

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur
et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE ABOUBEKR BELKAID DE TLEMCEM

INSTITUT DES SCIENCES DE LA NATURE

**THESE
DE DOCTORAT D'ETAT**

par

GAOUAR - BENYELLES Nassira

Apports de la biologie des populations de la mouche de l'olive
Bactrocera (=Dacus) oleae Gmel
(Diptera : Tephritidae) à l'optimisation de son contrôle
dans la région de Tlemcen

Soutenance prévue en juin 1996

Jury

Président
Rapporteur
Examinatrice
Examineur
Examineur

M. S.E. DOUMANDJI
M. D. DEBOUZIE
M^{me} B. DOUMANDJI-MITICHE
M. N. SOLTANI
M. A. TAHAR

Professeur
Professeur
Professeur
Professeur
Maître de Conférences



À Manel, Adil, Naila et Imad

À mes très chers parents,

À mon mari et mes enfants en les remerciant de leur compréhension et de leur soutien moral et affectif,

À mes chers frères, sœurs, beaux-frères, belles-sœurs, neveux et nièces,

À mes amis(es) dont particulièrement Roxane que je considère comme une deuxième mère,

À tous les membres des familles Gaouar, Benyelles et Benosman,

À Selmane avec toute mon affection.

Avant-propos

Je remercie vivement Monsieur D. Debouzie, professeur en biométrie, d'avoir accepté de diriger ce travail malgré tous les aléas d'un encadrement à distance. Je lui suis reconnaissante pour tout le temps qu'il a passé à traiter mes données, pour ses conseils pertinents et sa rigueur dans le travail.

Mes plus vifs remerciements vont à Monsieur S.E. Doumandji, professeur en entomologie, d'avoir accepté de présider le jury.

Je remercie également Madame B. Doumandji, professeur en entomologie, d'avoir bien voulu juger ce travail ainsi que pour ses conseils judicieux.

Mes remerciements vont à Monsieur N. Soltani, professeur en entomologie, d'avoir accepté d'examiner et de juger ce travail.

Ma reconnaissance va également à Monsieur A.Tahar, maître de conférence en biométrie, d'avoir accepté de juger ce travail.

Je remercie vivement Mme Pieri (Misou), Mme Annie Heizmann et particulièrement Mlle Sophie Assandri pour l'aide précieuse qu'elles ont apportée pour la réalisation de cette thèse.

Je tiens à remercier également M. et Mme Legay pour leur accueil chaleureux, ainsi que Isabelle et Frédéric Menu que je remercie pour leur amitié.

Je remercie très vivement Madame Marie-Thérèse Debouzie et ses enfants pour leur gentillesse et leur amitié.

Sommaire

INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 : Étude bibliographique : Bio- écologie de <i>Bactrocera</i> (= <i>Dacus</i>) <i>oleae</i>	3
1. Biologie de <i>B. oleae</i>	3
1.1. Position systématique.....	3
1.2. Description morphologique.....	3
1.3. Physiologie et comportement de l'adulte.....	5
1.3.1. Maturation des adultes.....	5
1.3.2. Comportement sexuel.....	6
1.3.3. Recherche de l'hôte et ponte.....	7
1.3.4. Alimentation de l'adulte.....	8
1.4. Physiologie et comportement des stades immatures.....	9
1.4.1. Les oeufs.....	9
1.4.2. Les larves.....	9
1.4.3. Les pupes ou nymphes.....	10
2. Étude écologique	11
2.1. Phénologie.....	11
2.2. Vol et dispersion des mouches.....	12
2.3. Dynamique des populations.....	13
2.4. Les parasites.....	13
2.5. Les prédateurs.....	16
2.6. Les organismes pathogènes.....	17
2.7. Les symbiotes.....	17
2.8. Les dégâts.....	18
2.9. Répartition spatio-temporelle des attaques.....	19
2.10. La lutte.....	19
2.10.1. La lutte chimique.....	19
2.10.2. Lutte biologique.....	20
CHAPITRE 2 : Matériel et méthodes	22
1. Description de l'hôte végétal : l'olivier	22
1.1. Bio-écologie.....	22
1.2. Importance économique.....	23
1.3. Exigences de l'olivier.....	23
1.3.1. Exigences climatiques.....	23
1.3.2. Exigences agrologiques.....	25
1.3.3. Exigences culturelles.....	25
1.4. Ravageurs et maladies de l'olivier.....	26
1.4.1. Les ravageurs.....	26
1.4.2. Les maladies fongiques et bactériennes.....	27
2. Sites d'expérimentation	27

3. Acquisition des données	32
3.1. Prélèvement des fruits.....	34
3.2. Piégeage des adultes.....	34
3.3. Estimation du taux d'infestation.....	35
3.4. Analyse statistique des données.....	35
3.4.1. Analyse de variance à un critère de classification.....	35
3.4.2. Analyse de variance à deux critères de classification.....	36
3.4.2.1. Modèle croisé.....	36
3.4.2.2. Modèles hiérarchiques.....	38
3.4.3. La méthode des contrastes.....	39
3.4.4. Indice de Geary.....	40
3.4.5. Analyse en composantes principales (ACP).....	41
4. Étude quantitative et qualitative des dégâts sur l'huile d'olive	41
4.1. Étude quantitative.....	42
4.2. Étude qualitative.....	42
4.2.1. Analyses physico-chimiques.....	42
4.2.1.1. Indice d'Acide (méthode à l'éthanol).....	42
4.2.1.2. Absorbance dans l'ultraviolet.....	43
4.2.1.3. Densité relative (d à 20° C).....	43
4.2.1.4. Indice de Saponification.....	44
4.2.1.5. Indice de réfraction (ntd).....	45
4.2.1.6. Indice d'Iode.....	45
4.2.1.7. Indice de Peroxyde.....	46
4.2.2. Analyses des acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG).....	47
4.2.2.1. Choix de la colonne.....	47
4.2.2.2. Choix de l'étalon interne.....	47
4.2.2.3. Conditions opératoires.....	47
5. Estimation des différents moyens de lutte	48
5.1. Étude du parasitisme.....	48
5.2. Évaluation de l'impact des travaux culturaux.....	49
5.3. Application d'insecticides.....	49

CHAPITRE 3 : Étude de l'infestation de l'olive par <i>B. oleae</i> à l'échelle de wilaya de Tlemcen	51
1. Première captures d'adultes	51
2. Taux d'infestation des olives	51
2.1. Variations temporelles.....	51
2.1.1. Étude des piqûres.....	51
2.1.2. Étude des galeries.....	53
2.1.3. Étude des larves.....	55
2.2. Variations entre sites.....	56
2.3. Influence de la variété.....	57
2.4. Variation entre les arbres échantillonnés.....	58
2.5. Influence de l'orientation cardinale.....	58
3. Parasitisme	58
4. Conclusion	59

CHAPITRE 4 : Biologie des populations de *Bactrocera oleae*.....60

1. Structures spatio-temporelles.....	60
1.1. Structures horizontales des infestations.....	60
1.1.1. Répartition des piqûres.....	60
1.1.2. Répartition des larves.....	64
1.1.3. Conclusion.....	67
1.2. Structure verticale des infestations.....	67
2. Cinétique des infestations.....	68
2.1. Les piqûres.....	68
2.2. Le nombre total de larves par fruit.....	70
2.3. La cinétique des adultes.....	74
3. Dynamique des populations.....	74
3.1. Dynamique des adultes.....	74
3.1.1. Les premières attaques.....	74
3.1.2. Dynamique des adultes en relation avec les conditions climatiques.....	74
3.2. Dynamique des stades immatures.....	76
4. Taux de mortalité des stades immatures.....	76
5. Nombre de générations.....	78
6. Conclusions.....	79

CHAPITRE 5 : Dégâts quantitatifs et qualitatifs occasionnés par *B. oleae*.....80

1. Dégâts concernant les olives de table.....	80
2. Dégâts concernant l'huile d'olive.....	82
2.1. Étude quantitative.....	82.
2.2. Étude qualitative.....	83
2.2.1. Caractères chimiques.....	83
2.2.2. Caractères physiques.....	84
2.2.3. Analyse en composantes principales (ACP).....	84
3. Les principaux acides gras.....	85
4. Conclusion.....	87

CHAPITRE 6 : Proposition d'une stratégie de lutte optimisée selon les critères bio-écologiques de *B. oleae* dans notre région.....88

1. Étude de l'efficacité du traitement insecticide.....	88
1.1. Apparition des premières mouches et dates des traitements.....	88
1.2. Variation du nombre d'adultes.....	89
1.3. Variation des stades immatures.....	89
2. Étude du parasitisme.....	91
3. Évaluation de l'impact des soins culturaux.....	92
4. Conclusion.....	94

CHAPITRE 7 : Discussion	95
1. Les premières attaques	95
2. Structures spatiales des populations	95
3. Dynamique des populations	97
3.1. Structures temporelles et cinétique des infestations.....	97
3.2. Développement et mortalité des stades immatures.....	98
3.3. Nombre de générations.....	99
4. Dégâts provoqués par <i>B. oleae</i> dans la région de Tlemcen	99
4.1. Dégâts causés aux olives de table.....	99
4.2. Dégâts causés à l'huile d'olive.....	100
5. Stratégie de lutte optimisée en fonction des critères bio-écologiques du ravageur, propres à la région	101
5.1. Application des insecticides.....	102
5.2. Rôle du parasitisme.....	102
5.3. Incidence des soins cultureux.....	103
6. Conclusion	103
Conclusion générale	104
Bibliographie	106

Introduction

La protection phytosanitaire intégrée est définie comme étant un processus de lutte contre les organismes nuisibles en utilisant un ensemble de méthodes satisfaisant aux exigences économiques, écologiques et toxicologiques, en conférant un caractère prioritaire aux actions tendant à favoriser la limitation naturelle des ennemis des cultures et en respectant les seuils économiques d'intervention.

Le développement des programmes de lutte intégrée est ainsi axé sur la connaissance de l'environnement et de la dynamique des populations de l'agroécosystème, sur l'emploi compatible des méthodes chimiques et biologiques, de manière à réduire les populations des insectes ravageurs et à les maintenir au dessous d'un seuil économiquement acceptable.

Une intégration optimale des techniques de contrôle des mouches de fruits ne peut se faire sans une compréhension de la biologie de leurs populations, et en particulier de leur dynamique. Jusqu'à l'heure actuelle, la majorité des informations sur les fluctuations des populations de ces insectes est basée sur les piégeages d'adultes. Cependant, ces données n'ont qu'une importance et une fiabilité relatives car les adultes capturés ne représentent qu'une partie de la population (Kapatos, 1989).

Chez les insectes ravageurs, les relations entre effectifs et dégâts, c'est-à-dire la définition des seuils de nuisibilité, demandent le plus souvent à être précisées, en prenant en compte la biologie des populations respectives du ravageur et de son hôte (Debouzie et Du Merle, 1986). Dans la lutte contre les ravageurs, nous devons savoir comment se dispersent les insectes dans une région et définir les "points chauds" de l'infestation pour moduler la dose des pesticides ; il est donc important de trouver leurs structures spatiales et temporelles des populations (Debouzie et Thioulouse, 1986). En effet, la répartition spatiale des espèces animales et végétales dans un habitat donné, est utile à connaître lors d'inventaires d'espèces, d'estimation des dégâts, de mise au point de pratiques culturales et de traitements phytosanitaires (Debouzie et al., 1987).

La lutte intégrée requiert une bonne connaissance du cycle de chaque ravageur et de ses ennemis naturels. Kapatos (1989) précise que la phénologie et la dynamique des populations du ravageur constituent le squelette autour duquel la lutte intégrée se développe. Dans ce type de lutte, l'utilisation du contrôle chimique est restreint au cas où aucun autre système de lutte efficace n'est disponible. Dans bien des cas, la lutte chimique sera encore nécessaire, sous réserve néanmoins d'améliorer les techniques d'application, de choisir l'époque de traitement la plus appropriée pour enrayer le ravageur en évitant de nuire à l'entomofaune utile. Dès lors, il conviendra de limiter au maximum le nombre d'applications, d'utiliser la dose minimale efficace ; pour cela, il faudra avoir une parfaite connaissance de la biologie du ravageur (Kapatos et Fletcher, 1982 ; Boulétreau, 1988).

Les raisons à l'appui de la lutte intégrée et qui ont conduit à son application en oléiculture sont à rechercher dans l'incidence, au niveau de la culture, de l'emploi croissant et indiscriminé des traitements chimiques.

Parmi les causes invoquées on citera :

- La pullulation des ravageurs, autrefois très bien enrayés par leurs ennemis naturels : chez l'olivier, les populations de cochenilles (*Saissetia oleae*) maintenaient un équilibre acceptable grâce à l'action des parasites naturels. Avec l'application des traitements chimiques massifs, suivant des calendriers rigides, sans tenir compte, ni du niveau des populations du ravageur, ni de l'effet des populations d'insectes auxiliaires, cette action prolongée a entraîné la pullulation des cochenilles qui, dans certaines zones oléicoles, devaient ainsi devenir les espèces les plus dangereuses et provoquer les dégâts les plus importants (Kapatos et Fletcher, 1982 ; Claridge et Walton, 1992).
- L'apparition des phénomènes de résistance à certains produits chimiques en raison de leur emploi répété. En effet, Boulétreau (1988) a signalé que la lutte chimique avait d'importantes limites scientifiques et économiques, il n'est pas certain que la capacité d'intervention de l'industrie agrochimique dépassera toujours la capacité d'adaptation des insectes, le niveau actuel de protection obtenu par voie chimique étant peut-être temporaire.
- L'augmentation du nombre de traitements, en raison de leur application suivant des calendriers rigides, sans disposer de données essentielles telles que l'importance de la dynamique des populations du ravageur, moment le plus opportun pour la réalisation du traitement, la dose appropriée etc.).
- L'augmentation du coût des traitements.
- L'augmentation de la pollution de l'environnement, cet aspect revêtant une importance capitale en oléiculture, étant donné l'extension des surfaces plantées en oliviers sur tout le pourtour du Bassin méditerranéen.
- Les problèmes de la présence des résidus de pesticides, tant dans l'huile que dans l'olive de table.

Pour ces nombreuses raisons, nous avons choisi d'étudier la biologie des populations du ravageur le plus nuisible de l'olive, *Bactrocera oleae*, qui reste méconnue dans la région de Tlemcen.

Une étude bibliographique se rapportant à la mouche de l'olive, *B. oleae*, est effectuée au chapitre 1, suivie de la présentation du matériel et des méthodes utilisés lors de ce travail (Chapitre 2).

L'ensemble des résultats obtenus est exposé dans les chapitres 3 à 6 avec la distribution du ravageur à l'échelle de la Wilaya (Chapitre 3); la dynamique des populations de l'insecte et sa distribution spatio-temporelle, pour traiter les parties les plus infestées aux dates où les effectifs sont les plus importants, sont présentées au Chapitre 4. Les dégâts occasionnés par ce phytophage sont exposés au Chapitre 5. Une stratégie de lutte optimisée, tenant compte de la bio-écologie de l'insecte dans la région de Tlemcen, est proposée au Chapitre 6.

La discussion des résultats est effectuée dans le Chapitre 7.

CHAPITRE 1

Étude bibliographique : Bio-écologie de *Bactrocera* (= *Dacus*) *oleae*

La mouche de l'olive, *Bactrocera oleae* est présente dans tout le bassin méditerranéen, aux Iles Canaries, au Proche-Orient, en Afrique du Nord, de l'Est et du Sud. Cette aire couvre celle du genre *Olea* (Fig. 1). L'espèce est cependant absente des régions où l'olivier a été introduit : les États-Unis (Californie, Arizona), l'Amérique du Sud (Chili, Argentine), la Chine centrale et l'Australie.

Selon Mayet (1898), *B. oleae* est inféodée aux fruits du genre *Olea* dont principalement *Olea europea*, cultivé (olivier) ou sauvage (oléastre). Cependant, on peut trouver la mouche de l'olive sur d'autres arbres fruitiers tels que le pêcher ou le noyer en l'absence d'olives (Martin, 1952 ; Economopoulos *et al.*, 1982). Les variétés à gros fruits turgescents sont plus attaquées que celles à petits fruits (Donia *et al.*, 1971 ; Neuenschwander et Michelakis, 1979b ; Gaouar et Debouzie, 1991). Les oléastres se comportent comme une variété tardive à petits fruits et sont attaqués tardivement par les générations hivernales et printanières de *B. oleae*.

De très nombreux travaux ont été effectués sur la biologie et l'écologie de ce ravageur notoire de l'olivier depuis le siècle dernier (Angelini, 1831 ; Mayet, 1898 ; Silvestri, 1908 ; Balachowsky et Mesnil, 1935...). En effet, il est impératif de bien connaître ce phytophage qui peut détruire jusqu'à 80 % d'une récolte (Haniotakis, 1986) pour lutter efficacement contre lui.

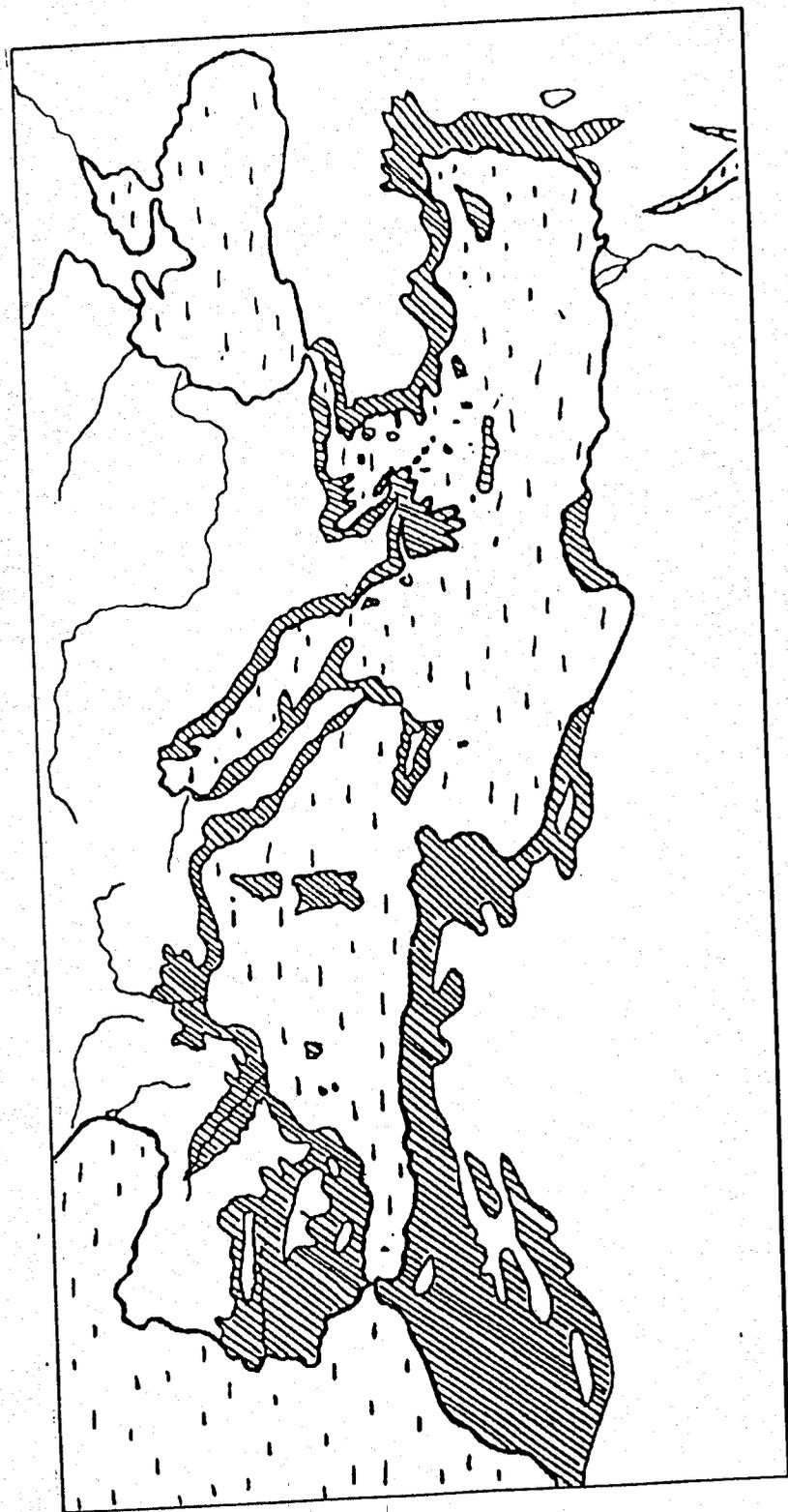
1. Biologie de *B. oleae*

1.1. Position systématique

Bactrocera (= *Dacus*) *oleae* a été décrit pour la première fois par Gmelin et Rossi en 1788. Cet insecte appartient à l'ordre des Diptères, au groupe des Schizophora, à la superfamille des Muscoidea et à la famille des Tephritidae.

1.2. Description morphologique

- *L'adulte* : les adultes dont la taille est de 4 à 5 mm ont la tête jaune-rougeâtre portant des antennes et des yeux bleu-vert irisés. Le thorax est jaune-orange avec quatre bandes grises. La pubescence est jaune. Les pattes sont d'un jaune rougeâtre, les cuillerons et le balancier blanchâtres. Les ailes sont hyalines.



(adapté d'après une carte de GAUSSEN et de PHILIPPIS sous l'égide de la F.A.O)

Aire de l'olivier



Figure 1 : Aire générale de l'olivier (*Olea europaea*) dans le bassin Méditerranéen.

L'abdomen est de couleur fauve avec deux tâches noires. Les soies sont noires et la pubescence jaune. Le sixième tergite de la femelle est presque entièrement recouvert par le cinquième et la partie basale de l'ovipositeur, noire est longue de 1 mm.

- *L'œuf* : il a une forme allongée avec la partie antérieure un peu élargie et un micropyle tuberculiforme à l'extrémité postérieure. Sa couleur est blanchâtre avec une réticulation très fine. Sa longueur est de 0,7 mm et son diamètre de 0,2 mm.
- *La larve* : les trois stades larvaires sont caractérisés par la forme, la dimension de l'armature buccale et la disposition des stigmates : la larve du premier stade (L_1) est de type métapneustique (absence de stigmates thoraciques) ; celles du second (L_2) et troisième stades (L_3) sont de type amphipneustique (présence de stigmates prothoraciques). La forme des stigmates prothoraciques permet de distinguer le deuxième stade du troisième.

La larve de dernier stade compte 12 segments, le second porte sur ses côtés les stigmates antérieurs composés de 9 à 10 lobes, le dernier présentant sur sa partie dorsale les stigmates postérieurs et sur sa face ventrale l'anus. La tête, de forme trapézoïdale, porte deux antennes minuscules. L'armature buccale possède un crochet simple, avec une dent préapicale marquée chez les larves du premier stade seulement. La longueur du troisième stade atteint 7 mm.

La couleur des larves vivant dans les fruits verts est claire blanchâtre, mais les larves se nourrissant de la pulpe des olives noires sont foncées.

- *La puppe ou nymphe* : elle est de forme elliptique, segmentée. Sa couleur varie du jaune-ocre au blanc-crème selon le stade de dessèchement de l'épiderme. Sa taille varie de 3,5 à 4,5 mm.

La mue nymphale intervient une journée après la formation du puparium ; dans les trois premiers jours de sa formation, la puppe accuse une perte de poids de 10 % puis se stabilise à une moyenne de 6,3 mg.

1.3. Physiologie et comportement de l'adulte

1.3.1. Maturation des adultes

L'émergence de *B. oleae* est contrôlée par les cycles circadiens (cycles de lumière) et la température (Fletcher, 1987). Ainsi, les adultes éclosent tôt le matin et les ailes restent opaques de 2 à 4 heures après leur émergence. Leur déploiement requiert des températures supérieures à 7° C et une humidité relative d'au moins 40 % (Arambourg, 1984).

Chez les mâles, le sperme est déjà formé au stade nymphal mais de nouveaux cycles de formation, bien que réduits, se produisent chaque 6 à 10 jours, permettant une dizaine d'accouplements chacun. Le développement ovarien commence immédiatement après l'émergence de la femelle. Les femelles requièrent du matériel protéinique pour la maturation de leurs œufs (Fletcher, 1987). La prévitellogenèse et la vitellogenèse durent pratiquement le même temps ; selon Tzanakakis (1989), les premières femelles matures apparaissent du sixième au huitième jour après leur émergence, sous des conditions de laboratoire alors que selon Zervas (1982), elles deviennent matures du troisième au cinquième jour, sous les mêmes conditions. Les mouches sauvages auraient une maturation plus tardive, du quatrième au cinquième jour après leur émergence ; les mâles sont matures 1 à 2 jours avant les femelles (Zervas, 1982).

Dans des conditions défavorables, le contenu des follicules qui se développent, peut se résorber, notamment durant l'été, quand la température augmente et l'humidité est basse, ainsi qu'en l'absence de fruits-hôtes convenables (Bateman, 1972 ; Kapatos et Fletcher, 1984).

1.3.2. Comportement sexuel

Le premier accouplement a lieu pendant la dernière étape de la vitellogénèse. Les œufs se forment dans les ovaires 1 à 2 jours après l'accouplement. L'oviposition commence immédiatement après la formation des œufs (Fletcher, 1987).

L'activité sexuelle est concentrée presque exclusivement dans les 3 à 4 dernières heures du jour et se termine rapidement au commencement de la nuit. Des expériences au laboratoire montrent que cette activité ne dépend pas de la faible luminosité mais qu'elle est réglée par un rythme endogène (Fletcher, 1987).

Au cours de la parade, avant l'accouplement, le mâle produit un signal strident (ou stridulation) et ses glandes rectales relâchent un liquide qui, distribué par les ailes, attire les femelles matures (Bateman, 1972 ; Metclaf, 1990).

Comme pour d'autres espèces de Tephritidae, les glandes rectales des deux sexes produisent des substances huileuses à odeurs différentes qui sont des phéromones sexuelles. Les femelles attirent les mâles sur des distances relativement longues. La phéromone est émise dès le deuxième jour après l'émergence, les mâles y répondent dès le troisième jour ; ils y sont particulièrement sensibles du septième au onzième jour.

Selon Metclaf (1990), il existe deux types de phéromones : les N-alkyl-acylamides, aphrodisiaques, produits par les mâles, qui sont faiblement attractifs pour les femelles et les spiroacétales émis en grande quantité par les femelles, fortement attractifs pour les mâles. La phéromone femelle est composée de plusieurs fractions : un nonénol, le p-cymène, le 1-7-dioxaspiro (5,5) undécane, l'éthyl-dodécanoate et le spiroacétal, le composé principal, qui à lui seul suffit à attirer les mâles (Cubero *et al.*, 1991, 1992). Les phéromones sont synthétisées et stockées par les glandes rectales.

Par ailleurs, selon Drew (1989), les odeurs de plantes ou kairomones sont attractives à longue distance, attirant les mâles sexuellement matures et les femelles immatures. La combinaison des kairomones des plantes-hôtes et des phéromones mâles est considérée comme un "système spécifique d'accouplement", important dans la spéciation (Drew, 1989).

L'accouplement des femelles à 25° C se fait dès le deuxième ou troisième-quatrième jour. Les mouches restent accouplées pendant environ deux heures (Fig. 2). Les mâles sont polygames et capables de s'accoupler pendant quelques semaines mais les femelles sont oligogames. Au laboratoire, la plupart des femelles sont fertilisées deux fois au moins, mais dans une population sauvage, la majorité ne s'accouple qu'une fois (Zouros et Krimbas, 1970).

Après l'accouplement, les femelles ne sont plus réceptives durant plusieurs jours sous l'effet d'un facteur présent dans le fluide séminal. Ce même facteur, indépendant du sperme puisqu'on le trouve chez les mâles stériles, stimule également la ponte (Tzanakakis *et al.*, 1968). En début d'été, la capacité reproductive des femelles est nulle en raison des hautes températures et de basses humidités relatives. En hiver, les adultes survivent pendant les périodes défavorables en "diapause facultative" durant laquelle ils se

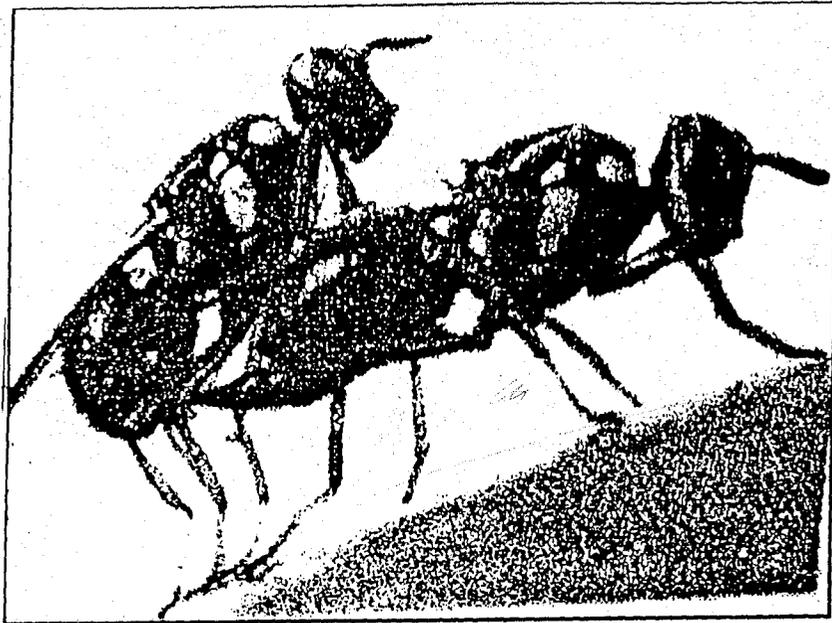


Figure 2 : Accouplement de la mouche de l'olive (Photo INRA Antibes)

habitats leur servant de refuges, en étant sexuellement immatures (Bateman, 1972 ; Economopoulos *et al.*, 1982).

1.3.3. Recherche de l'hôte et ponte

Les sémiachimiques des plantes stimulent l'oviposition des femelles. Prokopy (1983) en a distingué deux types : les volatiles attractifs qui stimulent la ponte des femelles gravides, et les répulsifs qui l'inhibent. Selon Scarpati *et al.* (1993), le α -pinène, le p-xylène, le myxénone et l'éthylbenzène émis par les olives mûres sont attractifs pour la femelle alors que le (E)-2-hexénal et le hexénal émis par les olives immatures lui sont répulsifs.

Sur l'olivier, la femelle choisit les olives souvent selon leur couleur, mais aussi selon des stimuli physico-tactiles et chimiques. Ces derniers sont perçus par des récepteurs antennaires et tarsaux ; de plus, à certaines périodes, les olives émettent une odeur attractive attribuée à l'oléoeuropine et à ses dérivés qui stimulent la production d'œufs (Girolami *et al.*, 1982).

Sur l'olive, le comportement de ponte commence par une phase d'exploration, puis se poursuit par la délimitation d'un territoire d'oviposition (Fig. 3) ; les femelles utilisent leurs sens olfactifs et visuels pour ce choix (Bateman, 1972). Les fruits sont réceptifs dès que leur épicarpe atteint une épaisseur de 0,6 cm (Jerraya *et al.*, 1982). Le nombre d'œufs par olive dépend de son poids (Cirio et Gherardini, 1984). La femelle creuse une chambre sous-épidermique avec son ovipositeur et aspire le jus de l'olive qui apparaît en surface, dépose l'œuf puis aspire à nouveau le jus pour l'étaler ensuite à la surface de

l'olive. Selon Prokopy (1977) la répulsion résulterait d'une phéromone spécifique qui inhiberait toute nouvelle ponte, d'où une réduction ultérieure de la compétition alimentaire larvaire.



Figure 3 : Ponte de la mouche de l'olive (Photo INRA Antibes)

Les individus issus des pupes hivernantes n'ont que rarement une longévité suffisante pour pondre dans les nouvelles olives réceptives, ils ont une activité reproductrice nulle ou très réduite (Louskas *et al.*, 1980).

En conditions de laboratoire, les femelles peuvent pondre en moyenne quelques centaines d'œufs et des valeurs extrêmes de plus de mille œufs ont été relevées (Tzanakakis, 1989). Mais des estimations de fécondité dans la nature, à partir de mouches en cage fournissent une image plus réelle.

1.3.4. Alimentation de l'adulte

La nutrition des adultes dans la nature n'est pas bien connue. Ils ont été observés se nourrissant de produits naturels tels que le miellat, les exudations de plantes, le nectar et autres, mais ils peuvent survivre et se reproduire avec le pollen comme seule source de protéine (Fletcher, 1987). Bateman (1972) signale que tous les adultes requièrent une source d'énergie de carbohydrates, de l'eau pour survivre ainsi que des protéines pour achever leur maturation sexuelle.

Au laboratoire, la femelle alimentée seulement de sucre, peut pondre quelques œufs grâce aux réserves lipidiques transférées de la larve à la pupa puis à l'adulte. Ces réserves sont encore visibles dans les adultes fraîchement éclos sous forme de granules blancs pendant les premiers jours de leur vie. Mais une production d'œufs plus élevée nécessite des protéines et spécialement des acides aminés libres ainsi que des vitamines et des sels minéraux. Pour la production du sperme cependant, les protéines ne sont pas indispensables dans l'alimentation du mâle. Néanmoins, les travaux de

qualité de leur alimentation et par l'intensité de la lumière. Arambourg et Pralavorio (1970) proposent un milieu artificiel pour adultes très simple composé d'hydrolysate de levure, de sucrose et de jaune d'œuf. Un milieu plus riche est proposé par Tsitsipis (1982) composé de 4 g d'hydrolysate de soja, 10 g de levure de bière, 2 g de sucre, 3 ml d'huile et 0,5 ml de Tween 80, le tout dilué dans 55 ml d'eau. D'autres auteurs élèvent la mouche de l'olive sur d'autres milieux qui confèrent aux adultes des performances similaires (Manoukas, 1982 ; Tzanakakis, 1989).

La qualité des adultes de *B. oleae* est aussi affectée par la densité durant le stade larvaire. La compétition des larves entraîne une réduction de la fécondité et de la longévité des descendants femelles (Tsiropoulos et Manoukas, 1977).

1.4. Physiologie et comportement des stades immatures

1.4.1. Les œufs

Dans les conditions naturelles, l'incubation des œufs dure de 2 à 4 jours en été, 10 jours environ en automne et de 12 à 19 jours en hiver. En laboratoire, à température constante, le développement varie entre 15 et 18 jours à 10 °C, et 2 à 4 jours à 30 °C. Généralement les œufs sont très sensibles aux conditions externes dans les premières 24 heures de l'incubation (Arambourg, 1984).

Le seuil thermique inférieur est estimé à environ 6 °C, mais à température constante voisine de ce seuil, tous les œufs meurent. Le seuil thermique supérieur en nature est estimé à 34-35 °C. Les œufs nécessitent 68 degrés-jours au-dessus de 6 °C (Neuenschwander et Michelakis, 1979a).

Selon Stavraki (1974), la mortalité des œufs dans les jeunes fruits semble exceptionnellement haute. Elle est probablement liée à la composition biochimique des fruits, mais on ne connaît pas encore actuellement les mécanismes exacts de cette mortalité. De même, sur certaines variétés, la réaction du fruit à la ponte se traduit par une prolifération et une subérisation du tissu mésocarpique qui écrase l'œuf et l'élimine.

Enfin, au laboratoire, l'éclosion des œufs n'est pas affectée par leur densité (Manoukas et Tsiropoulos, 1977).

1.4.2. Les larves

La larve de *B. oleae* se développe selon trois stades caractéristiques (L_1 , L_2 et L_3). La jeune larve, dès l'éclosion, dévore la pulpe de l'olive, creuse une galerie sinueuse dont le diamètre augmente au fur et à mesure du développement larvaire et se rapproche progressivement du noyau. Fréquemment, une seule larve se développe par fruit, mais en conditions naturelles, il n'est pas rare d'en trouver plusieurs, simultanément (Fletcher, 1987).

En général, au laboratoire, le développement dure de 12 à 13 jours à 18 °C, de 9 à 14 jours à 25 °C, selon la variété d'olivier et la maturité des fruits. La température minimale pour assurer le développement des larves a été estimée à 10 °C et le nombre de degrés-jours nécessaires à leur évolution jusqu'à la nymphose est de 146 dj en octobre (base 10 °C) et 93 dj en avril (base 10 °C) (Neuenschwander et Michelakis 1979a). De cette durée totale, 30 % sont utilisés par les L_1 , 25 % par les L_2 et 45 % par les L_3 .

Une température de 47,9 °C et une humidité relative de 9 % tuent toutes les larves du troisième stade en quelques heures. Généralement, la mortalité des larves augmente

aux températures supérieures à 30 °C, les larves les plus jeunes étant les plus sensibles (Fletcher, 1987 ; Kapatos, 1989).

De plus, les larves subissent une forte mortalité lorsqu'elles se développent dans des fruits encore verts. En effet, la larve a besoin d'une bactérie symbiote pour dégrader les protéines en acides aminés plus assimilables. Les olives vertes traitées par la streptomycine n'autorisent aucun développement des larves, ce qui confirme le rôle des symbiotes (Hagen, 1966 ; Tzanakakis, 1989).

Bigler et Delucchi (1981b) ont montré que la teneur en protéine et en huile influence de manière déterminante le développement des larves : la mortalité larvaire diminue de 17,2 % dès que la teneur en protéine augmente de 0,79 % et celle de l'huile de 1 % par rapport aux teneurs maximales. Cependant, dans les fruits mûrs à fort pourcentage d'huile, dont l'augmentation est supérieure à 1 %, même les larves âgées peuvent être détruites.

En conditions naturelles, les larves sont aussi sensibles à d'autres facteurs de mortalité comme les parasites, les prédateurs des fruits et la compétition larvaire due à de fortes densités (Stavraki, 1974 ; Liaropoulos *et al.*, 1977 ; Manoukas, 1980 ; Debouzie, 1989). Par exemple, en hiver, les oiseaux peuvent manger jusqu'à 4/5 des olives encore sur les arbres et par conséquent tous les stades immatures qui s'y trouvent.

La nymphose des larves du troisième stade s'effectue soit dans l'olive, soit dans le sol. En règle générale, toutes celles des générations estivales se nymphosent dans le fruit alors que celles des générations automnales le font dans le sol (Kapatos et Fletcher, 1984). Selon Prokopy (1977), les larves pupent dans le sol pour éviter la dessiccation et les ennemis naturels alors que Sharaf (1980) justifie la pupaison dans le fruit en été par l'existence d'une humidité moyenne dans l'olive qu'il oppose à la sécheresse du sol.

