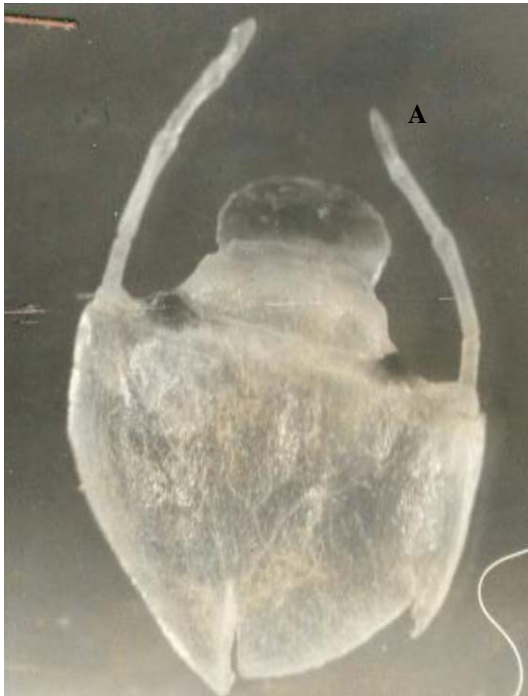
Figure 14 - Tête et mandibules, vue dorsale

Capsule céphalique transverse. Front bordé de plusieurs soies dans l'angle frontale antérieur. Suture épicroâniale courte, suture frontale visible, suture clypéofrontale présente.

Clypéus avec présence de 2 poils clypéales externes de chaque côté et absence de poils clypéales antérieurs. Le préclypéus est plus étroit que le post-clypéus.

Labre étroit dans sa région proximale allant en s'évasant vers l'avant, pour finir en suite irrégulièrement en pointe.

Présence de fortes soies.

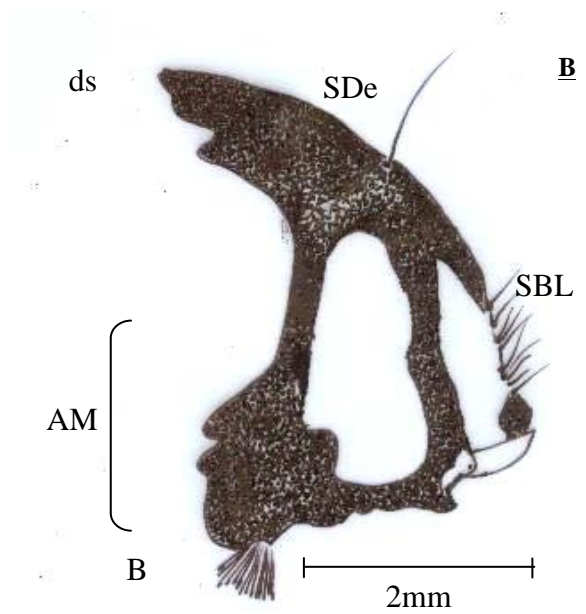
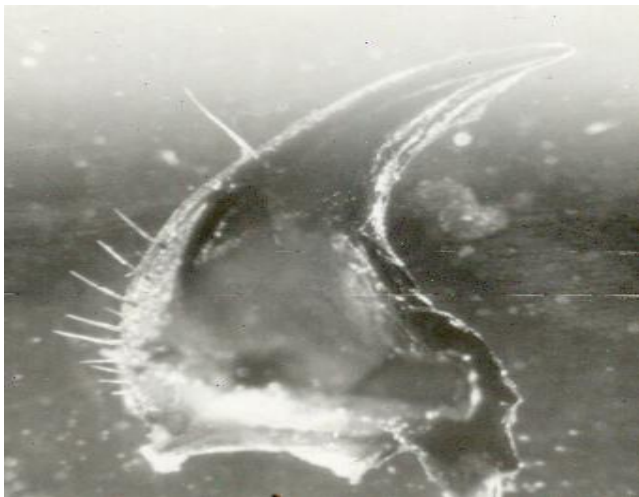
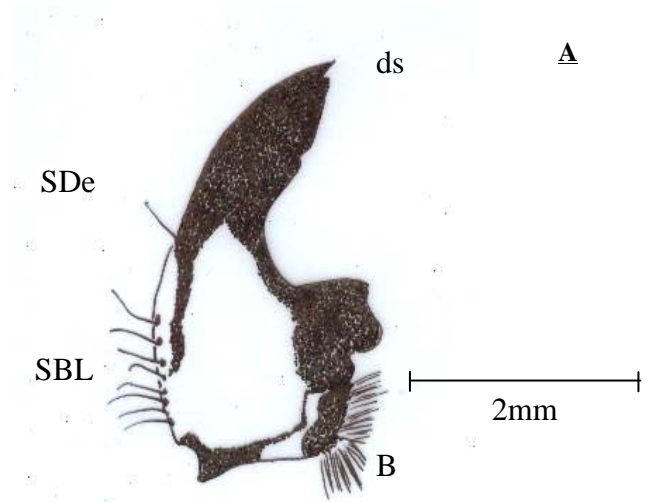


L : Labre ; PC : Préclypeus ; PCS : Postclypeus ; F : Front ; E : Epicrâne ; SE : Suture épicroâniale ; SCF : Suture clypéofrontale ; SF : Suture frontale ; SDE : Soies dorsoépicroânielles ; SFA : Soies frontales antérieures ; SFE : Soies frontales extérieures ; A : Antenne

Figure 15 - Capsule céphalique

Mandibules dissymétriques. La gauche, avec aire scissoriale tridentée, la droite avec aire scissoriale bidentée ;

Absence d'une aire stridulatoire, mais un rassemblement de petites granules dorso-molaires . 8 soies baso-latérales dans le cas de la mandibule gauche et 10 soies baso-latérales pour la droite.



ds : dents scissoriales ; B : Brosse ; Sde : Soies de la région dorso-externe ; SBL : Soies baso-latérales :

Figure 16 - Mandibule gauche, vue dorsale (A) et Mandibule droite, vue dorsale (B)

Antennes à 4 articles longs et étroits. L'article IV, plus court que les autres, à une tâche sensorielle en position dorsale. L'article III, deux fois plus long que le IV, se termine ventralement en biais.

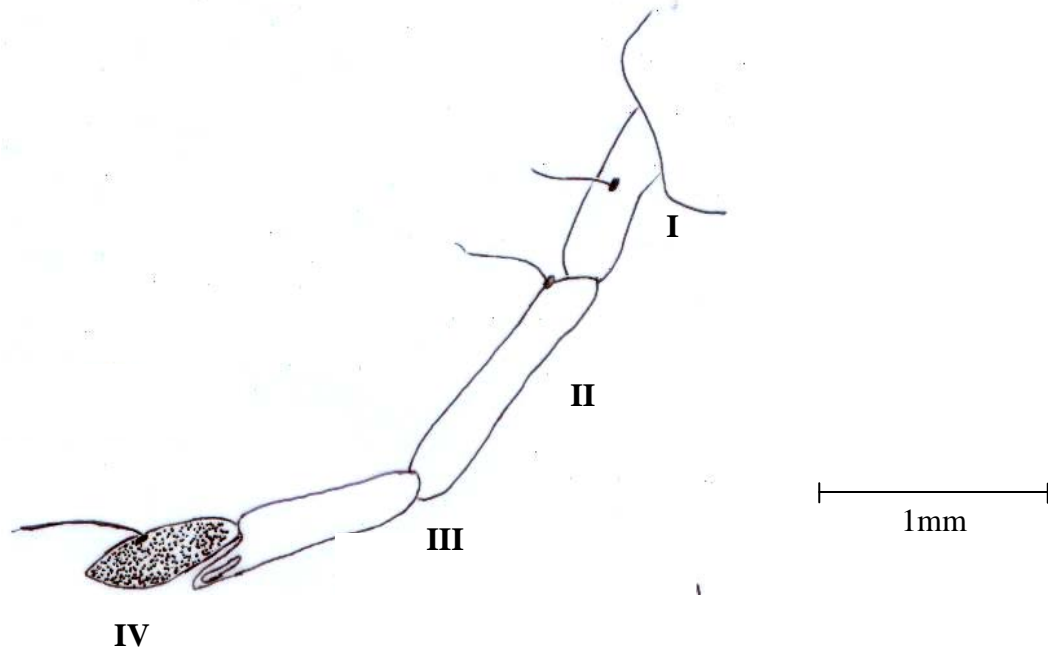
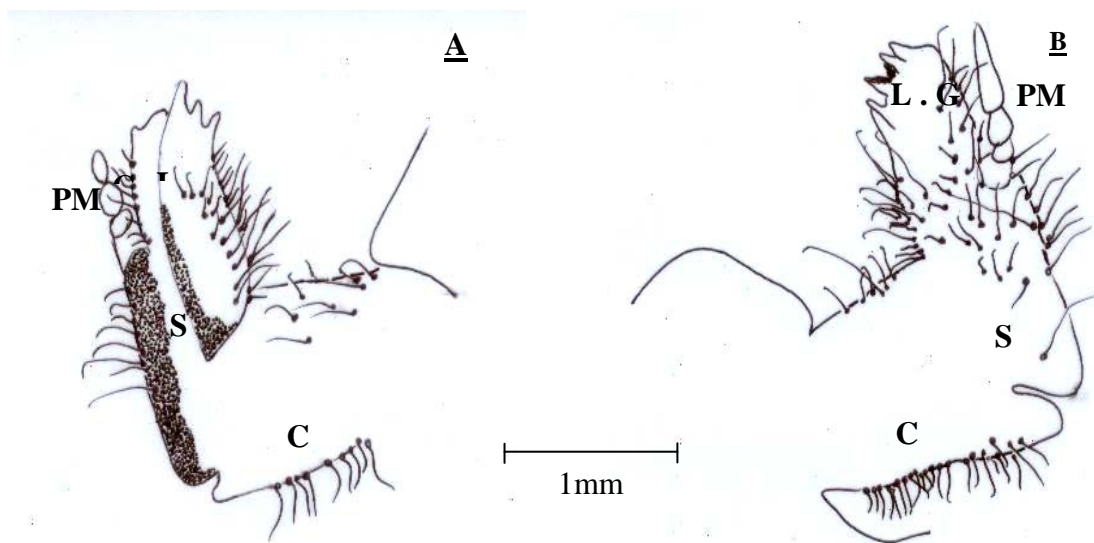


Figure 17 - Antenne droite

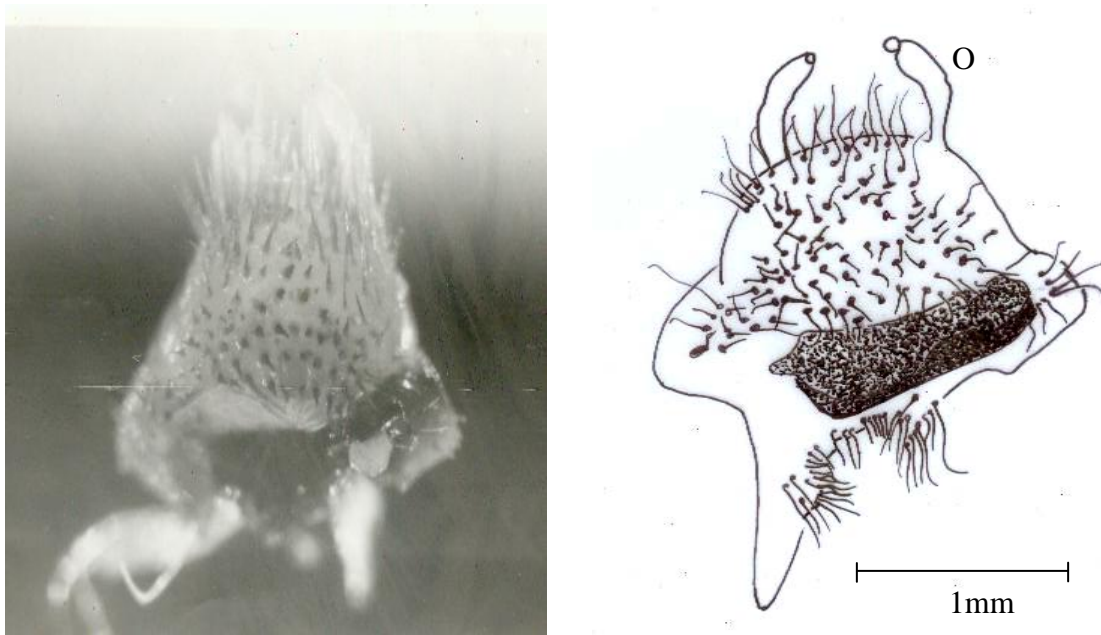
Maxilles avec galéa et lacinia soudés. Présence de fortes soies.



G : Galéa, L : Lacinia ; PM : Palpe maxillaire ; S : Stipe ; C : Cardo

Figure 18 – Maxille gauche, vue ventrale (A) et maxille droite, vue dorsale (B)

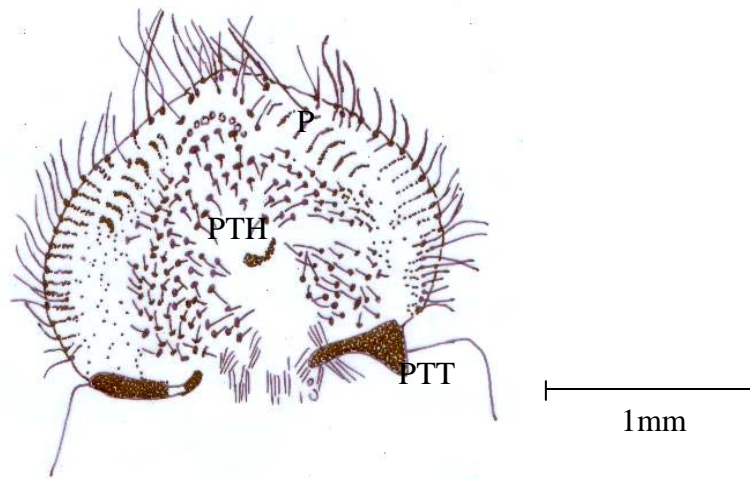
Hypopharynx avec 2 oncyli asymétriques bordés de chaque côté d'une touffe très fournie d'expansions tégumentaires. Glosses avec de courtes épines alignées.