En automne, les larves L₃ sortent des fruits principalement le matin. Tombées sur le sol, elles peuvent se déplacer à sa surface sur une longueur de quelques décimètres, (Laudého *et al.*, 1979). Selon Liaropoulos *et al.* (1979a), 83 % des pupes se trouvent sous la couronne extérieure de l'arbre et 17 % seulement à l'intérieur. Le temps de présence des larves sur le sol, la profondeur et la répartition de leur enfouissement sont influencés par la structure du sol et les conditions climatiques. La plus grande partie des larves, soit 83,5 %, s'enfonce jusqu'à une profondeur de 10 cm (Martin, 1948 ; Laudého *et al.*, 1979).

1.4.3. Les pupes ou nymphes

Le stade nymphal, dans les conditions de laboratoire à 25 °C, dure de 10 à 14 jours, avec une valeur moyenne de 11 jours (Laudého *et al.*, 1979).

Le seuil thermique inférieur et la somme des températures nécessaires à l'évolution des pupes diffèrent selon les conditions de l'expérience, les auteurs et l'alimentation des larves. En laboratoire, des seuils thermiques inférieurs ont été déterminés entre 7 et 10 °C. Les sommes de température varient de 180 à 200 degrés-jours. Le seuil thermique supérieur se situe à environ 36 °C. Si les pupes sont maintenues à une température supérieure à 36 °C pendant seulement deux jours, les adultes qui en sont issus ont une longévité fortement réduite (Neuenschwander et Michelakis, 1979a).

La durée du développement nymphal en conditions naturelles et la période d'émergence des adultes du sol varient selon la date d'enfouissement et les conditions climatiques. En conditions naturelles, les sommes de températures sont en moyenne de 204 degrés-jours (base 8° C) mais varient de 179 à 240 degrés-jours selon les mois

(Fletcher et Kapatos, 1982). Dans les oliveraies italiennes les pupes se développent en environ 48 jours en mars, 10 à 12 jours en été et 13 à 29 jours en fin d'automne (Delrio et Cavalloro, 1977).

En Grèce, les pupes de *B. oleae* dans le sol se développent en 30 jours en moyenne pour les larves s'étant enfouies en octobre, 80 jours en novembre, 90 jours en décembre, 50 jours en février, 40 jours en mars et 20 jours en avril-mai (Neuenschwander et Michelakis, 1981). Dans ces régions à climat favorable, les émergences d'adultes se poursuivent pendant toute la période hivernale. À Corfou se manifestent deux pics d'émergence, d'octobre à décembre, puis de février à avril (Neuenschwander et Michelakis, 1981). Selon Sigwalt *et al.* (1977), les pupes enfouies à l'approche de l'hiver en Crète éclosent pour la majorité en janvier et le reste en mai. Comme pour les adultes, il existerait un phénomène de diapause facultative qui permet à une partie de la population automnale d'hiverner à l'état de pupes jusqu'au printemps.

La mortalité nymphale varie beaucoup selon les régions, la date d'enfouissement et les conditions climatiques et édaphiques. En effet, le type et la structure du sol interviennent sur le taux de mortalité ; la formation d'une croûte à la surface du sol après les pluies empêche l'éclosion des jeunes adultes et favorise leur immersion (Arambourg, 1986). La qualité du fruit, les oiseaux fructivores et les parasitoïdes entraînent aussi une forte mortalité (Bigler et Delucchi, 1981b) pouvant atteindre 75 à 80 % de la population nymphale (Sigwalt *et al.*, 1977).

2. Étude écologique

2.1. Phénologie

Dans le Bassin méditerranéen, *B. oleae* se trouve presque partout où l'olivier est cultivé ou dans les régions à oléastres. Mais sa phénologie et son abondance varient beaucoup selon les grandes régions climatiques, les années et les conditions locales (humidité, variétés d'olivier, etc.). En général, on peut distinguer des phénologies différentes selon deux gradients climatiques, l'un allant du Nord au Sud, et l'autre des côtes aux montagnes.

Au Nord de son aire de répartition, dans le Midi de la France et l'Italie du Nord, les premières infestations de la saison commencent fin juin-début juillet. Graduellement, la population s'accroît jusqu'à un maximum en septembre-octobre avec présence de plusieurs générations chevauchantes. Loin de la mer, à l'intérieur du pays, les premières infestations apparaissent environ un mois plus tard. Aux limites de la culture, soit à 600-700 m d'altitude, soit dans les zones septentrionales limites, elles ne commencent pas avant août-septembre, et le nombre de générations est réduit en conséquence, atteignant deux générations par an en Italie du Nord (Paparatti, 1991). Bien que quelques larves puissent passer l'hiver dans les fruits, et quelques individus survivre au stade adulte, la plus grande partie de la population passe l'hiver au stade nymphal dans le sol (Kapatos et Fletcher, 1984). Les survivants de *B. oleae* à l'hivernation constituent la base de la nouvelle infestation au printemps (Liaropoulos *et al.*, 1977).

En Italie du Sud, en Yougoslavie ainsi qu'en Grèce centrale et Corfou, les premières infestations commencent en juin-juillet, mais l'accroissement de la population en été est plus ou moins ralenti ou arrêté selon les conditions climatiques, faiblement en conditions humides, fortement en conditions sèches. Une seconde gradation beaucoup plus importante se déclenche entre fin septembre et novembre. Après une première génération

en juin-juillet, on en observe deux à trois, chevauchantes en automne-hiver, et parfois, selon les conditions climatiques, une quatrième génération au printemps (Delrio et Cavalloro, 1977 ; Kapatos et Fletcher, 1984).

En zone montagneuse, les infestations commencent plus tard et n'atteignent pas la même régularité qu'en zone côtière (Delrio et Cavalloro, 1977 ; Gaouar et Debouzie, 1991).

Plus au Sud, en Crète, sur les côtes espagnoles et nord-africaines où l'insecte est observé jusqu'à une altitude de 1000 m, les infestations commencent encore plus tôt, fin mai, mais l'arrêt estival est plus marqué (Liaropoulos *et al.*, 1979a). La colonisation atteint son maximum en automne, en rapport avec des conditions climatiques très favorables (températures et humidité modérées) ; elle décroît progressivement jusqu'en février. Les émergences d'adultes ont lieu en décembre et janvier, et quelquefois en début de printemps.

Dans certaines régions, une ou deux générations se développent au printemps. C'est le cas en Egypte (Donia *et al.*, 1971), en Tunisie centrale (Jerraya *et al.*, 1982) et à l'intérieur de la Lybie (Mustapha et Al Zaghal, 1987) où la chaleur de l'été élimine presque toute reproduction avant l'automne.

En conclusion, le développement continu des populations de la mouche rend incertaine l'estimation du nombre de générations (Martin, 1948). Au Nord de la Méditerranée, le cycle est interrompu principalement par les hivers, au Centre par les hivers et les étés et au Sud seulement par les étés. De plus, la dynamique des populations de *B. oleae* dépend de la disponibilité en fruits (Louskas *et al.*, 1980 ; Longo et Benfatto, 1982), en particulier au printemps et au début de l'été, quand toutes les olives de l'année précédente sont tombées, et quand les nouveaux fruits ne sont pas encore attaqués. Cette période pendant laquelle ne survivent que des adultes, est communément appelée "période blanche" (Arambourg, 1984).

2.2. Vol et dispersion des mouches

Il existe deux types de mouvements chez les mouches :

- des mouvements non dispersifs : les mouches ne se dispersent pas loin de leur plante-hôte, seulement en l'absence de fruits-hôtes ;
- des mouvements dispersifs : des adultes se déplacent dès que le nombre des fruits-hôtes décroît. Plusieurs adultes tendent à se mouvoir fréquemment ; ils peuvent traverser des distances considérables en peu de temps et se dirigent par le vent (Bateman, 1972).

Trois situations provoquent la dispersion :

- le déplacement pour l'oviposition en l'absence de fruits,
- la forte chaleur de l'été,
- le déplacement des imagos avant leur maturation. Selon Fletcher (1987), les mouvements de *B. oleae* semblent beaucoup moins extensifs que ceux des espèces polyphages puisqu'ils ne dépasseraient pas 10 km.

La tendance à la dispersion se manifeste toute l'année, avec une atténuation au moment où la plante-hôte porte des olives. Il n'y a pas de migration massive mais

simplement une dispersion erratique. Les distances de déplacement maximales diffèrent selon la topographie et les conditions climatiques (Michelakis et Neuenschwander, 1981).

Les taux de dispersion dans les oliveraies sont généralement réduits. Ainsi des mouches marquées n'ont parcouru en moyenne que 400 m en une semaine, dans une région sans fruits sur les arbres et 180 m, dans une région avec quelques olives (Fletcher et Kapatos, 1981). Cependant, les adultes sont plus nombreux sur les variétés cultivées que sur les oléastres voisins ; les mouches se dispersent plus dans la direction des oliveraies quand les conditions y sont favorables ; les femelles matures se déplacent les premières pour rechercher des fruits réceptifs (Arambourg, 1986).

En Sicile, le vol de *B. oleae* se manifeste toute l'année, dans toutes les oliveraies. Les mouches ne volent pas en cas de vents importants et de température inférieure à environ 14 °C (Longo et Benfatto, 1982). Les mouches fréquentent les parties de l'olivier les plus fraîches pendant l'été et les plus chaudes pendant l'hiver (Buono et Vazquez, 1984).

L'idée de migrations saisonnières a été avancée en Italie et en Crète : ces mouvements conduiraient les mouches des collines aux plaines en juillet avec retour aux collines en automne (Michelakis et Neuenschwander, 1981). De telles migrations permettraient aux mouches de pondre dans les fruits les plus réceptifs.

2.3. Dynamique des populations

La dynamique des populations de *B. oleae* dépend fortement des conditions du milieu et de leur plante-hôte. En été, les œufs et les jeunes larves subissent une forte mortalité en raison des hautes températures, de la faible réceptivité des fruits et de leurs qualités nutritives médiocres (Neuenschwander *et al.*, 1983). En automne, le parasitisme réduit les effectifs des larves, notamment du troisième stade ; toutefois la disparition progressive de la faune entomophage vers la fin octobre permet souvent aux populations du phytophage d'augmenter à nouveau ses effectifs, comme en témoignent la forte activité de ponte et les taux élevés de larves en automne (Sigwalt *et al.*, 1977 ; Louskas *et al.*, 1980).

En hiver, les adultes subissent une mortalité élevée à l'opposé des stades pré-imaginaux dans les fruits encore présents sur les arbres. De nombreuses pupes dans le sol sont détruites à cause de mauvaises conditions climatiques (pluie et froid) et par les prédateurs (Arambourg et Pralavorio, 1970 ; Laudého *et al.*, 1975). Au printemps, la reprise des attaques se manifeste sur les fruits restants dès avril-mai, avec le réchauffement des températures. La génération d'adultes, issue des pupes hivernantes reprendra le cycle à la saison fructifère, en juillet-août (Liaropoulos *et al.*, 1977a ; Economopoulos *et al.*, 1982b).

L'incidence des facteurs successifs intervenant sur ces populations permet d'expliquer les gradations démographiques de *B. oleae*, mais le chevauchement irrégulier des générations rend difficile leur interprétation quantitative. Seules des analyses statistiques, principalement des recherches de corrélation entre les effectifs et les facteurs environnementaux, apportent des réponses (Bernstein, 1985).

2.4. Les parasites

Selon l'entomologiste Clausen "Les insectes sont les pires ennemis des insectes" ; en effet, 15 % des insectes sont entomophages. Seuls ou associés à d'autres méthodes dans la lutte intégrée, les insectes entomophages sont parfois très efficaces

(Boulétreau, 1988). La lutte parasitologique consiste à effectuer des lâchers massifs de parasites entomophages pour réduire les populations du ravageur.

Dans le Bassin méditerranéen, le complexe parasitaire de *B. oleae* est assez pauvre. Au Nord de l'aire de répartition de l'hôte, il comprend principalement un braconide endophage, *Opius concolor*, et quatre chalcidiens ectophages : *Eupelmus urozonus* Dalm., *Pniglaio mediterraneus* Ferr., *Cyrtoptyx latipes* Rond. et *Eurytoma martellii* Dom. (Fenili et Pegazzano, 1970). *Biosteres longicaudatus*, moins fréquent, a fait l'objet de nombreux travaux puisqu'il est capable de vivre aux dépens de *B. oleae* dans les olives vertes, ce qui permet de l'utiliser pour lutter dès le début des infestations (Liaropoulos *et al.*, 1977 ; Greany *et al.*, 1979 ; Ashley et Chambers, 1979). En Afrique du Sud, le braconide endophage *Bracon celer* Szep. est l'espèce la plus abondante (Neuenschwander, 1982). Les chalcidiens ectophages apparaissent peu après les stades immatures de *B. oleae* qu'ils parasitent mais sans atteindre un niveau suffisant pour limiter sa population (Arambourg et Pralavorio, 1974).

- *Eupelmus urozonus* : du printemps à l'automne, ce parasite peut vivre aux dépens de *B. oleae* ; le taux de parasitisme est maximal et parfois élevé en été. Sur oléastre, le parasite n'a été trouvé qu'en Crète, mais à des taux moins élevés que sur olivier, en accord avec des attaques plus tardives des oléastres par la mouche de l'olive.

Selon Louskas (1977), *E. urozonus* parasite préférentiellement le troisième stade larvaire de *B. oleae*, mais on le trouve aussi en ectophage sur les nymphes à l'intérieur du puparium.

Généralement, on considère que *E. urozonus* n'a pas une influence permanente importante sur le niveau des populations de *B. oleae* pour plusieurs raisons : sa diapause hivernale ne lui permet pas de se reproduire pendant la période d'activité, il ne réussit pas à maintenir un taux de parasitisme élevé en automne au moment des gradations importantes des populations de *B. oleae*. De plus, il s'attaque le plus souvent aux autres chalcidiens ectophages, et peut même devenir un élément défavorable à l'introduction ou les lâchers inondatifs d'*O. concolor*.

- *Pniglaio mediterraneus* : il préfère le troisième stade larvaire de *B. oleae* chez lequel il provoque une mortalité assez élevée dans les oliveraies grecques (Stavraki, 1970). *P. mediterraneus* n'ayant pas de diapause, resterait actif pendant tout l'hiver, selon les conditions climatiques (Bigler et Delucchi, 1981b). Sur oléastre, il est souvent le seul ectophage de *B. oleae*. Bien que les taux de parasitisme puissent atteindre des valeurs élevées, ce parasite n'est pas capable de maintenir un taux constant de parasitisme sur des populations croissantes du ravageur et son action reste ainsi ponctuelle et souvent de peu d'importance.
- *Eurytoma martellii* : il est distribué dans tout le Bassin méditerranéen. Dans sa partie occidentale, il apparaît très irrégulièrement, mais peut atteindre des niveaux élevés de population à la fin de l'été, devenant ainsi localement plus important que les autres parasites. Comme *E. urozonus* il n'est actif qu'en été et disparaît graduellement en automne. Dans la partie orientale de la Méditerranée, il est plutôt rare (Arambourg et Pralavorio, 1974).
- *Cyrtoptyx latipes* : cette espèce qui, récemment encore était appelée *Cyrtoptyx dacidada* Masi., se distingue facilement des autres parasites de *B. oleae*. Selon Fenili et Pegazzano (1970), c'est l'espèce la plus rare des chalcidiens ectophages de

graduellement en automne. Dans la partie orientale de la Méditerranée, il est plutôt rare (Arambourg et Pralavorio, 1974).

- *Cyrtotypx latipes* : cette espèce qui, récemment encore était appelée *Cyrtotypx dacidada* Masi., se distingue facilement des autres parasites de *B. oleae*. Selon Fenili et Pegazzano (1970), c'est l'espèce la plus rare des chalcidiens ectophages de *B. oleae* ; elle fait des apparitions très irrégulières et locales, en été et automne. Ce parasite est connu de l'Italie jusqu'au Liban ainsi qu'au Pakistan et en Inde.
- *Opius concolor* : il fut découvert en 1910, en Tunisie. Il fut ensuite trouvé et lâché dans plusieurs pays du Sud de la Méditerranée. La distinction de cette espèce des autres parasites de *B. oleae* s'avère très facile puisque c'est le seul *Opius* de la région (Wharton et Gilstrap, 1983). C'est le seul parasite endophage naturel connu de *B. oleae* dans le Bassin méditerranéen (Canard *et al.*, 1979). Il est probablement originaire de cette zone et son aire de répartition se superpose à la partie méridionale de celle de son hôte.



Figure 4 : Adulte d'*Opius concolor* (Photo INRA Antibes)

en Crète, des lâchers uniques pour tenter l'installation permanente de ce parasite furent remplacés par des lâchers périodiques inondatifs dès le début de l'été (Genduzo, 1981).

La ponte sur *B. oleae* concerne tous les stades larvaires, mais la femelle préfère le troisième (Liaropoulos *et al.*, 1977). Un certain développement des œufs et du premier stade larvaire du parasite peut s'observer dans les larves du ravageur, mais c'est seulement un jour après la formation du puparium que le parasite se développe au delà du stade L₁.

Le développement des stades pré-imaginaux est inhibé aux températures inférieures à 15 °C, et la survie est réduite en cas de faible humidité relative ; les larves âgées résistent au froid et supportent des températures de 0 °C pendant plusieurs jours. Le seuil supérieur pour la survie se situe à environ 32 °C (Canard *et al.*, 1979 ; Delanoue et Pralavorio, 1977 ; Liaropoulos *et al.*, 1977).

En conditions naturelles, *O. concolor* est absent des oliveraies en été, il apparaît tôt en automne et n'atteint des taux de parasitisme importants que tard en saison, en octobre-novembre (Neuenschwander *et al.*, 1983). Néanmoins, en conditions naturelles (sans lâcher) il demeure toujours insuffisant pour limiter efficacement les populations de *B. oleae* (Canard *et al.*, 1979). L'hivernation du parasite a lieu sous forme d'adultes et de stades préimaginaux dont les pupes du sol.

La descendance des parasites est affectée par la disponibilité de l'hôte, la densité et l'âge du parasite (Ashley et Chambers, 1979 ; Greany *et al.*, 1979 ; Lawrence, 1981). Les phéromones émises par les phytophages ravageurs stimulent aussi la ponte des parasites (Prokopy, 1977). Ces derniers sont guidés par des substances émises non seulement par les hôtes, mais aussi par les plantes et les milieux où vivent ces derniers (Boulétreau, 1988). En plus des stimuli olfactifs, certaines femelles disposent d'un système de sondage acoustique.

Selon de nombreux chercheurs (Delrio et Cavalloro, 1977 ; Bigler *et al.*, 1986 ; Debouzie, 1989), l'action des parasites ne suffit pas à elle seule pour limiter les infestations de *B. oleae* ; il faut l'intégrer à d'autres moyens de lutte tels que l'emploi d'insecticides.

2.5. Les prédateurs

De nombreux travaux ont étudié l'action des prédateurs sur les pupes de *B. oleae* puisqu'il a été prouvé qu'ils peuvent jouer un rôle non négligeable (Neuenschwander *et al.*, 1983 ; Bigler *et al.*, 1986). En effet, nombreux sont les prédateurs inventoriés dans les oliveraies, capables, au laboratoire, de détruire des pupes de ce ravageur. En Crète par exemple, sont inventoriés des prédateurs arthropodes tels que des Carabidés, des Staphylinidés et plusieurs espèces de fourmis qui attaquent les larves âgées et les pupes de *B. oleae* dans le sol et parfois même dans le fruit (Wong *et al.*, 1984).

Les prédateurs des pupes de la mouche ne sont habituellement que très peu actifs si celles-ci sont enfouies dans le sol. Celles qui se trouvent à la surface du sol ou sous de légers abris, feuilles ou branchettes, subissent par contre une plus grande perte qui augmente de l'automne au printemps ; la réduction est attribuée en grande partie aux oiseaux, et dans une moindre mesure aux arthropodes et peut-être aux mammifères. Bigler *et al.* (1986) affirment que les oiseaux détruisent 81 % des fruits entre décembre et mars et sont responsables de 70 % de la mortalité pupale ; les 30 % restants sont détruits par les arthropodes dont notamment les fourmis. Le taux de prédation par les oiseaux est

corrélé positivement au degré d'infestation des fruits mais la corrélation serait plutôt due au fait que les oiseaux préfèrent les olives mûres. En Afrique du Nord, l'étourneau *Sturnus vulgaris* L. cause des dégâts considérables sur les olives qu'elles soient ou non attaquées (Neuenschwander *et al.*, 1983).

Enfin, Stavradi (1970) et Neuenschwander (1983) citent *Prolasioptera berlesiana* Paoli considéré comme un grand prédateur des œufs de *B. oleae*.

Les prédateurs et les insectes pathogènes diminuent la taille des populations de *B. oleae*, surtout si la période de pupaison est longue (Debouzie, 1989).

2.6. Les organismes pathogènes

Plusieurs souches de bactéries et de cryptogames entomopathogènes peuvent jouer un rôle important dans la limitation des populations de *B. oleae*. Ce serait le cas du champignon *Carnarosporium dalmatica*, considéré comme très pathogène (Neuenschwander, 1982) et du bacille *Bacillus thuringensis*. Les taux de mortalité des larves causée par les différents isolats du bacille varient de 7 à 87 % (Karamanlidou *et al.*, 1991).

La microsporidie *Octospora muscaedomestica* est à l'origine d'une grande mortalité de *Ceratitis capitata* et *B. oleae* au laboratoire (Ormières *et al.*, 1977) mais son application dans les conditions naturelles reste hypothétique.

Haniotakis et Avtzis (1977) ont isolé 12 bactéries dont certaines se sont révélées pathogènes. C'est le cas de *Pseudomonas putida* qui cause une mortalité élevée en laboratoire, spécialement chez les adultes, mais son action sur *B. oleae* en conditions naturelles est inconnue.

2.7. Les symbiotes

Plusieurs espèces de bactéries ont fréquemment été trouvées dans *B. oleae*. De nombreuses observations montrent la nécessité de la présence des bactéries pour assurer le développement normal du ravageur (Girolami, 1973).

Les adultes, traités avec certains antibiotiques et par conséquent sans bactérie, ont généralement une longévité et une fécondité réduites. Leurs larves dépourvues de leurs symbiotes, ne peuvent se développer sur des olives vertes, mais leur développement est possible, bien que très ralenti, sur les olives très mûres ou stockées au froid (Girolami et Cavalloro, 1972). Le fait que de telles olives soient plus riches en acides aminés libres, suggère que les symbiotes pourraient concourir à la protéolyse et à la synthèse de quelques acides aminés qui semblent manquer dans les olives. Les bactéries peuvent également détoxifier les produits chimiques de défense de la plante et supprimer les microorganismes pathogènes du fruit (Fletcher, 1987).

La bactérie extracellulaire *Pseudomonas savastanoi* a été suspectée de vivre en symbiose avec *B. oleae* depuis le début du siècle (Petri, 1910). Les travaux de Hagen (1966) ont montré que cette bactérie est transmise à chaque génération ; elle pénètre dans l'œuf de la mouche par le micropyle. *P. savastanoi* est un symbiote qui fournit à *B. oleae* de la thréonine et de la méthionine qu'il synthétise.

La symbiose entre *B. oleae* et plusieurs bactéries pourrait être exploitée dans la lutte contre le ravageur par un traitement à la streptomycine qui réduirait les symbiotes (Fytizias et Tzanakakis, 1966).

2.8. Les dégâts

Les larves de *B. oleae* peuvent causer des dégâts importants dans la plupart des oliveraies de la Méditerranée, région qui produit 98 % de l'huile d'olive et 83 % des olives de table de la production mondiale. C'est seulement dans les régions extrêmement sèches que l'importance de *B. oleae* diminue. Son attaque est la plus régulière et forte dans les zones humides du littoral, mais son intensité varie aussi selon les variétés et les soins culturaux (Gaouar et Debouzie, 1991).

Pour les olives destinées à la conserverie, toute piqûre constitue un défaut rendant le fruit inapte à la commercialisation en raison des critères rigides concernant la qualité de l'olive. De telles olives sont donc dévalorisées et ne peuvent être utilisées que pour l'huilerie, où leur rendement en huile est généralement réduit. Le seuil de tolérance a été fixé à un taux d'infestation de 10 % (Arambourg, 1986).

Pour les olives destinées à l'huilerie, on distingue classiquement trois types de dégâts : la chute des fruits infestés, avant la récolte ; la destruction directe de la pulpe par les larves et la diminution de la qualité de l'huile provenant des fruits attaqués (Kapatos et Fletcher, 1982). En creusant dans la pulpe, la larve endommage quelques vaisseaux servant à l'alimentation de l'olive, affectant ainsi sa maturation et réduisant sa force d'attachement au pétiole. La larve exerce un effet d'abscission sur l'olive (Michelakis et Neuenschwander, 1982).

Les infestations estivales induisent moins de dégâts que celles se produisant juste avant la récolte (Economopoulos *et al.*, 1982). Les oliviers portant une récolte moyenne ou abondante, peuvent compenser jusqu'à 10 % de la perte en fruits tombés jusqu'en août, par une augmentation du poids et du rendement en huile des olives restant sur les arbres. En automne, la perte de rendement par arbre atteindrait en général 1 à 9 kg avec des maxima pouvant atteindre 24,5 kg. La perte en poids des olives varie de 6 à 20 % et la perte en eau des fruits attaqués de 3 à 17 % (Jerraya *et al.*, 1982).

Les dégâts varient selon les régions considérées : ils sont estimés à 50-60 % de la production en Jordanie (Mustapha et Al Zaghali, 1987) et en Afrique du Nord (Stancic et Bouzouane, 1982). En Grèce, Delrio et Cavalloro (1977) ont trouvé des résultats variant de 4 à 95 %, selon les années. Haniotakis (1986) estime que les pertes quantitatives et qualitatives peuvent atteindre, globalement, 80 % de la récolte.

Le deuxième type de dégâts, la destruction directe de la pulpe, induit une diminution plus ou moins importante du rendement en huile. En effet, une larve détruit de 50 à 150 mg de pulpe fraîche, selon la variété (Michelakis et Neuenschwander, 1982). La consommation de la pulpe par les larves réduit la teneur en huile de l'olive (Kapatos et Fletcher, 1982).

Le troisième type de dégâts est la diminution de la qualité de l'huile, traduite par le taux d'acidité. Ce dernier sert de critère principal à la définition des différents types d'huile, mais la dégustation et l'analyse par chromatographie gazeuse apportent encore d'autres éléments d'appréciation. L'augmentation de l'acidité résulte d'une hydrolyse des acides gras, catalysée par les enzymes produites au cours de la maturation (Cimato, 1990 ; Michelakis, 1990). Cette hydrolyse est accélérée par tout contact avec l'oxygène de l'air, par des ions métalliques, et spécialement par l'action des bactéries et des champignons. En fait, seuls les trous de sortie qui ouvrent les fruits à l'attaque microbienne et mycosique, exerceraient une influence marquée sur l'acidité. Cette influence augmente fortement en cas de stockage avant l'extraction de l'huile (Tolba, 1970).

Les méthodes d'estimation actuelles, qui tiennent compte de l'ensemble des facteurs, fournissent des estimations de pertes plus précises que les anciennes. L'application de ces seuils devrait, entre autres, se traduire par une réduction des interventions chimiques et un meilleur aménagement des traitements contre ce ravageur, diminuant ainsi les risques de répercussion sur la faune auxiliaire.

2.9. Répartition spatio-temporelle des attaques

En biologie des populations, il est important de savoir comment les individus d'une espèce sont distribués dans leur habitat (Legay et Debouzie, 1985). Ainsi, les expérimentateurs doivent tenir compte des structures spatiales lors de l'étude des relations entre les phytophages et leur plante-hôte. De plus, la structure des ravageurs dépend aussi des relations entre individus de la même espèce (Legay et Chessel, 1977).

La distribution spatiale d'une population d'insectes est l'une de ses propriétés caractéristiques (Debouzie et Thioulouse, 1986). Elle varie au cours d'une journée : l'adulte change de comportement suivant l'heure de la journée (cycle circadien), au cours du développement de l'insecte, selon le stade considéré et enfin les structures spatiales peuvent changer selon les saisons.

Dans la lutte contre les ravageurs, nous devons savoir comment sont dispersés les insectes dans une même région étudiée, en particulier, il faut rechercher s'il existe des "points chauds" de l'infestation pour moduler la dose des pesticides (Debouzie *et al.*, 1987).

Les travaux de Bueno et Vazquez (1984) effectués en Espagne ont permis de savoir que la direction Sud de l'arbre est la plus attaquée et que fin septembre et octobre, les mouches préfèrent pondre à une hauteur supérieure à 1,5 m. Ce sont les seuls travaux effectués sur la distribution de *B. oleae* à notre connaissance.

2.10. La lutte

Depuis la seconde guerre mondiale, la lutte chimique contre les insectes phytophages est fondée sur quelques 200 molécules actives. Malgré des succès dans les pays industrialisés, elle souffre de nombreux inconvénients tels que l'accumulation des produits dans différents organismes de la chaîne alimentaire, sans compter ses effets directs, comme la destruction de la faune auxiliaire associée aux insectes phytophages.

De plus, la lutte chimique connaît d'importantes limites scientifiques et économiques car il n'est pas certain que la capacité d'intervention de l'industrie agrochimique dépassera toujours la capacité d'adaptation des insectes (Boulétreau, 1988).

D'autres moyens de lutte font l'objet de nombreuses études telles que la lutte biologique et la lutte intégrée qui combine tant les procédés chimiques que biologiques.

2.10.1 La lutte chimique

Actuellement deux types de traitements insecticides sont utilisés contre *B. oleae*, les appâts empoisonnés contre les adultes et les pulvérisations de couverture contre les stades larvaires dans les olives ; le premier type est préventif alors que le second est curatif.

- *Appâts empoisonnés* : le principe repose sur l'utilisation d'un attractif, généralement un hydrolysate de protéine, mélangé à un insecticide destiné à éliminer les adultes de *B. oleae*. Ce mélange est appliqué en petite quantité sur une partie de l'arbre, soit sur tous les arbres de l'olivieraie, soit sur un arbre sur deux ou un rang sur deux. Ce type

de traitement présente l'avantage de n'utiliser que de faibles quantités d'insecticide, d'être réalisé rapidement sur de grandes surfaces, donc économique ; il n'a que peu d'effets secondaires, notamment sur la faune entomophage. Réalisé par voie terrestre, il tend actuellement à remplacer dans bien des cas, les traitements curatifs (Kapatos et Fletcher, 1982).

Les opérations de traitement sont généralement déclenchées en se basant sur les captures de réseaux de piégeage tels que les pièges McPhail au phosphate (ou sulfate) d'ammonium ; le seuil d'intervention est souvent fixé empiriquement, soit la capture de 3 à 5 mouches par piège tous les 5 jours (Bueno et Vazquez, 1982).

- *Traitements curatifs* : ils ont été largement utilisés lorsque l'apparition des insecticides de synthèse, chlorés puis organophosphorés, a permis un large développement de la protection phytosanitaire en oléiculture. Il tendent à régresser actuellement en raison de leur agressivité et de leurs effets secondaires, soit au niveau de l'olivier, quand ils sont utilisés par voie terrestre, soit dans toute la zone oléicole traitée, y compris le sol, lorsqu'ils sont réalisés par voie aérienne (Haniotakis, 1986).

Les insecticides fréquemment utilisés sont des organophosphorés tels que le Fenthion, le Diméthoate, le Formothion et le Phosphamidon.

2.10.2 Lutte biologique

Cette méthode repose sur l'utilisation des mâles stériles (lutte biogénétique), des ennemis naturels de *B. oleae* tant parasitologiques que microbiologiques.

- La lutte biogénétique ou autocide

Le principe de cette méthode consiste à utiliser des mâles stérilisés par des moyens chimiques ou par irradiation aux rayons gamma ; ces mâles sont supposés s'accoupler avec des femelles non traitées pour qu'elles pondent des œufs stériles.

Féron (1963) donne plusieurs règles pour le succès de cette lutte :

- l'élevage doit être réalisable industriellement et peu onéreux,
- la stérilisation doit laisser aux mâles leur potentiel d'accouplement.

Le rapport du nombre de mouches stériles sur celui des sauvages doit être suffisamment élevé pour éviter les effets des forts taux intrinsèques d'accroissement des populations sauvages et d'une compétitivité parfois réduite des mouches irradiées.

- La lutte microbiologique

De nombreuses souches de bactéries et champignons entomopathogènes ont été testées sur *B. oleae* (Tolba, 1970 ; Haniotakis et Avtzis, 1977 ; Neuenschwander *et al.*, 1983) ; leur nocuité est variable, mais ils induisent tous une haute mortalité débutant quelques jours après l'infestation (en conditions de laboratoire). Il est peu probable que des résultats similaires puissent être obtenus dans la nature à court terme.

- La lutte parasitologique

Depuis les années 1960, un effort important a été fait en Italie spécialement pour utiliser *Opius concolor* en lâchers inondatifs contre *B. oleae*. De 1958 à 1969 de grands nombres de parasites élevés sur *C. capitata* furent lâchés sur de vastes zones oléicoles (Monastero, 1959, 1968 ; Kapatos *et al.*, 1977b ; Liaropoulos *et al.*, 1977a) ; les résultats ont été satisfaisants mais les lâchers devaient être renouvelés chaque année pour qu'ils soient efficaces.

Delanoue et Pralavorio (1977) insistent sur la nécessité d'un taux hygrométrique élevé pour mener à bien les élevages massifs d'*O. concolor* alors que Manikas et Tsiroyannis (1982) signalent l'importance de la disponibilité des olives non récoltées pour que le parasite puisse s'y fixer.

Globalement, les résultats sont jugés satisfaisants tant sur le plan technique qu'économique (Genduzo, 1981) ; toutefois l'utilisation de l'entomophage n'a pas permis de maintenir *B. oleae* à un niveau de population inférieur ou voisin du seuil de tolérance admissible en culture intensive.

- Les piègeages

Plusieurs types de pièges ont été utilisés pour limiter les populations de *B. oleae* ; ils sont d'une efficacité variable suivant les saisons et les régions (Neuenschwander et Michelakis, 1979b ; Economopoulos, 1986).

Les pièges jaunes ont été utilisés pour la première fois en Israël, puis en Grèce avec des résultats jugés satisfaisants. Ils seraient plus efficaces dans les zones côtières qu'à l'intérieur (Delrio et Cavalloro, 1977) mais leur pouvoir ne dépasse pas les limites de l'arbre où ils se trouvent (Delrio *et al.*, 1982). L'adjonction d'une phéromone sexuelle ou d'un sel d'ammonium améliore leur efficacité (Economopoulos, 1986 ; Haniotakis, 1986).

Les pièges McPhail, appâtés par un sel d'ammonium sont efficaces bien que leur attractivité soit nettement plus importante au printemps-été qu'en automne-hiver (Neuenschwander et Michelakis, 1979b).

Selon Bueno et Vazquez (1982) et Boulétreau (1988), la lutte biologique est condamnée pendant quelques temps à l'empirisme et les véritables progrès n'apparaîtront que quand on connaîtra les règles du fonctionnement démographique et génétique des systèmes naturels.

CHAPITRE 2

Matériel et Méthodes

Les travaux effectués depuis 1987 ont porté sur les infestations des olives par *Bactrocera oleae*. De 1987 à 1989, l'étude a concerné les variations temporelles du taux d'infestation des olives dans cinq sites, selon deux variétés et l'orientation. Les résultats obtenus ayant fait l'objet d'un précédent travail (Magister), seules les grandes lignes des dispositifs expérimentaux seront rappelées. De 1990 à 1994, les répartitions spatio-temporelles, les dégâts quantitatifs et qualitatifs et les moyens de lutte ont donné lieu à une étude approfondie.

1. Description de l'hôte végétal : l'olivier

1.1. Bio-écologie

L'olivier, *Olea europea* L. est l'un des arbres les plus caractéristique de la région méditerranéenne. Il a une grande importance nutritionnelle, sociale, et économique pour les peuples de cette région où il est largement distribué.

L'olivier a une origine très ancienne. Il apparaît dans de nombreux sites sahariens. Les analyses du charbon et du pollen attestent que l'oléastre existait en Afrique du Nord au moins dès le XII^e millénaire plus précisément du Liban et de la Syrie d'où se fit son expansion vers l'Ouest, en se répandant dans tout le bassin circum-méditerranéen (Fig. 1). Actuellement, près de 97 % des oliviers cultivés dans le monde se trouvent dans le Bassin méditerranéen. Les 3 % restants se situent dans le Nord et le Sud de l'Amérique, en Australie, Afrique du Sud, Irak, Afghanistan et récemment en Chine (Loussert et Brousse, 1978).

L'olivier se distingue des autres espèces fruitières par sa très grande longévité pouvant donner des arbres plusieurs fois centenaires. Si le tronc disparaît par vieillissement, les rejets se développant à sa base assureront sa pérennité et redonneront un nouvel arbre. Il est réputé pour sa grande rusticité, lui permettant de se développer et de fructifier sous des conditions de climat sub-aride et sur des sols très pauvres.

Le déroulement annuel du cycle végétatif de l'olivier est en étroite relation avec les conditions climatiques de son aire de répartition, caractérisée essentiellement par le climat méditerranéen. Après le repos hivernal qui s'étend de novembre à février, le réveil printanier se manifeste en mars-avril par l'apparition de nouvelles pousses terminales et l'éclosion de bourgeons axillaires. La floraison a lieu en mai-juin. C'est en juillet-août que l'endocarpe se sclérifie (durcissement du noyau). Les fruits atteignent leur maturation en septembre-octobre. La récolte s'effectue de la fin septembre pour les variétés précoces récoltées en vert, jusqu'en février pour les variétés tardives à huile.

1.2. Importance économique

L'olivier est essentiel pour le bien-être économique et écologique de la région méditerranéenne avec plus de la moitié des arbres au Nord de la Méditerranée (67,3 %) (FAO, 1991). La majorité des 32,7 % restants est cultivée en Méditerranée Sud où les récoltes représentent une large proportion du total de la production agricole.

La production mondiale totale d'olives et d'huile dans la période 1988-1990 avoisine respectivement 9,51 et 1,79 millions de tonnes par an (FAO, 1991). 9 % de la production sont utilisés comme olives de table et les 91 % restants pour la production d'huile et des résidus. La production mondiale s'accroît régulièrement depuis le début des années 1950, due à l'augmentation de la taille et du nombre des oliveraies mais également aux pratiques culturales et de protection des récoltes.

En Algérie, l'olivier représente 46 % de la superficie arboricole et occupe 200 000 ha environ, comportant une dizaine de millions d'arbres, concentrés essentiellement en Oranie et en Kabylie. Avec une production de 12 000 tonnes d'huile d'olive et 128 000 tonnes d'olives de table, l'Algérie se classe parmi les pays à production modeste.