O : Oncylus

Figure 19 – Hypopharynx

Epipharynx à tormae distinctes.
 Pternotorma droite non visible. La gauche est absente.
 Protophobe à soies denses et longues.
 Dexiophobe à soies plus courtes, lacophobe à grande soies denses.
 Epitormae non développée.

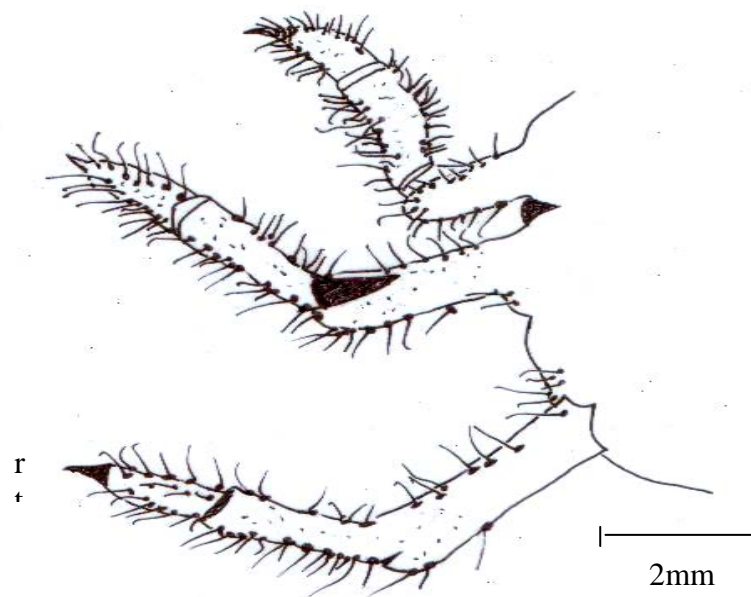


P : Plegmatium ; PTH : Protophobe ; PTT : Pternotorma

Figure 20– Epipharynx

Thorax à pubescence importante surtout au niveau du pronotum. Stigmate prothoracique dirigé vers l'arrière.

Pattes bien développées. La 3^{ème} paire étant plus massive que les 2 précédentes. Pattes à 3 articles avec sur le 3^{ème} article, en position médiane, un repli tégumentaire en biseau.



rt : repli tégumentaire

Figure 21 – Pattes

Abdomen recourbé sur lui même avec de fines soies sur chacun des segments. Stigmates abdominaux au nombre de 8 dirigés vers l'avant, de tailles égales et plus petits que le stigmate prothoracique.

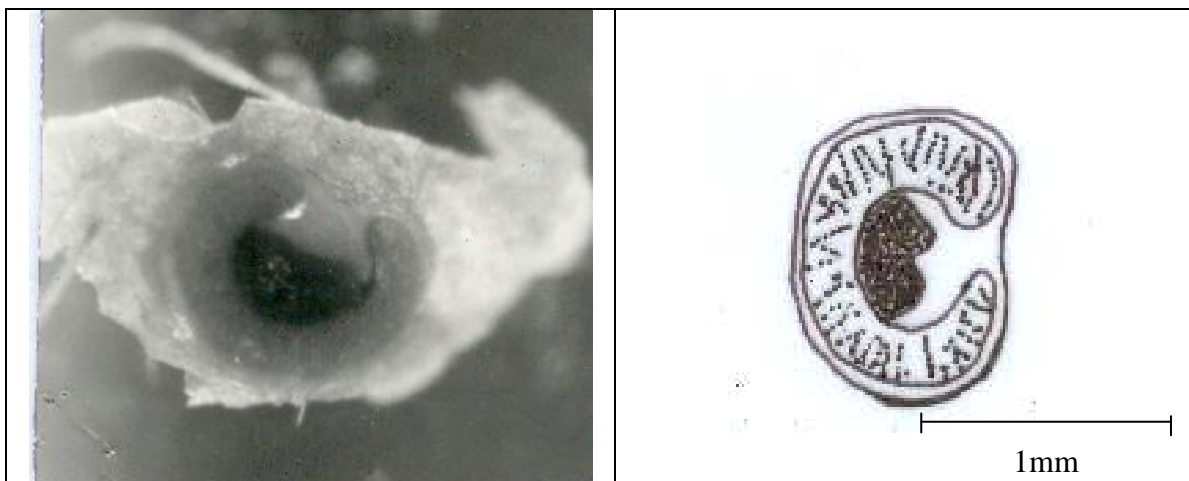


Figure 22 – Stigmate abdominal

Fente anale en « y », bordée par un palidium bien développé. Tergilum avec de nombreuses soies.

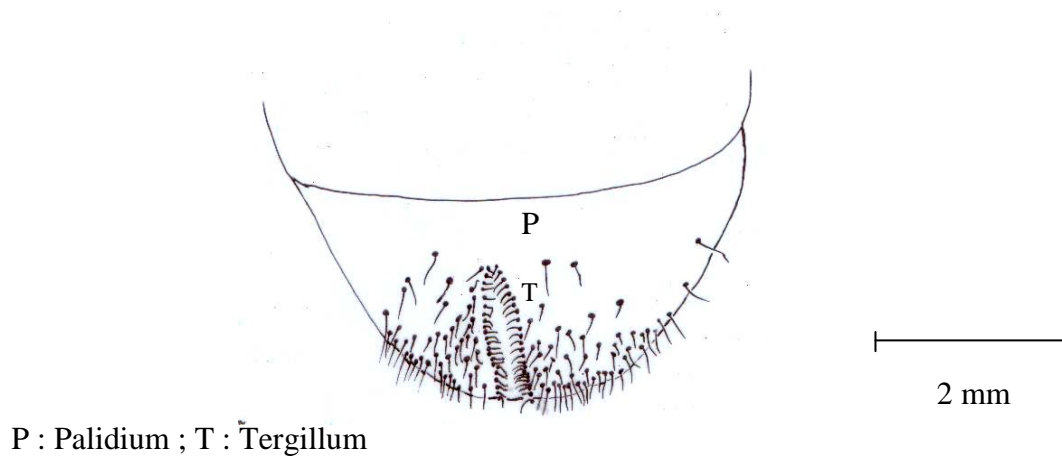


Figure 23 – Raster

Cette description mérite d'être plus approfondie par une étude sur la morphologie et sur la répartition des larves de Melonothini présents en Algérie. Elle constituera un document de référence qui permettra d'une part de rapporter indiscutablement les dégâts enregistrés à l'espèce en question et d'autre part d'établir une clé des larves des espèces algériennes.

* *
*

3.6.- Activité alimentaire

- Variation de l'activité alimentaire en fonction du stade larvaire et détermination du stade ravageur

Une compréhension totale de l'utilisation d'un aliment nécessite la mise en œuvre des méthodes sûres et exactes pour déterminer le poids de nourriture ingérée, le poids des fèces correspondant à la nourriture ingérée et le poids gagné par l'insecte au cours de l'expérience. Ces trois mesures sont fondamentales et nécessaires pour le calcul de l'indice de consommation journalière (I. C.), du taux de croissance (C.R.), de la digestibilité et de l'efficacité avec laquelle les aliments digérés sont transformés en substance corporelle (E. A. D.) (Moumen, 1985).

Ces indices non pas pu être appréciés pour différentes raisons :

1. Le fèces est mélangé au substrat (terre), d'où l'impossibilité de le recueillir
2. Les données de consommation estimées pour les larves, en se servant des racines de blé, comme source de nourriture ne peuvent pas être mesurées directement. Il n'existe pas de méthodes de mesure des racines (Ridsdill Smith *et al.*, 1975).

Les études au laboratoire sur le comportement alimentaire des larves (L₁, L₂ et L₃) ont montré que :

- * Les larves sont plus actives et se déplacent facilement dans les milieux naturels (I et II) que dans les milieux semi-synthétiques (III, IV et V).
- * Le changement de la nourriture se fait quotidiennement pour les larves L₂ qui semblent présenter de fortes exigences alimentaires. Pour les larves L₁ et L₃, il se fait une fois par semaine.

L'activité alimentaire, appréciée, par le calcul du taux de mortalité, en se servant des milieux naturels révèlent que :

- * Le milieu naturel I est plus favorable que le milieu naturel II (Tableau 7). Le taux de mortalité des larves est de 20, 10 et 23% respectivement pour les larves L₁, L₂ et L₃ dans le milieu I. Il est de 30, 20 et 40% respectivement pour les larves L₁, L₂ et L₃ dans le milieu II.

Milieux	I	II
Stades	Taux de mortalité (%)	
L1	20	30
L2	10	20
L3	23	40

Tableau 7 : Influence du milieu nutritif naturel sur le développement larvaire

Au cours de nos recherches d'un milieu synthétique convenant à l'élevage des larves des *Geotrogus deserticola* (Blanch.), 3 milieux ont été essayé. Il contiennent pour la plupart un support à base de poudre de carotte, ou de blé et des substances antimicrobiennes. Ces milieux sont presque analogues à ceux utilisés pour l'alimentation des chenilles de lépidoptères phytophages (Guennelon, 1968).

La comparaison des diverses formules entre elles a été obtenue en tenant compte, d'une part des critères morphologiques tels que les anomalies larvaires et d'autre part des critères biométriques tels que le taux de mortalité larvaire.

Les résultats montrent (Tableau 8) :

- * Les milieux IV et V se sont révélés toxiques. Non seulement ces milieux n'ont pas assuré la nutrition des larves mises à l'essai, mais celles-ci sont mortes rapidement. L'aspect des larves et à peu près le même dans toutes les séries. Elles sont môles, rejetant assez souvent par l'anus une sécrétion brune.
- * Le milieu III s'est révélé plus favorable que les milieux IV et V, mais moins favorable que les milieux naturels.

Milieux	III	IV	V
Stades	Taux de mortalité (%)		
L1	40	100	100
L2	30	100	100
L3	50	100	100

Tableau 8 : Influence du milieu nutritif semi-synthétique sur le développement larvaire

L'examen de la composition des milieux IV et V pour déterminer les substances provoquant l'intoxication révèle que :

- * Dans le milieu V, la consistance de l'agar semble être l'agent toxique. Il empêche le déplacement des larves. Ces dernières demeurent assez rarement à la surface, le plus souvent, elles essaient de pénétrer dans l'épaisseur de la couche du milieu. La mortalité survient au moment de la pénétration.
- * Dans le milieu IV, le son de blé qui joue le rôle de substrat et de milieu nutritif semble être l'agent toxique. Les milieux IV et V diffèrent par une substance (l'agar pour le milieu IV et le son de blé pour le milieu V).

Ces résultats rejoignent les travaux des différents auteurs :

Ridsill Smith (1975), suggère que les larves de *Sericesthis nigrolineata* (Boisd.) se nourrissent préférentiellement sur les racines vivantes.

Ricou (1953) propose l'introduction de la carotte dans les milieux d'élevage de *Melolontha melolontha* (L.)

Ces résultats nous ont permis de montrer que c'est le stade L2 qui, présente de fortes exigences alimentaires. Ce qui paraît déterminant au niveau de l'évaluation des dégâts.

Toutefois, les recherches doivent être orientées dans la confection des milieux synthétiques afin d'apprécier de manière précise l'activité alimentaire de *Geotrogus deserticola* (Blanch.)

* *

*

3.7.- Anatomie et histologie du tube digestif des larves

3.7.1.- Anatomie du tube digestif (Figure 24)

le tube digestif de la larve remplit à lui seul la majeure partie de la cavité générale. Il est composé successivement de l'avant vers l'arrière, du stomodeum, du mesenteron et du proctodeum.

- le stomodeum :

Il débute par un pharynx court et se poursuit par un œsophage également court. Celui ci donne accès à une poche gastrique (jabot). Celle-ci correspond à une volumineuse dilatation qui, à elle seule, remplit la majeure partie de la cavité abdominale.

- Le mesenteron ou intestin moyen :

Il est plus blanc que l'intestin antérieur. Il est de forme cylindrique, il se termine au niveau de la valvule pylorique où s'insèrent les tubes de Malpighi au nombre de 4.

- Le proctodeum ou intestin postérieur :

Il est tubulaire et long. Il comprend l'intestin postérieur proprement dit, suivi du rectum et il se termine par l'ampoule rectale.

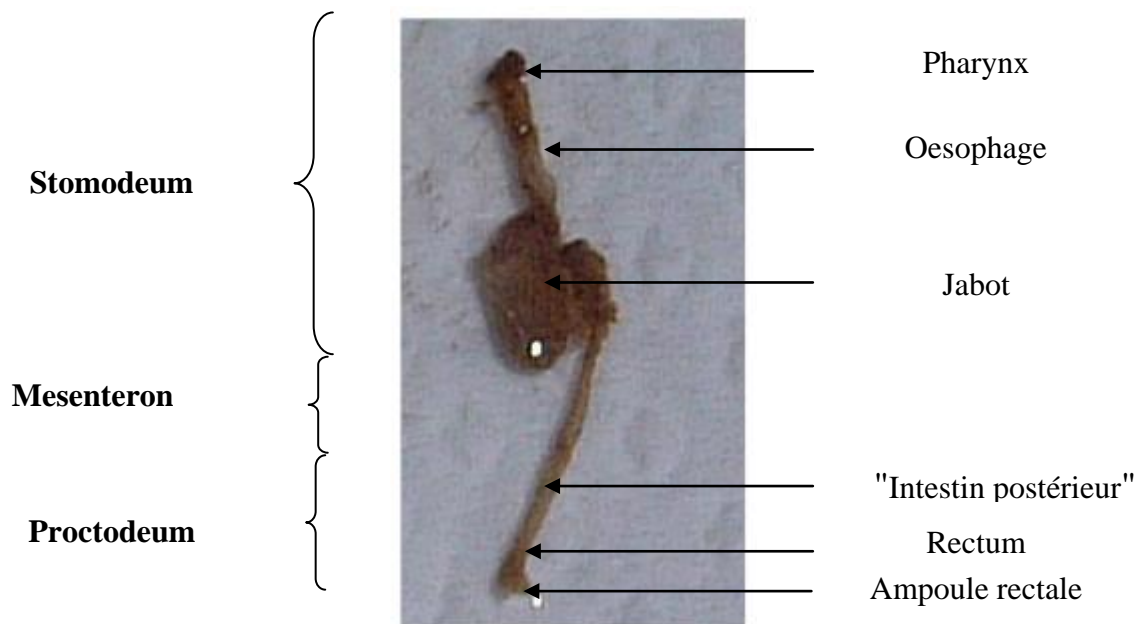


Figure 24 : Anatomie du tube digestif de *Geotrogus deserticola* (Blanch.)