L'oléiculture représente 36 % de l'arboriculture totale dans la région de Tlemcen (Fig. 5). En 1987, la superficie oléicole est de 3 541 ha dont 1 556, soit 46 % appartiennent au secteur autogéré et 1 989 ha, soit 54 % au secteur privé. Le nombre d'oliviers isolés est de 223 592 dont 120 889 appartiennent au secteur autogéré et 102 703 au secteur privé (Benaïssa, 1987).

La production oléicole est fortement affectée par les ravageurs, les maladies et le manque d'entretien (Katsoyannos, 1992).

1.3. Exigences de l'olivier

Les facultés d'adaptation de l'olivier aux conditions climatiques sont en étroites relation avec les qualités pédo-agrologiques du sol. Ainsi par exemple, en sol profond, très perméable, les arbres donneront de bonnes productions, même sous de faibles précipitations.

1.3.1. Exigences climatiques

La culture de l'olivier est associée à la zone méditerranéenne caractérisée par la douceur et l'humidité de l'hiver et la chaleur sèche de son été. La limite septentrionale Nord de la culture de l'olivier se situe aux environs du 45^{ème} degré de latitude ; les basses températures hivernales et printanières de 0 °C en fixent les limites. La limite Sud se situe aux environs de 30° de latitude Nord, en zone de climat pré-saharien.

L'olivier craint le froid. Les températures négatives lui sont dangereuses, particulièrement en période de fructification. Par contre, il supporte, grâce à son enracinement profond, les températures élevées de l'été si son alimentation hydrique est satisfaite.

Les pluies hivernales permettent au sol d'emmagasiner des réserves en eau, qui seront cédées à l'arbre en fonction de ses besoins végétatifs. Les pluies du printemps assurent la nouaison et une bonne tenue des fruits après la fructification. Les pluies automnales favorisent le grossissement et la maturation des fruits.

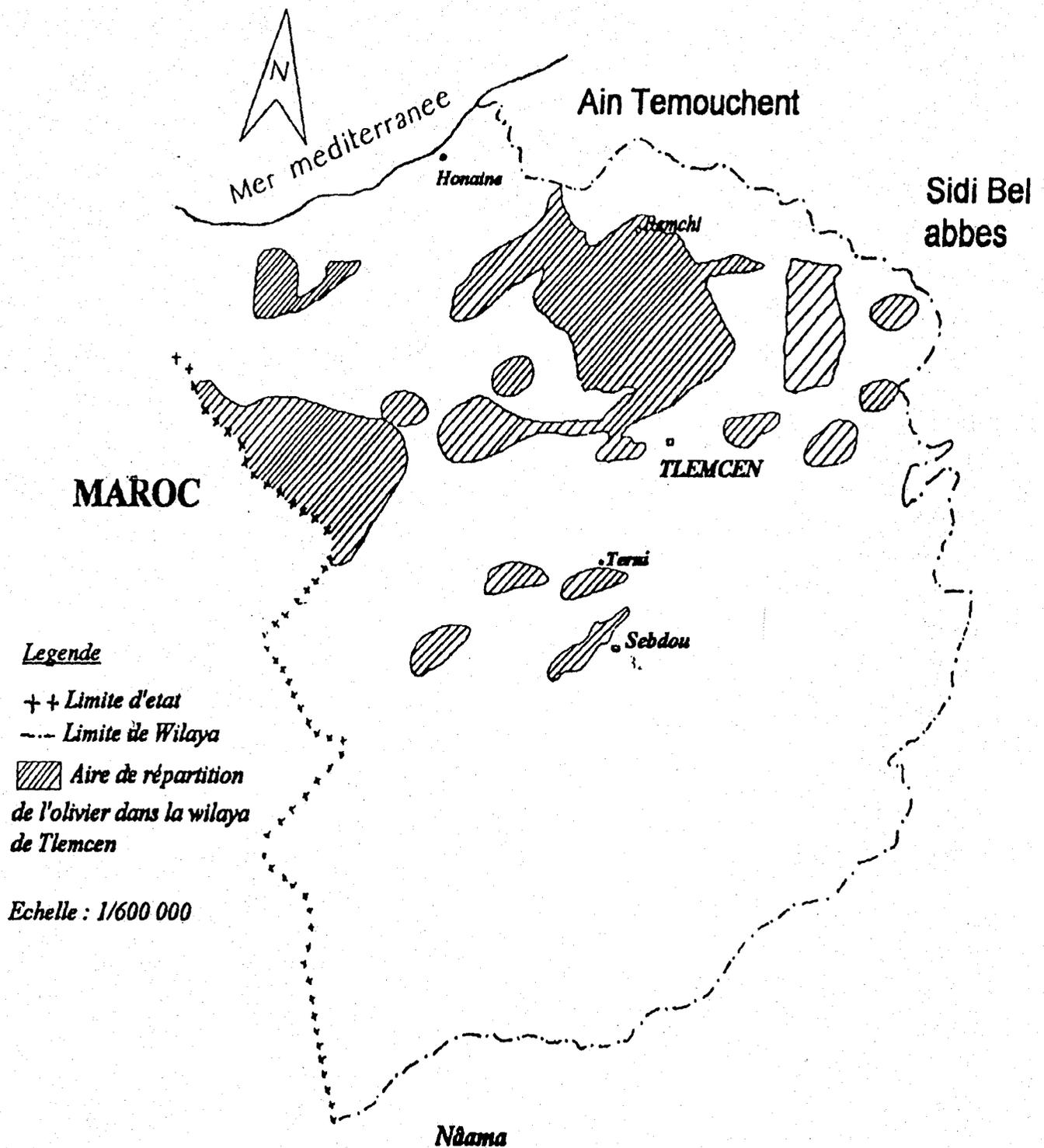


Figure 5 : Aire de répartition de l'olivier dans la wilaya de Tlemcen.
(Benaïssa, 1987).

Le type de climat exigé par l'olivier correspond au sub-humide méditerranéen selon le climagramme d'Emberger.

1.3.2. Exigences agrologiques

Les critères de choix des sols pour la plantation des oliviers tiennent compte d'une part des exigences propres de l'arbre, d'autre part du contexte géomorphologique et bioclimatique.

L'olivier est réputé pour sa rusticité qui permet la mise en valeur de terrains extrêmement pauvres, voire dégradés, à la condition qu'il puisse exploiter un volume de terre d'autant plus grand que la teneur du sol est plus faible en éléments fertilisants. La topographie et l'exposition sont deux éléments qui conditionnent l'avenir de la production. On choisira les terrains exposés au Sud où la pente ne dépasse pas 12 % pour éviter l'érosion.

1.3.3. Exigences culturales

Trop longtemps considéré comme une culture marginale, l'olivier, jusqu'à ces dernières années n'a bénéficié que de soins sommaires d'entretien. Aujourd'hui, on voit se développer une oléiculture moderne, avec les techniques suivantes :

- la multiplication par bouturage herbacé,
- l'accroissement des densités de plantation,
- le désherbage chimique du sol,
- la fertilisation et le diagnostic foliaire,
- la récolte mécanique des fruits,
- les techniques de lutte biologique et de lutte intégrée.

Les techniques culturales à développer en oléiculture sont :

- L'entretien du sol par élimination de la végétation spontanée qui concurrence les oliviers pour l'eau et les nutriments (Claridge et Walton, 1992) ; par amélioration de la perméabilité du sol, aération de ce dernier par les travaux aratoires, incorporation de matière organique et d'engrais phosphotassiques au sol.
- L'irrigation des vergers oléicoles est nécessaire dès l'élévation des températures printanières en mars-avril pour favoriser la croissance des pousses printanières et pendant la période estivale pour diminuer les déperditions d'eau et permettre la sclérisation du noyau;
- La taille des oliviers. Au cours de la vie de l'arbre, il existe plusieurs types de taille ayant chacun des objectifs bien précis :
 - La taille de formation s'effectue sur de jeunes arbres en cours de croissance pour orienter le développement de la charpente et hâter l'entrée en production.
 - La taille de fructification maintient un équilibre entre le développement de la frondaison et l'alimentation.
 - La taille de rajeunissement permet la naissance régulière de jeunes rameaux fructifères en éliminant les rameaux âgés.
 - La taille de régénération est plus sévère que la précédente. Elle s'effectue sur des arbres âgés pour rénover toute la charpente qui formera une nouvelle frondaison.

- Les traitements curatifs. Il s'agit d'une méthode de lutte par pulvérisations d'insecticides endotherapiques ayant pour effet d'enrayer les attaques des ravageurs.

Les produits utilisés sont des insecticides endotherapiques ayant pour effet d'enrayer les attaques des ravageurs. Les produits les plus employés sont les suivants :

Fenthion 50 g/100 litres d'eau
 Diméthoate 30 g/100 litres d'eau
 Formothion 40 g/100 litres d'eau
 Phosphamidon 30 g/100 litres d'eau.

1.4. Ravageurs et maladies de l'olivier

Faustino de Andres Cantero (1965) recense 250 parasites divers comprenant 90 champignons, 5 bactéries, 3 lichens, 4 mousses, 3 angiospermes, 11 nématodes, 110 insectes, 13 arachnides, 5 oiseaux et 4 mammifères mais on ne retiendra que ceux qui causent d'importants dégâts, estimés à 15 % de la production mondiale, ce qui impliquerait une perte de 500 millions de dollars U.S. (Lousset et Brousse, 1978).

Claridge et Walton (1992) ont répertorié 18 insectes ravageurs connus pour attaquer et endommager les oliviers en Méditerranée mais les plus importants sont *Bactrocera* (= *Dacus*) *oleae*, *Prays oleae*, et *Saissetia oleae* ; les autres tels que *Phlaetribus scarabeioides*, *Liothrips oleae*, ... peuvent également causer de graves dommages dans certains biotopes favorables particulièrement si les oliviers sont mal entretenus ou affaiblis par le froid et le gel.

Ces ravageurs entraînent une réduction du nombre et de la taille des fruits, et une diminution conséquente de la production et de la qualité des fruits et de l'huile. En zone méditerranéenne, on peut rencontrer une dizaine de ravageurs et une demi-douzaine de maladies fongiques graves.

1.4.1. Les ravageurs

Les principaux ravageurs de l'olivier à large aire de dispersion sont :

Coléoptères : *Hylesinus oleiperda* Bern.
Phloetribus scarabeoïdes Bern.

Diptères : *Clinodiplosis oleisuga* Targ.
Bactrocera (= *Dacus*) *oleae* Gmel.

Lépidoptères : *Prays oleae* Bern.
Zeuzera pyrina L.

Hémiptères : *Euphyllura olivina* Costa.
Parlatoria oleae Colv.
Saissetia oleae Bern.

Thysanoptères : *Liothrips oleae* Costa.

À Bouira en Kabylie, Hamach (1985) a trouvé 9 espèces de ravageurs. Nos études n'ont permis de ne capturer que 5 espèces, *Saissetia oleae* étant absente. Ce ravageur exige une hygrométrie élevée alors qu'une grande sécheresse a sévi en Algérie depuis plusieurs années (Gaouar, 1989).

Au sein de la biocénose de l'olivier, *Bactrocera oleae* semble être le plus important et le plus constant. Son aire de répartition s'étend au delà de la région méditerranéenne. Son étude détaillée a été présentée antérieurement.

Connu sous le nom de "teigne de l'olivier", *Prays oleae* cause de graves dommages en oliveraie. Il est très difficile à déceler ; les dégâts causés par sa larve peuvent être aussi importants que ceux causés par la larve de *B. oleae*. Le cycle biologique de ce ravageur présente trois générations successives de chenilles, ayant des habitats bien particuliers :

- la première génération dite hivernante est phyllophage ; elle se développe sur les fruits ayant la taille d'un grain de blé ;
- la deuxième génération, printanière est anthophage et se développe sur le calice des bourgeons floraux ;
- la troisième, carpophage, est estivale et se développe sur les fruits ayant la taille d'un grain de blé.

Les pertes imputables à la teigne seraient de 30 à 40 %. Comme pour *B. oleae*, la lutte contre *Prays oleae* se fait à l'aide d'insecticides.

La cochenille *Saisseta oleae*, de l'ordre des Homoptères, appartient à la famille des Lécánines. En absorbant des quantités appréciables de sève, une forte population de cochenilles affaiblit l'arbre qui peut se défolier complètement et dépérir. S'ajoute très souvent une prolifération de fumagine, champignon se nourrissant du miellat sécrété par la chenille. Comme pour les deux précédents ravageurs, la lutte est essentiellement chimique.

1.4.2. Les maladies fongiques et bactériennes

Les altérations et les dégâts causés par les champignons et les bactéries sont moins importants que ceux causés par les insectes. Les principales maladies sont :

- l'oeil de paon : dû au *Cyclonium oleaginum*, il cause des défoliations importantes ;
- la fumagine : causée par plusieurs champignons tels que *Capnodium*, *Cladosporium* et *Alternaria* qui s'installent sur les miellats de certains ravageurs (cochenilles ou psylles). Ils forment un écran noir sur les feuilles ce qui perturbe l'assimilation chlorophyllienne : l'arbre dépérit par asphyxie.
- la verticilliose : due à *Verticillium dahliae*. Ce cryptogame n'affecte généralement qu'une partie de l'arbre, les feuilles de cette partie se recroquevillent puis se dessèchent. Sur les ramifications atteintes, les feuilles, les fleurs et les fruits restent suspendus malgré l'atteinte des racines et du système vasculaire.
- le chancre ou tuberculose de l'olivier causé par *Pseudomonas savastanoi* diminue la vigueur de l'olivier. Actuellement, il n'existe pas de moyens de lutte curatifs pour faire disparaître ou atténuer les effets de la maladie.

2. Sites d'expérimentation

La région de Tlemcen est située au Nord-Ouest de l'Algérie, entre 34° et 35°21' de latitude Nord et 0°12' et 2°30' de longitude Ouest.

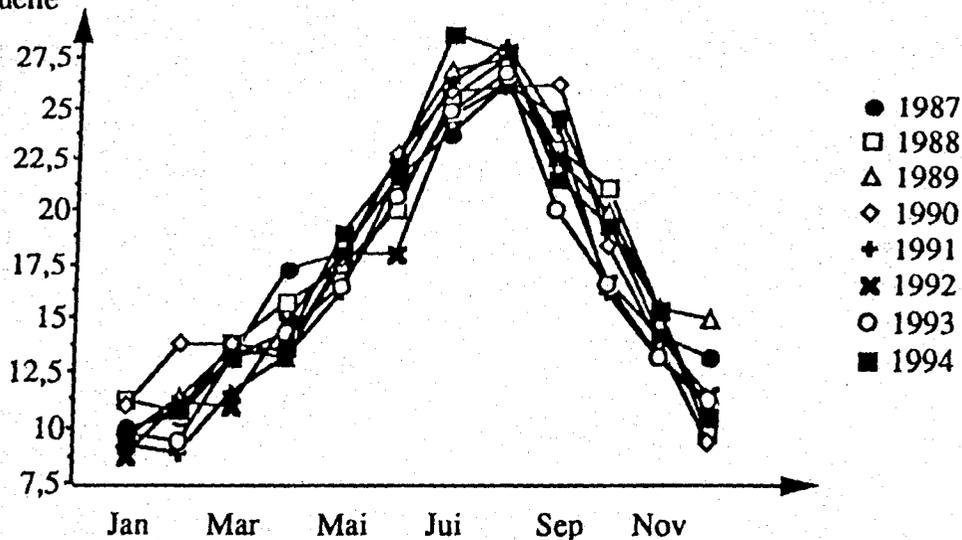
Mois	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Janvier	9,9	11,2	9,5	11,0	9,2	8,7	9,7	9,7
Février	10,5	10,7	11,3	13,8	8,8	11,1	9,3	10,8
Mars	13,1	13,8	13,5	13,8	11,6	11,0	13,1	13,1
Avril	17,2	15,6	13,2	13,4	13,1	14,7	14,3	13,7
Mai	17,9	17,3	17,4	17,7	15,1	18,0	16,3	18,9
Juin	21,6	20,1	22,7	22,7	21,8	17,9	20,7	22,3
Juillet	23,7	25,6	26,9	25,8	26,3	24,6	24,8	28,8
Août	26,2	27,5	27,5	26,1	28,2	26,2	26,8	27,9
Septembre	24,6	23,0	22,5	26,2	24,1	22,6	20,1	21,5
Octobre	19,4	21,0	19,9	18,3	16,1	16,6	16,5	19,3
Novembre	14,2	15,3	15,4	13,8	13,1	14,2	13,1	15,2
Décembre	13,1	9,7	14,9	9,3	10,9	11,4	11,2	10,5

Tableau 1 : Températures moyennes mensuelles de 1987 à 1994, enregistrées à la station météorologique de Saf-Saf.

Mois	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Janvier	58,2	40,0	19,3	149,8	52,0	34,3	0,5	113,7
Février	232,7	44,0	26,8	0	70,9	20,2	76,7	79,1
Mars	21,7	6,0	150,2	20,9	190	150,6	22,3	7,6
Avril	4,0	46,0	56,2	73,2	5,2	50,2	78,2	30,4
Mai	14,3	30,1	33,3	45,5	28,2	122,9	108,0	18,0
Juin	3,0	6,7	0,8	9,3	1,9	28,4	1,3	0,1
Juillet	39,1	0,6	0	3,7	1,8	1,4	0	9,6
Août	1,3	0	1,5	0,1	0,2	0,6	0,3	0,2
Septembre	5,0	15,0	10,8	15,5	43,3	0,9	13,9	1,8
Octobre	37,0	16,0	3,0	26,2	80,0	17,4	7,1	2,1
Novembre	44,0	45,0	25,4	48,3	23,0	42,4	77,0	0,3
Décembre	42,0	10,0	27,5	76,8	39,8	36,6	13,8	11,4

Tableau 2 : Pluviométries moyennes mensuelles de 1987 à 1994, enregistrées à la station météorologique de Saf-Saf.

Température moyenne mensuelle



Pluviométrie moyenne

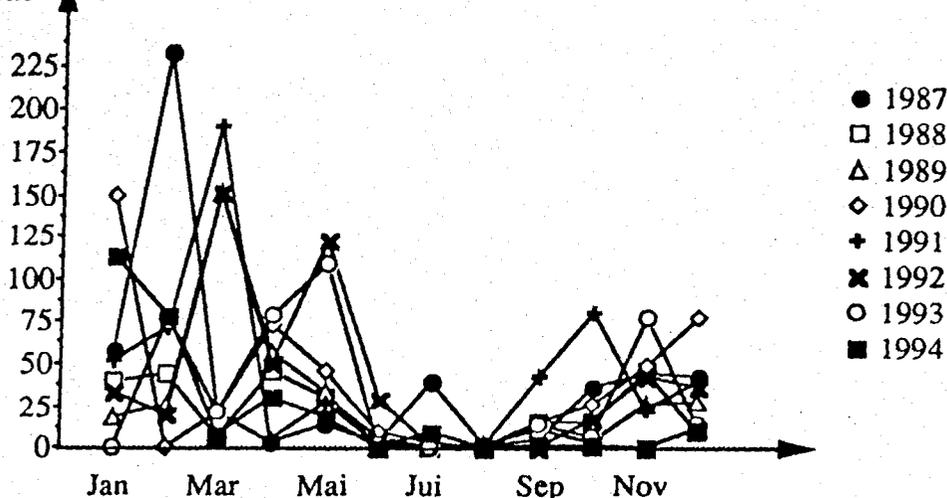


Figure 6 : Températures et pluviométries moyennes mensuelles, de 1987 à 1992, à Tlemcen.

Le climat de Tlemcen, de type méditerranéen, est caractérisé par un été chaud et sec dont les températures moyennes en juin, juillet et août sont respectivement de 23. °C, 24.9 °C et 26.2 °C, durant la période 1985-1994 (Tab. 1) et les précipitations sont de 8.2, 5.8 et 0.8 mm pour ces mêmes mois et cette même période (Tab. 2). De plus, les siroccos, ces vents du Sud très chauds et secs, constituent un facteur limitant de toute première importance pour le développement des insectes (dont le ravageur *B. oleae*), par leurs températures très élevées, variant de 40 à 45 °C durant plusieurs heures, voire plusieurs jours et leur humidité relative très faible, inférieure à 40 %. L'hiver est froid avec une moyenne de 9.1 °C en janvier (Tab. 1 ; Fig. 6A). La pluviométrie annuelle a varié de 260 à 637 mm, de 1987 à 1994 (Tab. 2 ; Fig. 6B).

Bagnouls et Gaussen (1953) ont optimisé l'utilisation des valeurs des précipitations et des températures en les représentant ensemble dans un diagramme ombrothermique pour pouvoir suivre leur évolution simultanée afin de déterminer la période sèche d'une région donnée. À Tlemcen, la période de sécheresse dure 4 à 6 mois, de mai à septembre (Fig. 7).

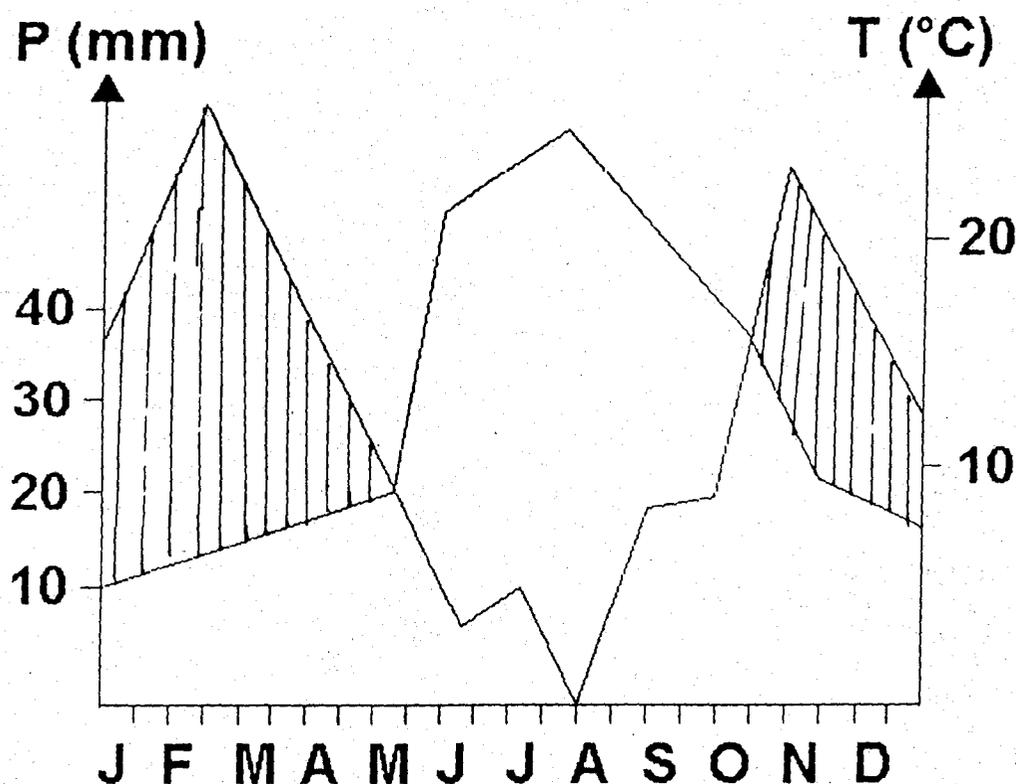
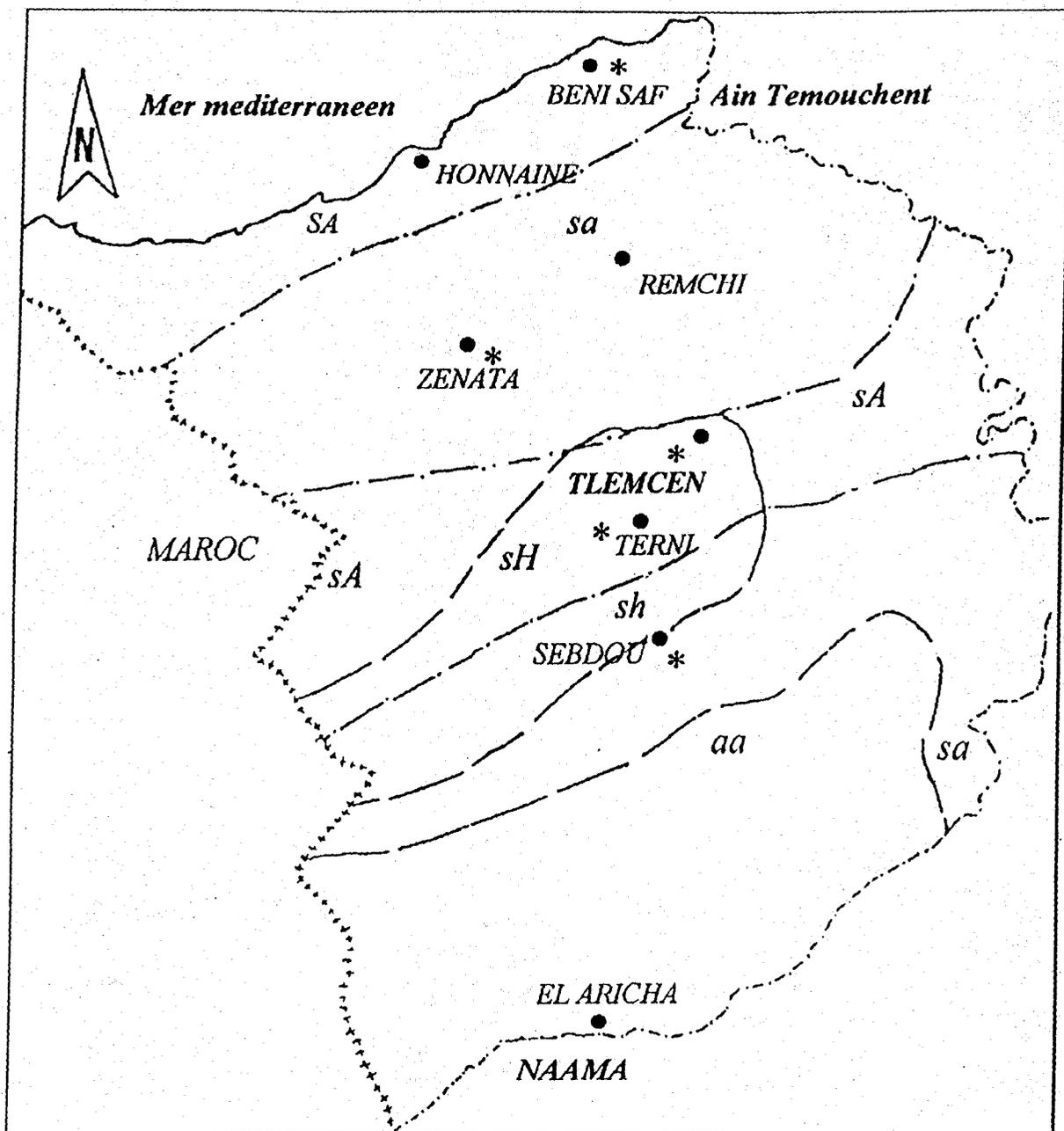


Figure 7 : Diagramme ombrothermique de la région de Tlemcen

De 1987 à 1989, les observations ont été effectuées dans la région de Tlemcen. Cinq sites ont été choisis suivant leur altitude et leur distance à la Mer Méditerranée, ils correspondent à l'aire de distribution de l'olivier dans la région. En 1989, seuls les sites de Tlemcen et Remchi ont été observés. Le site de Honaine, distant de 3 km de la mer est à 68 m d'altitude, il appartient à l'étage bioclimatique du semi-aride chaud (Gaouar et Bouabdallah, 1980). Remchi (248 m), situé à 30 km du littoral, est classé dans l'étage aride tempéré ; Tlemcen (810 m), à 50 km de la Méditerranée, appartient au sub-humide tempéré, Terni (1200 m), à 60 km du littoral correspond au sub-humide froid et Seb Dou (890 m), à 70 km, au semi-aride froid (Fig. 8). Leur appartenance bioclimatique s'accorde également à celle du climatogramme d'Emberger (1952).



Legende:

Etages	Sous - etages			
	Froid	Frais	Doux	Chaud
humide	hh	hH	Hh	HH
Sub-humide	sh	SA	Sa	SA
Semi-aride	sa	SA	Sa	SA
Aride	aa	aA	Aa	AA
saharien			Sah	

- — Limite d'etage bioclimatique
- - - Limite de Sous-etage
- * Stations climatiques de référence
- - - - Limite d'etat
- - - - - Limite de wilaya

Figure 8 : Carte bioclimatique de la wilaya de Tlemcen (d'après Gaouar et Bouabdallah, 1980)

De 1990 à 1994, les travaux ont été effectués dans la commune de Mansourah (830 m), située à 3 km à l'Est de Tlemcen-ville. Du point de vue géologique et pédologique, la région de Tlemcen repose sur des dolomies ; elle est caractérisée par un sol brun-rouge fersiallitique, colluvionné et secondairement carbonaté, riche en alcalino-terreux dus à la présence des dolomies, ce qui lui confère un bilan hydrique favorable et une bonne fertilité (Gaouar, 1980 ; Dahmani, 1984). L'érosion facilitant le transport, fait de Mansourah une zone d'accumulation où le milieu semi confiné marque les principaux processus de pédogenèse (Fig. 9). Ce type de sol convient parfaitement à l'olivier, d'où son abondance dans cette région.

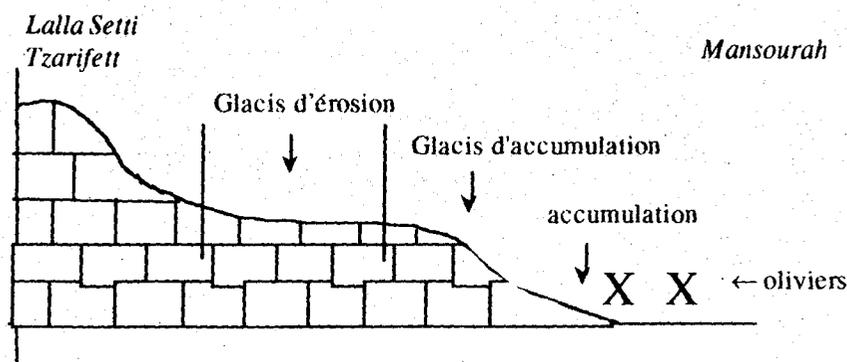


Fig. 9 : Pédogenèse de la région de Mansourah (Gaouar, 1980).

3. Acquisition des données

Les échantillonnages ont été effectués durant la période oléicole, de mai à décembre, à quatre niveaux :

- le site
- le verger
- l'arbre
- le fruit.

Le choix des parcelles s'est basé sur plusieurs critères tels que :

- un nombre important d'oliviers par verger ;
- la disposition régulière des arbres dans les parcelles ;
- un nombre élevé de fruits par arbre ;
- l'absence de traitement phytosanitaire depuis plusieurs années.

Dans un même site, les parcelles étudiées de 1987 à 1989 diffèrent d'une année à l'autre, selon la disponibilité des olives.

Les prélèvements ont été effectués suivant les règles de l'échantillonnage aléatoire ; deux arbres non contigus étaient choisis au hasard à chaque date d'observation mais éliminés des tirages suivants ; chaque arbre n'a donc pas été échantillonné deux fois la même année. Deux variétés d'olives ont été étudiées dans chaque parcelle : Sigoise à gros fruits et Chemlal à petits fruits.

De 1990 à 1994, toutes les observations ont été effectuées à Mansourah dans trois parcelles (notées A, B et C) comportant respectivement 423, 240 et 249 oliviers appartenant tous à la variété Sigoise. Ces vergers sont principalement entourés par d'autres oliveraies et des cultures céréalières (Fig. 10). Durant cette période, nous avons

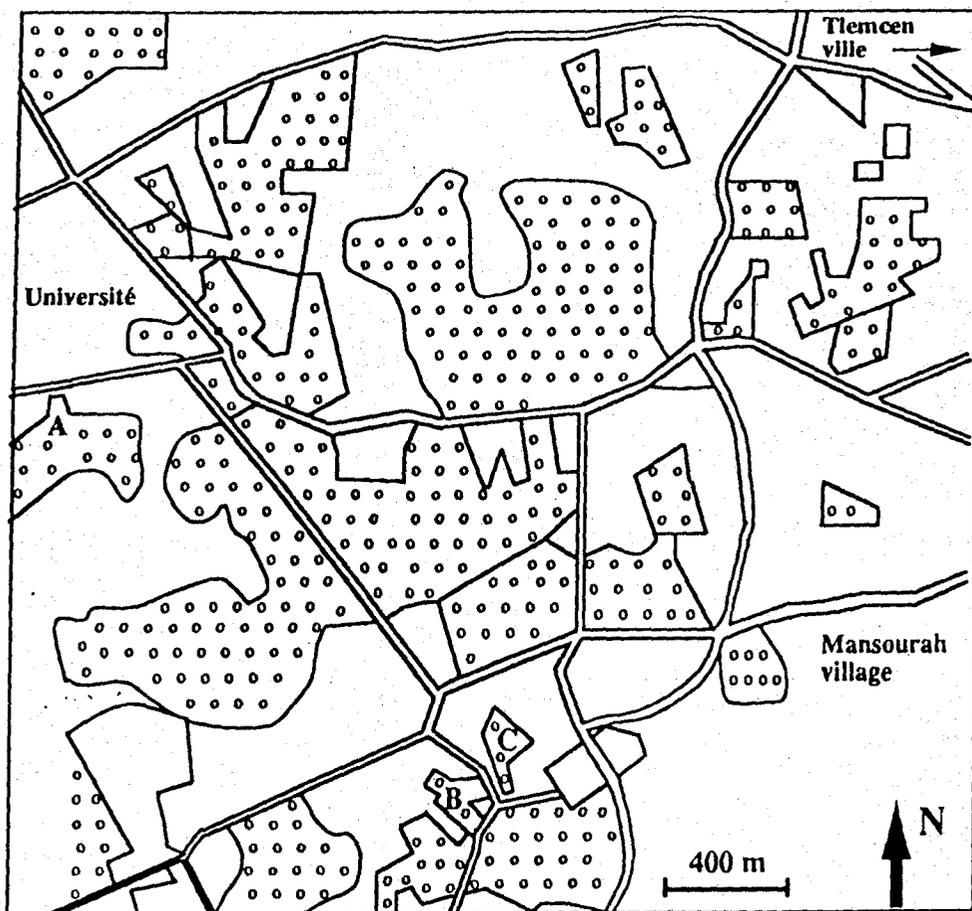


Figure 10 : Carte des vergers d'oliviers à proximité de la ville de Tlemcen et du village de Mansourah. A, B et C représentent les trois vergers choisis pour l'étude.

o : plantations d'oliviers.

opté pour l'échantillonnage systématique, plus apte à détecter les structures spatiales. Il offre plusieurs avantages pratiques et théoriques : plus facile à réaliser dans la nature, capable de déceler plusieurs échelles d'hétérogénéité dans un habitat, il réduit fortement l'intensité d'échantillonnage quand les structures de la population sont connues (Debouzie et Thioulouse, 1986). En effet, Chessel (1978), Thioulouse *et al.* (1984) ont montré que la recherche des structures spatiales internes à chaque champ exclut d'emblée l'échantillonnage aléatoire, inadapté par nature pour répondre à cet objectif puisqu'il néglige, lors des traitements de données, les coordonnées spatiales des échantillons.

Dans nos parcelles dont les oliviers sont rangés en lignes et colonnes, nous avons procédé à des échantillonnages systématiques à deux dimensions où les unités (arbres) sont réparties régulièrement sur une grille (échantillons alignés). L'intensité

d'échantillonnage est définie comme le rapport du nombre d'arbres échantillonnés au nombre total d'oliviers dans le verger. Supposons qu'elle soit de 1/12, correspondant au tirage d'un arbre tous les 4 dans le sens des lignes et tous les 3 dans celui des colonnes. Le premier arbre échantillonné est tiré au hasard parmi les 12 arbres d'un coin de la parcelle. Les autres arbres échantillonnés sont choisis à partir de ce premier élément, en tirant systématiquement 1 arbre sur 4 dans le sens des lignes et 1 sur 3 dans le sens des colonnes.

Les parcelles A, B et C ont été échantillonnées 13, 16 et 16 fois respectivement à raison de 1 arbre sur 32 pour la parcelle A, 1 arbre sur 12 pour la parcelle B et 1 arbre sur 9 pour la parcelle C. Chaque arbre des parcelles B et C a été échantillonné une à deux fois de juillet à novembre puisqu'il y a eu 16 dates de prélèvement (12 grilles différentes en parcelle B et 9 en C).

3.1. Prélèvement des fruits

En juillet et août, quand les infestations sont faibles, un seul échantillon de fruits est prélevé par quinzaine ; à partir de septembre, les échantillonnages sont hebdomadaires, jusqu'à la récolte en novembre ou décembre.

De 1987 à 1989, 95 échantillons de fruits sont prélevés. Chaque échantillon de 100 olives est structuré en quatre sous-unités de 25 fruits correspondant aux quatre orientations cardinales de l'arbre, dans les cinq sites étudiés.

De 1990 à 1994, après une optimisation du protocole d'échantillonnage, (cf. partie Résultats), un échantillon a été réduit à 20 olives par arbre, à raison de 5 fruits par orientation, et le nombre d'arbres échantillonnés a été multiplié.

Nous avons pris la précaution de prélever les fruits dans chaque orientation pour éviter que les résultats ne soient biaisés par ce paramètre bien que nous avons montré qu'il n'existait pas de variations significatives entre les différentes orientations (Gaouar et Debouzie, 1991). Cependant, Bueno et Vazquez (1984) avaient trouvé que la partie sud de l'arbre était nettement plus infestée.

Les oliviers ont globalement la même hauteur au niveau d'une même parcelle puisqu'ils ont été plantés la même année. Les fruits sont prélevés à hauteur de portée, de 1.5 à 2.5 m, sauf en 1990 où trois strates ont été définies par arbre, pour étudier la répartition verticale des attaques de *B. oleae* : moins de 2 m (S_1), entre 2 et 3 m (S_2) et plus de 3 m (S_3) ; trois lots d'olives étaient prélevés par arbre.

3.2. Piégeage des adultes

Dans toute étude de l'infestation, il est indispensable de connaître la date des premières captures d'adultes, ce qui permet aussi d'appliquer avec efficacité les traitements phytosanitaires nécessaires.

Plusieurs types de pièges peuvent être utilisés pour la capture des mouches. Les avis diffèrent quant à leur efficacité. Neuenschwander et Michelakis (1979b) estiment que les pièges Mc Phail sont peu fiables car les adultes se comportent différemment vis-à-vis d'eux selon leur état physiologique : leur pouvoir attractif serait 40 fois plus élevé en août qu'en mai. Selon Delrio *et al.* (1982), Bueno et Vazquez (1982), les pièges à phéromone

sont efficaces à une distance de 80 m alors que les pièges jaunes ont un pouvoir attractif ne dépassant pas les limites de l'arbre auquel ils sont accrochés. Cependant, Economopoulos (1986) a obtenu de bons résultats en appâtant les pièges jaunes avec un hydrolysate de protéines.