La morphologie du tube digestif des larves de *Geotrogus deserticola* (Blanch.), présente les mêmes parties que celles des autres Scarabaeoidea. Cependant l'anatomie de chaque groupe est très variable (Areekul, 1957).

L'appareil digestif de *Pleocomma* sp est constitué d'un œsophage bien développé avec un jabot et par un ventricule (intestin moyen) simple. Chez *Polyphylla* sp, l'œsophage est simple mais le ventricule est très complexe de même que l'intestin postérieur.

Chez *Melolontha melolontha* (L.), l'appareil digestif est constitué d'un stomodeum très court, d'un mesenteron de forme cylindrique légèrement annelé dans sa partie antérieure et d'un proctodeum à régions bien distinctes (Couturier, 1961).

3.7.2.- Histologie du tube digestif

le tube digestif est formé en général de 3 parties qui sont de la lumière vers l'extérieur :

1°) la muqueuse, constituée de l'épithélium et du tissu conjonctif. Elle se présente sous forme de villosités qui pénètrent dans la lumière.

2°) la musculuse, constituée par les fibres musculaires de deux types :

- Les fibres musculaires circulaires externes
- Les fibres musculaires longitudinales internes.

3°) la séreuse, représentée par du tissu conjonctif richement vascularisé.

3.7.2.1.- Le stomodeum

L'observation au microscope photonique montre :

- **Le pharynx** (Planche VI, a et b), en coupe transversale, présente une forme circulaire, ses villosités, très longues, oblitèrent l'espace luminal, réduisant ainsi la lumière. Les replis épithéliaux sont constitués par des cellules cubiques, à chromatine claire, avec un noyau à plusieurs nucléoles. Cet hypoderme pharyngien est recouvert d'une cuticule épaisse, à forme lamellaire qui comprend 3 couches :

- L'exocuticule en forme de liseré fortement coloré

Planche VIII: Coupes transversales au niveau du stomodeum de la larve

a- Coupe transversale au niveau du pharynx

G x 10

Coloration : Hemalun Eosine

mc : muscle circulaire
ml : muscle longitudinal

b- coupe transversale au niveau du pharynx

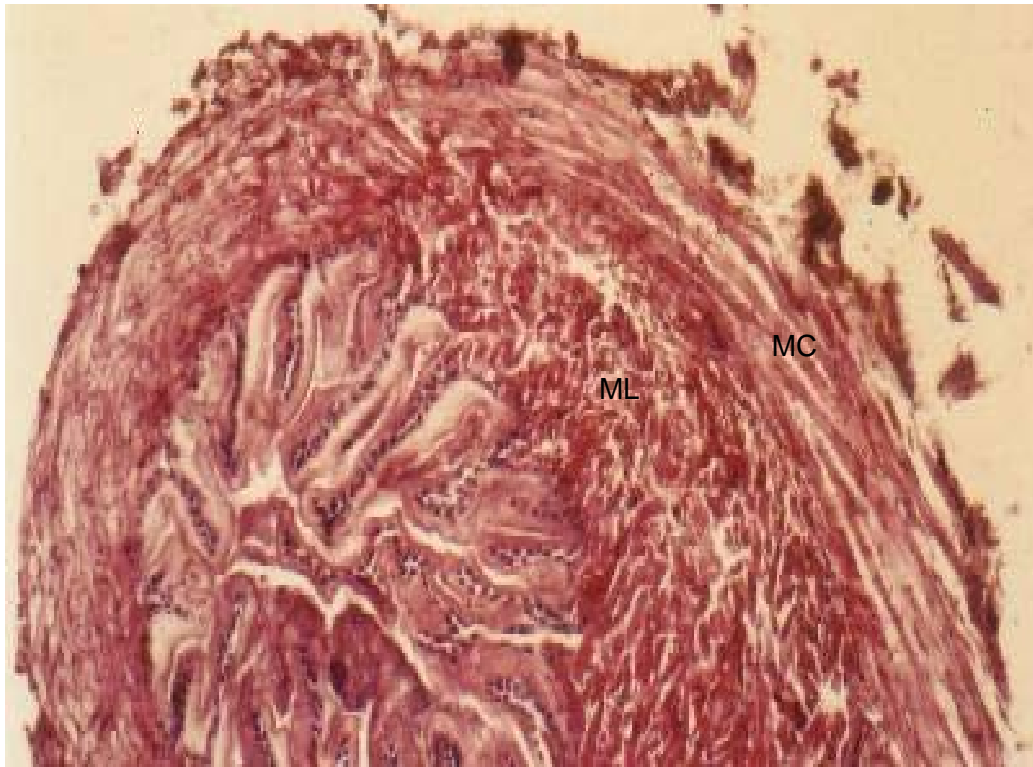
G x 40

Coloration : Hemalun Eosine

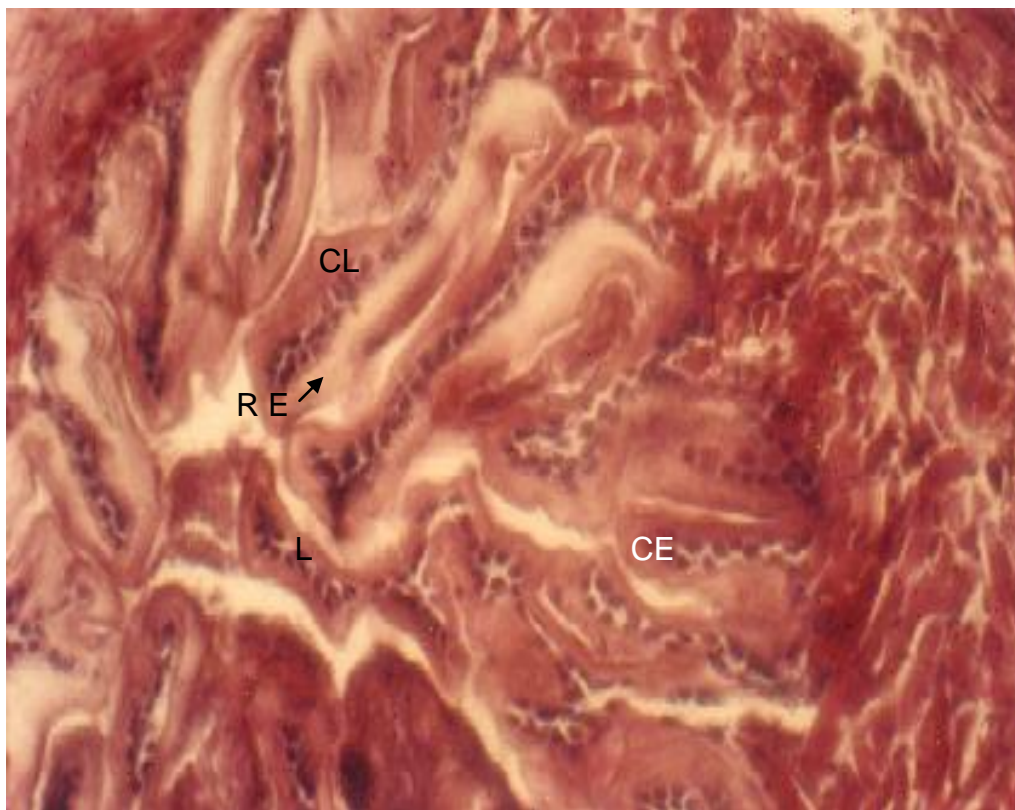
cl : cuticule lamellaire
re : repli épithélial
ce : cellule épithéliale
n : noyau
l : lumière

Remarquons :

- La lumière très réduite.
- La musculature importante.



a



b

L'épicuticule, légèrement colorée

- L'endocuticule, au contact des cellules, fortement colorée.

La musculature, très épaisse est formée d'une tunique musculaire striée composée de fibres musculaires circulaires externes à noyaux bien colorés. Intérieurement, on observe des îlots de fibres musculaires longitudinales irrégulièrement réparties.

- **Le jabot** (Planche VI, c, d et e) présente également une forme circulaire. Sa lumière est découpée par des villosités moins hautes que celles observées au niveau du pharynx. L'épithélium est constitué de cellules prismatiques, leur cytoplasme présente un aspect fibrillaire avec un noyau en position basal, à chromatine claire et à plusieurs nucléoles. Au pôle apical, les cellules présentent une bordure en brosse.

La cuticule est nette, épaisse et ses couches sont discernables. La musculature y est réduite.

3.7.2.2.- Le mesenteron (Planche VII, a et b)

En coupe transversale, le mesenteron présente une forme circulaire voire elliptique.

L'épithélium est très développé, il est formé de cellules prismatiques à noyau ovalaire apical. En dehors des cellules prismatiques qui forment la plus grande partie de l'épithélium, on distingue des cellules plus petites groupées en îlots, à la base des cellules prismatiques. Ce sont des cellules basales encore appelées cellules de remplacement ou cellules souches. Selon Plantevin et Nardon (1970), c'est au moment des mues qu'elles accroissent considérablement leur taille et donnent naissance à de nouvelles cellules prismatiques.

Signalons qu'il existe un troisième type de cellule ; les cellules en raquette en position médiane.

La cuticule est absente. La musculature est représentée par des îlots de fibres musculaires longitudinales internes et des fibres musculaires circulaires externes réduites.

planche VIII : Coupes transversales au niveau du stomodeum de la larve (suite)

c- coupe transversale au niveau du jabot

G x 10

Coloration : Hemalun Eosine

MC : Muscle circulaire

C : Cuticule

d- coupe transversale au niveau du jabot

G x 40

Coloration : Hemalun Eosine

a : aliment

L : Lumière

rp : repli épithéliale

Cf : Cytoplasme fibrillaire

nb : noyau basal

e- coupe transversale au niveau du jabot

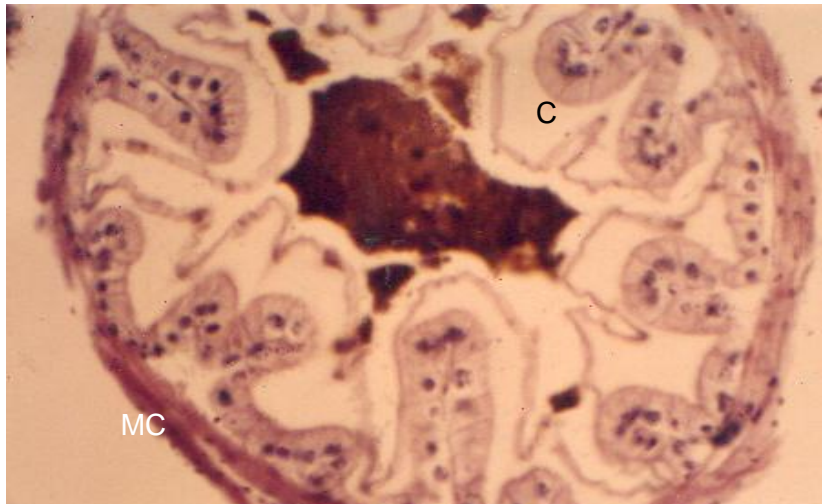
G x 40

Coloration : Picro IndigoCarmin

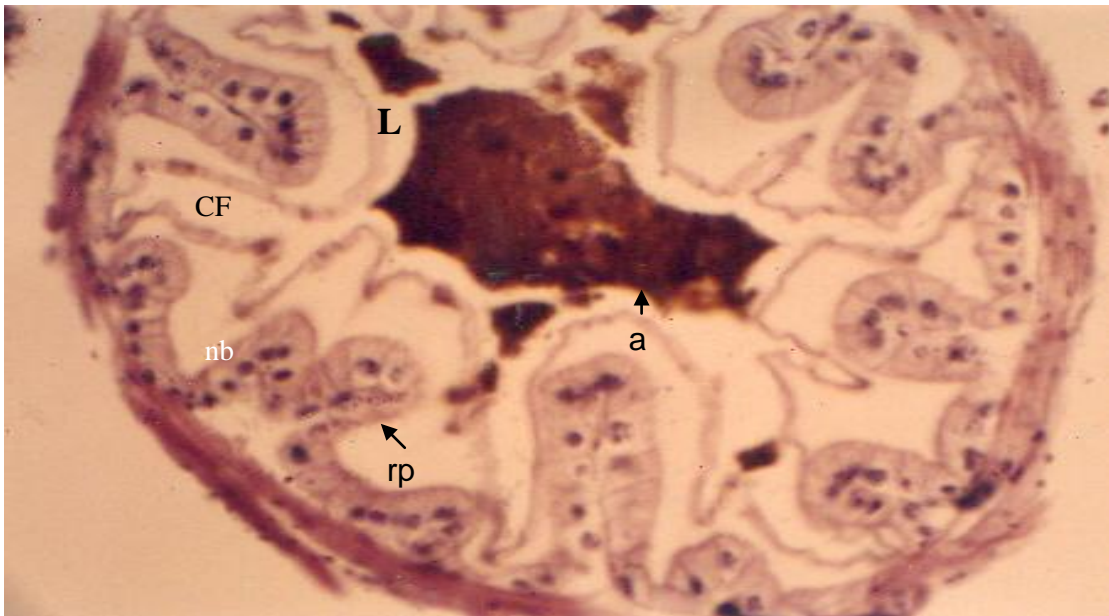
BB : Bordure en Brosse

Remarquons :