Nous avons utilisé des pièges Mc Phail appâtés d'une solution de diphosphate d'ammonium à 3 % ; ce choix associe efficacité, disponibilité et faible prix de revient. En effet, nous avons dû adopter un système élémentaire en remplacement des pièges classiques qui ont été dérobés dès 1987. Dans des bouteilles en plastique soigneusement nettoyées, un carré a été découpé pour permettre le passage des mouches attirées par l'odeur du diphosphate d'ammonium qui sert d'appât.

Les pièges sont placés en mai-juin, les appâts sont renouvelés chaque semaine, lors du dénombrement des adultes. En 1994, les populations d'adultes ont été suivies de janvier à décembre.

Par ailleurs, des relevés de température et d'hygrométrie ont été effectués à 10 heures le matin, à Mansourah, de juillet à décembre, en 1991 et 1992. Le thermomètre et l'hygromètre étaient fixés à la partie d'un arbre.

3.3. Estimation du taux d'infestation

Les olives prélevées sont rapportées au laboratoire, puis examinées et disséquées pour dénombrer les piqûres (depuis 1988), les œufs (de 1990 à 1992), les larves, les pupes et les trous de sortie des larves L_3 et des pupes. Les effectifs de larves et de trous de sortie ont été regroupés en une seule variable, le nombre total de larves (vues ou non). Les stades des larves trouvées n'ont pu être déterminés compte tenu de la quantité de travail à fournir entre chaque date d'échantillonnage.

Le taux d'infestation est estimé par deux indices :

- la fréquence de fruits attaqués,
- le nombre moyen de piqûres, d'œufs, de larves ou de pupes par fruit.

3.4. Analyse statistique des données

Les résultats obtenus ont été testés par des analyses de variance qui semblent être les plus adéquates pour ce type d'étude. Nous avons utilisé l'analyse de variance à un ou deux critères de classification selon les besoins, en complétant par des comparaisons multiples de moyennes.

3.4.1. Analyse de variance à un critère de classification

L'analyse de variance à un facteur sert à comparer globalement les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance, à partir d'échantillons aléatoires, simples et indépendants les uns des autres. Nous avons utilisé cette méthode pour tester l'influence de la date sur le nombre d'œufs, de larves et de piqûres ainsi que pour la distribution spatio-temporelle des attaques.

Le rapport du carré moyen calculé entre les échantillons au carré moyen résiduel CM_A/CM_E est une mesure observée du degré de fausseté de l'hypothèse nulle, la variable F de Fisher-Snedecor.

L'hypothèse nulle est rejetée si $F_{\text{observé}} > F_{\text{théorique}}$ lu dans la table de F pour $(p - 1)$ et $(N - p)$ degrés de liberté et un risque d'erreur α (5 ou 1 %). Elle est acceptée dans le cas contraire avec un risque d'erreur inconnu.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen	Test F
Entre échantillons (facteur contrôlé)	$p - 1$	SCA	CM_A	
Entre observations (erreur résiduelle)	$N - p$	SCE	CM_E	F obs.
Totaux	$N - 1$	SCT		

Tableau 3 : Analyse de variance à un facteur (Dagnélie, 1971)

avec

$$SCA = \sum_i n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \qquad CM_A = SCA / (p - 1)$$

$$SCE = \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2 \qquad CM_E = SCE / (N - p)$$

$$SCT = \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})^2 \qquad F_{\text{obs}} = CM_A / CM_E$$

3.4.2. Analyse de variance à deux critères de classification

Les deux facteurs peuvent être croisés (modèle à deux facteurs de même niveau, ayant une interaction) ou subordonnés l'un à l'autre (modèle hiérarchisé). Dans les deux cas, les modalités de ces facteurs sont fixés ; nos calculs concerneront donc les modèles fixes classiques (modèle croisé) ou mixte (modèle hiérarchique) car le facteur subordonné est de nature aléatoire. Nos conclusions ne concerneront que les modalités des facteurs considérés.

- Des facteurs peuvent être croisés si toutes les modalités de l'un peuvent être appliquées à l'autre comme pour l'étude des variations du taux d'infestation entre les stations, les variétés et l'orientation ;
- deux facteurs ne peuvent être croisés si l'un des deux est subordonné à l'autre. Ainsi le facteur "arbre" est nécessairement subordonné aux autres (stations, variétés, dates, ...). Aucune interaction n'est alors calculable.

3.4.2.1. Modèle croisé

Nous avons utilisé ce modèle pour connaître l'influence sur les taux d'infestation de la variété ou de l'orientation, de l'entretien et des traitements par insecticides, conjointement à celui de la date (comme deuxième facteur).

Principe : l'analyse décompose la somme des carrés totale en quatre termes :

- la somme des carrés due au facteur A (SCA) ;
- celle due au facteur B (SCB) ;
- celle due à l'interaction des deux facteurs (SCI) ;
- la somme des carrés résiduels (SCE) (à la condition d'avoir des répétitions pour chaque combinaison des deux facteurs).

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés des écarts	Carré moyen	F
Facteur A	$p - 1$	SCA	CM_A	F_A
Facteur B	$q - p$	SCB	CM_B	F_B
Interaction	$(p - 1)(q - 1)$	SCI	CM_I	F_{AB}
Résiduelle	$pq(n - 1)$	SCE	CM_E	
Totaux	$npq - 1$	SCT		

Tableau 4 : Analyse de variance croisée à deux facteurs (Dagnélie, 1971).
Cas où le nombre de répétitions par croisement des deux facteurs est constant et égal à n.

$$\begin{aligned}
 SCA &= nq \sum_i (\bar{x}_{i..} - \bar{x})^2 & CM_A &= \frac{SCA}{(p-1)} \\
 SCB &= np \sum_j (\bar{x}_{.j.} - \bar{x})^2 & CM_B &= \frac{SCB}{(N-p)} \\
 SCI &= \sum_{ij} (\bar{x}_{ij.} - \bar{x}_{i.} - \bar{x}_{.j} + \bar{x})^2 & CM_I &= \frac{SCI}{(p-1)(q-1)} \\
 SCE &= \sum_{ijk} (\bar{x}_{ijk} - \bar{x}_{ij.})^2 & CM_E &= \frac{SCE}{pq(n-1)} \\
 F_A &= \frac{CM_A}{CM_E} \\
 F_B &= \frac{CM_B}{CM_E} \\
 F_{AB} &= \frac{CM_I}{CM_E}
 \end{aligned}$$

On compare d'abord F_{AB} à la valeur théorique lue dans la table de F à $(p - 1)(q - 1)$ et $pq(n - 1)$.

3.4.2.2. Modèles hiérarchiques

Nous avons testé les effets de la variété, de la date ou de la station pris comme facteurs principaux, et de l'arbre comme facteur subordonné sur les différents stades de l'insecte.

Principe :

le facteur subordonné, l'arbre dans ce cas, est aléatoire en ce sens que les arbres ont été tirés au hasard au niveau du verger (cf. § 2.2.). L'autre facteur, quel qu'il soit est dit "fixe" car aucun tirage n'a été effectué ; les stations, les variétés et les dates d'observation sont fixées dès le début du travail. Le modèle statistique est appelé modèle mixte (Dagnélie, 1971) puisqu'il associe un facteur fixe et un facteur subordonné aléatoire.

Source de variation	Degrés de liberté	Somme des carrés des écarts	Variances	F
Facteur A	$p - 1$	SCA	CM_A	F_A
Facteur B (dans A)	$p(q - 1)$	SCB/A	$CM_{B/A}$	$F_{B/A}$
Variation résiduelle	$pq(n - 1)$	SCE	CM_E	
Totaux	$pqn - 1$	SCT		

Tableau 5 : Analyse de variance hiérarchisée à deux facteurs (Dagnélie, 1971).

Modèle mixte. Cas d'un même nombre n de répétitions par combinaison des deux facteurs.

$$SCT = SCA + SCB/A + SCE$$

avec

$$SCA = nq \sum_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$$

$$CM_A = SCA / (p - 1)$$

$$SCB/A = n \sum_{ij} (\bar{x}_{ij\cdot} - \bar{x}_i)^2$$

$$CM_{B/A} = SCB/A / [p(q - 1)]$$

$$SCE = \sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x}_{ij\cdot})^2$$

$$CM_E = SCE / [pq(n - 1)]$$

$$SCE = \sum_{ijk} (x_{ijk} - \bar{x})^2$$

$$F_A = CM_A / CM_E \text{ à comparer à } F(p - 1, pq(n - 1))$$

$$F_{B/A} = CM_{B/A} / CM_E \text{ à comparer à } F(p(q - 1), pq(n - 1))$$

3.4.3. La méthode des contrastes :

Pour un ensemble de p populations, on appelle contraste toute fonction linéaire des moyennes \bar{x}_i de ces populations :

$$\theta = \sum_{i=1}^p \gamma_i \bar{x}_i$$

telle que la somme des coefficients soit nulle :

$$\sum_{i=1}^p \gamma_i = 0.$$

La valeur observée ou estimée du contraste est la fonction correspondante des moyennes observées $\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_p$:

$$\hat{\theta} = \sum_{i=1}^p \gamma_i \bar{x}_i$$

Pour tester la nullité d'un contraste défini à posteriori (après examen des moyennes obtenues), il suffit de construire un intervalle de confiance de $\hat{\theta}$ et d'observer si la valeur zéro appartient à cet intervalle (auquel cas le contraste n'est pas significativement différent de zéro).

On calcule :

$$\bullet \hat{s}_{\theta}^2 = \hat{\sigma}^2 \sum_i \frac{\gamma_i^2}{n_i}$$

avec $\hat{\sigma}^2$ = variance résiduelle estimée

n_i = nombre de répétitions servant au calcul de la moyenne \bar{x}_i .

$$\bullet S = \sqrt{(p-1)F_{N-p}^{p-1}}$$

avec F = valeur de la distribution de Fisher, à $(p-1)$ et $(N-p)$ ddl. L'intervalle de confiance autour de $\hat{\theta}$ est défini par : $\hat{\theta} \pm S \hat{s}_{\theta}$.

Prenons l'exemple du nombre moyen de piqûres par fruit, en 1992 dans le verger non traité. À l'examen de la cinétique, la question se pose de savoir si la taux de piqûres, voisin aux dates 5, 6, 7 et 8, diffère de celui observé aux dates 9 et 10.

Le contraste θ est défini par :

$$\theta = \frac{1}{4} (\bar{x}_5 + \bar{x}_6 + \bar{x}_7 + \bar{x}_8) - \frac{1}{2} (\bar{x}_9 + \bar{x}_{10})$$

d'où : $\hat{\theta} = 6,484 - 9,417 = -2,933$.

Au seuil d'erreur 5 %, on a : $F_{\infty}^{15} = 1,67$

d'où : $S = 5,005$.

On a : $\hat{\sigma}^2 = 32,320$

$n_i = 20$ (quelle que soit la moyenne)

d'où $S\hat{\sigma}_\theta = 5,51$.

Comme $S\hat{\sigma}_\theta > |\hat{\theta}|$, le contraste $\hat{\theta}$ n'est pas significativement différent de zéro. Le taux moyen des piqûres (6,48) aux dates 5, 6, 7 et 8 ne diffère pas significativement de celui observé (9,42) aux dates 9 et 10.

3.4.4. Indice de Geary

La corrélation entre deux points voisins (ou deux placettes) est appelée auto-corrélation spatiale. L'indice d'auto-corrélation spatiale de Geary (1954) a été adapté aux grilles des placettes contiguës par Chessel (1981) ; on calcule :

$$Z = \frac{(N-1) \sum_{ij} W_{ij} (Y_i - Y_j)^2}{2 \sum_i (Y_i - \bar{Y})^2}$$

où Y_i et Y_j sont les valeurs de la variable mesurée aux points P_i et P_j ,

W_{ij} est une valeur associée au couple de points (P_i, P_j) :

si P_i et P_j sont voisins, c'est-à-dire appartiennent au même bloc, $W_{ij} = 1$.

si P_i et P_j ne sont pas voisins, donc appartiennent à des blocs différents, $W_{ij} = 0$.

Sous l'hypothèse d'absence de structures spatiales, on peut calculer l'espérance $E(Z)$ et la variance $V(Z)$ de Z (Chessel, 1981).

L'indice de Geary $I_G = \frac{E(Z) - Z}{\sqrt{\text{var}(Z)}}$ suit approximativement une loi normale $N(0, 1)$

si la distribution des Y est aléatoire.

Si $|I_G| < 1,96$, la variabilité mesurée aux points P_i et P_j ne diffère pas significativement de celle mesurée sur l'ensemble des données ; la distribution de Y est supposée aléatoire.

L'intérêt de ce test réside dans la possibilité d'étudier la variabilité totale des mesures en deux points voisins par rapport à la variabilité totale des mesures à plusieurs échelles successives et pour des variables qualitatives quelconques. La relation de voisinage est la relation de voisinage "par bloc".

Le principe de l'extension proposé par Chessel (1981) consiste à faire varier la taille des regroupements (ou blocs) et de chercher à quelle(s) taille(s) I_G est maximal. Cette taille correspond à une échelle d'hétérogénéité. De plus, cette technique permet d'utiliser des blocs de forme quelconque, complets ou incomplets, chevauchants ou disjoints. Cette souplesse en fait un outil remarquablement puissant, bien adapté à l'analyse du type de données dont nous disposons : grilles de dénombrements d'insectes par parcelle, grilles de petite taille et de forme parfois irrégulière.

Dans l'étude des infestations des vergers, notre objectif principal en utilisant l'indice de Geary vise à rechercher l'existence de parties des vergers attaquées préférentiellement à une date donnée, ou l'existence de gradients d'attaque, ce qui traduirait une colonisation par des femelles provenant d'autres vergers.

3.4.5. Analyse en composantes principales (ACP)

Une analyse multivariée en composantes principales (ACP) a été utilisée pour comparer les échantillons d'huile selon les 12 variables mesurées (cf. § 4.2.1.).

L'un des objectifs de l'ACP est de résumer la plus grande partie de la variabilité des données en un nombre plus réduit de variables synthétiques, appelées composantes principales ou facteurs. La technique de l'ACP consiste à chercher des combinaisons linéaires des variables mesurées, de variance maximales : chaque individu i ($1 \leq i \leq n$) peut être représenté par un point M_i dans R^n . Dans l'ACP, on associe à chaque point une abscisse Z_i sur un axe telle que $\sum Z_i^2$ soit maximale.

La première composante principale de l'ACP correspond au grand axe de l'ellipsoïde (formée par les points M_i) ; la seconde composante principale au second axe qui est perpendiculaire au premier, ainsi de suite pour les autres axes. Les calculs s'effectuent sur les variables centrées lorsque les variances des P variables diffèrent peu entre elles ; c'est la matrice S symétrique des variances et covariances estimées qui est alors diagonalisée. Dans le cas contraire (variances très différentes, ce qui correspond à notre situation), la matrice C des corrélations estimées est utilisée ; il s'agit alors d'une ACP normée.

La diagonalisation de C conduit au calcul de ses valeurs propres rangées ensuite par ordre décroissant, puis des vecteurs propres correspondants qui définissent les axes factoriels. Les valeurs des variables pour chaque individu sont alors projetées sur le premier axe, puis le second, etc... pour obtenir les coordonnées factorielles des lignes.

On calcule aussi les coordonnées factorielles des variables qui, dans le cas d'une ACP normée, sont toutes comprises entre -1 et $+1$ et sont intérieures à un cercle dit de corrélation. L'interprétation des facteurs s'appuie sur la représentation des variables dans le cercle précédent : des coordonnées factorielles sur F_1 proche de -1 ou de $+1$ témoignent que la variable correspondante contribue fortement à définir F_1 .

4. Étude quantitative et qualitative des dégâts sur l'huile d'olive

Les dégâts occasionnés par le ravageur *B. oleae* ont été évalués à partir de trois échantillons d'huile extraite de trois lots de 5 kg d'olives provenant d'un même verger (la parcelle B) :

- le premier lot A, contient des fruits sains ;
- le deuxième B, comporte des fruits prélevés au hasard, présentant un taux d'infestation qui reflète celui du verger, soit 40 % ;
- le troisième C, comporte des olives infestées, présentant au moins un trou de sortie.

Les résultats ainsi obtenus ont permis d'évaluer l'impact de ce phytophage dans notre région.

4.1. Étude quantitative

Pour évaluer le rendement de chaque type d'huile, nous avons procédé à la trituration puis l'extraction des huiles par un oléodoseur ; ces opérations ont eu lieu à la coopérative oléicole de Tlemcen. Après l'extraction, les huiles ont été minutieusement pesées.

4.2. Étude qualitative

Les principales analyses physico-chimiques ont été pratiquées durant la quinzaine qui a suivi l'extraction, selon les recommandations de l'A.O.C.S. (American Oil Chemist's Society). Les trois échantillons ont subi le même conditionnement dans des bouteilles en verre, hermétiquement fermées, opaques et gardées à la même température (20 °C en moyenne).

Les analyses chimiques sont basées sur l'extraction des acides gras de l'huile par l'alcool froid et le titrage des acides en solution alcoolique. Les trois échantillons ont été conservés trois mois pour suivre la cinétique de l'acidité libre ; le taux d'acidité a été mesuré à quatre reprises : dans la quinzaine qui a suivi la trituration, un mois, deux mois et trois mois après. Toutes les mesures ont été répétées trois fois. La composition en acides gras des trois échantillons a été appréhendée par chromatographie en phase gazeuse (C.P.G.) en utilisant la colonne capillaire CPSi15.

4.2.1. Analyses physico-chimiques

4.2.1.1. Indice d'Acide (méthode à l'éthanol)

L'indice d'Acide (I.A.) est le nombre de mg d'hydroxyde de potassium nécessaire à la neutralisation des acides libres contenus dans un gramme d'huile.

Principe : il consiste à neutraliser des acides libres par une solution éthanolique de KOH titrée. Le corps gras en s'hydrolysant naturellement donne naissance à des acides gras libres et du glycérol. Ce dernier, dans la plupart des corps gras, est détruit rapidement au cours du stockage.

La mesure de l'acidité libre d'un corps gras est l'un des meilleurs moyens pour mettre en évidence son altération par hydrolyse.

Mode opératoire : la prise d'essai doit peser entre 5 et 10 g pour l'huile d'olive, conformément aux normes données par l'A.O.C.S. :

Indice d'Acide présumé (mg de KOH/g d'huile)	Masse de la prise d'essai	Précision de la prise d'essai
< 1	20	0,0020
1 à 4	10	0,0010
4 à 15	10 à 15	0,001
15 à 75	0,5	0,002
> 75	0,1	0,002

Introduire la prise d'essai d'huile d'olive dans un ballon de 250 ml, ajouter 100 ml d'éthanol à 95 %, précédemment neutralisé par un solution de KOH. Porter à ébullition puis arrêter le chauffage. Titrer, en agitant vigoureusement, avec la solution éthanolique de KOH 0.1 N, en présence de phénolphtaléine éthanolique à 1 % jusqu'à l'obtention d'une coloration rose.

Calcul :
$$I.A. = \frac{28.2 \times V \times F}{M}$$

28.2 = poids moléculaire de l'acide oléique

V = volume de KOH nécessaire au titrage (en ml)

M = masse de l'échantillon en g

F = moyenne de tous les facteurs "F" trouvés

$$F = \frac{\text{vol. exact de H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \text{ à } 0.1 \text{ N}}{\text{vol. titré de KOH à } 0.1 \text{ N}}$$

F est toujours compris entre 0.99 et 1.05.

4.2.1.2. Absorbance dans l'ultraviolet

Principe : mesure spectrophométrique de l'absorbance dans l'U.V. d'une dilution appropriée du corps gras dans un solvant optiquement vide.

Mode opératoire : mettre 0,5 g d'huile filtrée dans une fiole de 250 ml. Compléter au trait de jauge avec du cyclohexane. Placer dans le spectrophomètre à prisme ou à réseaux. Les absorbances sont ainsi déterminées aux longueurs d'onde 270 nm et 232 nm. Le spectre est pris entre 225 et 300 nm.

Si l'absorbance est inférieurs à 0.2, recommencer la mesure sur une solution plus concentrée, si elle est supérieure à 0.8, recommencer la mesure sur une solution plus diluée.

Calcul :
$$E_{1\text{cm}}^{1\%} = A \frac{\lambda}{c}$$

avec A = absorbance mesurée à la longueur λ

C = concentration de la solution (en g/100 ml)

λ = 232 nm ou 270 nm.

4.2.1.3. Densité relative (d à 20° C)

Principe : c'est le rapport de la masse d'un certain volume d'huile à 20° C, à la masse d'un égal volume d'eau distillée à la même température.

Mode opératoire : à l'aide d'une balance analytique, effectuer des pesées successives de volumes égaux d'huile et d'eau à la température de 20° C.

Peser une fiole jaugée de 5 ml, la remplir d'eau distillée puis la reposer. Vider la fiole et la sécher pour la remplir ensuite d'huile d'olive et la peser.

Calcul : la densité relative d^{20} est donnée par la formule : $d = \frac{M_2 - M_0}{M_1 - M_0}$

avec M_0 = masse (en g) de la fiole vide
 M_1 = masse (en g) de la fiole remplie d'eau
 M_2 = masse (en g) de la fiole remplie d'huile.

4.2.1.4. Indice de Saponification

L'indice de Saponification (I.S.) d'un corps gras est le nombre de mg de KOH nécessaire pour neutraliser les acides libres et saponifier un g d'huile.

Principe : la saponification est la réaction d'hydrolyse alcaline d'esters d'acides gras et du glycérol.

Mode opératoire :

- ajouter à la prise d'huile 25 ml de la solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (KOH) à 0.5 N ;
- porter à ébullition tout en agitant, arrêter le chauffage au bout d'une heure ;
- ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine ;
- doser par la solution titrée d'acide chlorhydrique (HCl) 0.5 N en agitant constamment jusqu'à décoloration persistante.

Remarque : Parallèlement à cette opération est réalisé un essai à blanc dans les mêmes conditions.

Calcul :
$$I.S. = \frac{V_0 - V}{P} \cdot 28 \cdot F.$$

V_0 = volume de HCl (0.5 N) pour l'essai à blanc témoin

V = volume de HCl (0.5 N) pour l'échantillon à analyser

P = poids de l'échantillon

F = moyenne des facteurs "F"

avec $F = \frac{\text{vol. exact des NaOH (0.5 N)}}{\text{vol. titré de HCl (0.5 N)}}$

Répétabilité : la différence entre les résultats de deux déterminations simultanées ou successives, effectuées par le même analyste, sur le même échantillon pour essai, ne doit pas dépasser 0,5 mg KOH/g d'huile d'olive.

4.2.1.5. Indice de réfraction (n_d^t)

L'indice de réfraction d'une huile est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée passant de l'air dans l'huile maintenue à température constante.

Principe : suivant le réfractomètre utilisé, soit mesurer directement l'angle de réfraction, soit observer la limite de réflexion totale, l'huile étant maintenue dans les conditions d'isotropisme et de transparence.

Mode opératoire : – utiliser un réfractomètre classique qui permet la lecture d'indices de réfraction situés entre 1.3000 et 1.7000 avec une précision de ± 0.0002 ;

– ajuster l'appareil de manière à donner, à la température t de 20°C , les indices de réfraction suivants :

1.330 pour l'eau distillée

1.361 pour l'éthanol ;

– introduire l'échantillon, attendre que la température t soit stable pour effectuer la lecture.

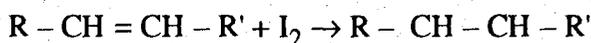
Calcul : $n_d^t = n_d^{t'} + 0.00035 (t' - t)$

avec $n_d^{t'}$ = valeur de lecture à la température t' à laquelle a été effectuée la détermination.

4.2.1.6. Indice d'Iode

L'indice d'Iode (I.I.) d'une matière grasse est le nombre de pourcentage d'Iode fixé sur les doubles liaisons des acides gras insaturés contenus dans cette matière grasse.

Principe : les acides gras insaturés sont des acides éthyléniques possédant une ou plusieurs double liaisons. L'iode se fixe sur ces doubles liaisons selon l'équation suivante :



soit une molécule d'iode par double liaison.

L'indice d'Iode est donc une caractéristique de l'insaturation d'un acide gras ou d'un ester.

L'iode se fixe lentement ; on le remplace par l'un de ses dérivés monobromure ou monochlorure d'Iode, pour que ce soit plus rapide. On opère en présence du réactif de "Hanush".

Mode opératoire : dans un flacon de 300 ml, à large ouverture, bouché à l'émeri, introduire 0,3 g d'huile d'olive, la dissoudre dans 10 ml de tétrachlorure de carbone et y ajouter 25 ml de liqueur de "Hanush". Boucher, agiter et laisser le flacon une heure dans l'obscurité. Ajouter ensuite 20 ml d'une solution d'iodure de potassium à 10 %, 100 ml d'eau distillée et titrer l'iode libéré avec

une solution de thiosulfate (0.1 N). Simultanément, effectuer un essai à blanc.

Calcul :
$$I.I. = \frac{v_0 - v}{p} \cdot F \cdot 1,269$$

v_0 = volume (en ml) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.1 N) nécessaire pour titrer l'essai à blanc

v = volume (en ml) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.1 N) nécessaire pour titrer l'échantillon

p = prise d'essai (en g) de l'échantillon

1.269 = l'équivalent gramme de l'Iode (en g)

Répétabilité : la différence entre les résultats de deux déterminations, effectuées simultanément ou successivement par le même analyste, ne doit pas dépasser 0,4 g d'Iode/100 g d'huile.

4.2.1.7. Indice de Peroxyde

L'indice de peroxyde est la quantité de produit présent dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalent d'oxygène actif par kg, oxydant l'Iodure de potassium dans les conditions de laboratoires décrites.

Principes : traitement d'une prise d'essai, en solution dans l'acide acétique et du chloroforme, par une solution d'Iodure de potassium. Le titrage de l'Iode libéré se fait par une solution titrée de thiosulfate de sodium.

Mode opératoire : dans un flacon, peser exactement 2 g d'huile, ajouter 10 ml de chloroforme. Dissoudre rapidement la prise d'essai en agitant, ajouter 15 ml d'acide acétique, puis 1 ml de la solution d'Iodure de potassium. Boucher aussitôt le flacon, l'agiter pendant 1 mn et le laisser 1 mn à l'abri de la lumière à une température comprise entre 15 et 25° C. Puis ajouter 75 ml d'eau distillée. Titrer l'Iode libérée avec la solution de thiosulfate en agitant vigoureusement en présence d'empois d'amidon.

Effectuer de la même manière un essai à blanc.

Calcul :
$$I.P. = \frac{v - v_0}{p} \cdot 80 \text{ en microgramme/kg}$$

ou
$$I.P. = \frac{v - v_0}{p} \cdot 10 \text{ en milliéquivalent/kg}$$

avec v_0 = volume (en ml) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.01 N) nécessaire pour titrer l'essai à blanc

v = volume (en ml) de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (0.01 N) nécessaire pour titrer l'échantillon

p = prise d'essai (en g) de l'échantillon

Répétabilité : prendre comme résultat la moyenne arithmétique des deux déterminations effectuées. La différence entre les deux déterminations effectuées simultanément ou successivement par le même analyste ne doit pas dépasser 0,5 méq/kg.

4.2.2. Analyse des acides gras par chromatographie en phase gazeuse (CPG)

Une analyse directe par chromatographie en phase gazeuse (CPG) des acides gras est possible, cependant elle donne lieu à des pics dissymétriques souvent mal séparés (Berthillier, 1972). Pour pallier à ces inconvénients, les séparations chromatographiques des acides gras s'effectuent souvent sous la forme de leurs esters méthyliques (Wolf, 1968). Ces derniers donnent des chromatogrammes remarquables. De plus, ces dérivés méthylés sont facilement détectables (Sebih, 1979). Les méthodes de dérivation des acides gras présentent des inconvénients inévitables (Sheppard et Iverson, 1975) ; pour cette raison, nous avons opté pour une estérification.

4.2.2.1. Choix de la colonne

Les colonnes utilisées pour l'analyse par CPG des acides gras étant très nombreuses, le choix en est délicat. En règle générale, si la composition chimique des mélanges à analyser est inconnue, on commence avec une colonne apolaire ou faiblement polaire. Sinon, on utilise une colonne dont la polarité est du même ordre que celle des solutés présents dans le mélange (Tranchant, 1982).

Dans ce travail, nous avons utilisé une colonne capillaire CP SIL5.

4.2.2.2. Choix de l'étalon interne

Lors de l'injection de l'échantillon à analyser, on ajoute une quantité connue d'un étalon interne (E.I.) dissoute dans 500 microlitres d'hexane pour pouvoir effectuer des analyses quantitatives.

Un étalon interne doit satisfaire à certains critères :

- Il doit être de la famille chimiquement et physiquement la plus proche des composés à analyser, c'est-à-dire de polarité et volatilité voisines,
- il doit être inerte vis-à-vis de l'échantillon et ne doit présenter aucune interaction avec l'appareillage,
- il doit être parfaitement miscible dans le solvant,
- le pic correspondant se situe dans une zone du chromatogramme dépourvue de pics.

4.2.2.3. Conditions opératoires

Les conditions d'analyse sont regroupées dans le tableau 6. Ces analyses ont été effectuées à l'U.S.T.H.B. d'Alger avec l'aide des professeurs Guermouche, Sebih et Chelghoum que nous remercions très vivement.

Les chromatogrammes obtenus nous renseignent sur le nombre d'acides gras contenus dans chaque type d'huile, leur nature et leur quantité, ce qui permet d'en juger la qualité diététique et organoleptique.

Analyse	
* Chromatographe HEWLETT PACKARD (H.P.) 5730A	
* Détecteur à Ionisation de flamme : FID	
* Injecteur split/splite ss de division 1/30	
* Intégrateur H.P. 3390A	
* Enregistreur H.P. 7130A	
* Colonne : capillaire en verre de 20 cm de long et 0,25 mm de diamètre intérieur	
* Phase stationnaire : C.P. SIL5 (phase apolaire)	
* Gaz vecteur : Hélium (H ₂)	
débit : 1 ml/mn pour H _e	
20 ml/mn pour H ₂	
270 ml/mn pour l'air	
* Températures : colonne : 170° C	
détecteur : 300° C	
injecteur : 250° C	

Tableau 6 : Descriptif des conditions d'analyse des échantillons d'huile.

5. Estimation des différents moyens de lutte

Jusqu'à présent, seuls les traitements chimiques assurent une protection satisfaisante contre les ravageurs mais ils déséquilibrent toute la biocénose de l'olivier et provoquent des phénomènes de résistance.

Les investigations actuelles sont orientées vers l'étude d'autres moyens tels que la lutte intégrée qui combine les procédés chimiques et biologiques dont l'utilisation des ennemis naturels et l'entretien des oliveraies.

Nous avons étudié les différents paramètres qui constituent ce type de lutte en les évaluant pour proposer un schéma de lutte intégrée applicable à notre région voire même à l'Algérie.

5.1. Étude du parasitisme

Pour évaluer le taux de parasitisme final de *B. oleae* nous avons prélevé des lots de 500 olives, selon les mêmes protocoles que pour l'étude des taux d'infestations (échantillonnage aléatoire des arbres de 1987 à 1989 puis systématique à partir de 1990).

Les fruits ainsi collectés sont rapportés au laboratoire et déposés sur un grillage à mailles assez grosses pour laisser passer les larves L₃ et les pupes. Chaque lot d'arbres est placé sur une cuvette contenant du sable, une éponge mouillée assurant une certaine hygrométrie, et de l'eau sucrée pour nourrir les imagos qui émergent. Le tout est recouvert d'un tulle pour éviter toute perturbation externe et empêcher les adultes de s'envoler.

Tous les trois à quatre jours, le sable est tamisé pour dénombrer les pupes et les adultes émergés, jusqu'à quinze jours après les dernières émergences. Ces élevages ont été réalisés chaque quinzaine, d'octobre à janvier, quand les infestations sont maximales.

5.2. Évaluation de l'impact des travaux culturaux

Plusieurs travaux ont fait état de l'influence de l'entretien d'une oliveraie sur la santé et le rendement des oliviers (Pansiot et Rebour, 1960 ; Le Bourdeles, 1975 ; Pagnol, 1975 ; Loussert et Brousse, 1978), mais aucun d'eux n'a estimé quantitativement cette incidence.

Nous l'avons étudié en comparant les attaques de *B. oleae* dans les deux parcelles B et C, séparées par une simple route (Fig. 7), situées donc dans un même biotope. La parcelle B avait subi tous les soins culturaux classiques alors que la C n'en avait subi aucun.

La parcelle B a fait l'objet des travaux suivants :

- entretien du sol : le sol a été labouré à plusieurs reprises ce qui a permis son aération, l'élimination des mauvaises herbes et la destruction d'une partie des pupes des ravageurs qui y effectuent leur nymphose ou leur diapause. En outre, il a été enrichi par des apports en matière organique (fumier) et des engrais chimiques pour sa nutrition et sa fertilisation,
- irrigation des oliviers : selon Le Bourdeles (1975), une irrigation est bénéfique pour le développement végétatif, la floraison, le grossissement des fruits, la teneur en huile des olives et la formation des rameaux fructifères dont la vigueur conditionne une bonne production et une grande résistance aux maladies et ravageurs,
- la taille des oliviers : des tailles régulières et annuelles ont été pratiquées pour améliorer l'aération et l'insolation du feuillage. Il en résulte une meilleure activité chlorophyllienne qui est à la base de la constitution des réserves de la plante et de sa fructification. La taille procure aussi une vigueur importante aux nouvelles pousses et favorise l'augmentation du calibre des fruits en concentrant la sève sur ceux qui restent. Par ailleurs, la taille conduit à éliminer les vieux rameaux qui pourraient porter des olives infestées (Pansiot et Rebour, 1960),

L'incidence de l'entretien sur les infestations a été testée par une analyse de variance.

5.3. Application d'insecticides

En 1992, les parcelles A et B n'ont subi aucun traitement insecticide. Dans la parcelle C tous les arbres ont été traités à la main le 1er et le 20 août, puis le 4 septembre.

Toutes les pulvérisations ont été effectuées avec 100 l/ha d'une solution d'eau contenant 0,6 % de Fenthion, un insecticide organophosphoré. La strate S₁ a été deux fois

plus arrosée que les deux autres puisque nous avons montré qu'elle est la plus infestée (cf. Résultats).

Les dates d'application des insecticides ont été déterminées à partir de captures d'adultes dans des pièges Mc Phail dont six étaient placés dans la parcelle C et douze dans la parcelle B. Les observations ont été interrompues le 9 septembre, après l'application du troisième traitement sachant qu'il n'existe que trois générations estivales dans notre région, la quatrième étant printanière (Gaouar, 1989).

L'efficacité du traitement a été testée par une analyse de variance classique.

Chapitre 3 :

Étude de l'infestation de l'olive par *B. oleae* à l'échelle de la wilaya de Tlemcen

Les attaques de la mouche de l'olive *B. oleae* ont été étudiées dans toute la région de Tlemcen, de 1987 à 1989, en fonction de plusieurs paramètres écologiques. Les cinq sites choisis diffèrent par leur bioclimat, facteur prépondérant dans la biologie de tout insecte. Les facteurs considérés sont en relation directe avec les infestations de la mouche : la variété de l'olive, la date d'observation, l'arbre échantillonné, l'orientation cardinale des fruits et le site étudié avec toutes ses caractéristiques bioclimatiques.

1. Premières captures d'adultes

Seules les captures d'adultes effectuées en 1988 sont prises en compte car les données sont les plus complètes. En effet, en 1987, les travaux n'ont commencé qu'en septembre, ce qui rendit impossible le suivi des premières mouches. En 1989, seules les stations de Tlemcen et Remchi ont été étudiées.

En 1988, les premières mouches ont été capturées le 29 juin à Honaine, le 3 juillet à Remchi. À Tlemcen et Terni, elles n'ont été piégées qu'à partir du 17 juillet et seulement après le 9 août à Sebdou. Six semaines séparent donc les captures du littoral de celles des hautes plaines.

2. Taux d'infestation des olives

2.1. Variations temporelles

2.1.1. Étude des piqûres

Les piqûres n'ont été dénombrées qu'en 1988 dans tous les sites et seulement à Tlemcen et Remchi en 1989 ; elles concernent la variété Sigoise, présente dans toutes les parcelles étudiées.

En 1988, à Honaine et Remchi, les infestations ont été importantes dès le mois d'août : à Remchi par exemple, 2,82 piqûres par fruit ont été observées. Des analyses de variance hiérarchisées montrent que le taux moyen de piqûres varie significativement au cours du temps, d'août à décembre, dans tous les sites à l'exception de Terni qui présente

néanmoins la même tendance (Honaine : $F_7' = 14,7$; $P = 0,002$ – Remchi : $F_7'' = 4,13$; $P = 0,043$ – Tlemcen : $F_4' = 23,7$; $P = 0,005$ – Sebdoou : $F_4' = 10,17$; $P = 0,013$). Cependant les variations temporelles sont plutôt chaotiques (Fig. 11) et aucune augmentation du taux d'infestation n'est réellement observée durant l'année.

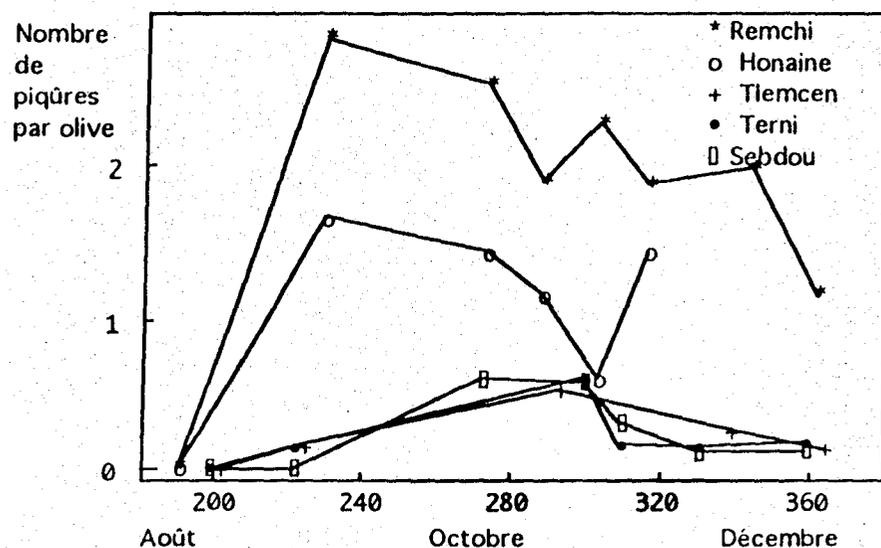


Figure 11 : Variations des taux moyens de piqûres par olive, d'août à décembre 1988, dans cinq sites de la wilaya de Tlemcen.