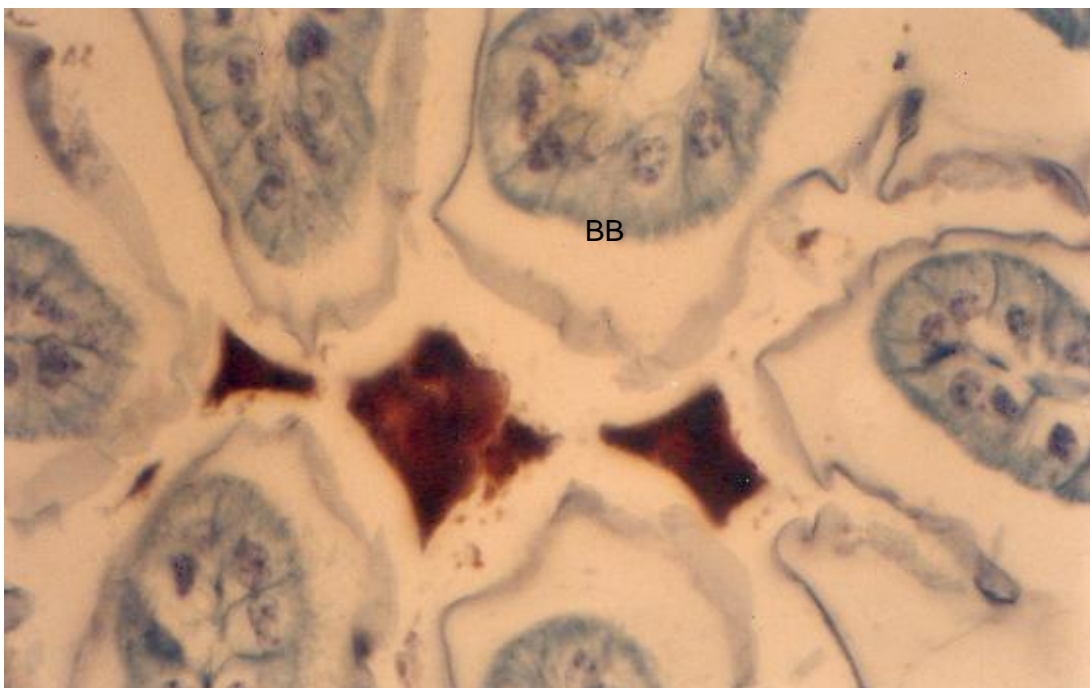
- la cuticule très épaisse
- La musculature réduite
- La lumière large
- La présence d'aliments dans la lumière



c



d



e

Planche IX : Coupes transversales au niveau du mesenteron

a- coupe transversale au niveau du mesenteron

G x 10

Coloration : Hemalun Eosine

MC : Muscle circulaire

L : Lumière

b- coupe transversale au niveau du mesenteron

G x 40

Coloration : Hemalun Eosine

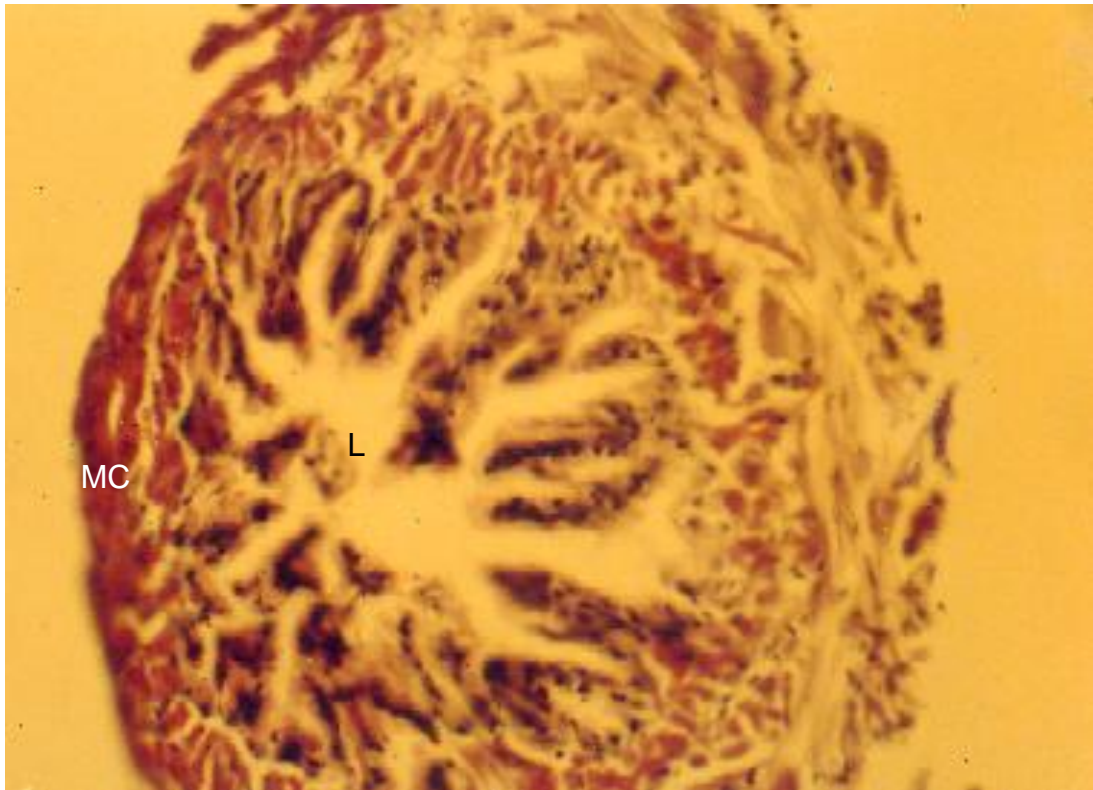
CP : cellule prismatique à noyau apical

n : nids de cellules de régénération

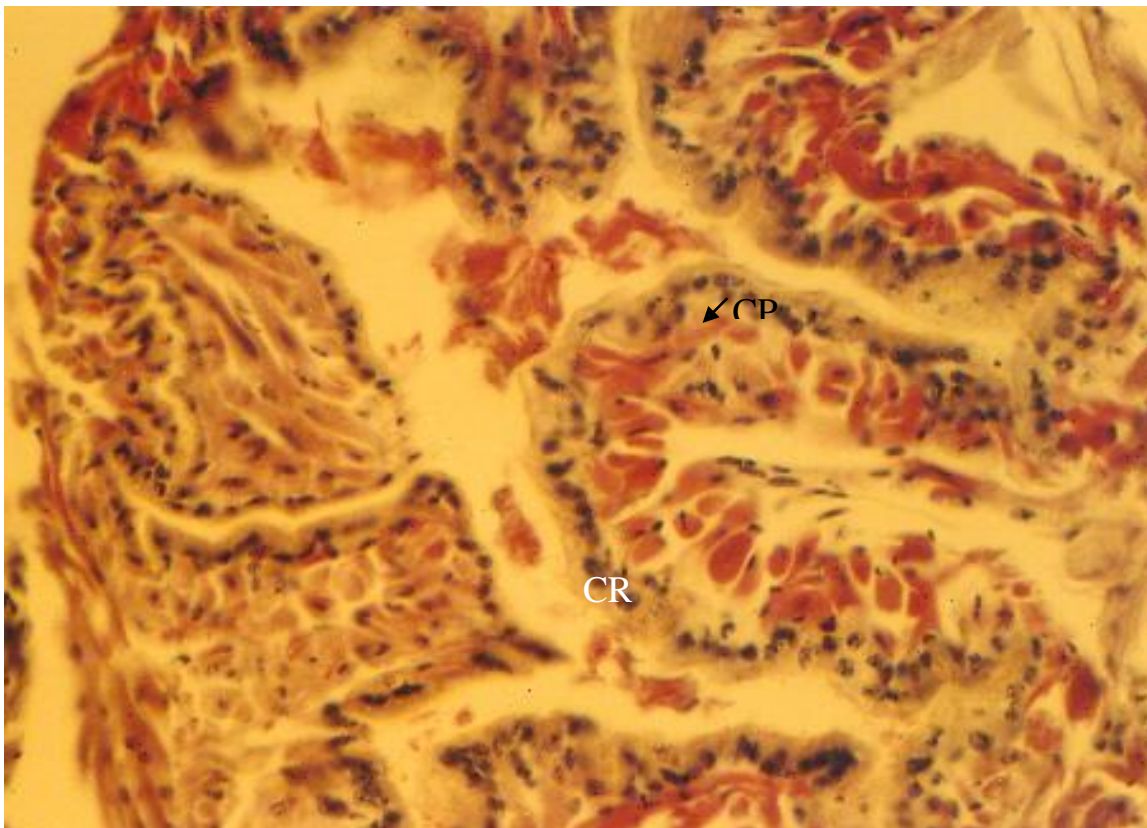
CR : cellule en raquette

Remarquons :

- La présence de trois types de cellules :
- Cellule prismatique à noyau apical
- Cellule de régénération regroupées en nids
- Cellule en raquette en position médiane
 - L'absence de la cuticule
 - La réduction de la musculature



a



b

3.7.2.3.- Le proctodeum

- **L'intestin postérieur** proprement dit (Planche VIII, a, b et c) présente une forme circulaire. Sa paroi émet des villosités de tailles inégales et de formes variables. L'épithélium, unistratifié est constitué de cellules pallisadiques à noyau basal. La musculature fine est représentée par des fibres musculaires circulaires internes qui s'infiltrant dans certaines villosités. la cuticule est présente, elle est formée par :

- L'exocuticule fortement colorée et épaisse.
- L'épicuticule, moins colorée et faiblement représentée.
- L'endocuticule, moyennement colorée et d'épaisseur moindre que celle de l'épicuticule.

- **Le rectum** (Planche VIII, d), également de forme circulaire, présente de nombreuses villosités qui envahissent la lumière. L'épithélium est unistratifié. Il est constitué de cellules cubiques. La cuticule est fortement colorée. Elle présente les 3 couches précédentes nettement individualisées. La musculature, importante, est représentée en majorité par des fibres musculaires circulaires.

- **L'ampoule rectale** (Planche VIII, e et f), est également circulaire. L'épithélium est unistratifié. Il renferme des cellules cubiques. La cuticules présente, est figurée par ses 3 composants classiques, c'est à dire l'endocuticule, au contact des cellules, l'épicuticule en position moyenne et l'exocuticule en position externe. La musculature n'est représentée que par quelques fibres musculaires circulaires, à noyaux bien individualisés.

Planche X : Coupes transversales au niveau du proctodeum

a- Coupe transversale au niveau de l'intestin postérieur

Grossissement : x 10

Coloration : Picro Indigo Carmin

MC : Muscle circulaire

re : repli épithélial

L : Lumière

b- Coupe transversale au niveau de l'intestin postérieur

Grossissement : x 40

Coloration : Picro Indigo Carmin

Cp : Cellule pallisadique

nb : noyau basal

c- Coupe transversale au niveau de l'intestin postérieur

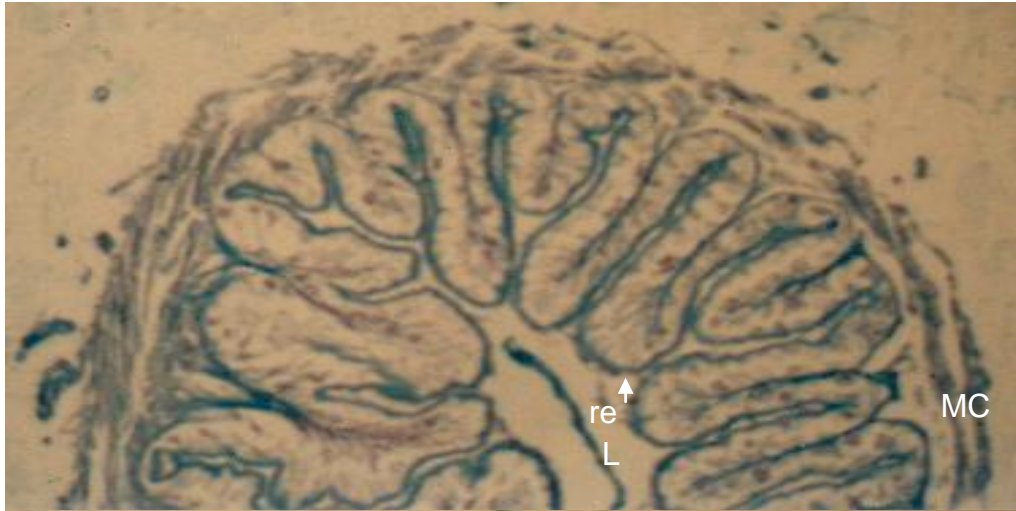
Grossissement : x 100

Coloration : Picro Indigo Carmin

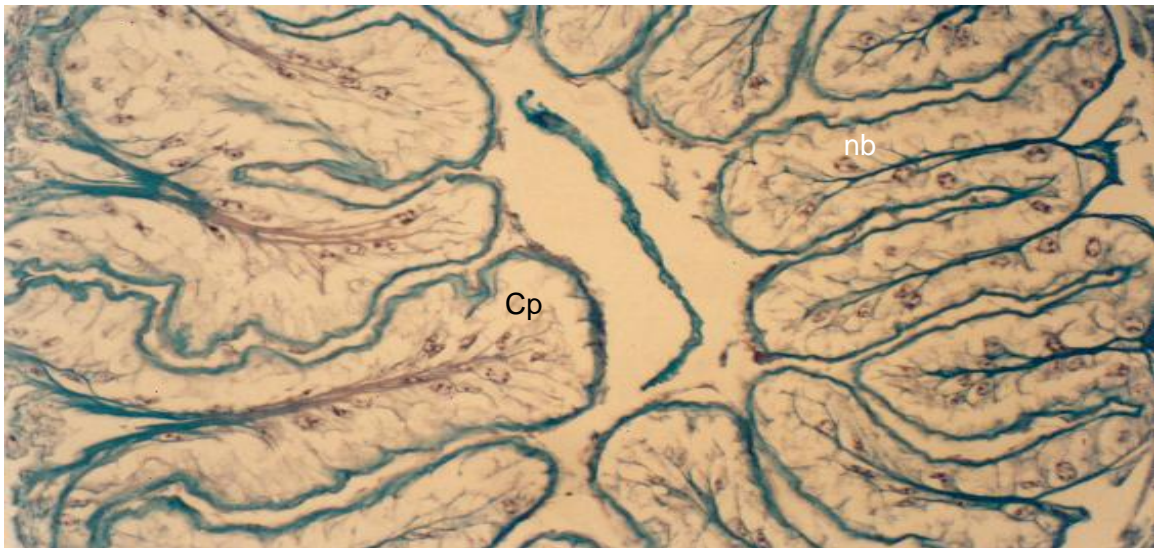
C : cuticule

Remarquons :

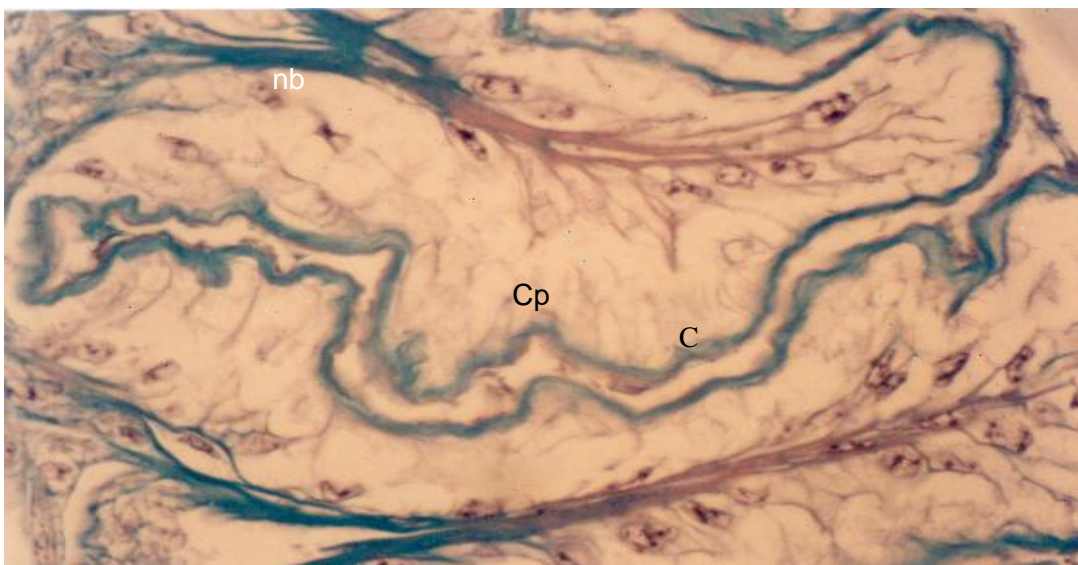
- Une musculature réduite
- Une cuticule à faible épaisseur
- La présence de cellule épithéliale pallisadique



a



b



c

Planche X : Coupes transversales au niveau du proctodeum (suite)

d- Coupe transversale au niveau du rectum

G x 10

Coloration : Hemalun eosine

MC : Muscle circulaire

ML : Muscle longitudinal

L : Lumière

e- Coupe transversale au niveau de l'ampoule rectale

G x 10

Coloration : Hemalun Eosine

RE : repli épithélial

MC : Muscle circulaire

f- Coupe transversale au niveau de l'ampoule rectale

G x 40

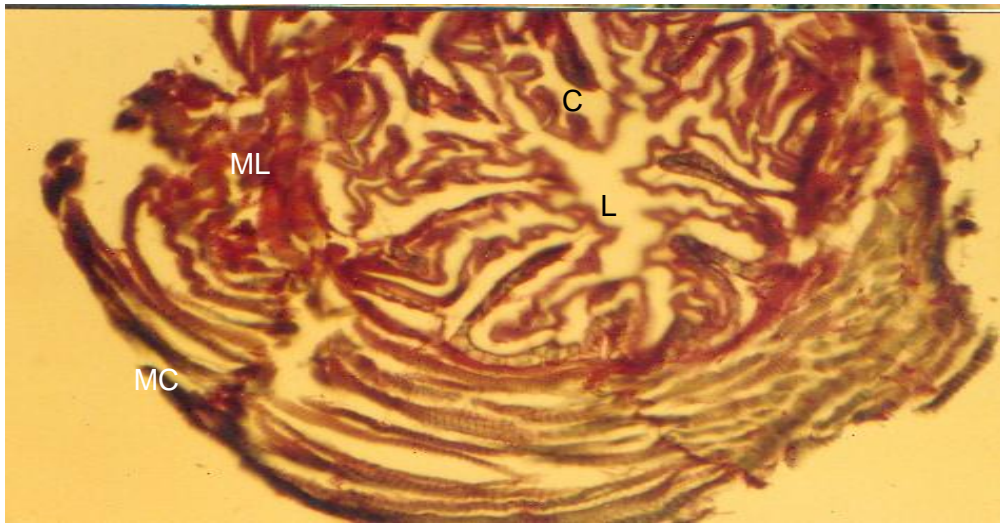
Coloration : Hemalun Eosine

n : noyau

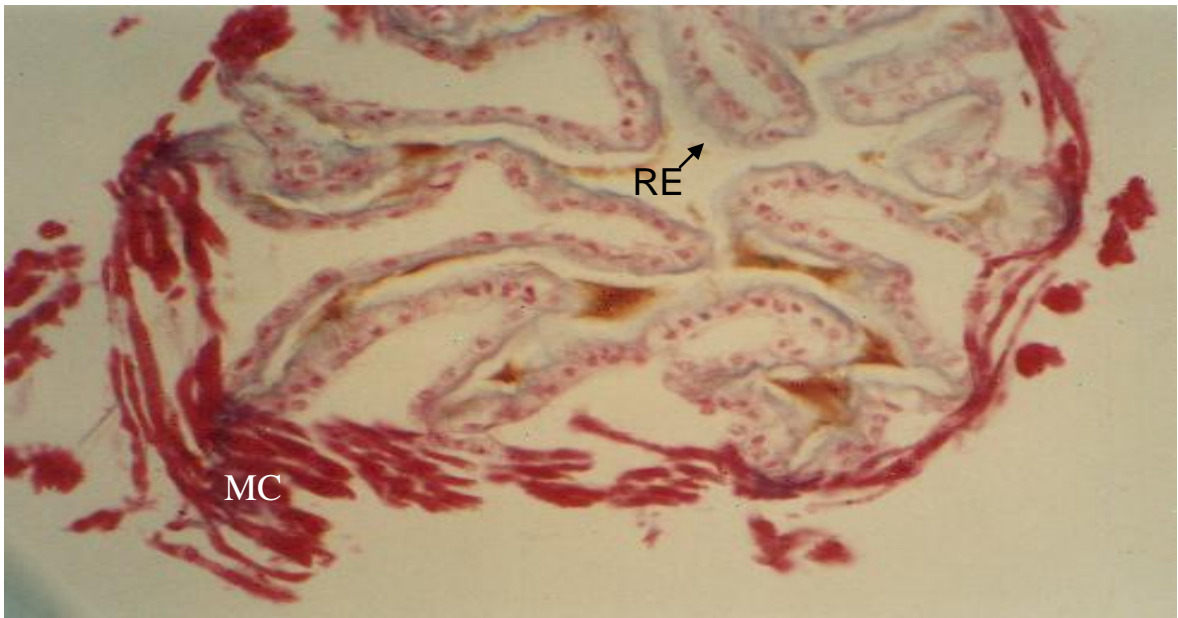
a : aliment

Remarquons :

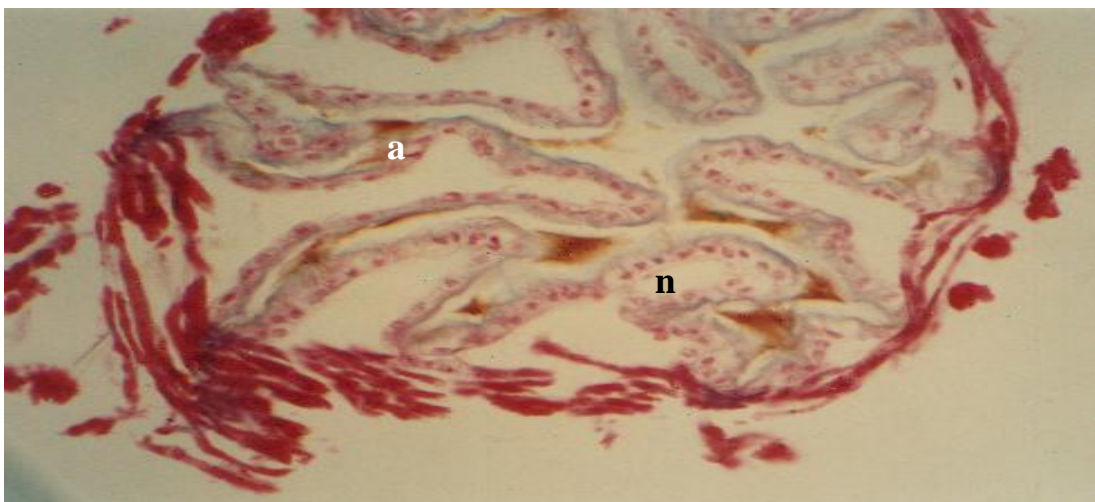
- La réduction progressive de la musculature
- La cuticule à faible épaisseur
- La présence de cellule épithéliale cubique



d



e



f

Cette étude histologique révèle des modifications portant sur :

- 1°) La forme des cellules épithéliales.
- 2°) L'épaisseur de la cuticule quand elle existe .
- 3°) L'épaisseur de la musculature.
- 4°) La taille des villosités.

En effet, en allant de la partie antérieure vers la partie postérieure du tube digestif (Tableau 9), on observe :

- Une musculature importante au niveau du pharynx, qui se réduit au niveau du jabot, du mesenteron et de l'intestin postérieur et qui s'épaissit au niveau du rectum, pour se réduire au niveau de l'ampoule rectale.
- Des cellules épithéliales cubiques au niveau du stomodeum, qui deviennent prismatiques au niveau du mesenteron. Au niveau de l'intestin postérieur, elles sont pallisadiques et redeviennent cubiques au niveau du rectum et de l'ampoule rectale.
- Des villosités de taille importante au niveau du pharynx et qui diminuent de taille successivement au niveau du mesenteron et du proctodeum.
- Une cuticule très épaisse au niveau du stomodeum qui disparaît au niveau du mesenteron et qui réapparaît au niveau du proctodeum ou elle est légèrement épaisse.

Tube digestif		muqueuse	Musculeuse
Stomodeum	Pharynx	Epithélium unistratifié, à cellules cubiques. Cuticule épaisse	Epaisse, formée de fibres musculaires circulaires internes et de fibres musculaires longitudinales externes
	Jabot	Epithélium unistratifié, à cellules prismatiques. Cuticule moins épaisse	Réduite, formée de fibres musculaires circulaires internes et de fibres musculaires longitudinales externes.
Mesenteron		Epithélium formé de : - cellules prismatiques - cellules en raquettes - cellules de régénération Cuticule absente	Réduite, formée par des fibres musculaires circulaires internes et de fibres musculaires longitudinales externes.
	Intestin Postérieur	Epithélium formé de cellules palisadiques. Cuticule à faible épaisseur	Fine, représentée par des fibres musculaires circulaires internes.
Proctodeum	Rectum	Epithélium formé de cellules cubiques Cuticule épaisse	Epaisse, représenté surtout par des fibres musculaires circulaires internes.
	Ampoule Rectale	Epithélium formé de cellules cubiques Cuticule moins épaisse	Fine, représenté surtout par des fibres musculaires circulaires internes

Tableau 8 : Résumé de la description histologique des différentes parties du tube digestif de *Geotrogus deserticola* (Blanch.) (Stomodeum, Mesenteron et le Proctodeum)

Ce travail nous a permis,

- d'établir, à partir de la bibliographie, la répartition géographique des principaux Melolonthini d'Algérie. Cette carte constitue un document de base pour stimuler les recherches sur le terrain et dresser un inventaire aussi précis que possible des Melolonthini ravageurs des cultures.
- de mettre au point une technique d'élevage des larves qui peut être élargie à d'autres espèces de Scarabeoidea phytophages.
- de préciser les caractéristiques du cycle biologique et de mieux comprendre le régime évolutif qui concerne les années de sortie de l'insecte. Ce régime évolutif varie d'une région à une autre en fonction des conditions pédoclimatiques locales, ce qui nécessite de suivre de près l'évolution des pullulations et de tenir à jour des cartes régionales en vue de planifier un programme de lutte.
- de préciser et d'affiner le concept du seuil de nuisibilité car, jusqu'à ce jour, il est exprimé par le nombre de larves au m², sans précision sur le stade larvaire concerné. Ici, c'est le stade L2 qui paraît déterminant au niveau de l'évaluation des dégâts.
- de déterminer le moment où un traitement adéquat du sol (chimique, mécanique et/ou cultural) est susceptible de se montrer le plus efficace. Ce traitement doit essentiellement avoir lieu au moment où la densité de L2 est la plus importante, avec une méthode d'échantillonnage standardisée.
- de préciser les caractéristiques anatomiques et histologiques du tube digestif de la larve.
- de décrire la larve, ce qui facilitera les prospections sur le terrain et l'identification du ravageur par rapport aux autres espèces potentiellement nuisibles.