En 1989, les taux d'infestation pour la variété Sigoise ont été estimés à trois reprises au cours de l'automne. Ils varient significativement d'octobre à décembre à Tlemcen ($F_{1197} = 8,3$; $P = 0,0003$) mais les variations ne sont pas significatives à Remchi ($F_{1189} = 0,59$; $P = 0,55$) (Tab. 7).

Station Date	Tlemcen	Remchi
17/10	2,33 (0,10)	0,88 (0,07)
19/11	1,96 (0,10)	1,26 (0,08)
10/12	2,54 (0,10)	0,99 (0,07)

Tableau 7 : Nombre de piqûres par fruit, par date et par station en 1989. Écarts-types des moyennes entre parenthèses.

2.1.2. Étude des galeries

Les galeries ont été dénombrées de 1987 à 1989. En 1987, les nombres moyens de galeries sont présentés dans le tableau 8.

Station Date	Honaine	Remchi	Tlemcen	Terni	Sebdou
28/10	–	–	–	2,05 (0,23)	0,58 (0,16)
2/11	3,26 (0,27)	2,27 (0,18)	–	–	–
20/11	–	–	1,37 (0,17)	0,71 (0,09)	0,51 (0,07)
12/12	–	1,53 (0,08)	1,94 (0,19)	–	–

Tableau 8 : Nombre moyen de galeries par fruit, par date et par station. Les prélèvements n'étaient pas tous effectués aux mêmes dates en 1987 (entre parenthèses, écarts-types des moyennes).

Les analyses de variance (modèle croisé ayant l'orientation comme second critère) confirment l'existence de fortes variations entre dates tant pour la station de Remchi ($F_8^* = 29,28$; $P = 0,001$) que celle de Terni ($F_8^* = 21,65$; $P = 0,002$), et des variations à peine significatives pour Tlemcen ($F_8^* = 4,13$; $P = 0,04$). En revanche aucune variation n'est observée à Sebdou ($F_8^* = 0,16$; $P = 0,70$). Les données de Honaine n'ont pas été considérées puisqu'il n'y a eu qu'un seul prélèvement.

En 1988, les effectifs moyens de galeries par olive dans les stations les plus infestées, Honaine et Remchi, sont donnés dans le tableau 9.

Station Date	Honaine	Remchi
17/8	0,53 (0,09)	3,28 (0,21)
30/9	0,49 (0,09)	4,39 (0,24)
15/10	0,43 (0,08)	3,10 (0,23)
30/10	0,14 (0,03)	3,41 (0,19)
12/11	0,59 (0,10)	3,37 (0,20)
10/12	–	4,76 (0,21)
28/12	–	2,55 (0,19)

Tableau 9 : Nombre moyen de galeries par fruit (avec leur écart-type) par date et par station, en 1988.

Des analyses de variance hiérarchisées, ayant l'arbre comme facteur subordonné, montrent que les variations entre dates sont significatives pour Remchi ($F_7^v = 4,92$; $P = 0,028$) alors qu'elles sont négligeables pour Honaine ($F_4^v = 0,93$; $P = 0,50$)

En 1989, les nombres moyens de galeries par fruit varient globalement de 0,035 à 0,31, à Remchi et Tlemcen (Tableau 10).

Station Date	Tlemcen	Remchi
17/10	0,312 (0,051)	0,035 (0,009)
19/11	0,088 (0,018)	0,135 (0,020)
10/12	0,125 (0,024)	0,085 (0,017)

Tableau 10 : Nombre moyen de galeries par olive, par date et par station (données de 1989). Écart-type des moyennes entre parenthèses.

Les analyses de variance hiérarchisées confirment l'existence d'une variation temporelle significative pour la station de Tlemcen ($F_{1188}^{\sim} = 10,02$; $P = 0,001$) mais, comme pour les piqûres, le nombre moyen de galeries ne varie pas significativement à Remchi ($F_{1188}^{\sim} = 1,28$; $P = 0,28$).

2.1.3. Étude des larves

Le nombre moyen de larves par olive a été étudié de 1987 à 1989.

En 1987, les larves ont été présentes à deux dates dans les stations de Remchi, Tlemcen et Terni ; à Honaine et Sebdou, le nombre de données était trop restreint pour permettre une étude (Tableau 11).

Station Date	Remchi	Tlemcen	Terni
2/11	0,212 (0,062)	0,071 (0,026)	0,025 (0,013)
12/12	0,095 (0,035)	0,065 (0,018)	0,015 (0,007)

Tableau 11 : Nombre moyen de larves par fruit, par date et par station, en 1987. Écart-type des moyennes entre parenthèses.

Le nombre moyen de larves décroît légèrement de novembre à décembre mais l'analyse de variance croisée ayant l'orientation comme second facteur indique que la variation n'est pas significative.

En 1988, le nombre moyen de larves varie selon les dates, pour les différentes stations (Fig. 12). À Remchi, on observe une augmentation significative d'août à octobre ; elle chute à la fin octobre pour augmenter très significativement ($F_7^{\sim} = 50,20$; $P = 0,0001$) jusqu'en décembre puis elle enregistre une très forte baisse (Fig. 12). Dans les autres sites, les infestations sont trop faibles pour que leurs variations temporelles puissent être analysées.

En 1989, le nombre moyen de larves varie significativement pour Remchi ($F_{1198}^{\sim} = 9,58$; $P < 0,0001$) et Tlemcen ($F_{1198}^{\sim} = 28,08$; $P = 0,0001$).

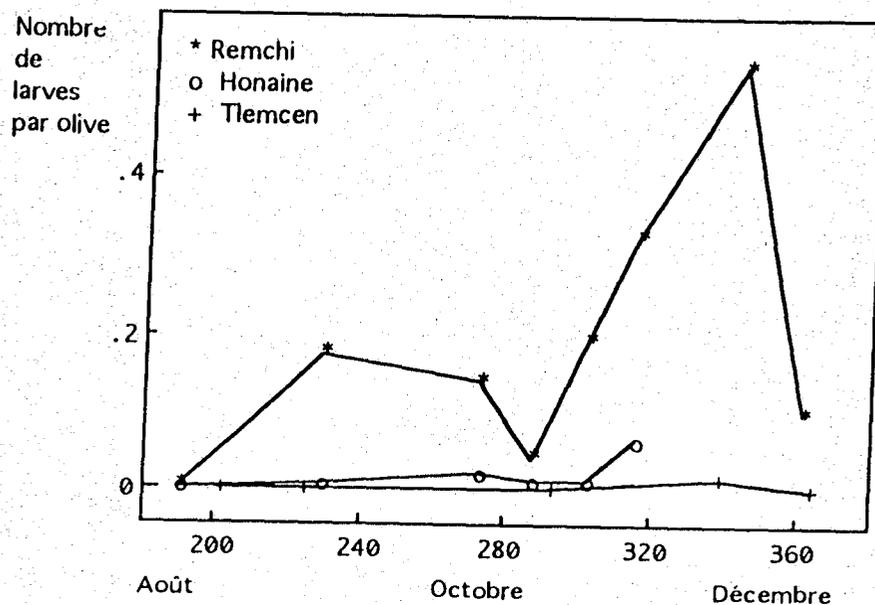


Figure 12 : Variations des taux moyens de larves par olive, d'août à décembre 1988, dans cinq sites de la wilaya de Tlemcen.

2.2. Variations entre sites

En raison de leur différence bioclimatique due principalement à leur éloignement de la mer, les sites échantillonnés présentent des infestations variables (Tab. 12).

	1987			1988				1989		
	Galerie s	Larve s	Fruits infestés (%)	Piqûres s	Galerie s	Larve s	Fruits infestés (%)	Piqûres s	Galerie s	Larve s
Honaine	4,20	0,585	92 %	1,25	0,45	0,02	19 %	–	–	–
Remchi	2,15	0,152	76 %	2,08	3,65	0,22	71 %	1,04	0,085	0,020
Tlemcen	1,65	0,067	67 %	0,28	0,07	0,02	11 %	2,27	0,174	0,024
Terni	1,33	0,020	63 %	0,25	0	0	0	–	–	–
Sebdu	0,54	0,003	38 %	0,35	0	0	0	–	–	–

Tableau 12 : Taux d'infestation des olives. Les moyennes des nombres des piqûres, galeries et larves sont calculées sur l'ensemble des dates, par année et par station. Piqûres non dénombrées en 1987. Les taux de fruits infestés n'ont pas été estimés en 1989.

Pour une même année, les sites de Remchi et Honaine, proches du littoral, sont les plus infestés alors que les vergers situés à l'intérieur (Tlemcen, Terni et Sebdo) sont moins attaqués par la mouche de l'olive.

Ces résultats s'expliquent surtout par la différence d'altitude et de bioclimat. Les stations proches du littoral bénéficient de températures plus douces et d'une hygrométrie élevée, plus propices au développement de la mouche ; celles de l'intérieur se caractérisent par un climat plus rigoureux avec des hivers très froids et des étés très chauds ainsi qu'une hygrométrie souvent faible.

Le gradient observé en 1987 pour les trois critères étudiés apparaît également en 1988 mais avec deux légères modifications. Premièrement, la parcelle de Honaine est moins infestée que celle de Remchi pour deux raisons : un traitement insecticide a été effectué à Honaine à la fin juin et la parcelle de Remchi a été irriguée, ce qui a créé une certaine hygrométrie favorable à l'insecte. Deuxièmement, l'infestation relativement forte relevée à Sebdo (0,35 piqûre par olive comparé à 0,25 et 0,28, valeurs mesurées à Terni et Tlemcen, respectivement) peut être due à l'irrigation de l'oliveraie. Les différences entre les deux sites du littoral (bien que Honaine fut moins infestée que Remchi) et les trois autres stations de l'intérieur, sont plus marquées pour les nombres moyens de larves.

La proportion des fruits infestés est plus élevée en 1987 qu'en 1988 (Tab. 12).

En 1989, la parcelle de Tlemcen est plus infestée que celle de Remchi, tant pour les galeries que pour les larves (Tab. 12) ; le nombre moyen de galeries est de 0,17 à Tlemcen et de 0,09 à Remchi. La différence est moins nette pour les larves (0,024 à Tlemcen contre 0,020 à Remchi). Ces résultats pourraient être attribués au bon entretien de l'oliveraie de Remchi comparativement à celle de Tlemcen qui était à l'abandon ; de plus, cette dernière était entourée d'autres oliveraies, toutes aussi délaissées, qui constituent des réservoirs potentiels aux ravageurs.

2.3. Influence de la variété

Les deux variétés cultivées dans la région de Tlemcen (Sigoise et Chemlal) sont trouvées dans les mêmes parcelles dans deux sites seulement chaque année : Honaine et Remchi en 1987, Honaine et Sebdo en 1988 ; en 1989 ce facteur n'a pas été considéré.

Les taux moyens d'infestation sont toujours plus importants dans la variété Sigoise, en moyenne deux fois plus infestée que la variété Chemlal (Tab. 13).

Année	Sites	n	Piqûres		Galeries		Larves	
			S	C	S	C	S	C
1987	Honaine	200	–	–	4,12	2,28	0,57	0,29
	Remchi	400	–	–	2,13	1,66	0,15	0,01
1988	Honaine	300	1,27	0,87	0,55	0,17	0,013	0,003
	Sebdo	200	0,50	0,12	0	0	0	0

Tableau 13 : Taux d'infestation moyen pour les variétés Sigoise et Chemlal. n = nombre d'olives par échantillon, S = Sigoise, C = Chemlal.

Les analyses de variance hiérarchisées ayant l'arbre comme facteur subordonné montrent que la variation entre variétés des piqûres est hautement significative par exemple, à Sebdo (F₂¹ = 41,61 ; P = 0,023). De même, les nombres de galeries par olive varient significativement (F₂¹ = 41,13 ; P = 0,023).

La variation entre variétés des larves n'est pas significative comme le montre l'analyse de variance hiérarchisée, effectuée sur les données de 1987 (F₂¹ = 3,67 ; P = 0,20).

2.4. Variation entre les arbres échantillonnés

Les infestations varient selon les arbres pour les trois indices considérés (piqûres, galeries, larves). En 1989 par exemple, quatre arbres sont concernés dans chaque verger, à Tlemcen et Remchi (Tab. 14).

Arbres	Remchi				Tlemcen			
	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄
Piqûres	0,90	0,15	0,75	0,10	0,21	0,26	0,26	0,23
Galeries	0,37	0,19	0,47	0,70	0,23	0,19	0,17	0,15
Larves	0,26	0,35	0,10	0,13	0,20	0,67	0,20	0,50

Tableau 14 : Taux moyen d'infestation de l'olive selon l'arbre échantillonné, en 1989 A₁, A₂, ..., B₁, B₂, ... sont les arbres échantillonnés

Les analyses de variance hiérarchisées montrent que les trois indices varient significativement selon l'arbre échantillonné. Les variations entre arbres sont fortement significatives pour les piqûres : Tlemcen (F₁₁₈₈¹ = 13,87 ; P < 0,0001), Remchi (F₁₁₈₈¹ = 12,77 ; P < 0,0001). Pour les galeries, les mêmes analyses statistiques confirment l'existence d'une forte variation entre arbres tant à Remchi (F₁₁₈₈¹ = 8,09 ; P = 0,0001) qu'à Tlemcen (F₁₁₈₈¹ = 2,65 ; P = 0,005).

La variation des larves est statistiquement significative à Remchi (F₁₁₈₈⁹ = 2,43 ; P = 0,010) et Tlemcen (F₁₁₈₈¹ = 2,57 ; P = 0,006). Les olives ne sont donc pas homogènes pour les infestations dans les vergers observés, quelles que soient les dates et les années.

2.5. Influence de l'orientation cardinale

Les tests d'homogénéité par le χ^2 effectués sur les effectifs de fruits sains et infestés en 1987, pour rechercher l'influence de l'orientation sont rarement significatifs (seulement 6 % d'entre eux) ; aucune orientation n'est plus infestée qu'une autre. Cette homogénéité relative explique pourquoi les données ont été préalablement regroupées en 1987 pour tester l'influence des autres facteurs, quelle que soit l'orientation.

3. Parasitisme

Le parasitisme de *B. oleae* a été étudié de 1987 à 1989 dans chacun des sites étudiés, dans la wilaya de Tlemcen. Les résultats de 1990 à 1992 serviront à une étude

ultérieure, plus complète. Le parasitisme est apprécié à partir de captures d'adultes et d'élevages.

Les pièges Mc Phail n'ont capturé que des parasites appartenant à l'espèce *Opius concolor*, un hyménoptère braconide, notamment à Honaine.

De même, les élevages effectués au laboratoire n'ont permis d'obtenir que des parasites de l'espèce *O. concolor*. Des quinze lots mis en élevage, seuls ceux prélevés en octobre (1987 et 1988) à Honaine et Remchi, ont donné naissance à des parasites adultes. En effet, 31 pupes sont obtenues à partir des 500 olives prélevées à Honaine le 26 octobre 1987 ; elles ont permis l'émergence de 13 *B. oleae* et 11 *O. concolor*, ce qui représente un taux de parasitisme de 45,9 %. Des résultats similaires ont été observés pour les lots de Remchi du 30 octobre 1988 : des 38 pupes ont émergé 31 mouches et seulement 3 parasites ; le taux de parasitisme n'est donc que de 9 %.

Les autres élevages n'ont donné que des mouches mais pas de parasites, pour tous les sites, durant les trois années (de 1987 à 1989).

4. Conclusion

Plusieurs paramètres influent sur le degré des attaques de *B. oleae* dans la région de Tlemcen.

Le taux d'infestation varie selon les sites étudiés, les zones côtières sont nettement plus attaquées que celles situées à l'intérieur, dont l'altitude est plus élevée.

La variété Sigoise à gros fruits pauvres en huile est beaucoup plus infestée que la Chemlal à petits fruits riches en huile.

Les infestations varient selon l'arbre échantillonné dans un même verger et à la même date.

Les taux d'attaque évoluent fortement au cours de l'année, d'août à décembre et d'une année à l'autre. Cependant, il n'existe apparemment pas d'effet cumulatif au cours de l'année, probablement à cause de la chute précoce des fruits fortement infestés.

L'orientation n'a aucune incidence sur les attaques de la mouche dans notre région, mais nous avons continué à en tenir compte dans nos prélèvements ultérieurs pour ne pas biaiser les résultats puisque certains travaux ont fait état de l'effet "Sud" de l'arbre.

Cette étude préliminaire montre que plusieurs paramètres de la biologie des populations de *B. oleae* doivent être étudiés. En Algérie, le plus important est de connaître le nombre de générations, le taux de survie des stades immatures, la cinétique et la structure spatiale des infestations ainsi que la dynamique des populations de la mouche. Les travaux ultérieurs, présentés dans les prochains chapitres tenteront de répondre à ces préoccupations.

Chapitre 4 :

Biologie des populations de *Bactrocera oleae*

Certains aspects fondamentaux de la biologie des populations de *B. oleae* ont été appréhendés, notamment la recherche de structures spatio-temporelles des attaques, leur cinétique et la dynamique des populations (adultes et stades préimaginaux), en fonction des conditions climatiques. Les taux de survie et les durées de développement des différents stades immatures ont été évalués pour mieux cerner la biologie de ce ravageur dans la région de Tlemcen et pouvoir proposer une stratégie de lutte adéquate (cf. Chapitre 6).

1. Structures spatio-temporelles

L'étude des variations au cours du temps des structures spatiales de *B. oleae* est effectuée à partir des deux indices les plus considérés pour la commercialisation des olives : les piqûres et le nombre total de larves (larves, pupes et trous de sortie).

La répartition horizontale des infestations a été étudiée à partir des données recueillies de 1990 à 1992, alors que la répartition verticale n'a été étudiée qu'en 1990. Toutes les observations ont été effectuées à Tlemcen, pour la seule variété "Sigoise", dans le verger A (Fig. 7) en 1990 et dans le B, en 1991 et 1992.

1.1. Structures horizontales des infestations

1.1.1. Répartition des piqûres

En 1990, de la mi-juillet à la fin août, les infestations, de faible intensité, varient peu selon les arbres (Fig. 13). Début septembre, les infestations sont plus importantes vers la partie Sud du verger comme le confirme le test de Geary ($I_G = 2,88$; $P = 0,002$). Le taux moyen de piqûres est de 2,47 pour la moitié Sud du verger alors qu'il est de 1,54 pour la moitié Nord.

Jusqu'au début octobre, aucune structure particulière n'est apparue. Le 9 octobre, les mêmes répartitions que celles du début septembre sont réapparues ($I_G = 2,81$; $P = 0,002$). Les moyennes de piqûres étaient de 2,61 dans la partie Sud du verger et seulement de 1,04 dans la partie Nord. Aux autres dates d'observation, aucune structure particulière n'est relevée.

En 1991, aucune structure spatiale ne peut être recherchée jusqu'au 15 septembre inclus, compte tenu du dispositif d'échantillonnage (Fig. 14). Le 6 octobre, les infestations devinrent plus importantes vers la partie Ouest de la parcelle ($I_G = 2,64$; $P = 0,004$) avec un taux moyen de piqûres de 0,49 contre 0,12 à l'Est. Le 13 octobre, le test de Geary

suggère une inversion des attaques ($I_G = 3,62$; $P = 0,0001$) ; la partie Ouest est nettement moins attaquée que la partie Est avec des moyennes de 0,21 et 0,52 piqûres par olive, respectivement.

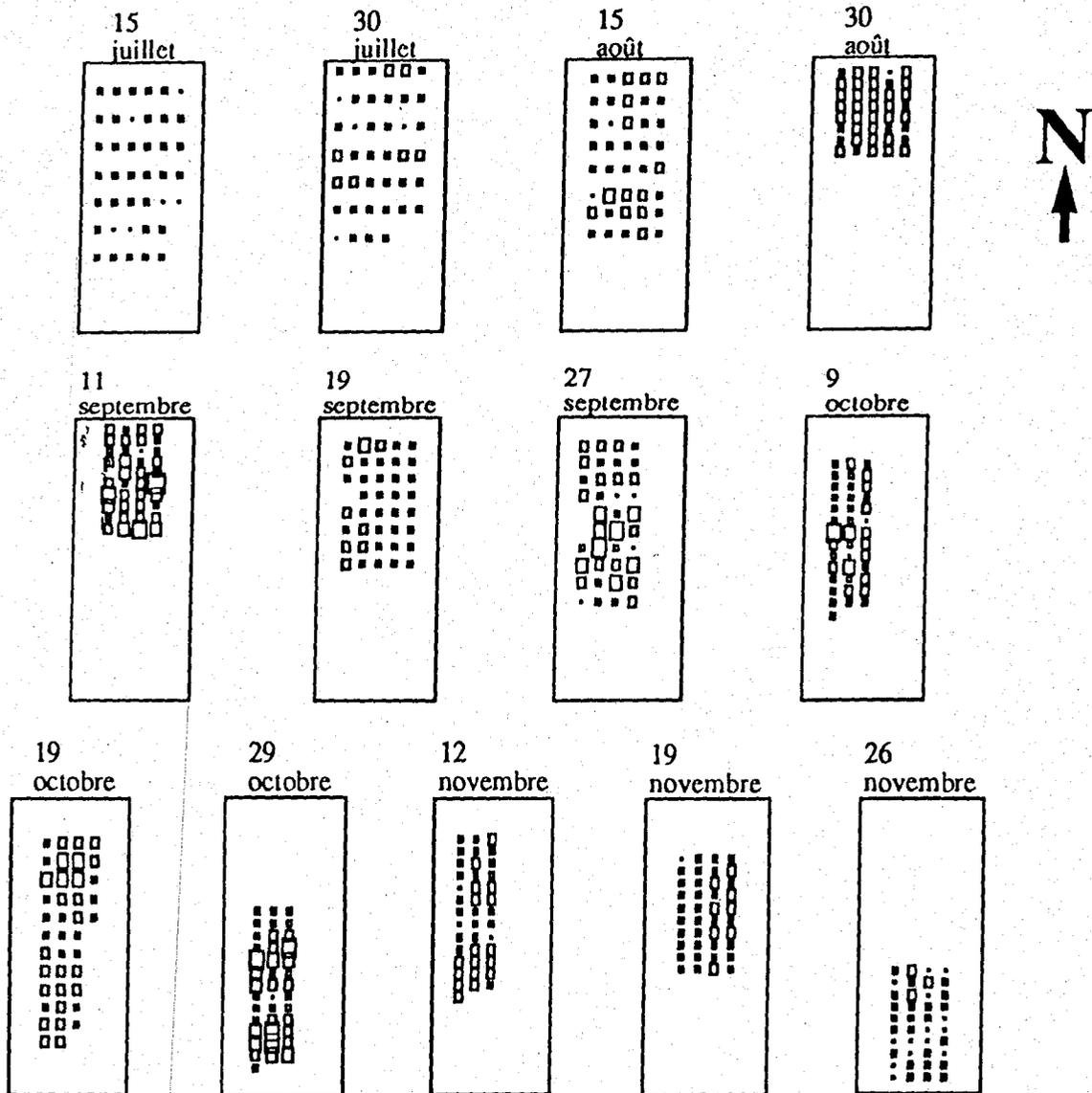
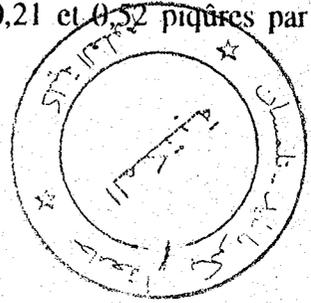


Figure 13 : Distribution spatiale des attaques par *B. oleae*. Cartographie du nombre de piqûres par olive. Le carré le plus grand correspond à 6,5 piqûres par fruit. Données de 1990.

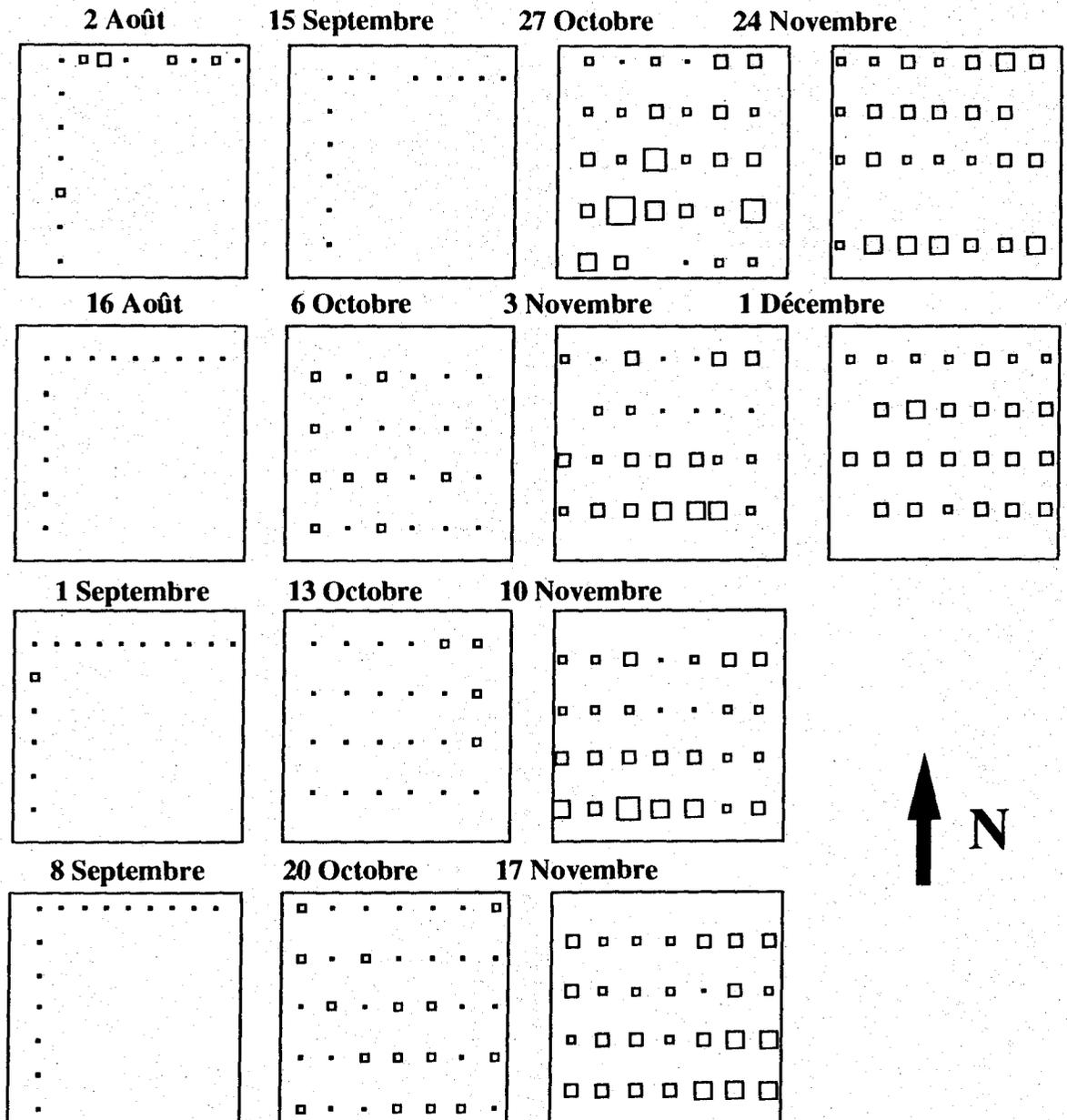


Figure 14 : Distribution spatiale des attaques par *B. oleae*. Cartographie du nombre de piqûres par olive. Le carré le plus grand correspond à 4,5 piqûres par fruit. Données de 1991.

Aux dates du 20 et 27 octobre, aucune structure spatiale n'est détectée par le test de Geary. Durant tout le mois de novembre et en début décembre, la partie Sud du verger fut plus attaquée ; par exemple le 3 novembre, les taux moyens valent 1,39 pour la partie Sud et 0,65 pour la partie Nord ($I_G = 5,19$; $P < 0,0001$). Des structures similaires ont été observées les 10, 17 et 24 novembre ainsi que le 1er décembre, avec des indices de Geary respectifs : $I_G = 7,94$ ($P < 0,0001$) ; $4,84$ ($P < 0,0001$) ; $4,27$ ($P < 0,0001$) et $I_G = 7,04$ ($P < 0,0001$).

En 1992, les cartographies (Fig. 15) et l'indice de Geary montrent que les infestations étaient homogènes jusqu'à la fin août. Le 30 août, la partie Ouest fut la moins infestée ($I_G = 3,15$; $P = 0,001$) avec un taux moyen de 6,75 piqûres par fruit alors qu'il était de 16,31 dans la partie centrale et de 10,44 vers la partie Est du verger. Le même

type de structure spatiale est observé le 8 septembre ($I_G = 4,70$; $P < 0,0001$) avec des moyennes de 3,77 à l'Ouest ; 12,15 au centre et 5,28 à l'Est du verger. Le 15 septembre, les attaques furent assez homogènes. Le 22 septembre, les infestations se sont inversées en étant plus importantes vers la partie Sud-Ouest ($I_G = 3,05$; $P = 0,001$) ; le taux moyen de piqûres y était de 13,21 alors qu'il variait de 3,15 à 9,31 pour les autres parties du verger. À la fin septembre, la partie Ouest redevint moins infestée ($I_G = 2,66$; $P = 0,008$) avec une moyenne de 4,31 piqûres par olive alors qu'elle est de 14,78 dans la partie Est. Jusqu'à la mi-octobre, les infestations étaient plutôt homogènes, aucune structure particulière n'a été révélée par le test de Geary. Le 20 octobre, la bordure Ouest de l'oliveraie fut la moins attaquée ($I_G = 2,14$; $P = 0,032$) avec une moyenne de 6,56 piqûres (8,17 dans le reste du verger). Le 27 octobre, les répartitions spatiales furent assez homogènes. Le 3 novembre, les attaques furent plus faibles dans la moitié Sud du verger ($I_G = 3,29$; $P = 0,001$) avec une moyenne de 7,37 piqûres par fruit contre 11,66 piqûres pour la moitié Nord. Pendant la deuxième quinzaine de novembre, les attaques étaient importantes mais en n'ayant aucune structure particulière.

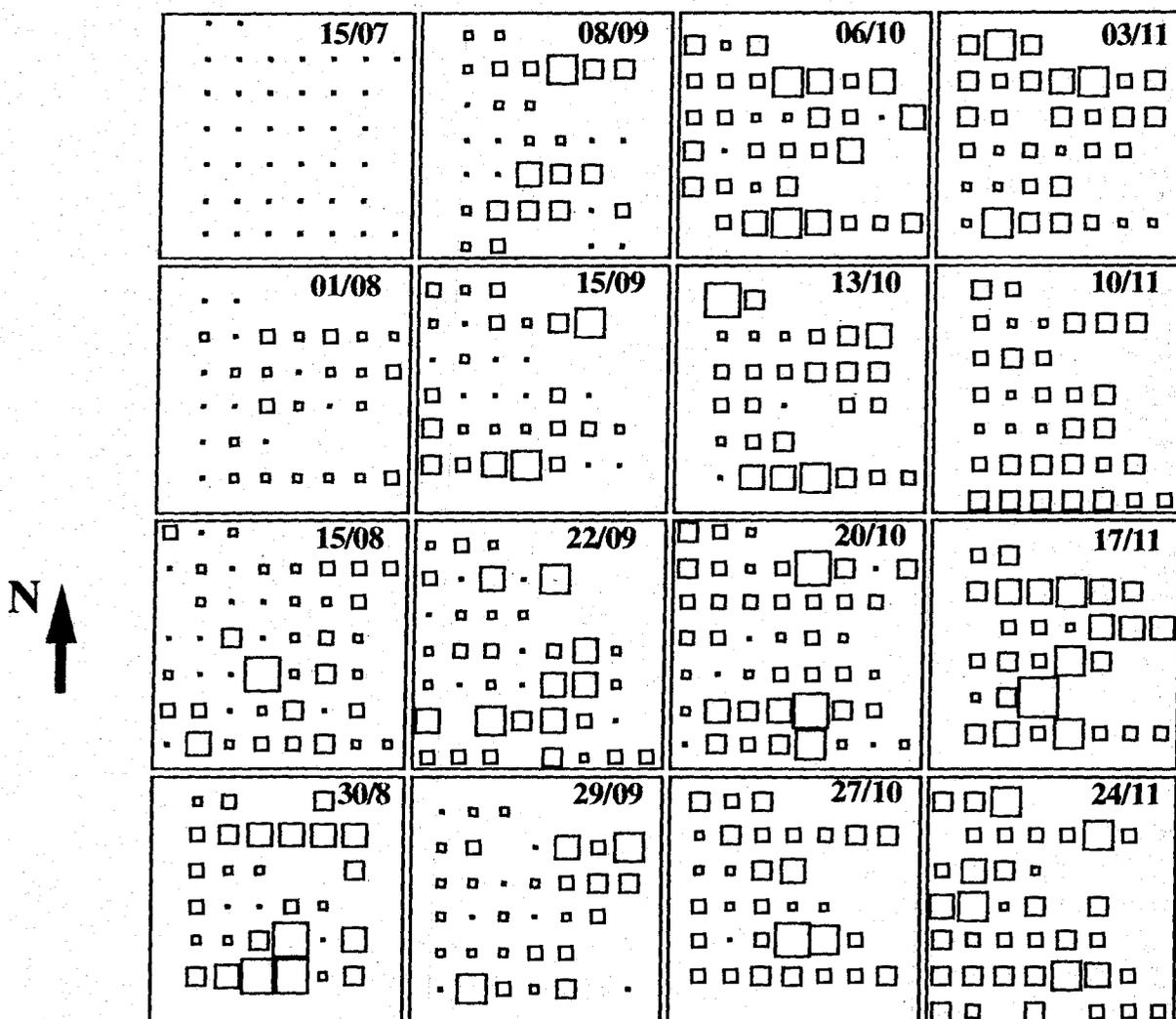


Figure 15 : Distribution spatiale des attaques par *B. oleae*. Cartographie du nombre de piqûres par olive. Le carré le plus grand correspond à 40,4 piqûres par fruit. Données de 1992.

1.1.2. Répartition des larves

En 1990, quand les effectifs de larves étaient trop faibles à certaines dates, nous les avons regroupés pour mieux les visualiser (Fig. 16). Les infestations larvaires, très faibles jusqu'en fin septembre, ne présentent aucune structure spatiale particulière. Le 9 octobre, la partie Nord du verger était moins infestée que la partie Sud ($I_G = 6,02$; $P < 0,0001$), avec des taux moyens de larves de 0,09 et 0,29 respectivement. La même opposition Nord-Sud est observée le 19 octobre ($I_G = 5,39$; $P < 0,0001$) avec des moyennes faibles au Nord (3,17 et 1,64) et fortes au Sud (6,44 et 10,38). Cette répartition correspond à celle des piqûres aux mêmes dates. Pour les prélèvements ultérieurs, le test de Geary n'a détecté aucune répartition spatiale.

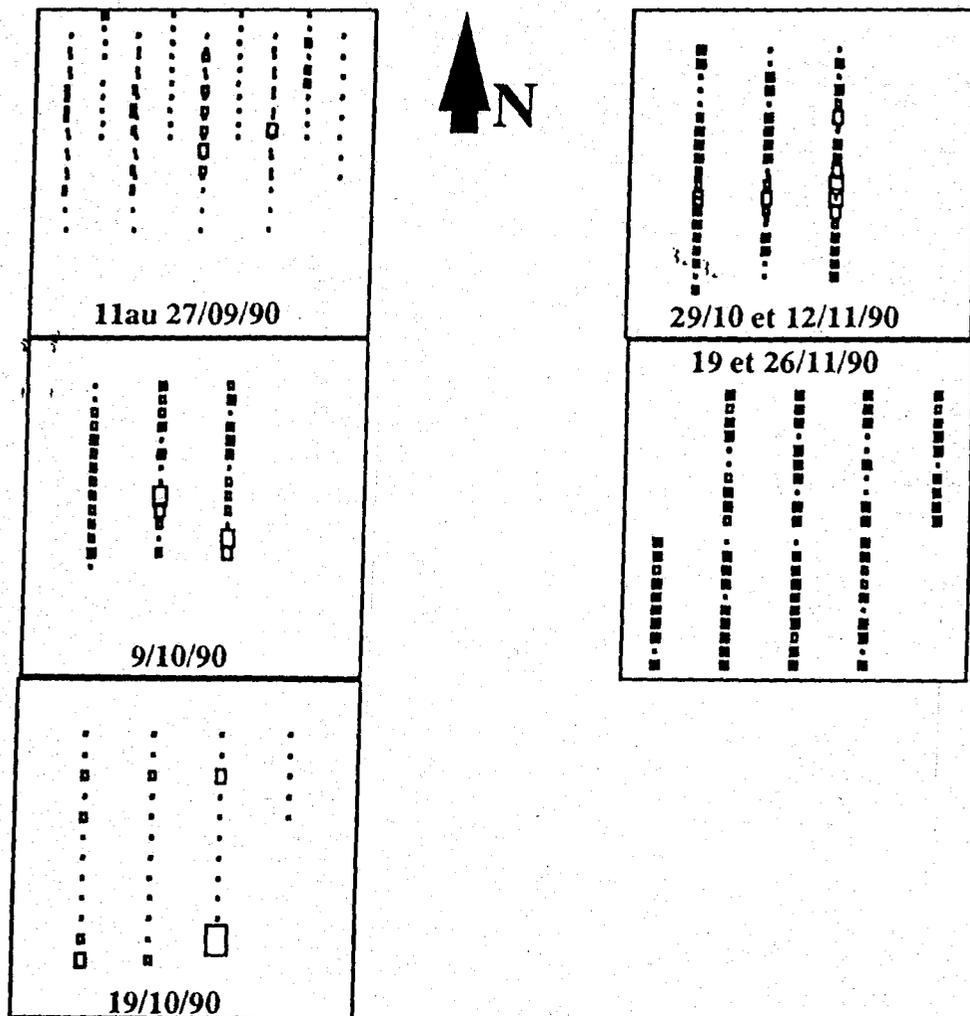


Figure 16 : Distribution spatiale des attaques par *B. oleae*. Cartographie du nombre de larves par olive. Le carré le plus grand correspond à 1,1 larves par fruit. Données de 1990.

En 1991, les attaques larvaires étaient peu importantes jusqu'au 6 octobre (Fig. 17). Le 13 octobre, est apparue une infestation plus faible dans la moitié Ouest du verger ($I_G = 2,48$; $P = 0,013$) avec un taux moyen de 0,0125 larve par olive alors qu'il était de 0,0375 dans la partie Est. Aux autres dates, aucune structure spatiale des larves ne fut observée, leur répartition étant homogène dans le verger.