* *
*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ackfarally, N.**, 1996. - Maurice : La canne à sucre sous la menace du ver blanc reunionnais- Syfia, 86 : 1-2 ; [http:// www.francophonie.org/ syphia/ 86 averbl.htm](http://www.francophonie.org/syphia/86_averbl.htm) (6.04.01).
- Allsopp, P.G. et Bull, R.M.**, 1989. - Spatial pattern and sequential sampling plans for Melolonthinae larvae (*Coleoptera Scarabaeidae*) in Southern Queensl and sugarcane. Bull. Ent. Res., **79**, 251-258.
- Areekul, S.**, 1957. - The comparative internal larval anatomy of several genera of Scarabaeidae (Coleoptera). Ann. Ent. Soc. Amer., **50**, 561-577.
- Auletta, F.J., Caldwell, B.V. et Hamilton, G.L.**, 1974 - Androgens : testosterone and dihydrotestosterone. In "Methods of hormone radioimmunoassay", **21**, 359-370.
- Baillargeon, G.**, 1990. - Méthodes statistiques de l'ingénieur, Ed. SMG, **1**, 400p.
- Balachowsky, A.S. et Mesnil, L.**, 1936. - Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Leurs mœurs, leurs destructions. Traité d'entomologie agricole concernant la France, la Corse, l'Afrique du nord et les régions limitrophes. Ed. Busson, Paris, 1630 -1632.
- Balachowsky, A.S.**, 1962. - Entomologie appliquée à l'agriculture. Tome1 (1), Ed. Masson, Paris, 162p.
- Ballu, T.**, 1949. - La lutte contre les hannetons. C. R. Acad. Agric. Fr., **35**, 331-339.
- Baraud, J.**, 1970. - Contribution à l'étude du genre Rhizotrogus (*Coleoptera Scarabaeoidea*). 3ème note : espèces nouvelles d'Europe occidentale et d'Afrique du Nord. Ann. Soc. Ent. Fr. (N.S.), **6** (2) : 475-492.
- Baraud, J.**, 1971a. - Contribution à l'étude du genre Rhizotrogus (Berthold), 4ème note : description de deux espèces nouvelles du Maroc. Bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon, **40**, 22-23 .
- Baraud, J.**, 1971b. - Contribution à l'étude du genre Rhizotrogus (Berthold), 4ème note : description de deux espèces nouvelles du Maroc (suite). Bulletin mensuel de la société linnéenne de Lyon, **40**, 38-40.
- Baraud, J.**, 1985. - Coléoptères Scarabaeidae. Faune du Nord et de l'Afrique du Maroc au Sinai. Ed. Lechevalier, Paris, 652p.
- Baraud, J.**, 1992. - Coléoptères Scarabaeoidea d'Europe. Faune de France. Publication de la fédération française des Sociétés de Sciences Naturelles, Paris et de la Société Linnéenne, Lyon, 856p.
- Barbault, R.**, 1981. - Ecologie Générale. Structure et Fonctionnement de la Biosphère. Coll. Biologie. Maitrises. Ed. Masson, Paris, 208p.
- Barbault, R.**, 1990. - Ecologie Générale. Structure et Fonctionnement de la Biosphère. Coll. Abrégés. Ed. Masson, Paris, 269p.
- Barbier, A.**, 1954. - L'opération Hanneton de Monthureux et la lutte contre les vers blancs dans les Vosges en 1947-1949. Leur importance agricole. Actualités agronomiques. Serie C : Epyphytie, **1**, 65-66.
- Basso Bert, G.**, 1988. - Lutte chimique contre *Hoplochelus marginalis* (Fairm.). Bilan des actions à la Réunion sur la canne à sucre. La Réunion, 3^{ème} Congrès, A.R.T.A.S., 422-444.
- Bouchet, R.L.**, 1949. - Peut on lutter contre les vers blancs ?. Phytoma. Défense des cultures, **6**,
- Bourdin, J. et Daraude, P.**, 1971. - Essais en laboratoire de nouvelles substances destinées à combattre les larves et les adultes du hanneton *Melolontha melolontha* (L.). Phyt. Phyto., **3** (200), 135-146.
- Brunel**, 1948. - Traité générale de chimie végétale. Tome II, 295p.
- Burkhardt, C.**, 1955. - Preliminary studies on the control of white grubs in wheat. J. Kans. Entomol. Soc. **28** : 60-3.
- Cairaschi, E.A.**, 1954. - La réalisation des traitements à Monthureux (Vosges). In : La lutte chimique contre les hannetons et les vers blancs. Actualités agronomiques. Serie C : Epiphitie n°1, Ed. INRA, 74-83.
- Cambefort, Y.**, 1983. - Etude écologique des Coléoptères Scarabaeidae de Cote d'Ivoire. Thèse Doct. D'Etat es. Sc. Nat. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris **6**, 294p.
- Caputa, J. et Murbach, R.**, 1951. - Essais de lutte contre les vers blancs, en 1949-50. Rev. Romande d'Agric. , Vitic et arbor., 7ème ann. , **9**, 67-69.

- Chakali, G.**, 1982. - Biologie de la pyrale des dattes : *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Lepidoptera Pyralidae) dans la région de Biskra (Ain Ben Noui). Thèse. Ing. Agr. INA, El Harrach, Alger, 48p.
- Chavanon, G. et Zirari, A.**, 1996. - Description de la femelle de *Polyphylla sicardi*. (Bedel, 1917) (Coleoptera, Melolonthidea). Nouv., Revue Ent., (N.S.), **13** (4) : 357-358.
- Chavanon, G.**, 1990a. - Notes sur les Scarabaeoidea du Maroc oriental. Quelques localités ou espèces nouvelles pour la région. L'Entomologiste, **46** (6), 283-286.
- Chavanon, G.**, 1994a. - Coléoptères nouveaux ou intéressants de la région de Figuig (Sud Est du Maroc). Nouv. Revue Ent. (N.S.), **11** (4), 335-339.
- Chavanon, G., Zitouni, N. et Bouraada, K.**, 1995. - Note scientifique sur *Scarites striatus* Dejean (Scaridae) et *Geotrogus araneipes* (Fairmaire) (Melolonthidae), deux coléoptères nouveaux pour la faune marocaine. Nouv. Revue. Ent. (N.S.), **12** (2-3), 212p.
- Chessel, D.**, 1975. - Mesures de dispersion spatiale et methods d'échantillonnage. Note, Université de Lyon I, Laboratoire de Biométrie , 35p.
- Cherry, R.H.**, 1985. - Seasonal phenology of white grubs (Coleoptera : Scarabaeidae) in Florida sugarcane fields. J. Econ. Entomol., **78**, 787-789.
- Coca Abia, M. et Martin Piera, F.**, 1998. - Revision Taxonomica del genero *Rhizotrogus* (Berthold, 1827). Coleopterological Monographs, **2**, 140p .
- Coca Abia, M.**, 1995. - Taxonomia y Biogeografia del genero *Rhizotrogus* en el Mediterraneo occidental. Madrid Universidad Complutense de Madrid, 243p.
- Coineau, Y.**, 1974. - Eléments pour une monographie morphologique écologique et biologique des caeculidae (acaréens). Mem. Mus. Nat. Hist. Nat. , Ser. A (N.S.), **81**, 299p.
- Couturier, A. et Antoine F.**, 1950. - Pouvoir de rémanence dans le sol et l'action insecticide du HCH et du SPC vis à vis des vers blancs. C.R. Acad. Agric., **36**, 108-110.
- Couturier, A. et Cairaschi, E.**, 1954. - Les essais de lutte contre les vers blancs, dans les régions de prairies naturelles des Vosges. Actualités agronomiques, Serie C : Epiphytie, **1**, 139-143.
- Couturier, A. et Jacky, F.**, 1970. - Observations complémentaires sur le déterminisme de l'envol et sur la sensibilité spectrale du hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.). Bull. Soc. Entomo. Fr., **75** (5) et (6), 113-116.
- Couturier, A. et Robert, P.**, 1954. - Signification d'un point de vue agricole de l'orientation astronomique du hanneton commun. C.R Acad. Agric., **43**, 350- 353.
- Couturier, A. et Robert, P.**, 1955a. - Maintien de la direction de vol chez *Melolontha melolontha* (L.), Coléoptère Scarabaeidae. C.R Acad., Sc., **240**, 2561-2563.
- Couturier, A. et Robert, P.**, 1955b. - Recherches sur le comportement du hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.) au cours de sa vie aérienne. Ann. INRA, Epiphytie, **5**, 19-60.
- Couturier, A. et Robert, P.**, 1956. - Orientation astronomique et déterminisme de la direction des grands vols chez *Melolontha melolontha* (L.), C. R. Acad. Sci., **242**, 3121-3124.
- Couturier, A. et Robert, P.**, 1958. - Recherches sur les migrations du hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.). Ann. Epiphyties (III), 257-326.
- Couturier, A.**, 1952. - Observations préliminaires sur le déterminisme de l'orientation des vols crépusculaires de *Melolontha melolontha* (L.). IX Congrès d'Amsterdam, 641-645.
- Couturier, S.**, 1961. - recherches anatomiques et histologiques sur l'iléon des Melolonthinae (Coléoptères Scarabaeidae). Ann. Epiphytes, **12** (3), 317-346.
- Dajoz, R.**, 1996. - Précis d'écologie. Sixième édition., Ed. Dunod, Paris, 551p.
- Daniels, N.E.**, 1971. - Detection of insecticidal residue and control of soil insect. J. Econ. Entomol. **64** : 175 - 7.
- Delassus, M. et Pasquier, R.**, 1930. - Les insectes nuisibles aux céréales en Algérie et les moyens pratiques de les combattre.
- Delassus, M., Lepigre A. et Pasquier, R.**, 1933. - Les ennemis de la vigne en Algérie, (1), Alger, 249p.
- Demontes, V.**, 1930. - La lutte contre les insectes prédateurs des céréales. Extraits de l'"Algérie économique". Vol., 4, 198 - 215.

- Doumandji Mitiche, B., Doumandji, S. et Chakali, G.,** 1982. – Les ennemis naturels d'*Ectomyelois ceratoniiae* Zeller (Lepidoptera Pyralidae) dans les palmeraies de Biskra. Bull. Zool. Agri. El Harrach, Alger, **4**, 1-10.
- Doumandji, S.,** 1981. - Biologie et Ecologie de la pyrale des caroubes dans le Nord de l'Algérie : *Ectomyelois ceratoniiae*. Zeller (Lepidoptera Pyralidae). Thèse Doc. D'Etat en Sci Nat. Uni. Pierre et Marie Curie, ParisVI, 145p.
- Evans, W.G. et Gyrisco, G.G.,** 1959. – A study of the flight habits of the european Chafer. Entomologia experimentalis et applicata, **2** (1), 21-26.
- Fargues, J.,** 1976. - Spécificité des champignons pathogènes imparfaits hyphomycetes pour les larves de coléoptères Scarabaeidae et Chrysomelidae. Entomophaga, **21** (3), 313-323.
- Ferron, P.,** 1971. - Problèmes posés pour la mise au point d'un procédé de lutte microbiologique contre *Melolontha melolontha* (L.) au moyen de la mycose à *Beauveria tenella* (Delacr.). Phyt. Phyto., **20**, 159-168.
- Fowler, R.F. et Wilson, L.F.,** 1971a. – White grubs populations related to damaged red pine seedlings in Michigan and Wisconsin plantations. Mich. Entomol., **4**, 23-8.
- Fowler, R.F. et Wilson, L.F.,** 1971b. – Evaluation of three aldrin application methods for white grub, *Phyllophaga spp.*, control (Coleoptera : Scarabaeidae). Mich. Entomol., **4**, 89-91.
- Fowler, R.F. et Wilson, L.F.,** 1974. – injury to aldrin-treated and untreated red pine by white grubs (Coleoptera : Scarabaeidae) and other agents during first five years after planting. Great lakes Entomol., **7**, 81-8.
- Fujiyama, S. et Takahashi, F.,** 1973. - Studies on the self- regulation on life cycle in *Anomala cuprea* (Hope) (Coleoptera : Scarabaeidae). 2. Effects of low temperature and photoperiode on the induction and termination of larval diapause. Mem. College of Agriculture, Kyoto. Univ, **104**, 31-39.
- Gabe, M.,** 1968. - Techniques Histologiques. Edit. Masson, Paris, 1113p.
- Guennelon, G.,** 1968. – L'alimentation artificielle des insectes. Zool. Agric. Appl., **67** (1-3), 20-2.
- Guppy, J.C. et Harcourt, D.G.,** 1970. - Spatial pattern of the immatures stages and teneral adults of *Phyllophaga spp* (Coleoptera Scarabaeidae) in a permanent meadow. Can. Entomol., **102**, 1354-1359.
- Guppy, J.C. et Harcourt, D.G.,** 1973. – A sampling plan for studies on the population dynamics of white grubs, *Phyllophaga spp.* (Coleoptera Scarabaeidae). Can. Ent., **105**, 479-483.
- Hafez, M. et Bishara, S.I.,** 1961a. - Studies on the biology and ecology of *Pentodon bispinosus* Kust. In EgyptI. The adult stage (coleoptera : Scarabaeidae Dynastinae). Bull. Soc. Ent. Egypte, XIV, 155-178.
- Hafez, M. et Bishara, S.I.,** 1961b. - Studies on the biology and ecology of *Pentodon bispinosus* Kust. Egypt II. (Coleoptera : Scarabaeidae Dynastinae). The immature forms. Bull. Soc. Entomol. Egypte, XIV, 179- 198.
- Hammami, R.,** 1985. - Efficacité de quelques insecticides vis à vis des vers blancs notamment *Pseudoapterogyna numidicus* (Lucas) et *Geotrogus deserticola* (Blanch.). Mem. Ing. INA, El Harrach, Alger, 50p.
- Hammond, G.H.,** 1948. – The distribution, life-history and control of *Phyllophaga anxia* (Lec.) In Quebec and Ontario. Sci. Agric. (Ottawa), **28**, 403-16.
- Hammond, G.H.,** 1949. – Benzene hexachloride (BHC) as a rapid control agent for white grubs (*Phyllophaga spp.*). Can. Entomol., **81**, 200-1.
- Hammond, G.H.,** 1960. – Control of white grubs in eastern Canada. Can. Dep. Agric. Publ., 1069, 8p.
- Hassan, S.T.,** 1975. - Effects of high temperature and soil moisture on survival of first instar larvae of the Scarab. *Anoplognathus porosus* (Dalman) (Coleoptera). J. Appl. Ecol., **12**, 749-754.
- Hawlitzky, N.,** 1969. - Incidences de deux germes pathogènes sur quelques caractères physiologiques des larves de 3ème stade de *Melolontha melolontha* (L.). Ann. Zool. Ecol. Ani., **1** (2), 149-181.
- Hurpin, B. et Maillard, J.,** 1952. - Remarques sur la biologie de *Amphimallon sostitialis* (L.) Bull. Soc. Entomol. France, **57**, 58-60.
- Hurpin, B. et Robert, P.,** 1961. - Activité comparée de différents germes pathogènes pour les larves du hanneton commun *Melolontha melolontha* (L.). Phyt. Phyto., **16**, 105-113.
- Hurpin, B.,** 1951. - Les pontes multiples chez le hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.). Evolution d'une population naturelle dans un site déterminé. C.R. Acad. Agric., **37**, 195-197.

- Hurpin, B.**, 1955. - Incidences agronomiques des conditions de développement du 1^{er} stade larvaire de *Melolontha melolontha* (L.). C.R. Acad. Agric. **41**, 730-736.
- Hurpin, B.**, 1956. - Influence de la température et de l'humidité du sol sur le développement embryonnaire du hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.). Rev. Path. Veg. Ent. Agric. Fr., **35** (2), 75-92.
- Hurpin, B.**, 1960a. - La lutte contre les vers blancs. Phytoma
- Hurpin, B.**, 1960b. - Recherches sur l'alimentation des vers blancs ou larves de *Melolontha melolontha* (L.) (Coleoptera Scarabaeidae). Anns. Epiphyt, **11**, 35-80.
- Hurpin, B.**, 1961. - Sachant distinguer entre les nombreuses espèces de vers blancs. Phytoma, **129** : 11-16 et **130** : 23-26.
- Hurpin, B.**, 1964. - Elevage des vers blancs ou larves de *Melolontha melolontha* (L.). Rev. Path. Veg. Entomo. Agric. Fr., **43**, 153-177.
- Hurpin, B.**, 1971. - Ecologie des Scarabéides et lutte biologique contre les vers blancs. Bull. Soc. Ecol., **11** (2) et (3), 122-135.
- Ives, W. H. et Warren, G.L.**, 1965. - Sequential sampling for white grubs. Can. Entomol., **97**, 596-604.
- Jarvis, J.L.**, 1966. - Studies of *Phyllophaga anxia* (Coleoptera : Scarabaeidae) in the sandhills area of Nebraska. J. Kans. Entomol. Soc., **39**, 401-9.
- Kard, B.M.R. et Hain, F.P.**, 1987. - Chemical control of three white grub species (Coleoptera Scarabaeidae) attacking fraser fir in the southern Appalachians. J. Entomol. Sci., **22**, 84-89.
- Kard, B.M.R., Hain, F.P. et Brook, W.M.**, 1988. - Field suppression of three white grubs species (Coleoptera Scarabaeidae) by the entomogenous nematodes *Steinernema feltia* and *Heteorhabditis heliothidis*. J. Econ. Entomol., **81** (4), 1033-1039.
- Kirk, A.A.**, 1992. - Utilisation de la lutte biologique en écologie appliquée : Contrôle d'insectes et de mauvaises herbes dans des situations de déséquilibre. Thèse Univ. Aix Marseille 3, Biologie des pop. et Ecologie, 275p.
- Le Nail, Fr.**, 1980. - La desinsectisation des sols contre les ravageurs souterrains. Phytoma. Défense des cultures, 15-19p.
- Lim, K.P., Steward, R.K. et Yule, W.N.**, 1980. - A historical review of the bionomics and control of *Phyllophaga anxia* (Le Conte) (Coleoptera Scarabaeidae) with special reference to Quebec. Extraits des annales de la Société entomologique du Quebec, **25** (3), 163-178.
- Lim, K.P., Steward, R.K. et Yule, W.N.**, 1981. - Natural enemies of the common june beetle ; *Phyllophaga anxia*, (Coleoptera Scarabaeidae) in Southern Quebec. Ann. Soc. Ent. Quebec, **26**, 14-27.
- Lim, K.P., Toohey, K.M., Yule, W.N. et Steward, R.K.**, 1979. - A monitoring program for the common june Beetle, *Phyllophaga anxia* (Coleoptera Scarabaeidae), in Southern Quebec. Can. Ent., **111**, 1381-1387.
- Lim, K.P., Yule, W.N. et Steward, R.K.**, 1981. - Distribution and life history of *Phyllophaga anxia* (Coleoptera Scarabaeidae) in Southern Quebec. Ann. Soc. Ent. Quebec, **26**, 100-112 .
- Lumaret, J.P.**, 1978. - Biogéographie et écologie des Scarabéides coprophages du sud de la France. Thèse D'Etat (Sciences). U.S.T.L. Montpellier II, 254p.
- Martoja, R. et Martoja, M.**, 1967. - Initiation aux techniques de l'histologie animale. Ed. Masson. 346p.
- Mc Quillan, P.B.**, 1985. - The identification of root feeding Cockchafer larvae (Coleoptera Scarabaeidae) found in pastures Tasmania. Aust. J. Zool., **33**, 509-546 .
- Meriaux, A.**, 1954. - Contribution à l'étude de l'analyse granulométrique. Ann. Agro. Serie A (1), **1-59** et (2), 189-205.
- Montreuil, O.**, 2000. - Systématique phylogénétique et biogéographie du genre Amphimallon Berthold, 1827 (Coleoptera Melolonthidae). Hypothèses évolutifs. Thèse de Doct du Museum National d'Hist. Nat. Entomol., 270p.
- Moron, M.A.**, 1986. - El genero Phyllophaga en Mexico. Morfologia, Distribucion Y Systematica Supra especifica (Insecta : Coleoptera). Institut de Ecologica. Mexico, 344p.

- Moumen, A.**, 1985. - Contribution à l'étude de la nutrition et des osidases de *Phoracunta semipunctata* (Fabr.) (Coléoptère Cerambycidae xylophage). Doct. Ing. Univ. Pierre et Marie Curie Paris VI, 76p.
- Orczyk, G.P., Kaldwell, B.V. et Bahrman, H.R.**, 1974 – Estrogens : estradiol, estrone and estraiol. In « Methods of hormone radioimmunoassay ». *Jaffe B.M. and Behrman H.R., Ch. 21*, 333-358.
- Pass, B.C.**, 1964. – Effectiveness of insecticides against white grubs in blue grass lawn. *J. Econ. Entomol.*, **57**, 1002-3.
- Paulian, R. et Baraud, J.**, 1982. - Faune des Coléoptères de France II Lucanoidea et Scarabaeiodes. Paris : Lechevalier, Encyclopedie entomologique (XLIII), 473p.
- Paulian, R.**, 1952. - Coléptères Scarabeides. 2^e édition Paris : Lechevalier, (Faune de France, 63), 298p.
- Paulian, R.**, 1988. - Biologie des coléoptères. Ed. Lechevalier, Paris, 719p.
- Peyerimhoff, P.**, 1945. - Etude sur la systématique des coléoptères du Nord africain. *Les Rhizotrogus. Ann. Soc. Ent. Fr.*, **144**, 1-76.
- Plantevin, G., Nardon, P.**, 1970. – Histologie et activité sécrétoire de l'intestin moyen des larves de *Pieris brassicae* et *Galleria melonella*. Evolution au cours de la mue larvaire et de la nymphose chez *Galleria melonella*. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, **2** (1), 25-50.
- Polivka, J.B.**, 1965. – Effectiveness of insecticides for the control of white grubs in turf. *Ohio. Agric. Dev. Cent. Res. Circ.*, **140**, 7p.
- Poprawsky, T.J. et Yule, W.N.**, 1990. – A new small iridescent virus from grubs of *Phyllophaga anxia* (Le Conte) (Coleoptera Scarabaeidae). *J. App. Ent.*, **110**, 63-67.
- Rajabalee, A.**, 1990. - Etude sur les vers blancs (Coleoptera Scarabaeidae) de la canne à sucre à l'Ile Maurice. Rencontres Caraibes en lutte biologique. Guadeloupe 5-7. Ed. INRA, Paris. Les colloques, **58**, 69-76.
- Régnier, R. et Arnoux, J.**, 1946. - Recherches sur la biologie des vers blancs de première année : *Melolontha melolontha* (L.). Etude des moyens de lutte. *C.R. Acad. Agric.*, **32**, 807-811.
- Régnier, R. et Hurpin, B. et Maillard, T.**, 1953. - Peut' on prévoir l'importance et la date des grandes sorties printanières des hannetons ? Quand doit on traiter ? *C.R Acad Agric.*, **39** (11), 573-579.
- Régnier, R. et Hurpin, B.**, 1948. - Résultats des recherches de 1948 sur le hanneton commun. *Phytoma.*, **34**, 1014-1015.
- Régnier, R. et Hurpin. B.**, 1955. - Conclusions à tirer des récents travaux sur les hannetons (*Melolonthinae*). *C. R. Acad. Agric.*, **41**, 152-166.
- Régnier, R. et Joary, P.**, 1954. – Les expériences de lutte contre les vers blancs dans le département de l'Oise. *Actualités agronomiques. Série C: Epiphyties 1*, 133-138.
- Régnier, R.**, 1946. - Les recherches sur les hannetons. Doit t'on continuer à préconiser le hannetonage. *C.R.Acad. Agric. Fr.*, **32**, 799-804.
- Régnier, R.**, 1952a. - Recherches sur les hannetons et les vers blancs. Evolution de la population larvaire en fonction des cultures. *Phytoma*
- Régnier, R.**, 1952b. - Recherches sur les hannetons : Evolution de la population larvaire en fonction des cultures et du climat. *C.R Acad. Agric.*, **38**, 448-453.
- Ricou, G.**, 1953. - Intoxication des larves de *Melolontha melolontha* (L.) par la tyrosine et la betaine. *C.R.Soc. Biol., Paris*, 147p.
- Ridsdill Smith, T.J.**, 1975. - Selection of living grass root in the soil by larvae of *Sericesthis nigrolineata* (Coleoptera : Scarabaeidae). *Ent. Exp. Appl., North Holland. Publ. Co.*, **18**, 75-86.
- Ridsdill Smith, T.J. et Roberts, R.J.**, 1976. - Insect density effect in root feeding by larvae of *Sericesthis nigrolineata* (coleoptera Scarabaeidae). *J. Appl. Ecol.*, **13**, 423-428.
- Ridsdill Smith, T.J., Porter, M.R. et Furnival, G.**, 1975. - Effects of temperature and developmental stage on feeding by larvae of *Sericesthis nigrolineata* (Coleoptera Scarabaeida). *Ent. Exp. Applic.*, **18**, North. Holland.Publi. Co., 244-254.
- Ritcher, P.O.**, 1966. - White grubs and their allies. *Oreg. State. Monogr. Stud. Entomol.*, **4**, 219p.
- Robert, P. et Régnier, R.**, 1955. - Conditions d'application des traitements contre les adultes de hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.) en régions herbagères. *Phyt. Phytol.*, **20**, 153-157.