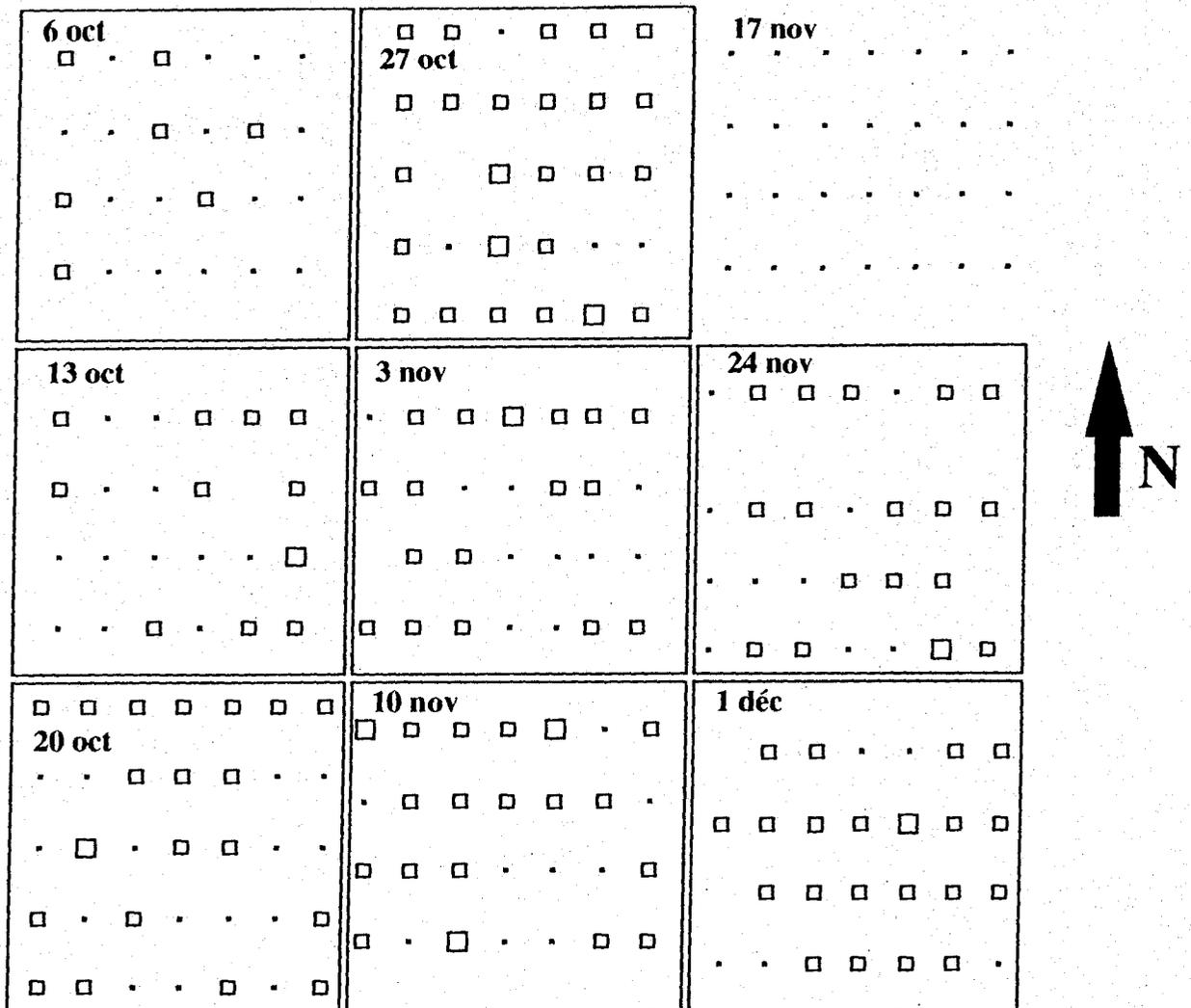


Figure 17 : Distribution spatiale des attaques par *B. oleae*. Cartographie du nombre de larves par olive. Le carré le plus grand correspond à 0,1 larve par fruit. Données de 1991. Données manquantes le 17 novembre.

En 1992, aucune répartition particulière n'est relevée jusqu'au 15 septembre inclus (Fig. 18). Le 22 septembre, la partie Sud-Ouest du verger, regroupant 16 lignes et 6 colonnes, fut nettement plus infestée ($I_G = 2,80$; $P = 0,005$), comme pour les piqûres, avec une moyenne de 0,89 larve par fruit alors que les autres moyennes varient de 0,29 à 0,78.

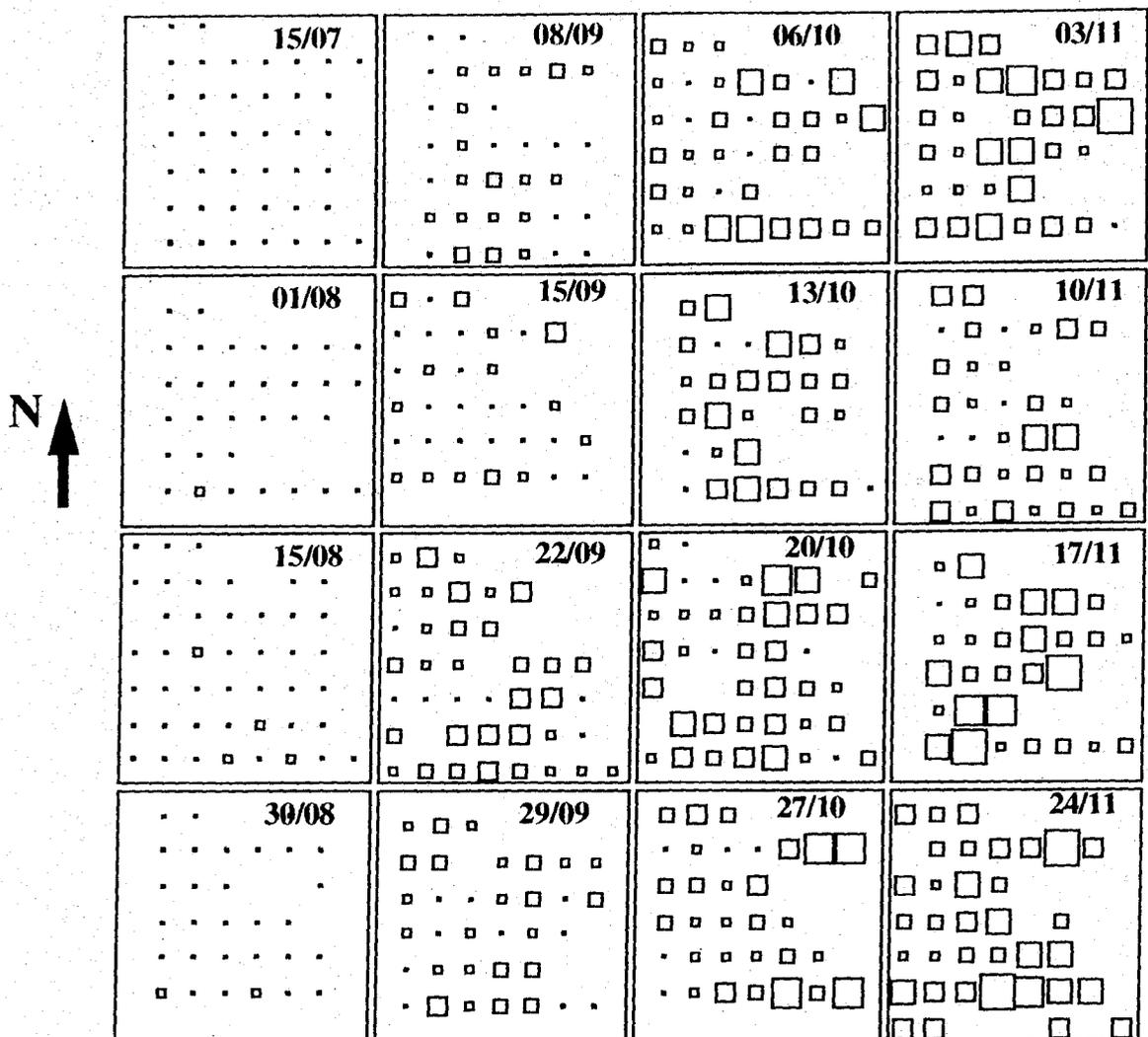


Figure 18 : Distribution spatiale des attaques par *B. oleae*. Cartographie du nombre de larves par olive. Le carré le plus grand correspond à 3,6 larves par fruit. Données de 1992.

En octobre, aucune structure spatiale n'est détectée jusqu'au 20, date à laquelle les attaques furent moins importantes dans la bordure occidentale du verger ($I_G = 3,06$; $P = 0,002$), comme pour les piqûres, avec une moyenne de 0,71 larve par fruit, contre 3,35 pour le reste du verger. Le 27 octobre, alors qu'aucune structure spatiale n'a été révélée pour les piqûres, les infestations larvaires furent plus faibles dans la partie Ouest ($I_G = 4,02$; $P < 0,0001$) avec une moyenne de 0,4 larve par fruit, comparativement au centre et à l'Est où les moyennes furent de 0,61 et 1,21 respectivement.

Le 3 novembre, la répartition larvaire a suivi celle des piqûres en étant moins importante dans la partie Sud de la parcelle ($I_G = 3,06$; $P = 0,002$) avec un taux moyen d'une larve alors qu'il était de 1,32 au Nord. Le 10 novembre, comme pour les piqûres, la partie Ouest fut plus infestée ($I_G = 2,46$; $P = 0,014$) mais d'une manière négligeable puisque seuls trois arbres ont été concernés. Le 17 novembre, aucune structure n'a émergé. Le 24 novembre, bien qu'il n'y avait aucune structure particulière pour les piqûres, la bordure Ouest fut nettement moins infestée que le reste du verger ($I_G = 2,49$; $P = 0,013$) avec des moyennes de 0,89 ; 1,35 ; 1,74 et 1,76 respectivement selon le gradient d'Ouest en Est.

1.1.3. Conclusion

Globalement, les infestations larvaires sont structurées de la même manière, aux mêmes dates, que celles des piqûres.

Généralement, la partie Sud du verger est la plus infestée tant par les piqûres que par les larves, la partie Ouest étant souvent la moins infestée.

1.2. Structure verticale des infestations

La répartition verticale des attaques de *B. oleae* est étudiée en 1990, dans la parcelle A à Tlemcen (Fig. 10). Trois strates ont été considérées : basse (S_1) moyenne (S_2) et haute (S_3) (cf. Matériel et Méthodes).

Pour toutes les variables, le taux d'infestation décroît progressivement de la strate basse vers la strate haute de l'arbre (Tab. 15), comme l'illustre la figure 19.

Variable Strate	Piqûres	Oufs	Larves	Pupes	Trous de sortie	Total des larves
S_1	2,12	0,26	0,12	0,021	0,046	0,19
S_2	1,76	0,22	0,09	0,023	0,035	0,14
S_3	1,54	0,20	0,07	0,015	0,032	0,11
F_{ANOVA}	$F_{\infty}^2 =$ 159,25	$F_{\infty}^2 = 43,69$	$F_{\infty}^2 = 22,89$	$F_{\infty}^2 = 2,87$	$F_{\infty}^2 = 6,87$	$F_{\infty}^2 = 18,67$
P	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,058	< 0,001	< 0,001

Tableau 15 : Taux moyens d'infestation par olive, par date et par strate. Le facteur arbre n'est pas considéré. Résultats des analyses de variance (ANOVA).

Les analyses de variance à deux facteurs (strate et date) indiquent des variations très significatives des taux moyens ($P < 0,001$), selon la hauteur pour toutes les variables à l'exception des pupes dont la variabilité est plus faible ($P = 0,058$; Tab. 15).

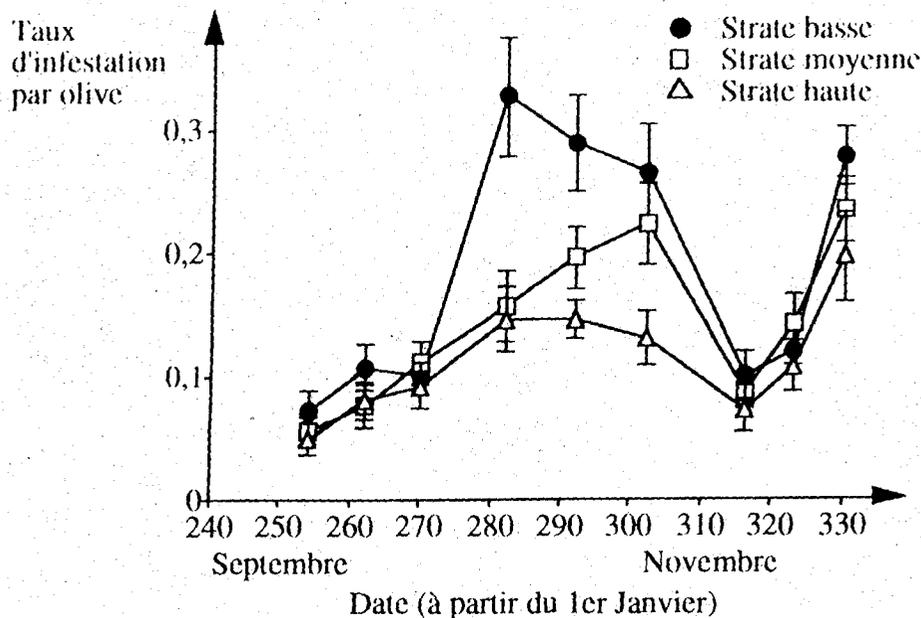


Figure 19 : Taux moyen d'infestation par olive, par date et par strate. Données de 1990. Chaque moyenne est accompagnée de son intervalle de confiance (calculé sur en moyenne 320 fruits).

2. Cinétique des infestations

La cinétique des attaques est établie à partir des données recueillies à Tlemcen de 1987 à 1989 avec des échantillons relativement faibles, puis de 1990 à 1992 avec des données complètes. Seules les deux variables les plus impliquées dans les dégâts causés à l'olive par *B. oleae* ont été considérées : les piqûres et le nombre total de larves (larves + pupes + trous de sortie).

2.1. Les piqûres

Les piqûres n'ont pas été dénombrées en 1987. En 1988, les infestations sont faibles l'été (Fig. 20A), elles atteignent leur maximum à la fin octobre avec une moyenne de 0,54 piqûre par fruit. Enfin, elles décroissent fortement en décembre avec un taux de 0,14 piqûre par fruit. Les attaques varient significativement ($P < 0,05$) entre les trois dates d'échantillonnage en 1989 ; en octobre, les infestations sont importantes avec une moyenne de 2,33 piqûres par fruit (Fig. 20B), elles diminuent significativement ($P < 0,05$) en novembre pour augmenter à la mi-décembre en atteignant un maximum de 2,54 piqûres par fruit.

En 1990, les infestations sont importantes dès le mois de juillet avec une moyenne de 1,25 piqûres par fruit, elles augmentent progressivement jusqu'à la mi-septembre en atteignant un taux maximal de 2,03 piqûres par olive. Elles diminuent significativement ($P < 0,05$) à la fin septembre avec un taux de 1,51 piqûres par olive pour augmenter ensuite et se maintenir aux environs de 2 piqûres par fruit jusqu'à la mi-novembre (Fig. 20C). À la fin novembre, les piqûres diminuent significativement à un taux moyen de 1,34 par fruit jusqu'en décembre.

Les infestations de 1991 sont relativement faibles de juillet à la mi-octobre avec une moyenne de 0,26 piqûre par fruit. Elles augmentent significativement ($P < 0,001$) à la fin octobre avec un taux de 1,37 piqûres par fruit, pratiquement stable jusqu'en décembre (Fig. 20D).

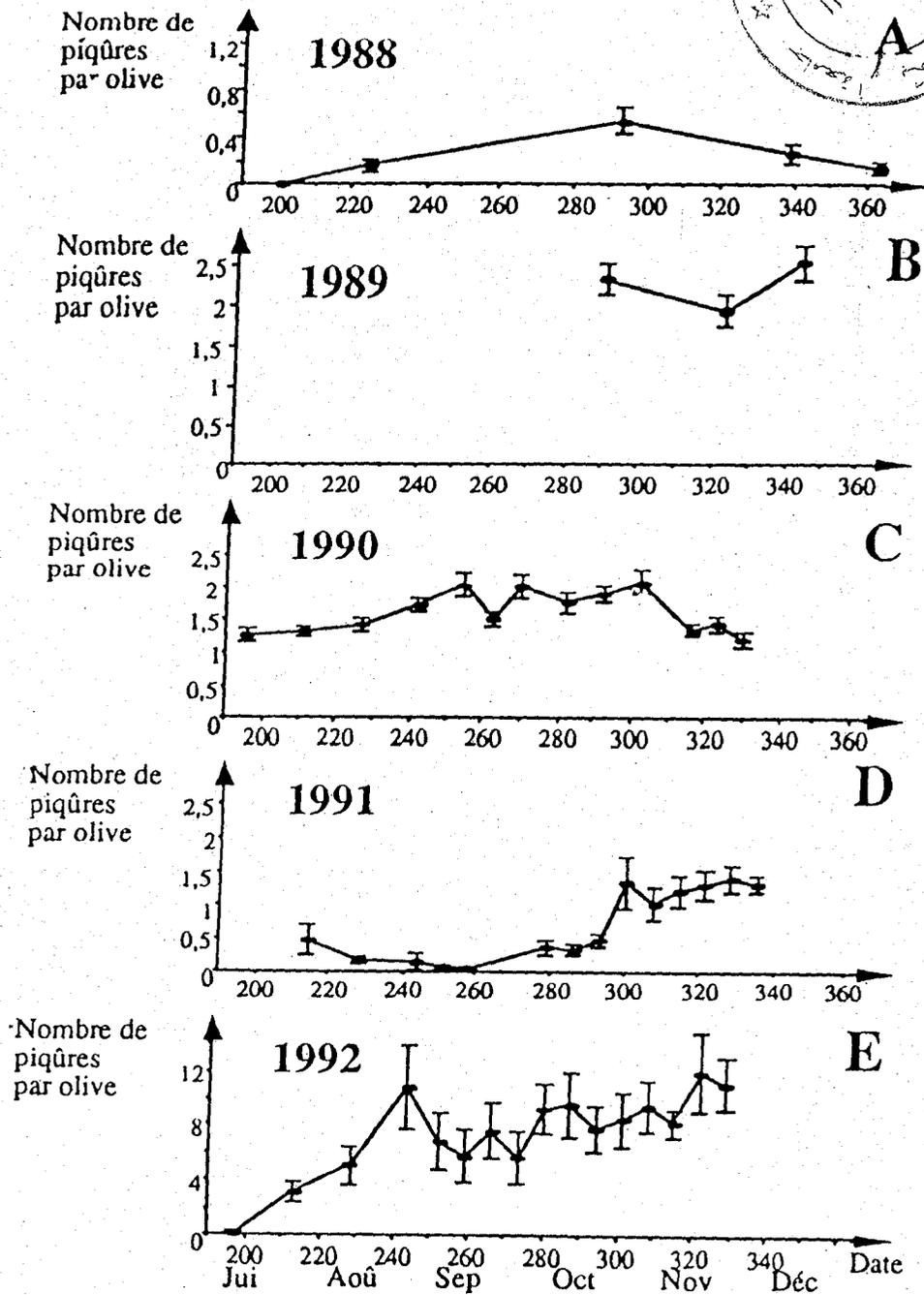
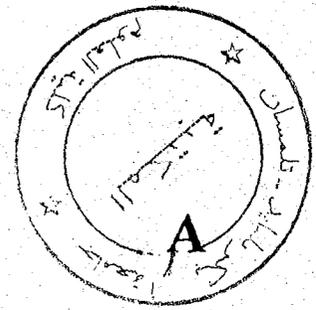


Figure 20 : Cinétique globale des infestations mesurées par les nombres moyens de piqûres par olive, de juillet à décembre. Chaque moyenne est accompagnée de son intervalle de confiance (nombre de fruits par date variable selon les arbres).

En 1992, les infestations sont globalement très importantes (Fig. 20E). Si en juillet le taux est faible (0,19 piqûre par fruit), il atteint ensuite un maximum de 10,82 par fruit à la mi-août, valeur à laquelle il se stabilise jusqu'en décembre.

La comparaison des cinétiques de 1987 à 1992 révèle de fortes variations selon les années. Néanmoins le taux des piqûres est maximal de septembre à novembre, sauf en 1990 où les infestations ont été plus tardives, probablement en raison des nombreux siroccos qui ont sévi à Tlemcen jusqu'en septembre et ont pu inhiber le vol et la ponte des femelles. Les taux maximaux de piqûres varient fortement selon l'année : de 0,54 en 1988 à 10,82 en 1992, soit un rapport de 1 à environ 20. De 1989 à 1991, les infestations furent moyennes avec des taux maximum de 2,54 ; 2,03 et 1,41 respectivement.

2.2. Le nombre total de larves par fruit

Les larves n'ayant été observées qu'à deux dates en 1987, il est difficile d'en connaître la cinétique. De même, en 1988 elles n'ont été présentes qu'à la seule date du 6 décembre avec un taux de 0,015 par fruit, ce qui est très faible. Aux autres dates considérées, aucune larve (ou pupa ou trou de sortie) n'a été retrouvée dans les fruits.

En 1989, un taux maximal de 0,49 larve par olive est observé à la mi-octobre, il diminue significativement ($P < 0,05$) à la fin novembre avec un taux de 0,13 larve par fruit puis augmente significativement ($P < 0,05$) à la mi-décembre avec une moyenne de 0,22 larve par olive (Fig. 21C).

Les infestations larvaires débutent dès le mois de septembre en 1990 avec un taux de 0,06 larve par fruit, qui augmente progressivement pour atteindre un taux maximal de 0,23 larve par olive à la mi-octobre (Fig. 21D). L'infestation mesurée par le nombre de larves décroît ensuite significativement ($P < 0,05$) à la fin novembre avec un taux de 0,10 larve par fruit, puis augmente jusqu'en décembre pour atteindre un taux final de 0,18 larve par olive.

En 1991, les attaques sont plus tardives qu'en 1990 (Fig. 21E) puisqu'elles ne commencent qu'en octobre avec un taux de 0,015 larve par fruit. Elles augmentent régulièrement jusqu'à atteindre un maximum assez faible de 0,047 larve par fruit, début novembre. De novembre à décembre elles subissent quelques fluctuations non significatives autour d'une valeur moyenne de 0,37 larve par fruit.

Comme pour les piqûres, les infestations par les larves sont très importantes en 1992 (Fig. 21F). Elles débutent exceptionnellement dès le mois de juillet avec un taux de 0,063 larve par fruit. Les effectifs varient peu jusqu'à la mi-août, date à laquelle le taux d'infestation augmente fortement jusqu'au début novembre, atteignant une valeur de 1,13 larves par fruit. Dès le prélèvement suivant, à la mi-novembre, il chute à 0,68 larve par fruit pour augmenter par la suite et atteindre un maximum de 1,33 larves par fruit en décembre (Fig. 21F).

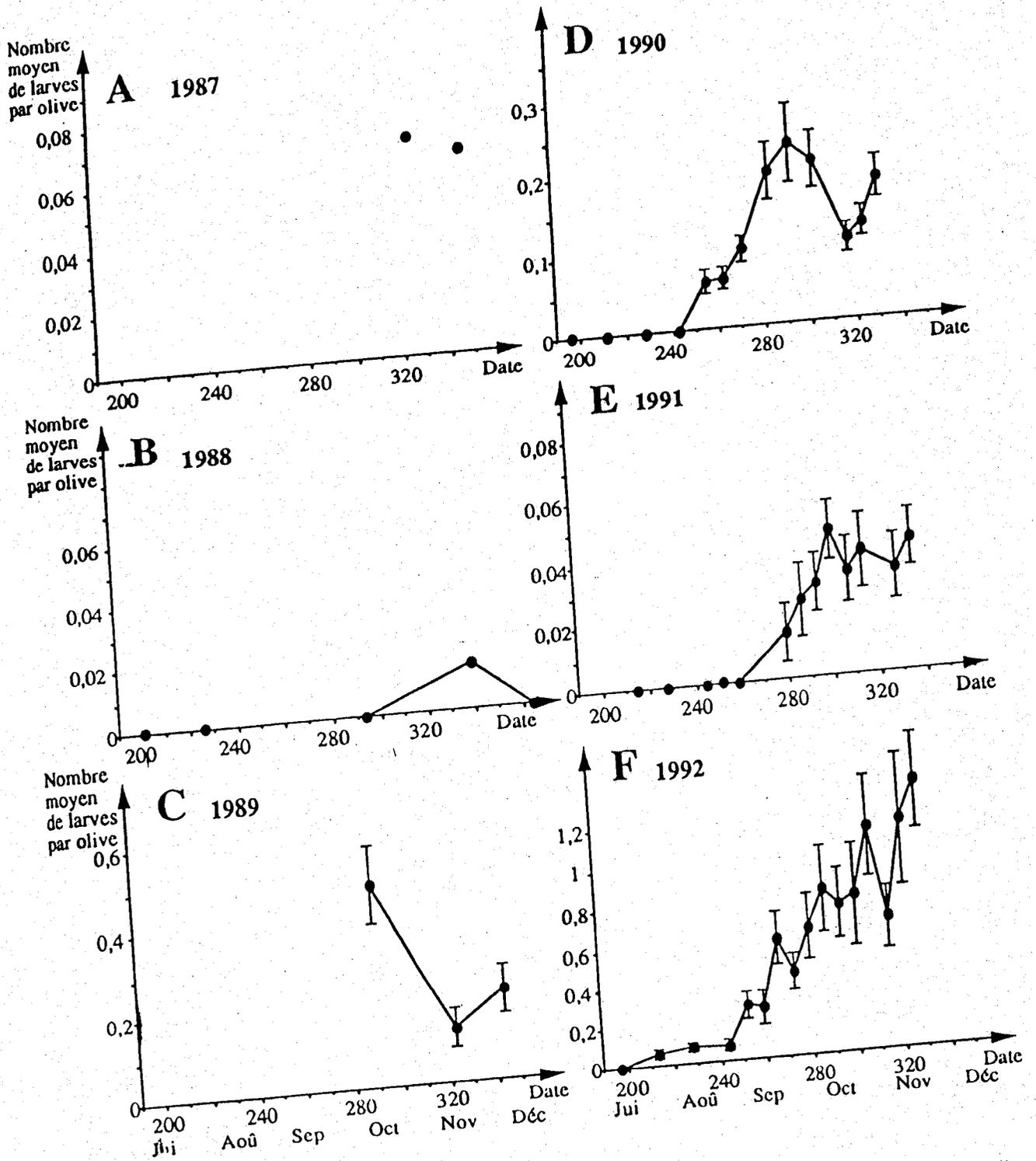


Figure 21 : Cinétique globale des infestations mesurées par le nombre moyens de larves par olive, de juillet à décembre. Chaque moyenne est accompagnée de son intervalle de confiance (nombre de fruits par date variable selon les arbres).

*Globalement, la cinétique des larves ressemble à celle des piqûres mais avec un décalage dans le temps correspondant à la durée d'incubation des œufs pondus ; le nombre de larves est nettement inférieur à celui des piqûres. Quelle que soit l'année, les infestations atteignent leur maximum en novembre et décembre, quand les fruits à pleine maturité autorisent un développement correct des larves. Comme pour les piqûres, les infestations varient fortement d'une année à l'autre, le taux maximum de larves par olive était de 0,015 en 1988 puis de 1,33 en 1992, soit une variation dans un rapport de 1 à 88. Les larves semblent être plus affectées par les conditions climatiques que les adultes ; en effet, en 1992 les températures estivales étaient nettement plus clémentes avec une moyenne de 20,1 °C en septembre et 16,5 °C en octobre (Fig. 6A) ; de plus, la pluviométrie relativement précoce durant cette année a créé une hygrométrie favorable au développement larvaire (Fig. 22).

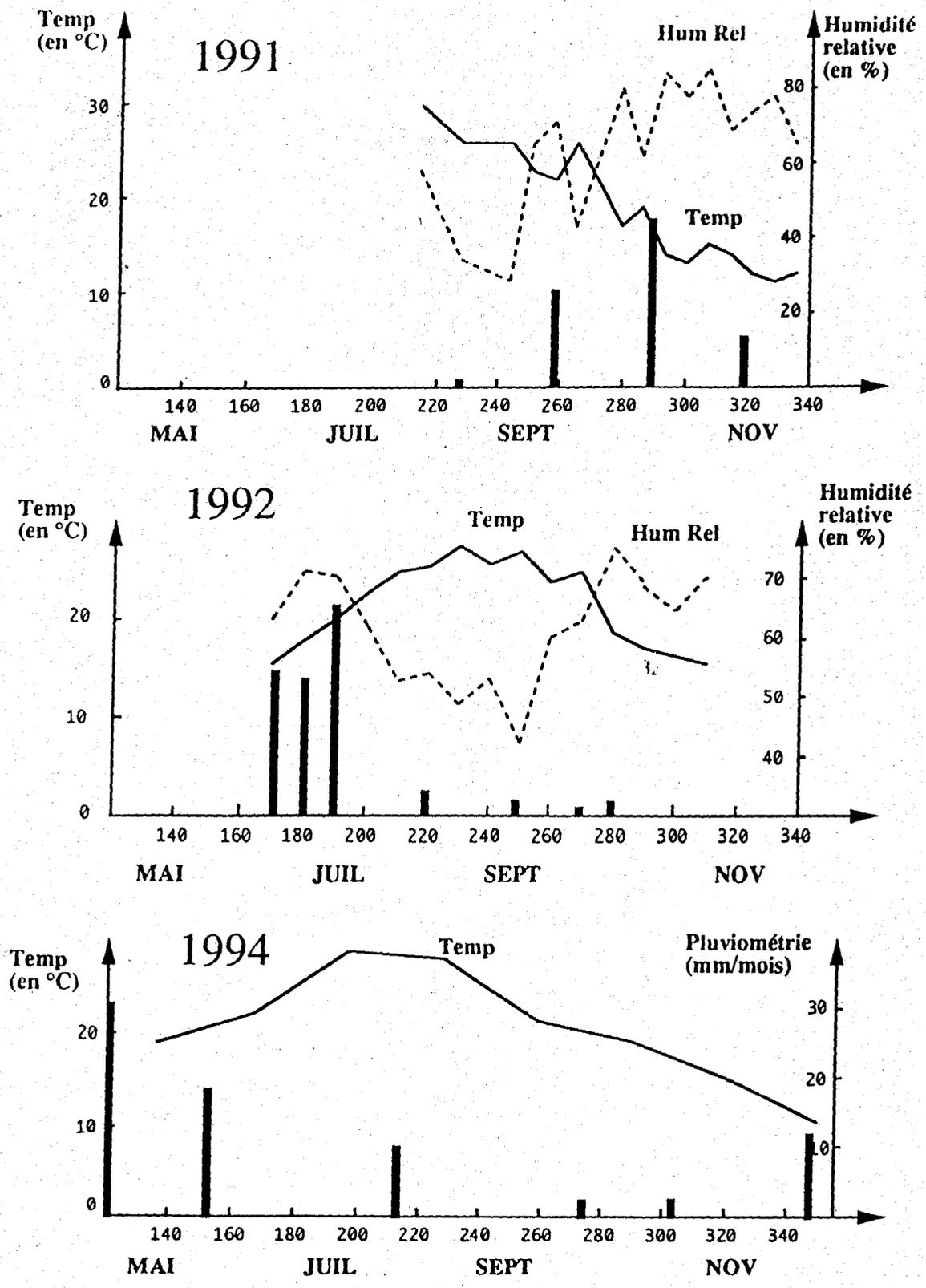


Figure 22 : Températures moyennes, humidités relatives et pluviométries enregistrées à Mansourah (température et humidité en 1991 et 1992) ou à la station météorologique de Saf-Saf (en 1994, pluviométrie les trois années). La pluviométrie maximale en 1991 vaut 80 mm/mois et en 1992, 12,3 mm/décade.

2.3. La cinétique des adultes

En 1991, les captures furent plutôt faibles en juillet avec une moyenne de 0,66 adulte/piège/semaine. En août, les infestations furent maximales avec deux pics de 3,86 et 3,73 mouches/piège/semaine, respectivement. En septembre et en octobre, les captures redeviennent faibles avec 0,4 et 0,38 mouche/piège, respectivement (Fig. 23A).

En 1992, les captures de mouches furent similaires à celles de 1991 (Fig. 23B) mais en étant plus élevées, en raison des températures et hygrométries favorables (Fig. 22). Les infestations furent faibles en juin avec une moyenne de 0,38 mouche/piège/semaine, puis elles devinrent moyennes en juillet avec un pic de 2,85 mouches/piège. Deux pics importants apparurent en août avec 3,77 et 5,09 mouches/piège, respectivement. Les piégeages furent faibles en septembre avec 0,75 mouche/piège.

Le suivi annuel de 1994 (Fig. 23C) a montré que les adultes étaient absents jusqu'à la fin mai où ils apparurent très faiblement avec une moyenne de 0,33 mouche/piège/semaine jusqu'à la fin juin. En juillet, les captures furent légèrement plus importantes avec 0,58 adulte/piège/semaine. Les infestations furent maximales en août (1,17 mouches/piège) et novembre (1,08 mouches/piège). En septembre et octobre, les piégeages furent moyens avec 0,75 et 0,92 mouche/piège respectivement. En décembre, les captures devinrent pratiquement nulles avec 0,08 mouche/piège (1 seule mouche a été capturée).

La cinétique des adultes semble varier suivant les années, les premières mouches apparaissent en début d'été mais ne commencent leurs attaques qu'en juillet, lorsque les olives deviennent réceptives. Les infestations maximales ont toujours lieu en août et parfois en novembre, si les conditions climatiques le leur permettent.

3. Dynamique des populations

3.1. Dynamique des adultes

La dynamique des adultes a été suivie par les captures aux pièges Mc Phail appâtés au diphosphate d'ammonium. En 1991 et 1992, les pièges ont fonctionné durant la saison oléicole, de juin à novembre ; en 1994, les observations ont été étendues à l'année entière, de janvier à décembre.

3.1.1. Les premières attaques

Les premières mouches ont été capturées le 1er juillet en 1991, le 7 juillet en 1992 et le 15 mai en 1994, année caractérisée par un printemps très doux (Fig. 22), avec des effectifs moyens de 1,83 ; 0,25 et 0,33 mouches par piège, respectivement.

3.1.2. Dynamique des adultes en relation avec les conditions climatiques

La dynamique des adultes semble étroitement liée aux conditions climatiques puisque si l'on juxtapose les figures 19 et 20, nous constatons que les captures sont faibles lorsque les températures sont extrêmes (aux environs de 30° C et de 10° C) avec des hygrométries trop faibles ou trop élevées. Les captures sont maximales lorsque les températures varient de 20 à 25° C et que l'hygrométrie se situe entre 50 et 70 %.

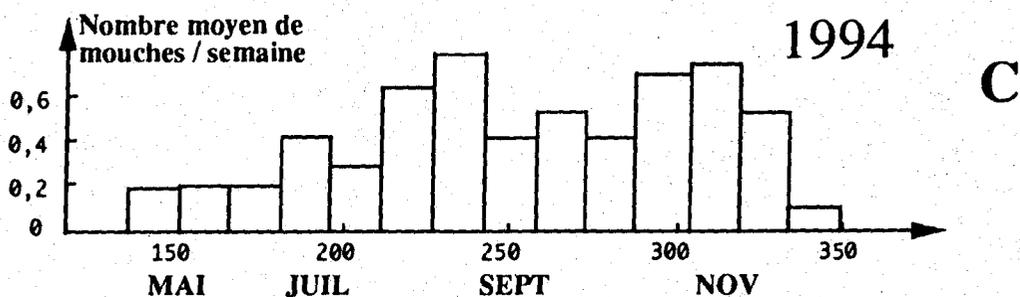
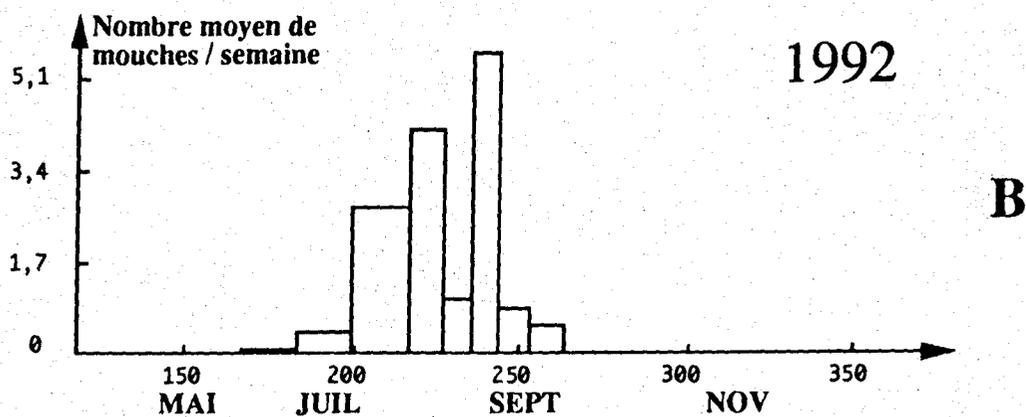
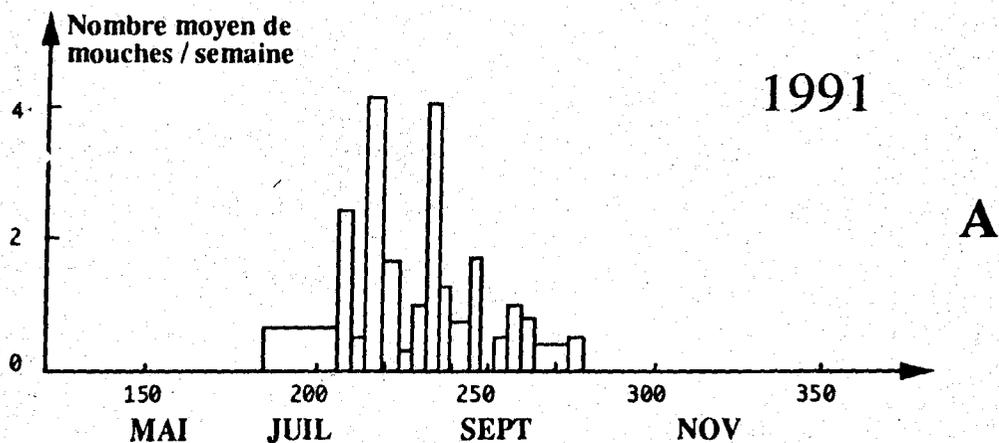


Figure 23: Histogrammes des captures des adultes de *B. oleae* en 1991, 1992 et 1994. La surface de chaque rectangle est proportionnelle au nombre d'adultes capturés pendant l'intervalle de temps considéré.

L'incidence des vents en général, et des siroccos en particulier, sur les captures de mouches a été vérifiée puisque les captures étaient nettement plus réduites aux dates auxquelles ont soufflé les siroccos ; leur chaleur supérieure à 40 °C et leur hygrométrie inférieure à 40 % en accentuent l'effet. Il y eut 23 jours de siroccos en 1990, 10 jours en 1991, 20 jours en 1992 et 14 jours en 1994, étalés entre juin et septembre.

3.2. Dynamique des stades immatures

Les infestations varient fortement d'une année à l'autre, voire d'un mois à l'autre et d'une semaine à l'autre. Il semble évident que les conditions climatiques influent grandement sur les populations et les attaques de *B. oleae* puisque les années où les températures et les hygrométries étaient modérés, comme 1992, connurent de très fortes infestations tant pour les piqûres (10,82 piqûres/olive) que pour les larves (1,13 larves/olive). Par contre, en 1988 où les températures et hygrométries furent extrêmes (Fig. 6), les infestations ne dépassèrent pas 0,54 piqûres/fruit et 0,015 larve/fruit, ce qui est très faible.

Cependant, quels que soient les taux d'infestation, la cinétique globale des attaques est similaire pour toutes les années : les infestations maximales se situent entre septembre et novembre ; seule l'année 1990, caractérisée par une fréquence élevée de jours (23) de sirocco, subit un certain décalage dans les infestations (Fig. 23).

4. Taux de mortalité des stades immatures

Lors des dissections, nous avons constaté une forte mortalité des stades immatures ; pour l'évaluer, nous avons utilisé les données de 1990 plus complètes, en comparant les effectifs moyens de piqûres à ceux des œufs pour connaître la proportion de piqûres stériles. La comparaison des nombres moyens d'œufs à ceux des larves écloses 8 à 10 jours après, a permis d'estimer la mortalité des œufs puisque l'incubation dure en moyenne 8 à 10 jours en automne.

La mortalité larvaire est calculée en première approximation en comparant les nombres moyens de larves à ceux des pupes estimés une dizaine de jours plus tard, ce qui correspond au développement larvaire moyen en automne.

La mortalité pupale et la durée de la nymphose ont été évaluées à partir des élevages menés au laboratoire. En effet, nous n'avons pas pu suivre les émergences d'adultes dans la nature car malgré la mise en place de cages à émergence sous la canopée des oliviers ; aucune mouche ne fut capturée. De plus, il est difficile d'estimer le nombre de pupes se trouvant dans le sol.

Les résultats obtenus en comparant les moyennes de piqûres, d'œufs et de larves sont regroupés dans le tableau 16 :

Dates	Piqûres stériles (en %)	Mortalité des œufs (en %)	Mortalité larvaire (en U)	Mortalité du total des larves (en %)
11/9	94	-		
19/9	92	91	7,4	68,5
27/9	79	31	32	12
9/10	72	76	68	54
19/10	86	85	30	41
29/10	91	65	67	11
12/11	96	78	81	31
19/11	94	58	71	*
26/11	95	75	44	*
Moyenn e	88,7	70,5	50,2	36,4

Tableau 16 : Taux de mortalité des stades immatures et fréquence des piqûres stériles, en 1990. * A ces dates, les nombres moyens de larves dépassent ceux des œufs.

La proportion de piqûres stériles varie de 72 % à 96 % avec une moyenne de 88,7 %, valeur très élevée.

La mortalité des œufs fluctue de 37 % à 91 %, avec une valeur moyenne de 70,5 %. Celle des larves varie de 11 % à 68,5 % ; en moyenne nous l'estimons à 36 %. En combinant la mortalité des œufs et celle des larves la mortalité de l'œuf à la pupaison peut être évaluée à environ 81 % = $((1 - (1 - 0,705) \times (1 - 0,36) \times 100)$.

Les élevages menés au laboratoire ont permis d'estimer la durée de la nymphose et les taux de mortalité (Tab. 17).

Date de mise en élevage	Nombre de pupes	Date des émergences	Nombre d'adultes	Durée moyenne de pupaison (en jours)	Taux de mortalité (en %)
14/10/90	4	4/11/90	4	20	0
24/10/90	21	20/11/90	16	27	24
31/10/90	8	24/11/90	3	24	62
10/11/90	9	5/12/90	6	45	33
27/11/90	10	12/1/91	0	46	100
1/12/90	13	22/1/91	7	49	46
8/12/90	13	29/1/91	7	41	46
	78		43		45

Tableau 17 : Durées de pupaison et taux de mortalité des pupes obtenus au laboratoire.

La pupaison n'excède pas 30 jours en octobre alors qu'elle dure 45 jours en moyenne en novembre-décembre. Ces variations sont imputables aux conditions climatiques, dont particulièrement la température, puisque c'était le seul facteur qui variait de 20 à 25° C lors de la mise en élevage.

5. Nombre de générations

Le développement continu de la mouche et le chevauchement des générations rend incertaine l'indication de leur nombre.

En Algérie, à Tlemcen plus précisément, nous avons estimé qu'il existe 4 générations par an. Si l'on considère que le cycle complet de la mouche dure 35 à 40 jours et que la présence des adultes est constatée du 200^e jour (juillet) au 340^e jours (début décembre) (Fig. 23), nous en déduisons qu'il existe 4 générations en moyenne, durant ces 140 jours.

Nous pouvons schématiser la répartition des différentes générations de la manière suivante (Fig. 24) :

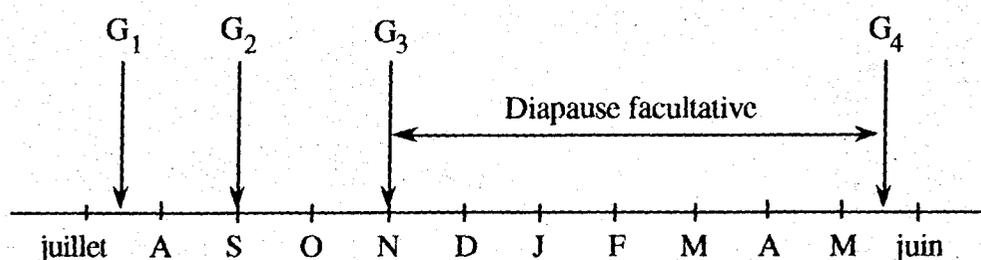


Figure 24 : Répartition schématique des 4 générations de *B. oleae* durant l'année, à Tlemcen.

Les adultes de la quatrième génération, issus de pupes hivernantes qui étaient en "diapause facultative" au niveau du sol, émergent en mai-juin (voire plus tôt si les conditions climatiques sont favorables). On peut supposer qu'aucune maturation sexuelle n'a lieu en l'absence d'olive. La ponte dans les nouveaux fruits se produit dès qu'ils atteignent une certaine épaisseur, ce qui donne naissance à une première génération de mouches en juillet-août. Cette dernière sera à l'origine d'une deuxième génération en septembre, dont le cycle de développement sera plus lent (Tab. 15), et qui donnera une troisième génération en novembre. La troisième génération attaque les fruits encore présents sur les arbres et produira des stades immatures dont le développement sera encore plus lent puisque la seule pupaison dure 45 jours en moyenne (Tab. 17) dans les conditions optimales du laboratoire. Dans la nature, un très grand nombre de stades immatures enregistre un fort taux de mortalité (Tab. 16) avec 70,5 % pour les œufs, 50,2 % pour les larves et 36,4 % pour le nombre total de larves (larves + pupes + trous de sortie).

Ce scénario, avec 4 générations, semble s'être déroulé en 1994 comme l'attestent les captures d'adultes (Fig. 23C). Ainsi, les premières mouches apparaissent en mai, puis un premier pic de captures est observé en juillet, un second plus important fin août-début septembre et un troisième en novembre, ce qui correspondrait aux quatre générations.

6. Conclusions

La biologie des populations du ravageur *B. oleae* à Tlemcen peut se résumer comme suit :

- la répartition entre arbres des infestations larvaires est similaire à celle des piqûres, la partie sud du verger est la plus infestée alors que la partie Ouest l'est souvent beaucoup moins. Parfois, nous avons relevé un effet de bordure, quand les infestations sont importantes,
- toutes les infestations obéissent à un même gradient allant en décroissant de la strate basse de l'arbre vers la strate haute, leur conférant une structure verticale très particulière,
- la cinétique des différents stades varie fortement de 1987 à 1992. Les taux de piqûres varient selon l'année, de 0,54 en 1988 à 10,82 en 1992, soit un rapport de 1 à 20. Toutefois, les infestations sont maximales entre août et novembre. La cinétique des larves ressemble à celle des piqûres avec un décalage dans le temps qui correspond à la durée d'incubation des œufs. Les infestations sont maximales entre novembre et décembre, dans des fruits à pleine maturité.
Les infestations varient fortement selon les années, de 0,015 larves par olive en 1988 et 1,33 larves en 1992, soit un rapport de 1 à 88.
Comme les stades immatures, les effectifs d'adultes varient d'une année à l'autre. Les mouches adultes apparaissent en début d'été mais n'attaquent qu'en juillet, quand les fruits deviennent réceptifs. Les captures sont maximales en août et parfois en novembre,
- La dynamique des populations est étroitement liée aux conditions climatiques : les infestations furent très faibles en 1988, quand les températures et hygrométries furent extrêmes (très froid en hiver et très chaud en été) alors qu'elles furent très élevées en 1992, quand les températures étaient plus douces.
Les infestations sont maximales entre septembre et novembre,
- les populations de *Bactrocera oleae* subissent une forte mortalité estimée à 81 % en moyenne, de l'œuf à la puppe,
- le chevauchement des générations rend difficile leur estimation. Il est probable que leur nombre varie d'une année à l'autre, suivant les conditions climatiques. Nous avons estimé qu'il existe 4 générations dans la région de Tlemcen, mais il se peut qu'il y en ait 3 quand les conditions climatiques sont défavorables et 5 si elles sont très clémentes.

Chapitre 5 :

Dégâts quantitatifs et qualitatifs occasionnés par *B. oleae*

Dans la région de Tlemcen, la mouche de l'olive a infesté en moyenne 20,4 à 88,1 % des olives de 1987 à 1992. Dans les zones côtières les attaques atteignent des pourcentages bien plus élevés puisque plus de 50 % des olives contiennent au moins une larve de *B. oleae* (Gaouar et Debouzie, 1991). Les taux d'infestation varient à l'intérieur d'un arbre, la strate basse étant la plus attaquée (Gaouar et Debouzie, 1995) et selon les arbres et les vergers (Gaouar, 1989).

Les fortes infestations relevées durant toutes ces années nous ont incité à considérer les dégâts quantitatifs et qualitatifs dus à ce ravageur. Deux types de nuisance peuvent être définis : celles qui concernent les olives de table, pouvant être estimées par le taux d'infestation de l'olive et celles affectant l'huile d'olive ; les qualités de cette dernière doivent être comparées aux normes établies par le Conseil Oléicole International (C.O.I.), qui nous serviront de référence.

Les prélèvements effectués en 1991 ont servi à étudier les différents dégâts dus au ravageur *Bractrocera oleae*.

1. Dégâts concernant les olives de table

L'estimation du taux d'infestation peut se faire soit par la fréquence de fruits infestés, toutes variables confondues, soit par le nombre de piqûres, d'œufs ou de larves par olive. Excepté en 1988, les données que nous avons acquises sont relatives à ces effectifs par olive. Nous avons recherché, grâce aux données de 1988, une relation entre le pourcentage de fruits sains et le nombre moyen de piqûres par olive. C'est une régression polynomiale (de degré deux, donc un arc de parabole) qui décrit au mieux une telle relation (Fig. 25) : pourcentage de fruits sains = $0,989 - 0,733 \bar{x} + 1,54 \bar{x}^2$ où \bar{x} représente le nombre moyen de piqûres par olive.

Chaque valeur du nombre moyen de piqûres par fruit est ensuite reconvertie en pourcentage de fruits attaqués.

Chaque année, l'intervalle des infestations varie au cours des saisons (cf. Chapitre 3). Par exemple, en 1991, les variations de différents taux d'attaque sont rapportées dans le tableau 18 :

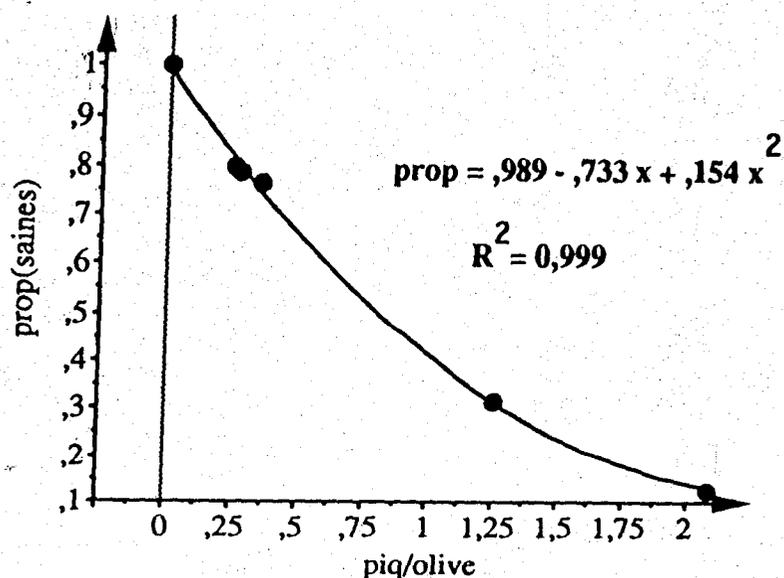


Figure 25 : Relation entre la proportion d'olives saines et le nombre moyen (x) de piqûres par olive. Données de 1988. Ajustement par un polynôme de degré 2.

Indices Mois	Piqûres	Œufs	Larves
août	0,32	0	0
septembre	0,08	0	0
octobre	0,71	0,059	0,029
novembre	1,32	0,095	0,028

Tableau 18 : Nombres moyens de piqûres, œufs et larves par fruit. Cas du verger B, en 1991.

Le pourcentage de fruits piqués est estimé à 35 % en août, puis seulement 7 % en septembre pour augmenter fortement en octobre et novembre avec 61 et 71 %, respectivement.

Nous constatons que le pourcentage de piqûres, critère retenu pour la commercialisation des olives de tables, dépasse largement le seuil de tolérance fixé à 10 %. Ces olives sont donc inaptes à la conserverie et seront destinées à l'huilerie.

Qu'en est-il pour les olives des autres saisons oléicoles ? Le tableau 19 permet d'y répondre :

Année	1988	1989	1990	1991	1992
Nombre moyen de piqûres/olive	0,28	2,27	1,83	0,61	8,51*
Pourcentage de fruits attaqués	20 %	88 %	84 %	40 %	100 %

Tableau 19 : Nombres moyens de piqûres par fruit et pourcentages de fruits attaqués, calculés de septembre à novembre, de 1988 à 1992, pour le verger B. * valeur dépassant l'intervalle qui a servi à l'établissement de la relation entre le pourcentage de fruits attaqués et le nombre moyen de piqûres par olive.

Les infestations de 1992 furent particulièrement élevées en raison des conditions climatiques exceptionnellement clémentes de cette année, qui furent favorables à la pullulation de l'insecte. Durant les années précédentes, les fortes chaleurs de l'été et les nombreux siroccos ont inhibé les pontes et occasionné la mort des stades immatures comme le signalent Jerraya et *al.* (1982) et Arambourg (1984).

Quoique plus faibles, les infestations de 1988 à 1991 sont également au-dessus des normes internationales, ces olives seront destinées à l'huilerie où elles causent un autre type de dégâts comme nous allons le constater.

2. Dégâts concernant l'huile d'olive

Les dégâts occasionnés à l'huile par *B. oleae* sont de deux ordres : quantitatifs et qualitatifs.

2.1. Étude quantitative

La comparaison de trois échantillons d'huile extraite d'olives saines (A), d'olives attaquées à 40 % (B) et d'olives infestées à 100 % (C), a permis d'obtenir les résultats suivants (Tableau 20) :

Huile	Poid des olives	Poids de l'huile
Échantillon A : Huile extraite d'olives saines	1 kg	104,72 g
Échantillon B : Huile extraite d'olives attaquées à 40 %	1 kg	92,52 g
Échantillon C : Huile extraite d'olives attaquées à 100 %	1 kg	90,48 g

Tableau 20 : Rendement en huile des trois échantillons d'olives récoltées dans le verger B en 1991.

Une différence de rendement de 12,21 g existe entre l'huile saine et celle issue d'olives attaquées à 40 %. Une différence de 14,24 g est constatée entre l'huile saine et celle provenant d'olives infestées à 100 %. Nous en déduisons que les attaques de *B. oleae* réduisent le rendement en huile des olives tant par la consommation de la pulpe par les larves que par le dessèchement dû aux trous de sortie pratiqués par les pupes.

2.2. Étude qualitative

2.2.1. Caractères chimiques

Les résultats des analyses chimiques sont rapportés dans le tableau 21 :

	Olives saines A	Olives dont 40 % ont reçu un piqûre B	Olives dont 100 % ont reçu au moins une piqûre C	Normes C.O.I.
Acidité libre (en % d'acide oléique)	1	1,762	2,820	1 - 3
	2	2,320	3,150	
	3	2,820	3,520	
	4	3,870	5,076	
Indice de saponification (mg KOH/g d'huile)	187,57	186,40	185,57	184 - 196
Indice de peroxyde (en méq O ₂ /kg)	2,50	8,00	22,75	≤ 20
Indice d'Iode (g d'Iode/100 g d'huile)	82,06	86,08	92,08	75 - 94
Indice de réfraction	1,4677	1,4657	1,4663	1,4665 - 1,4679

Tableau 21 : Indices chimiques des trois huiles (cf. tab. 20) comparés aux normes C.O.I. Pour l'acidité libre, les numéros 1, 2, 3, 4 correspondent aux différents temps de stockage de l'huile après son extraction.

L'indice d'acide indique une éventuelle altération de l'huile par hydrolyse. Pour l'échantillon A, il se situe dans les normes jusqu'à la quatrième mesure, qui correspond à trois mois de stockage où il devient hors normes. L'échantillon B est pratiquement dans les normes aux deux premières mesures mais commence à s'altérer à la troisième mesure qui correspond à deux mois de stockage de l'huile. L'échantillon C présente une forte acidité dès la première mesure (donc dès son extraction) et devient plus défectueux au fur et à mesure de son stockage (Tableau 21) en dépassant largement les normes internationales.

Les valeurs des indices de saponification des trois échantillons appartiennent à l'intervalle retenu par le C.O.I.

Les échantillons A et B ont un indice de peroxyde inférieur à 20, ce qui leur confère une bonne conservation, contrairement à l'échantillon C, à classer en huile lampante.

L'indice d'Iode des trois échantillons est conforme aux normes, avec toutefois des valeurs supérieures pour les échantillons B et C (Tab. 21).

Enfin, l'indice de réfraction qui mesure le degré de pureté de l'huile (il est considéré par certains comme caractère physique), indique que les échantillons B et C n'atteignent pas le degré préconisé par les normes internationales.

2.2.2. Caractères physiques

Les mesures de la densité et de l'absorbance dans l'U.V. sont regroupées dans le tableau 22 :

		Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Normes C.O.I.
Densité		0,9132	0,9386	0,9305	0,910 - 0,916
Absorbance dans l'U.V.	270 nm	0,2034	1,5754	0,7573	< 0,30
	232 nm	1,9852	4,6070	4,6095	< 2,04

Tableau 22 : Caractéristiques physiques des trois échantillons comparés aux normes internationales

Seule la densité de l'échantillon A est conforme aux normes ; les échantillons B et C présentent des densités élevées, ce qui les classe parmi les huiles "lourdes".

L'absorbance dans l'U.V., autre indicateur de l'oxydation de l'huile (avec l'indice de peroxyde), sépare à nouveau l'échantillon A, conforme aux normes tant pour l'absorbance à 270 nm qu'à 232 nm, des deux autres qui sont considérés comme fortement oxydés (Tab. 22).

2.2.3. Analyse en composantes principales (ACP)

Nous avons testé par une ACP normée l'incidence des douze facteurs se rapportant à l'analyse quantitative et qualitative des trois échantillons d'huile. Le premier axe factoriel rend compte de 77 % de la variabilité (fig. 26B). Il oppose l'huile saine (A) à l'huile attaquée à 100 % (C), l'huile B (40 % de fruits piqués) occupant une position intermédiaire (fig. 26C). Le cercle de corrélation (fig. 26A) indique les variables, parmi les douze mesurées, qui discriminent le plus les trois huiles. Celle dont la contribution est la plus élevée est l'indice de saponification ; l'indice d'acidité mesurée en 1, dès l'extraction de l'huile, le rendement et l'indice d'Iode jouant aussi un rôle important. À un degré moindre, les indices d'acidité 2, 3 et 4 mesurés après 1 mois, 2 mois et 3 mois de stockage, l'indice de peroxyde et l'absorbance dans l'U.V. à 232 nm séparent aussi les trois huiles. Le second axe factoriel montre que l'huile B se distingue des deux autres par une absorbance dans l'U.V. à 270 nm et l'indice de réfraction.

Globalement, l'ACP confirme les analyses précédentes en montrant la forte corrélation qui existe entre la plupart des douze variables mesurées. L'huile saine est caractérisée par un rendement et un indice de saponification forts et des indices d'acide et d'Iode faibles alors que l'huile infestée lui est opposée avec un indice de saponification et un rendement faibles et des indices d'acide et d'Iode forts. L'huile B a des valeurs intermédiaires mais plus proches de l'huile parasitée.

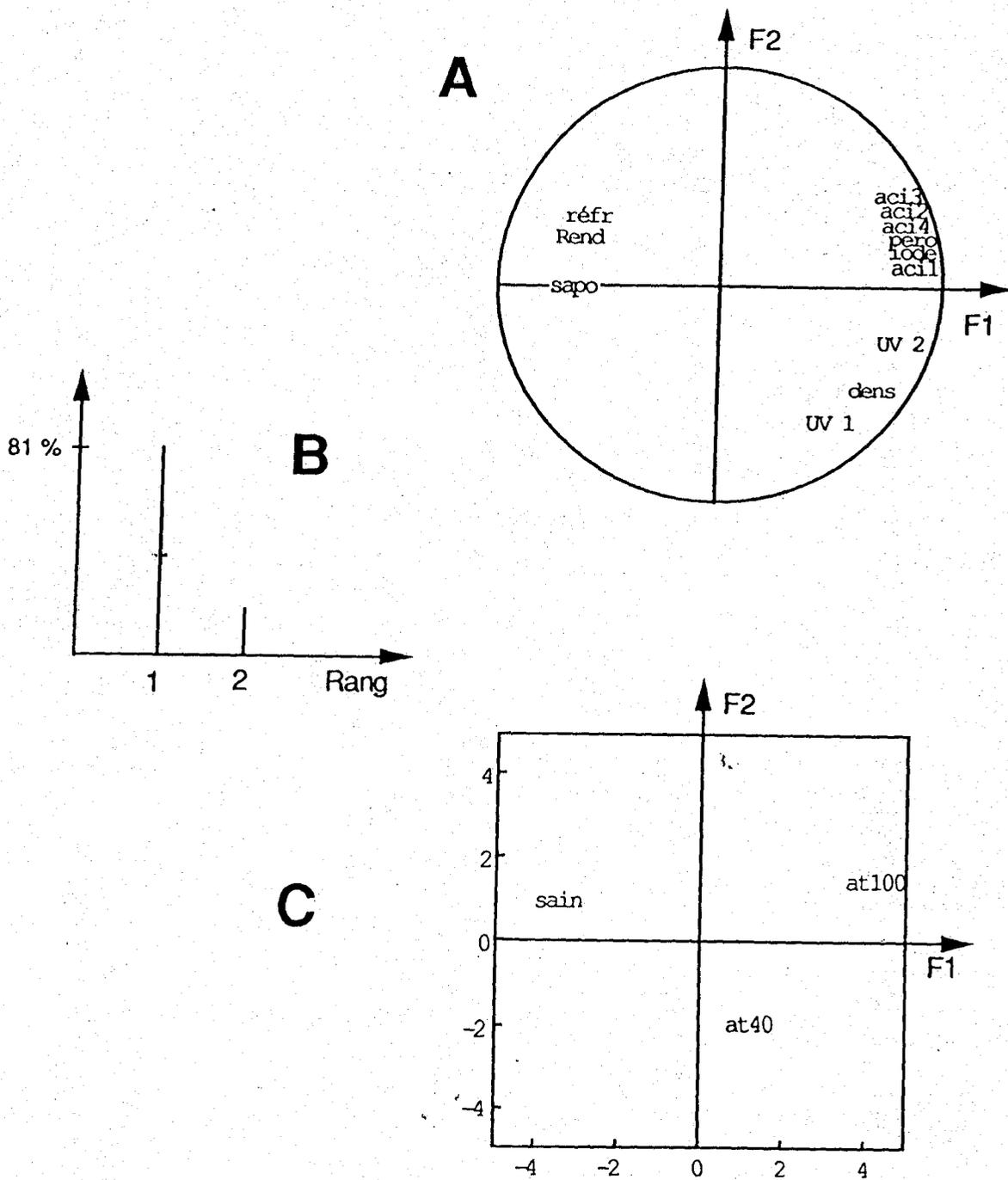


Figure 26 : Analyse en composantes principales sur douze paramètres caractérisant trois échantillons d'huile (sain, attaqué à 40% et attaqué à 100%)

3. Les principaux acides gras

La composition des huiles en acides gras autorise une comparaison plus fine des trois échantillons sur la base du rapport acides saturés/acides insaturés.

Parmi les 9 acides gras de l'échantillon A, 5 sont insaturés avec une proportion en acide oléique se situant dans les normes, par ailleurs très larges. La proportion en acide

linoléique, indispensable à l'organisme, est la plus importante. Les acides saturés les plus importants sont l'acide palmitique et l'acide stéarique ; plus leur teneur est importante, moins bonne est la qualité de l'huile.

L'échantillon A présente 7,65 % d'acide palmitique et 2,32 % d'acide stéarique, des proportions légèrement plus faibles que celles des deux autres échantillons (Tab. 23).

L'échantillon B possède 8 acides gras dont 4 sont insaturés avec une teneur plus forte en acide oléique et plus faible en acide linoléique que l'échantillon précédent. La proportion en acide palmitique et acide stéarique est plus importante (7,76 % et 2,76 % respectivement).

L'échantillon C présente 8 acides gras dont 4 sont insaturés avec une teneur en acide oléique dépassant nettement les normes et une faible teneur en acide linoléique. Les proportions en acides gras saturés y sont plus élevées que pour les échantillons A et B avec 8,04 % d'acide palmitique et 2,69 % d'acide stéarique (Tab. 23).

L'acide béhénique, présent dans les trois chantillons dépasse les normes pour les lots d'olives infestées.

	Échantillon A	Échantillon B	Échantillon C	Normes C.O.I.
C16 : 2 A. Palmitolinoléique	0,17	–	–	0 - 0,18
C16 : 1 A. Palmitoléique	0,54	0,47	0,37	0,3 - 3,5
C16 : 0 A. Palmitique	7,65	7,76	8,04	7,5 - 20
C18 : 3 A. Linoléique	1,2	–	–	0 - 1,5
C18 : 2 A. Linoléique	7,53	4,13	2,07	3,5 - 20
C18 : 1 A. Oléique	79,4	83,46	85,32	55 - 83
C18 : 0 A. Stéarique	2,32	2,76	2,69	0,5 - 5,0
C20 : 1 A. Gadoléique	0,36	0,42	–	Traces
C20 : 0 A. Arachidique	0,10	0,37	0,31	Max 0,8
C22 : 1 A. Erucique	–	–	0,34	Traces
C22 : 0 A. Béhénique	0,18	0,26	0,36	Max 0,2

Tableau 23 : Les principaux acides gras (en %) contenus dans les trois échantillons, comparés aux normes internationales (C.O.I.).

4. Conclusion

Les différences de composition en acides gras des trois échantillons, ainsi que celles des indices physiques et chimiques sont principalement dues à l'action du ravageur *B. oleae*, les trois lots étant initialement homogènes pour tous les autres facteurs.

La mouche de l'olive provoque une dépréciation quantitative et qualitative de l'huile, même avec un taux d'infestation relativement faible (40 %). L'huile issue d'olives infestées à 100 % est défectueuse et impropre à la consommation dès son extraction. Seule l'huile de l'échantillon A, extraite d'olives non parasitées est saine, non altérée et bonne pour la conservation.

Il s'agit donc d'empêcher la prolifération de ce ravageur de l'olive puisqu'il déprécie aussi bien les olives destinées à la conserverie que l'huile qui en est extraite, même si les infestations sont assez faibles.

En outre, il faut éviter le stockage des olives parasitées, qui favorise le développement des moisissures et des champignons, ce qui augmente l'acidité de l'huile et la rend impropre à la consommation. Il vaut mieux consommer l'huile qui en est extraite dans les plus brefs délais pour éviter qu'elle ne rancisse et ne s'acidifie, ce qui la rend nocive et peu diététique.

Chapitre 6 :

Proposition d'une stratégie de lutte optimisée selon les critères bio-écologiques de *B. oleae* dans notre région

Devant l'importance des dégâts que font subir aux cultures les divers parasites ou ravageurs appartenant pour la majorité à la classe des insectes, un grand intérêt s'attache à la mise en œuvre de moyens de lutte efficaces.

La lutte chimique, couramment employée, est constamment nécessaire, mais elle entraîne de gros investissements financiers pour un effet positif à court terme qui, cependant, diminue rapidement par suite de l'apparition de résistances. De plus, à longue échéance, les substances employées risquent d'être néfastes pour l'environnement et pour l'homme. Aussi, l'attention s'est tournée vers la lutte biologique qui met en œuvre et renforce les méthodes de régulation qui existent dans la nature. La technique consiste à introduire (ou réintroduire) l'agent de lutte biologique dans la nature et à renforcer momentanément son action par des "lâchers" inondatifs, après multiplication au laboratoire. Elle cherche à diminuer l'effectif de la population de ravageurs pour réduire les dégâts à un seuil économiquement acceptable (Nénon, 1981).

À partir des données acquises de 1987 à 1991 sur la bio-écologie de *Bactrocera oleae* dans notre région, notamment sur sa répartition spatio-temporelle, nous avons établi une stratégie de lutte basée sur l'emploi d'un insecticide organophosphoré, le Fenthion (à 6 %).

À partir des seize prélèvements d'olives effectués en 1992 dans chacun des deux vergers, traité et non traité, nous avons comparé leurs infestations pour évaluer l'efficacité d'un traitement optimisé que nous avons préconisé. Celui-ci consiste à effectuer une application d'insecticide plus importante sur la strate basse (la plus infestée), à chaque fois qu'apparaît une nouvelle génération d'adultes.

1. Étude de l'efficacité du traitement insecticide

1.1. Apparition des premières mouches et dates des traitements

Les premiers adultes ont été capturés, à l'aide de pièges MC Phail appâtés au diphosphate d'ammonium à 3 %, le 7 juillet 1992 ; ils étaient au nombre de 3 dans le verger B et 2 dans le verger C (Fig. 10). L'insecticide a été appliqué dans le verger C, plus petit, dès que les pièges ont capturé 4 à 5 mouches en moyenne par semaine, ce qui correspondrait à l'apparition d'une nouvelle génération. Trois applications ont été effectuées : le 1er août, le 20 août puis le 4 septembre.

1.2. Variation du nombre d'adultes

En juillet, avant que le premier traitement ne soit appliqué, les infestations étaient similaires avec une moyenne de 1,23 mouches/piège/semaine dans le verger (B) et 1,17 mouches/piège/semaine dans le verger (C) (Tab. 24).

Date	Verger non traité (B)	Verger traité (C)
1/07	0,13	0,17
15/07	0,42	0,5
30/07	3,13	2,84
1/08	Premier traitement insecticide	
8/08	4,92	2,00
15/08	1,08	5,17
20/08	Deuxième traitement insecticide	
22/08	5,25	1,00
30/08	1	0,67
4/09	Troisième traitement insecticide	
8/09	0,75	0

Tableau 24 : Nombre moyen d'adultes par piège et par semaine. Les dates correspondent aux relevés de pièges. Les premiers pièges ont été installés le 15 juin 1992.

Après le premier traitement, les captures furent réduites une semaine après, mais à la deuxième semaine nous avons noté une recrudescence dans le verger traité (C), probablement due à un déplacement de la population du verger (B) ou d'autres oliveraies voisines ; cette dispersion a probablement été favorisée par le sirocco qui a sévi les jours précédents (du 16 au 18 août).

Après le deuxième traitement, effectué le 20 août, les attaques ont immédiatement baissé dans le verger traité alors qu'elles étaient importantes dans le verger non traité, notamment entre le 15 et le 22 août (Tab. 24).

Le troisième traitement fut le plus efficace puisqu'il a permis l'éradication totale des adultes.

1.3. Variation des stades immatures

En juillet, avant que le premier traitement ne soit appliqué, les taux de piqûres n'étaient pas significativement différents (Tab. 25) :

Mois	Verger non traité (B)	Verger traité (C)	Test t	Probabilité
juillet	0,19	0,26	1,07	0,29
août	6,34	2,91	2,92	0,004
septembre	6,48	3,19	4,11	< 0,0001
octobre	8,78	1,74	8,57	< 0,0001
novembre	10,20	1,71	10,11	< 0,0001

Tableau 25 : Nombre moyen de piqûres par olive, par mois et par verger.

Immédiatement après le premier traitement, début août, les infestations furent nettement plus élevées dans le verger non traité (B) (Tab. 25).

La figure (27A) montre que les attaques étaient similaires en juillet mais qu'elles ont évolué différemment après les deux traitements du mois d'août et celui de septembre, en étant nettement plus importantes dans le verger non traité (B).

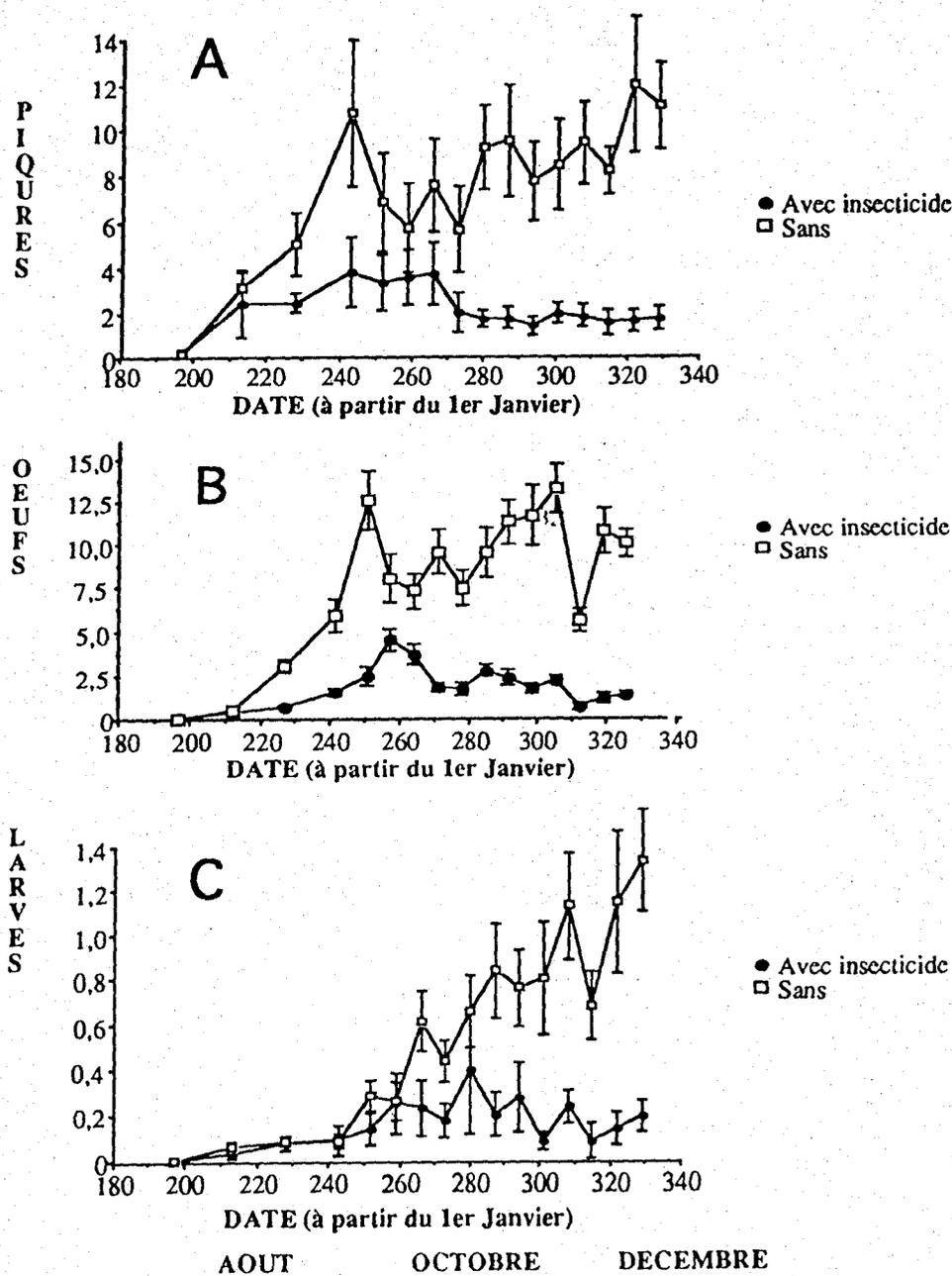


Figure 27 : Variations temporelles des nombres de piqûres, d'oeufs et de larves par olive, au niveau des vergers traité et non traité.

Les résultats sont similaires pour les œufs. Notons qu'ils étaient particulièrement nombreux mais beaucoup étaient noirâtres et desséchés ; ils devaient probablement être morts.

En juillet, les infestations ne présentaient aucune différence significative. À partir du mois d'août, les attaques étaient significativement plus importantes dans le verger non traité (B) que dans le verger traité (C) (Tab. 26) :

Mois	Verger non traité (B)	Verger traité (C)	Test t	Probabilité
juillet	0,03	0,05	0,97	0,34
août	3,14	0,85	3,51	0,0006
septembre	9,39	3,14	5,52	< 0,0001
octobre	10,06	2,16	6,94	< 0,000
novembre	9,96	1,33	8,98	< 0,0001

Tableau 26 : Nombre moyen d'œufs par fruit, par mois et par verger.

La figure (27B) montre que les infestations étaient comparables jusqu'à la mi-août, puis elles ont varié fortement dans le verger non traité en présentant trois pics importants en début septembre, début et fin novembre ; elles ont peu varié dans le verger traité.