- Robert, P.**, 1951. - Les pontes multiples chez le hanneton commun. Obtention des pontes successives au laboratoire. C.R. Acad. Agric., **33**, 197-198.
- Robert, P., Blaisinger, P., Harranger, J. et Varlet, G.**, 1985. - Une méthode d'échantillonnage des populations de vers blancs en prairies permanentes. Phytoma. Défense des cultures, **373**, 41-42.
- Robert, P., Blaisinger, P., Stengel, M.**, 1986. - L'évolution des populations de hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L.). Coleoptera Scarabeidae en France jusqu'à 1985. Acta Oecol. Appl., **7** (3), 287-294.
- Robert, P., Varlet, G., Blaisinger, P.**, 1971. - Essais de lutte chimique contre les adultes du hanneton commun : *Melolontha melolontha* (L) en région herbagères. Phytatrie. Phytopharmacie, **20**, 153 - 157.
- Shenefelt, R.D. et Simkover, H.G.**, 1951. - Notes on habits and "broods" of June beetles. Entomol. News, **62**, 219-23.
- Soulié, H. et Journet, P.**, 1954. - La destruction des hannetons dans le sol au moment de leur sortie printanière et les traitements combinés contre les adultes faits au sol et sur les arbres. Actualités agronomiques, Série C, Epiphytie, **1**, 139-143.
- Stewart, Ph.**, 1974. - Quotient pluviométrique et dégradation biosphérique, quelques réflexions. Bull. Soc. Hist. Nat. AFN, Alger.
- Stufkens, N.W. et Farrell, J.A.**, 1980. - Life history and distribution of *Adoryphorus couloni burmeister* (Coleoptera : Scarabaeidae) in Canterbury, New Zealand. N.Z. J. Agric. Research, **23**, 569-573.
- Sutton, R.F. et Stone, E.L. JR.**, 1974. - White grubs : a description for foresters, and an evaluation of their silvicultural significance. Can. For. Ser. Inf. Rep., 0-X-212, 21p.
- Sweetman, H.L.**, 1931. - Preliminary report on the physical ecology of certain Phyllophaga. Ecology, **12**, 401-22.
- Teetes, G.L.**, 1973. - *Phyllophaga crinita* : damage assessment and control in grain sorghum and wheat. J. Econ. Entomol., **66**, 773-6.
- Trouvelot, B., Regnier, R. et Raucourt, M.**, 1954. - Les études en cours sur les hannetons et les vers blancs. Actualités agronomiques, Série C : Epiphytie, **1**, 18-25.
- Vercambre, B., Goebel, O., Riba, G., Morel, G., Robert, P. et Guillon, M.**, 1991. - Programme de lutte biologique contre *Hoplochelus marginalis* (Coleoptera Melolonthinae) : nouveau ravageur des cultures à l'Ile de la Réunion : Rencontres Caraïbes en lutte biologique Guadeloupe, Ed. INRA, Paris, Les colloques (58), **5** (7), 371-388.
- Vercambre, B., Robert, P., Marchal M.**, 1988. - Le ver blanc : *Hoplochelus marginalis* (Fairmaire), Coleoptera, Melolonthinae : Quel avenir ? Quelle stratégie ?. Communications présentées au 3^e Congrès international ARTAS, Saint-Denis, la Réunion, 16 - 23 octobre 1988, 445 - 453.
- Viel, M.G.**, 1955. - Etude au laboratoire sur l'efficacité des substances chimiques envers les hannetons *Melolontha melolontha* (L.) et leurs larves. C.R. Acad. Agric. Fr., **34**, 804-807.
- Wightman, J.A.**, 1972a. - Some application of basic research to the development of grass grub. Control methods. Proceeding of the 25th. N. Z. Weed and Pest Control Conference, 277-80.
- Wightman, J.A.**, 1972b. - The Grass Grubs and its environment : laboratory studies. Proceedings of the 25th N.Z. Weed and Pest control conference, 253-6.
- Wightman, J.A.**, 1973. - Grass grubs and soil water. Proceedings of soil and plant water symposium. DISR Information. Série **96**, 120-4.
- Zirari A.**, 1998. - Etude biogéographique des Coléoptères Scarabaeoidea phytophages du Maroc oriental ; Implications biologiques et écologiques. Thèse Doct., Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris , Biologie -Ecologie Animale, 302p.

*

*

*

**Planche II : Importance économique du blé en Algérie
(D'après les données du Ministère de
l'Agriculture, 1985-1996)**

a- Superficie et rendement du blé dur et du blé tendre

Année	Blé dur			Blé tendre			Blé dur + Blé tendre		
	Superficie (x 1000 ha)	Production (x 1000 Q)	Rendement (Q/ha)	Superficie (x1000 ha)	Production (x 1000 Q)	Rendement (Q / ha)	Superficie totale (x1000 ha)	Production totale (x 1000 Q)	Rendement (Q / ha)
85	1306	10343	7,91	621	5423	8,73	1290	15766	12,22
86	1290	7846	6,08	626	441	7,09	1916	12287	6,41
87	1216	7777	6,39	579	3980	6,87	1795	9572	5,33
88	1294	4150	3,20	517	1990	3,84	1811	5961	3,29
89	1284	8500	6,61	566	4000	7,06	1850	10350	5,59
90	1294	5790	4,47	568	1910	3,36	1862	7652	4,10
91	1369	11910	8,69	500	5510	11,02	1869	13779	7,37
92	1480	13000	8,78	539	4670	8,66	2019	15019	7,40
93	1477	11000	7,44	552	3000	5,43	2029	13029	6,42
94	1809	5371	2,96	745	1498	2,01	2554	7925	3,10
95	1500	11887	7,92	780	3112	3,98	2280	14999	6,57
96	1585	1910	12,05	693	8900	12,84	2278	21378	9,38

b- Evolution de la production céréalière en Algérie

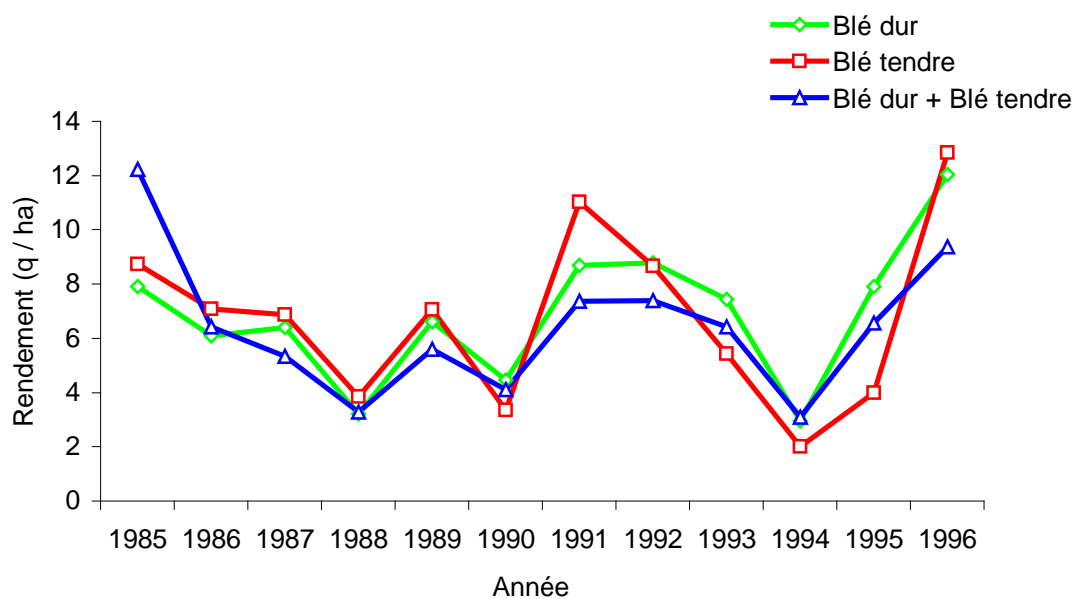


Planche III : Estimation des dégâts des vers blancs en Algérie (INPV, 1995 - 1997)

a- Superficies infestées (ha)

Wilaya	Année					
	21/12/94	31/12/95	15/03/96	30/06/96	15/02/97	31/03/97
Chlef	20000	15000	2332	8480	2832	1382
Bouira	1220	39,5	39,5	200	.	.
Ain Defla	2735	.	3000	.	.	5200
Médéa	2290	326,5	314,5	.	.	660
Blida	.	.	40	224	.	.
Tipaza	.	.	623	.	.	.
Total centre	26245	15336	6349	8904	2832	7242
Tiaret	6500	4800	270	3300	180	270
Tlemcen	4000	2000	4000	.	4700	4000
Saida	5000	5000	5000	.	.	.
Sidi Bel Abbès	4200	1371,5	1371,5	.	.	.
Oran	1500	300	100	100	.	.
A. Temouchent	4500	3000	3000	.	522	1090
Relizane	1500	1500	.	.	.	60
Mascara	1000	110	314	.	.	.
Mostaganem	5340	100	6100	6000	6235	3953
Tissemsilt	.	.	.	54	.	1005
Total Ouest	34580	18181,5	20155,5	9454	11677	12573
Constantine	6387	1847,5	320	539	40	417
Mila	1250	172	25	34,5	.	.
Setif	.	.	.	191	.	600
Total Est	7637	2019,5	345	764,5	40	1017

b- Densité des larves par m²

Wilaya	Année		30/10/94		15/02/95		15/03/95		15/02/96		15/03/96	
	Superficies (ha)	L/m ²	Superficies (ha)	L/m ²	Superficies (ha)	L/m ²	Superficies (ha)	L/m ²	Superficies (ha)	L/m ²	Superficies (ha)	L/m ²
Bouira	8	2 à 5	8	20	.	.	.	.	.	.	109	5 à 7
Ain Defla	3000	20	.	.
Blida	12	10 à 12	30	10 à 15
Tipaza	2	10 à 15	622,75	5 à 15
Tiaret	120	6 à 12	370	12 à 15
Tlemcen	4000	5 à 27	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Sidi Bel Abbès	.	.	1360,5	6 à 9	1360,5	5 à 10	.	.	.	.	995	6 à 10
Oran	.	.	300	4 à 7	.	.	.	.	.	.	.	.
Mascara	120	5 à 15	.	.	.	.	.	.
A. Temouchent	.	.	3000	8 à 10	3000	7 à 11	.	.	.	.	.	.
Constantine	.	.	13	3 à 4	31	4 à 5	174	2	17	2	17	5 à 7

c- Taux d'infestation (%)

Daïra	Commune	Culture attaquée	Superficie infestée (ha)	Taux d'infestation
Médéa	Médéa (Ouamri Si Mahjoub)	Blé dur	85	31,5
		Blé dur	40	25
		Blé dur	5	20
Berrouaghia	Berrouaghia El Omaria	Céréales	32	15
		Blé	16	30
Ksar El Boukhari	Derrag	Blé dur	69	12
		Blé tendre	10	14
Aïn Boucif	Souaghi Ain Boucif	Blé tendre	10	10
		Blé dur	3	20
		Blé dur	1	90
	Tletatdes Douaires	Blé tendre	70	75

d- Nombre de tâches / ha

Wilaya	Année		
	15/02/96	31/03/96	30/05/96
Bouira	.	.	3
Blida	4	.	.
Tiaret	3	2 à 4	.
Mostaghanem	.	3	.

Planche VII : Evolutions individuelles de la taille de la larve (cm) en fonction de la largeur des capsules céphaliques (mm)

Nombre d'individus (n)	Largeur de la capsule céphalique (mm)	Taille de la larve (cm)
5	1,25	0,60
3	1,30	0,62
6	1,45	0,68
5	1,50	0,70
1	1,55	0,76
1	1,64	0,80
10	1,65	0,84
1	1,71	0,86
3	1,74	0,90
4	1,80	1,00
2	1,85	1,04
2	1,89	1,06
1	1,92	1,08
3	1,94	1,09
3	1,97	1,10
11	2,00	1,12
1	2,02	1,14
9	2,05	1,16
6	2,07	1,18
11	2,10	1,20
9	2,12	1,22
24	2,15	1,24
11	2,17	1,28
2	2,20	1,30
4	2,25	1,30
2	2,30	1,38
8	2,35	1,40
9	2,45	1,48
1	2,50	1,52

N = 166
 La moyenne de la largeur des capsules céphaliques (mm)
 $\bar{x} = 1,99 \pm 0,29$
 Moyenne de la taille de la larve (cm)
 $\bar{y} = 1,12 \pm 0,22$

Nombre d'individus (n)	Largeur de la capsule céphalique (mm)	Taille de la larve (cm)
6	2,55	1,56
12	2,65	1,62
4	2,70	1,66
1	2,75	1,70
4	2,85	1,78
1	2,95	1,86
14	3,00	1,90
1	3,05	1,94
2	3,20	2,04
2	3,30	2,12
1	3,50	2,28
4	3,55	2,32
2	3,60	2,36
2	3,65	2,40
2	3,70	2,44
Nombre d'individus (n)	Largeur de la capsule céphalique (mm)	Taille de la larve (cm)
2	3,90	2,60
4	4,30	2,92
6	4,40	3,00
1	4,60	3,16
4	4,65	3,20
2	4,70	3,24
1	4,75	3,28
1	4,85	3,38
5	5,00	3,41
1	5,75	4,00

N = 58
 La moyenne de la largeur des capsules céphaliques (mm)
 $\bar{x} = 2,97 \pm 1,36$
 Moyenne de la taille de la larve (cm)
 $\bar{y} = 1,87 \pm 0,27$

N = 27
 La moyenne de la largeur des capsules céphaliques (mm)
 $\bar{x} = 4,60 \pm 0,38$
 Moyenne de la taille de la larve (cm)
 $\bar{y} = 3,14 \pm 0,28$

Planche VI : Mesures de la largeur de capsules céphaliques des larves (mm) et de la taille des larves (cm)

Nombre de mue	Stade larvaire	Largeur de la capsule céphalique éxuviale (mm)
2	L1	2,50
1	L2	3,10
2	L1	2,40
2	L1	2,20
2	L1	2,18
1	L2	3,50
1	L2	3,50

a- Mesure de la largeur de la capsule céphalique (mm)

Nombre de mue	Stade larvaire	Taille de la larve (cm)
0	L3	2,50
0	L3	3,00
1	L2	1,50
1	L2	2,00
2	L1	1,20
2	L1	1,30
2	L1	0,80
2	L1	1,40

b- Mesure de la taille de la larve à différents stades

Stade larvaire	Largeur des capsules céphaliques (mm)
L3	4,50
L3	4,90
L3	4,50
L3	4,64
L3	3,94

c- Mesure de la largeur de la capsule céphalique (mm) des larves L3

Planche XII : Correspondance entre les anciens noms français et les noms actuels des localités citées dans le texte.

Affreville	El-Khemis
Bône	Annaba
Bougie	Bejaïa
Colomb-Béchar	Béchar
Géryville	El-bayadh
La-Calle	El Kala
Le-Kreider	Medroussa
Médéah	Médéa
Menerville	Thenia
Mostaganem	Mostaghanem
Nemours	Ghazaouet
Orléansville	Chlef
Phillippeville	Skikda
Relizane	Ighil Izane
Trézel	Sougueur

Notes

➤ Une carte mobile et transparente apporte, par superposition à chacune des autres cartes, des compléments indispensables à toute synthèse.

➤ Les planches, les figures et les tableaux dont la numérotation est précédée de la lettre A, ont été placés en annexes.