Les infestations larvaires étaient faibles dans les deux vergers jusqu'à la fin août puis elles ont augmenté dans le verger non traité en présentant trois pics se situant à la fin septembre, début puis fin novembre (Fig. 27C). Dans le verger traité (C), les attaques ont peu varié à l'exception du début novembre.

Les infestations larvaires étaient similaires jusqu'en août. Après le deuxième et troisième traitements, elles furent significativement plus importantes à partir du mois de septembre (Tab. 27).

Mois	Verger B	Verger C	Test t	Probabilité
juillet	0	0	-	-
août	0,076	0,065	0,78	0,44
septembre	0,398	0,196	4,43	< 0,0001
octobre	0,764	0,240	6,00	< 0,0001
novembre	1,073	0,161	8,76	< 0,0001

Tableau 27 : Nombre moyen de larves par olive, par mois et par verger.

En comparant les infestations finales d'octobre et novembre des deux vergers, nous constatons que le verger non traité (B) est près de 5 fois plus attaqué que le verger traité (C).

2. Étude du parasitisme

Les piégeages et certains élevages ont permis de récolter des parasites appartenant tous à l'espèce *Opius concolor*. Nous avons calculé le taux de parasitisme en rapportant leur nombre à celui du total des émergences (mouches plus parasites) obtenues lors des

46 élevages effectués de 1987 à 1992 ; les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 28 :

Année	Nombre de fruits	Nombre d'adultes	Nombre de parasites	Taux de parasitisme (en %)
1987	1500	27	11	40,7
1988	2500	44	4	9,1
1989	3000	51	13	25,5
1990	3500	43	16	37,2
1991	3000	0	0	—
1992	3000	33	5	14,7

Tableau 28 : Taux de parasitisme de *B. oleae* par *O. concolor* obtenus à partir des élevages effectués au laboratoire, regroupés par année. Le nombre d'adultes représente les mouches et les parasites qui ont émergé.

Le taux de parasitisme, obtenu à partir des élevages sur des effectifs réduits de pupes a varié de 9 à 46 % selon les années. Toutefois, il reste faible pour pouvoir contrôler à lui seul les populations du ravageur.

Le faible parasitisme de 1988 (9 %) et l'absence de parasites en 1991 semblent directement liés aux conditions climatiques puisque les températures furent très élevées en été avec une pluviométrie pratiquement nulle, ce qui implique une hygrométrie très faible (Fig. 6). Or, le développement larvaire d'*Opius concolor* nécessite une hygrométrie importante pour éviter la dessiccation des tissus contenus dans le puparium (Delanoue et Pralavorio, 1977).

3. Évaluation de l'impact des soins cultureux

Plusieurs travaux ont signalé l'importance des pratiques culturales (la taille, le labourage, l'irrigation, ...) comme moyen de prévention, voire de lutte visant à réduire les infestations (Bonnet, 1960 ; Pagnol, 1975 ; Loussert et Brousse, 1978 ; Amouretti et Comet, 1985). En revanche, aucune évaluation quantitative n'a été fournie, permettant de mesurer à quel point l'entretien prémunit le verger des attaques de *Bactrocera oleae*.

Nous avons jugé intéressant d'évaluer l'importance des soins cultureux, en comparant en 1991, les infestations de deux vergers oléicoles, l'un étant entretenu, l'autre pas. Ces deux vergers n'ont subi aucun traitement par insecticide.

Le taux moyen de piqûres varie d'août à septembre en étant significativement plus important dans le verger (C) non entretenu que dans le verger (B) entretenu, à l'exception du mois d'août où la différence entre les deux vergers n'était pas significative (Tab. 29).

Mois	Verger entretenu	Verger sans entretien	Test t	Probabilité
août	0,33	0,50	1,37	0,18
septembre	0,09	1,15	8,07	< 0,0001
octobre	0,65	2,33	10,14	< 0,0001
novembre	1,26	2,42	8,08	< 0,0001

Tableau 29 : Nombre moyen de piqûres par olive, par mois et par verger.

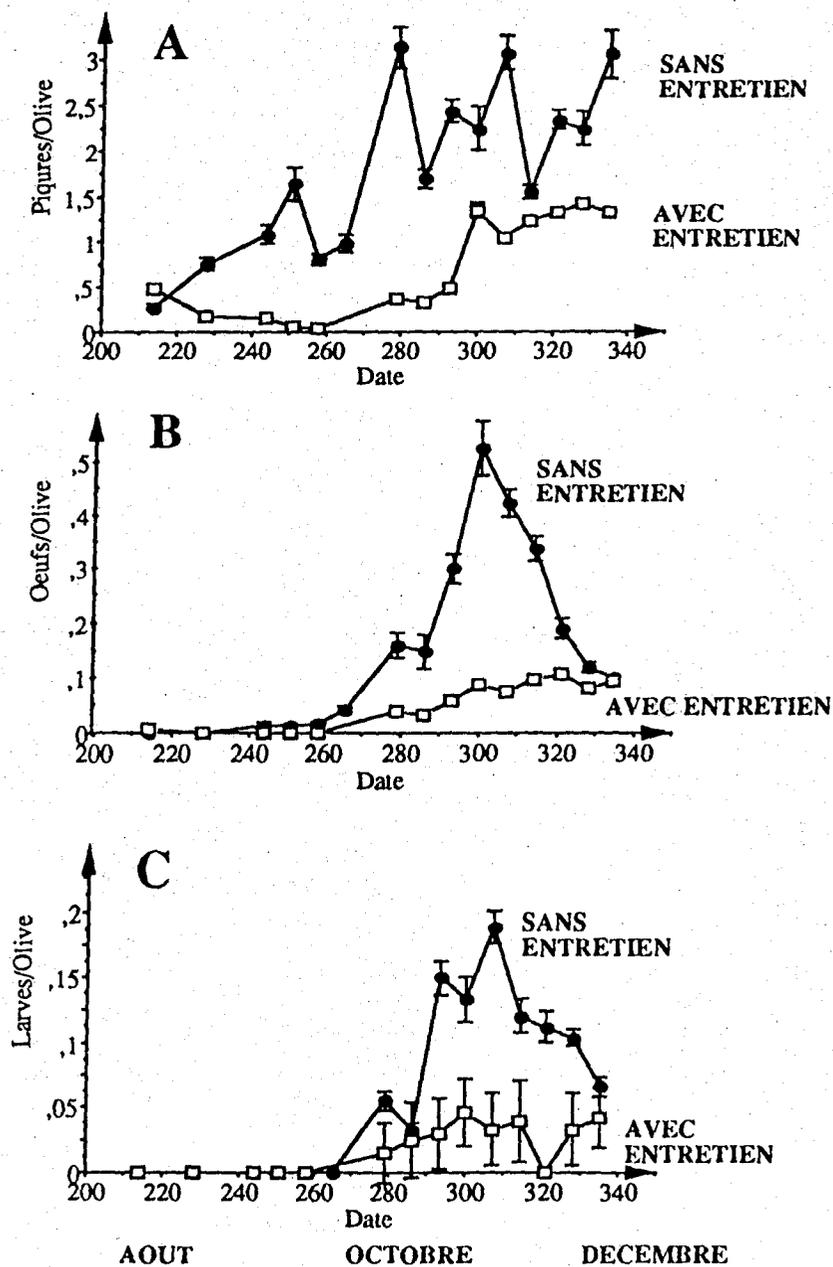


Figure 28 : Variations temporelles des nombres de piqûres, d'oeufs et de larves par olive, au niveau des vergers entretenu et non entretenu.

En regroupant octobre et novembre, on peut estimer l'efficacité de l'entretien, notamment pour les larves qui représentent le mieux les infestations ; les attaques larvaires sont en moyenne 3,5 fois plus importantes dans le verger sans entretien (C) que dans le verger entretenu (B).

La figure (28C) illustre les différentes fluctuations larvaires, plus visibles pour le verger sans entretien.

Les soins culturaux ont donc réduit les infestations de 3,5 fois en moyenne, ce qui n'est pas négligeable pour le contrôle de la mouche.

4. Conclusion

L'étude bio-écologique de *Bactrocera oleae* dans la région de Tlemcen a permis d'obtenir un certain nombre d'informations telles que la date des premières attaques efficaces, la répartition intra-arbre des infestations, la strate basse, inférieure à 2 m, étant la plus infestée et le taux de parasitisme, apparemment trop faible pour contrôler à lui seul ce ravageur dans cette région.

Ces données obtenues après 7 années de suivi ont permis d'établir une stratégie de lutte, basée essentiellement sur le dosage des insecticides, sur la strate à pulvériser le plus (évidemment la plus basse) et le calendrier des pulvérisations, établi à partir de la cinétique des infestations. L'application de ce schéma de lutte s'est avéré très positive puisqu'elle a permis de réduire de 5 fois les infestations, ce qui est très encourageant.

L'impact des travaux culturaux est également important puisqu'il réduit de 3,5 fois les attaques du ravageur, résultat tout aussi encourageant que le premier avec l'avantage d'être moins onéreux et plus écologique, dans la mesure où il ne nécessite aucune intervention chimique.

Chapitre 7 :

Discussion

La nécessité d'approfondir les connaissances bio-éthologiques et écologiques de *Bactrocera oleae* et, tout spécialement celles sur la dynamique de population et l'évaluation des dégâts, a suscité beaucoup d'intérêt de la part des chercheurs. Cependant, rares sont ceux qui se soient intéressés à la répartition spatiale des populations de ce ravageur malgré son importance majeure dans l'étude bio-éthologique de l'insecte et par conséquent dans le manière de lutter contre lui.

En effet, la répartition spatiale des espèces animales et végétales dans un habitat donné doit être connue lors d'inventaires d'espèces, d'estimations de dégâts, de mises au point de pratiques culturales et de traitements phytosanitaires (Debouzie *et al.*, 1987). La connaissance de l'effectif d'une population ne suffit pas à prédire sa dynamique, la répartition spatiale et temporelle des individus intervient aussi (Thioulouse *et al.*, 1984).

1. Les premières attaques

Les premières attaques efficaces, provoquant des dégâts supérieurs au seuil de tolérance fixé à 10 % (soit d'après nos estimations, 0,12 piqûre/olive) ont lieu en juin dans les zones du littoral, en juillet à Tlemcen et seulement en août pour les régions situées à plus de 1000 m d'altitude.

«La date des premières attaques semble étroitement liée au bioclimat puisque nous avons montré que les premières mouches apparaissent en juin dans les oliveraies du littoral alors qu'elles ne sont présentes qu'en août dans les régions de l'intérieur (Gaouar et Debouzie, 1991)». Cette constatation n'est nullement contradictoire avec celles qui précèdent puisque les fruits du littoral mûrissent plus précocement que ceux de l'intérieur.

L'épaisseur et le degré de maturation des fruits semblent être déterminants dans le déclenchement des premières infestations. En effet, selon Jerraya *et al.* (1982), les attaques augmentent dès que les fruits atteignent une épaisseur de 0,6 cm, quelle que soit leur longueur. Par ailleurs, Longo et Benfatto (1982) constatent que les attaques commencent fin juin en Sicile, alors que la teneur en huile des olives atteint 2 %. Les infestations deviennent maximales quand le taux d'huile est de 40 %. À Corfou, les fruits deviennent réceptifs en juillet, ce qui permet les premières attaques efficaces (Kapatos et Fletcher, 1984). Dans la Crète, plus au Nord, les premières infestations ont lieu à la mi-août (Louskas *et al.*, 1980).

2. Structures spatiales des populations

L'analyse des structures spatiales cherche à comprendre comment les individus occupent l'espace. Le meilleur moyen de définir une population est d'en élucider ses structures : sociales, temporelles, spatiales et génétiques (Legay et Debouzie, 1985).

Parmi les cinq types cités, les structures spatiales et temporelles constituent le plus souvent les premières caractéristiques des populations d'insectes.

De nombreux travaux montrent par ailleurs que l'organisation temporelle des plantes hôtes contribue également à influencer la répartition des insectes. Que l'espèce soit monovoltine ou polyvoltine, il existe des relations entre la plante et l'insecte qui assurent une "coïncidence temporelle" entre les deux cycles phénologiques, et qui sont d'une grande importance dans la biologie de populations d'un phytophage (Du Merle, 1988).

Dans le cas particulier du ravageur de l'olive *Bactrocera oleae*, l'étude de la répartition spatiale et temporelle de ses populations nous a permis de rationaliser les traitements chimiques qui seront administrés aux dates et aux localisations optimales pour qu'ils soient plus efficaces et moins onéreux, surtout pour un pays en pleine crise économique comme le nôtre.

La répartition des attaques du ravageur a été appréhendée à deux échelles : le verger, que l'on a qualifié de structure horizontale, et l'arbre dont nous avons étudié l'homogénéité interne vis-à-vis des attaques ; les structures ont alors été nommées verticales.

La structure horizontale des infestations révèle qu'il existe une forte hétérogénéité entre les arbres d'un même verger. Elle serait probablement due aux différences phénologiques existant entre les oliviers, ce qui induit des émanations d'intensité variables, donc de réceptivité variable (Prokopy, 1977).

Les piqûres et les larves suivent généralement le même type de répartition à une date donnée (Fig. 10 à 15), en étant plus importantes vers la partie Sud du verger, la partie Ouest étant la moins infestée. Dans les trois vergers étudiés, leurs parties Sud jouxtent d'autres oliveraies (Fig. 7). Des populations de *B. oleae* ont pu se déplacer entre les oliveraies et les premiers oliviers rencontrés qui sont souvent plus fortement infestés. Il s'agit d'un effet classique de bordure, observé dans de nombreuses autres études (Fletcher et Kapatos, 1981 ; Debouzie et Thioulouse, 1986).

En ce qui concerne la répartition verticale des attaques, la partie basse de l'arbre est plus infestée que la strate haute. Ce gradient a été observé du début des infestations, en juillet, jusqu'à la récolte, fin novembre. Nos résultats diffèrent de ceux de Bueno et Vazquez (1984) qui avaient observé des différences significatives entre les deux parties de l'arbre seulement fin septembre, début octobre. Ils avaient noté également que le secteur Sud de l'arbre était plus infesté que les trois autres, alors que nous n'avons trouvé aucune incidence de l'orientation (Gaouar et Debouzie, 1991). Par contre, nos résultats concordent avec ceux de Mustapha et Al Zaghal (1987) en Jordanie qui avaient observé que la partie basse de l'arbre était la plus infestée, quelle que soit la variété considérée.

Ces résultats suggèrent que les imagos qui émergent du sol, se disperseraient peu dans l'arbre, en s'arrêtant dans la strate la plus basse. Cette dernière offre de bonnes conditions pour la ponte des femelles, en particulier par des températures modérées et une humidité relative assez élevée, plus particulièrement en août-septembre, lors des fortes températures extérieures (Fletcher et Kapatos, 1982 ; Fletcher, 1987). Les différences entre les strates sont plus importantes en octobre ; elles seraient probablement dues à une nouvelle génération de femelles qui émergeraient fin septembre (Fig. 23).

En novembre, les différences d'infestation deviennent plus faibles, ce qui suggère que les sites d'oviposition de la strate basse commencent à être saturés. Il faut rappeler que les femelles de *B. oleae* émettent une phéromone répulsive qui empêche les ovipositions simultanées (Cirio, 1971 ; Girolami et al., 1981). En cas de saturation des

fruits de la strate basse, les femelles seraient amenées à voler plus haut dans l'arbre pour chercher des fruits non infestés.

Cette structuration bien définie dépendant de la hauteur de l'arbre mais pas de l'orientation se retrouve chez d'autres insectes tels que le coléoptère *Hylesinus varius* qui attaque le tronc de l'olivier nettement plus que les branches, plus hautes (Lozano et Campos, 1993). La partie Nord de l'arbre est également plus attaquée que autres. Cette distribution est attribuée aux conditions environnementales telles que la température, l'insolation, le diamètre des branches... (Lozano et Campos, 1993).

Un autre type de structuration existe chez le scolyte *Dendroctonus frontalis* dont les deux premiers stades larvaires se localisent dans la région du phloème tandis que les deux derniers stades migrent vers le liège, site de pupaison et d'émergence des adultes (Pulley *et al.*, 1979).

Des variations peuvent également exister à l'échelle d'une feuille comme dans le cas de la distribution de la cochenille *Saissetia oleae* sur les feuilles du citronnier où les larves se concentrent davantage sur la face inférieure des feuilles (Podoler *et al.*, 1979) ou à l'échelle d'un fruit comme pour les Drosophiles se succédant dans une figue (Lachaise, 1979).

Les microdistributions observées résultent le plus souvent du comportement de ponte des adultes. La faible mobilité des stades immatures induit une densité élevée d'individus par unité de ressource (fruit, plante, arbre, ...).

Les structures spatiales interagissent avec d'autres facteurs tels que le temps, structures spatiales et structures temporelles étant indissolublement liées: une organisation spatiale donnée n'a pas de sens si elle est retirée de son contexte dynamique.

3. Dynamique des populations

3.1. Structures temporelles et cinétique des infestations

À Tlemcen, les adultes deviennent sexuellement matures et attaquent en juin-juillet, alors que les fruits commencent à être réceptifs. Ils sont très actifs entre juillet et novembre avec des pontes maximales en août et septembre, ce qui se traduit par des infestations larvaires et pupales maximales entre septembre et novembre. Les pontes cessent probablement à la fin novembre, avec la récolte de fruits et l'apparition de grands froids qui inhibent toutes les infestations et émergences d'adultes. Les pupes de cette période rentrent en "diapause facultative" jusqu'au printemps; les adultes qui en émergent ne deviennent matures qu'en début d'été.

Les infestations varient fortement d'une année à l'autre, voire d'une date d'observation à l'autre, mais leur cinétique globale est similaire pour toutes les années qui présentent des attaques maximales entre septembre et novembre; seule l'année 1990, caractérisée par de nombreux siroccos, présente un certain décalage dans les infestations. Jerraya *et al.* (1982) et Arambourg (1984) ont beaucoup insisté sur le rôle limitant de ces vents chauds et secs qui sévissent en Afrique du Nord.

La dynamique des populations de *Bactrocera oleae* est étroitement liée aux conditions climatiques. Les populations semblent fortement affectées par les basses températures de l'hiver, aussi bien les adultes, absents de décembre à mai-juin que les stades immatures qui enregistrent une forte mortalité dès le mois de novembre. De nombreuses pupes dans le sol sont détruites par le froid et la pluie ainsi que par les

prédateurs (Arambourg et Pralavorio, 1970 ; Laudého *et al.*, 1975). Au printemps, les attaques reprennent sur les fruits restants, dès que les températures deviennent plus clémentes. Les adultes issus des pupes hivernantes reprendront le cycle en juillet-août, à la nouvelle saison fructifère (Liaropoulos *et al.*, 1977a ; Economopoulos *et al.*, 1982b).

Les fortes températures de l'été ont également un grand impact sur la survie de tous les stades du phytophage. En outre, la faible réceptivité des fruits et leur qualité nutritive médiocre réduisent l'effectif des larves (Neuenschwander *et al.*, 1983). En automne, les températures plus douces et la disparition de la faune entomophage permettent une augmentation des niveaux du phytophage (Sigwalt *et al.*, 1977 ; Louskas *et al.*, 1980) ce qui explique les fortes infestations enregistrées à cette saison.

Dans les environs de Tlemcen, la densité des populations de la mouche de l'olive dépend surtout des fortes températures estivales et de la faible hygrométrie qui les accompagne, et de la réceptivité des fruits. Les températures froides de décembre à mars inhibent quasiment tout développement de la mouche.

3.2. Développement et mortalité des stades immatures

Au laboratoire, la nymphose a duré 30 jours en octobre et 45 jours en novembre-décembre.

Dans la nature, la durée de développement nymphal varie selon la date d'enfouissement et les conditions climatiques. En Italie, la nymphose dure 47 à 49 jours en mars, 10 à 12 jours en été et 13 à 29 jours en automne (Delrio et Cavalloro, 1977). En Grèce, la nymphose dure 30 jours pour les pupes enfouies en octobre, 80 jours pour celles de novembre, 90 jours pour celles de décembre, 50 jours pour celles de février, 40 jours pour celles de mars et 20 jours pour celles d'avril-mai (Liaropoulos *et al.*, 1979a).

L'augmentation de la durée de la pupaison que nous avons observée en novembre-décembre est à imputer à une baisse de la température de nos élevages, puisque tous les fruits sont issus du même verger.

En moyenne, 81 % des œufs meurent avant d'atteindre le stade pupal. Cette estimation ne concerne qu'une seule année, 1990, avec des conditions climatiques conformes aux moyennes mensuelles de Tlemcen. D'autres facteurs de mortalité réduisent les effectifs des stades pré-imaginaires, tels les oiseaux fructivores, la qualité et l'humidité du sol (pour les pupes) ainsi les parasitoïdes (Bigler et Delucchi, 1981b).

Néanmoins, la mortalité des stades immatures est attribuée principalement aux conditions climatiques, à l'inadéquation du fruit par manque de maturité ou en raison de la variété puisque les variétés à gros fruits sont plus attaquées que celles à petits fruits (Stavraki, 1974 ; Neuenschwander et Michelakis, 1979a ; Gaouar et Debouzie, 1991).

Les parasitoïdes et les prédateurs peuvent avoir une grande incidence sur la mortalité des immatures (Bigler et Delucchi, 1981a ; Economopoulos, 1982) ; cependant, la mortalité naturelle due à des causes non parasitaires est la plus importante (Liaropoulos *et al.*, 1977).

Par ailleurs, Manoukas et Tsiropoulos (1977) ainsi que Cirio et Gherardini (1984) insistent sur l'impact d'une grande densité des œufs sur la mortalité larvaire, le retard du développement nymphal et la réduction des émergences d'adultes. Cette compétition intraspécifique semble exister chez de nombreuses mouches de fruits (Debouzie, 1989).

3.3. Nombre de générations

Le chevauchement des générations de *B. oleae* complique l'estimation du nombre de générations ; toutefois, la dynamique des populations du ravageur avec ses captures d'adultes, le calcul des effectifs, des taux de survie et surtout des taux de développement permet d'en donner une approximation.

À Tlemcen, la mouche de l'olive semble avoir 4 générations par an ; cependant il y en aurait 5 dans les zones côtières et seulement 3 dans les régions de l'intérieur, situées en altitude. En effet, les températures modérées et l'hygrométrie élevée favorisent le développement de l'insecte (Donia *et al.*, 1971 ; Delrio et Cavalloro, 1977) ; inversement, les températures plus fraîches des zones situées en altitude réduisent le nombre de générations puisque Papparatti (1991) a estimé qu'il n'y en avait que deux en Italie du Nord, où les infestations sont très tardives.

En Italie, il existe 4 générations dans le littoral et 2 à 3 générations à l'intérieur du pays (Delrio et Cavalloro, 1977 ; Papparatti, 1991). Les mêmes observations ont été faites en Grèce (Kapatos et Fletcher, 1984 ; Fletcher, 1987), en Jordanie (Mustapha et Al Zahal, 1987) et en Tunisie (Jerraya *et al.*, 1982).

Le suivi de 1994 a montré l'absence des mouches au niveau des pièges de décembre à mai. Elles hiverneraient dans des abris puisque Arambourg et Pralavorio (1970) affirment que *Bactrocera oleae* est capable de survivre plusieurs mois, voire un an, à l'état adulte et que c'est sous cette forme qu'il hiveme dans la majorité des cas. Les adultes passeraient les périodes défavorables de l'année dans une diapause facultative durant laquelle ils se groupent dans des refuges convenables et restent dans des stades sexuellement immatures. D'autres travaux ont montré que l'hivernation se fait également à l'état de pupes qui éclosent au printemps et qui sont à l'origine de la première génération estivale (Sigwalt *et al.*, 1977 ; Laudého *et al.*, 1979 ; Liaropoulos *et al.*, 1979b).

Nous pouvons conclure que *B. oleae* présente 4 générations par an dans la région de Tlemcen dont trois sévissent entre juillet et novembre et la quatrième, au printemps.

4. Dégâts provoqués par *B. oleae* dans la région de Tlemcen

Les dégâts occasionnés à l'olive par le phytophage touchent aussi bien les olives de table que l'huile.

4.1. Dégâts causés aux olives de table

Pour les olives destinées à la conserverie, toute piqûre constitue un défaut rendant le fruit inapte à sa commercialisation en raison des critères rigides concernant la qualité de l'olive.

De telles olives sont donc dévalorisées et ne peuvent être utilisées que pour l'huilerie, où leur rendement en huile est généralement réduit. On considère que le seuil de tolérance est de 10 % mais de nombreux pays l'ont fixé à 2 % (Arambourg, 1984).

À Tlemcen, les taux d'infestation sont toujours supérieurs au seuil de tolérance (Tableau 18). Nous les avons souvent calculés comme le nombre moyen de piqûres par olive, mais si l'on devait considérer le nombre moyen d'olives présentant au moins une piqûre, nous affirmons que selon nos observations, le taux d'infestation dépasserait 90 %.

Haniotakis (1986) a constaté que 80 % de la production oléicole était attaquée en Grèce. En Italie, Delrio et Cavalloro (1977) ont relevé une infestation de 95 % en 1973 et

83 % en 1975. En Jordanie, les dégâts sont estimés à 50 % par Mustapha et Al Zaghal (1987). Les pertes causées par *B. oleae* sont estimées à 30 % en Egypte (Donia *et al.*, 1971) où la sécheresse importante de l'été réduit probablement les infestations.

Dans la région de Tlemcen, les infestations varient d'une année à l'autre voire même d'une date à l'autre puisque les taux moyens sont toujours significativement différents. Les oliveraies situées près du littoral sont nettement plus infestées que celles se trouvant à l'intérieur (Delrio et Cavalloro, 1977 ; Jerraya *et al.*, 1982 ; Arambourg, 1986 ; Gaouar et Debouzie, 1991). L'intensité des infestations varie aussi selon les variétés, celles à gros fruits étant les plus attaquées (Donia *et al.*, 1971 ; Neuenschwander et Michelakis, 1979b ; Mustapha et Al Zaghal, 1987 ; Gaouar et Debouzie, 1991).

Au niveau d'un verger, les attaques varient d'un arbre à l'autre selon le stade phénologique des olives de l'arbre et en fonction des kairomones que les fruits dégagent et qui attirent les femelles matures (Prokopy, 1977 ; Louskas *et al.*, 1980 ; Girolami, 1982 ; Metclaf, 1990). À l'échelle de l'arbre, il existe une répartition spatiale bien définie avec un gradient allant en décroissant de la strate basse vers la strate haute de l'arbre. En revanche, nous n'avons pas trouvé d'influence de l'orientation (Gaouar et Debouzie, 1991) bien que Bueno et Vazquez (1984) aient observé que la direction Sud de l'arbre était plus infestée. Mustapha (1984) a trouvé la même répartition chez *Euphyllusa olivina* Costa. sur l'olivier.

Nous concluons que les infestations des olives de table dépassent toujours le seuil de tolérance quels que soient les pays considérés. Il faut alors trier les fruits pour que les plus attaqués soient destinés à l'huilerie bien que l'huile en soit alors dépréciée.

4.2. Dégâts causés à l'huile d'olive

Plusieurs auteurs ont signalé la baisse de rendement due à *Bactrocera oleae* mais sans l'avoir évaluée (Michelakis et Neuenschwander, 1982 ; Arambourg, 1984). À présent, nous l'avons estimé à 11,7 % pour des olives infestées à 40 % et 13,6 % pour celles attaquées à 100 %. La différence entre les deux rendements semble faible pour des taux d'attaque aussi différents ; le problème important semble être donc d'empêcher une infestation même à un taux assez bas.

Certains travaux attribuent l'augmentation du taux d'acidité à l'action des enzymes libérées lors de la maturation du fruit et à l'action bactérienne et fongique (Caselli *et al.*, 1993). Cependant d'autres auteurs font jouer un rôle plus important à *B. oleae* en plus de certains champignons qui se trouvent dans la pulpe des fruits (Cimato, 1990 ; Michelakis, 1990). Nos travaux confirment leurs conclusions puisque les échantillons de fruits parasités présentent un taux d'acidité plus élevé que celui d'olives saines.

L'acidité de l'échantillon B peut paraître un peu élevée pour un taux d'infestation de 40 % ; il est possible que ce soit dû à la définition du taux d'infestation et qu'il faille considérer plutôt le nombre moyen de piqûres, d'œufs et de larves par olive. La relation que nous avons établie entre le pourcentage de fruits attaqués et les nombres moyens de piqûres l'a été pour une seule année et n'est peut-être pas généralisable à tous les degrés d'infestation. Toutefois, il semblerait logique de compléter la mesure des taux d'infestation, le pourcentage de fruits attaqués, par une estimation des effectifs de piqûres par exemple, par olive. Cela pourrait conduire à revoir les normes C.O.I.

Les autres indices chimiques confirment la bonne qualité de l'échantillon A et à un degré moindre, celle de B. L'huile de l'échantillon C est classée comme défectueuse. En effet, l'indice de peroxyde qui indique l'oxydation de l'huile est plus élevé pour B et C. Ces

derniers seront plus exposés aux altérations, ils seront donc moins stables et davantage soumis au rancissement (Michelakis, 1992) ; leur indice de réfraction est hors normes, les huiles ne sont pas "vierges".

La densité et l'absorbance dans l'U.V. ont confirmé que l'huile de l'échantillon A est plus saine et plus légère que les deux autres.

Selon la composition en acides gras des trois échantillons, l'huile A possède un nombre plus important d'acides gras insaturés dont une forte proportion en acide oléique. Ce dernier présente un effet vasculo-protecteur et réducteur de cholestérol (Fricker, 1988). Le taux de mortalité coronarien le plus bas est enregistré en Méditerranée (Kafatos, 1995 ; Tchiroupolo, 1995). Des études récentes ont montré que l'huile d'olive peut non seulement exercer des effets bienfaisants sur le système cardiovasculaire (Fricker, 1988 ; Murillo Ramos, 1992 ; Mancini et Giacco, 1993) mais contribuer en même temps à réduire l'incidence de certaines malignités (cancer du sein, de l'ovaire et du côlon) (Jacotot, 1994).

Il apparaît donc clairement, qu'en plus de ses qualités organoleptiques, l'huile d'olive a un indiscutable intérêt pour de nombreux domaines de la médecine tant moderne que traditionnelle. En effet, la médecine traditionnelle l'a toujours utilisé comme traitement de base tant pour les pathologies digestives (lithiases vésiculaires, douleurs hépatiques, constipation), que pour les pathologies respiratoires et auriculaires. Elle est appliquée sous forme de cataplasme pour les infections dermiques et les brûlures.

L'huile de Tlemcen semble assez particulière relativement aux normes C.O.I., ce qui serait dû aux caractères physico-chimiques de la variété "Sigoise" (Benkabilia, 1992) ainsi qu'à d'autres facteurs exogènes qui agissent pendant les différentes phases du développement (Michelakis, 1992). En effet, l'huile résulte d'une série d'interactions entre facteurs génétiques, environnementaux et technologiques qui influent sur sa qualité (Inglese, 1994).

Nous pouvons conclure que l'huile de l'échantillon A, plus riche en acides gras insaturés et mono-insaturés est la plus diététique et serait donc conseillée pour ses qualités organoleptiques ainsi que pour la prévention des pathologies cardiovasculaires et cancéreuses.

5. Stratégie de lutte optimisée en fonction des critères bio-écologiques du ravageur, propres à la région.

Jusqu'à ces dernières années, le contrôle de la mouche de l'olive, comme d'autres ravageurs, se basait presque entièrement sur l'utilisation des pesticides chimiques, souvent par application aérienne. Or, une application continue peut avoir de sérieuses conséquences écologiques dont la plus commune est la destruction ou une grande réduction des populations naturelles d'insectes utiles et la résurgence d'insectes nuisibles. De plus, la lutte par les insecticides n'est pas compatible avec le contrôle biologique puisque les ennemis naturels sont également détruits par les pesticides (Katsoyannos, 1992 ; Jacas et Viñuela, 1994).

L'autre problème non moins important est celui de résistance aux pesticides ; de plus, les olives ont tendance à accumuler les résidus (Claridge et Walton, 1992).

La lutte intégrée, donnant la priorité aux facteurs limitants naturels, est considérée comme la meilleure stratégie de protection des récoltes. Elle requiert une bonne connaissance de la biologie et du cycle de chaque ravageur et de ses ennemis naturels qui dépendent fortement des facteurs environnementaux.

Dans cette optique, nous avons étudié certains paramètres biologiques et écologiques de la mouche, spécifiques à notre région, pour pouvoir proposer une méthode adéquate, donc plus efficace, aux oléiculteurs locaux.

5.1. Application des insecticides

Les insecticides doivent être appliqués à des dates et des localisations bien précises, définies à partir des résultats obtenus sur les dates d'apparition des nouvelles générations d'adultes ainsi que sur la répartition spatio-temporelle des attaques de *B. oleae*.

Les pulvérisations d'insecticides doivent être effectuées dès que les pièges Mc Phail capturent en moyenne 4 à 5 mouches par piège (Broumas *et al.*, 1982); elles seront nettement plus accentuées à la strate basse de l'arbre, la plus infestée.

Une expérience effectuée en 1992 a montré que cette stratégie permet de réduire les infestations de 5 fois en moyenne, ce qui est appréciable.

De plus, les applications ont été réduites en nombre et en quantité, résultat très positif tant sur le plan écologique, toxicologique, qu'économique. Kapatos et Fletcher (1982) et Haniotakis (1986) mettent en garde les utilisateurs contre la nocivité des insecticides organophosphorés employés en grande quantité. Argentesi *et al.* (1982) ont vivement conseillé de réduire l'utilisation des pesticides contre les mouches de fruit en raison des conséquences néfastes qu'ils ont sur l'environnement.

5.2. Rôle du parasitisme

Le seul parasite de *B. oleae* que nous ayons trouvé à Tlemcen est le Braconide *O. concolor*, à des taux variant de 9 à 46 %, selon les années. Son rôle est très variable d'une année à l'autre, mais il demeure toujours insuffisant pour limiter effectivement l'accroissement des populations du phytophage.

Depuis les années 1960, un effort important a été fait spécialement en Italie et en Grèce pour utiliser *O. concolor* en lâchers inondatifs contre *B. oleae*. De 1965 à 1969 de grands nombres (11 à 32 millions par an) furent lâchés sur de vastes zones oléicoles (de 1000 à 3000 hectares). Si l'on admet que les infestations ont été suffisamment réduites pour enrayer la chute des fruits, on doit cependant considérer que sur un plan général, l'utilisation de l'entomophage n'a pas permis de maintenir le ravageur à un niveau de population inférieur ou voisin du seuil de tolérance admissible en culture intensive (Arambourg, 1986).

Selon Delrio et Cavalloro (1977) et Debouzie (1989), un parasitisme de 90 % ne suffit pas à lui seul, pour détruire une population de mouches. Il faut en outre intervenir au printemps, sur les fruits résiduels pour obtenir des résultats acceptables (Kapatos *et al.*, 1977; Liaropoulos *et al.*, 1977).

5.3. Incidence des soins cultureux

L'étude comparative de deux vergers, dont l'un a subi les différents soins cultureux conseillés en oléiculture et l'autre pas, a montré qu'il existe une différence significative entre les infestations par *B. oleae*. En effet, le verger entretenu est de deux à trois fois moins infesté que celui qui ne l'est pas ; ce résultat doit être considéré comme positif.

Plusieurs travaux ont insisté sur l'importance des soins cultureux tels que le labourage, la taille, l'irrigation, sur la réduction des infestations par *B. oleae* (Bonnet, 1960 ; Amouretti et Comet, 1985 ; Aguilera *et al.*, 1992).

6. Conclusion

Les résultats que nous avons obtenus ont permis d'établir une stratégie de lutte appropriée aux critères bio-écologiques de la mouche, spécifiques à la région de Tlemcen. Nous proposons d'effectuer trois traitements d'insecticides à la fin juillet, vers le 20 août puis le début septembre en insistant sur la strate basse de l'arbre, située à moins de 2 m de haut.

Les oliveraies doivent subir les soins cultureux classiques pour favoriser l'action des parasites ainsi que celle des pulvérisations d'insecticides.

Nous sommes convaincu que la combinaison des trois types de lutte donne de bons résultats puisque même en les séparant, ils ont pu réduire les infestations.

Actuellement, ce schéma de lutte que nous préconisons semble être le plus efficace puisqu'il permet de lutter contre le ravageur en réduisant l'utilisation des insecticides ce qui protège l'entomofaune, notamment ses parasites naturels qui aideront à réduire les populations du phytophage.

Conclusion Générale

L'étude bio-écologique de la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*, de 1987 à 1994, dans la région de Tlemcen, a permis d'obtenir un certain nombre de résultats qui ont servi à établir une stratégie de lutte dont nous avons testé l'efficacité.

Plusieurs facteurs influent sur les infestations de *B. oleae*. Le bioclimat semble être le facteur primordial puisque les zones du littoral, caractérisées par des températures modérées et des hygrométries élevées, sont nettement plus attaquées que les régions de l'intérieur, dont l'altitude plus élevée leur confère un climat plus rigoureux. Les infestations varient au cours de l'année mais sans qu'il y ait une accumulation très marquée des attaques. À la même date et dans un même verger, les infestations varient selon l'arbre échantillonné. Les variétés à gros fruits, pauvres en huile (Sigoise) sont nettement plus attaquées que celles à petits fruits, riches en huile (Chemlal). Seule l'orientation, parmi les facteurs considérés, semble n'avoir aucune incidence sur les infestations de ce phytophage.

Par ailleurs, la répartition spatiale des attaques ne semble pas présenter de structure particulière, au niveau du verger, bien que souvent, la partie Sud du verger soit la plus attaquée, la partie Ouest l'étant moins.

La distribution verticale des attaques de *B. oleae* est très particulière puisqu'elle obéit, à toutes les dates et pour tous les stades, au même gradient décroissant, de la strate basse vers la strate haute, la strate basse, située à moins de 2 m étant la plus infestée.

La cinétique des infestations, se rapportant aux structures temporelles des infestations, varie fortement au cours de l'année et d'une année à l'autre. Toutefois elle est similaire pour toutes les années, même si les taux d'infestation varient, en ce sens que les attaques débutent généralement en juillet puis deviennent maximales entre septembre et novembre pour s'annuler quasiment entre décembre et fin mai-début juin.

La dynamique des populations de *B. oleae*, comme celle de tous les insectes en particulier et les poïkilothermes en général, est affectée par les conditions climatiques : les infestations sont faibles lorsque les températures et les hygrométries sont extrêmes (froid en hiver, chaud et sec en été) comme en 1988 et 1990. Inversement, les attaques sont très élevées lorsque les températures sont modérées, comme en 1992. Les conditions climatiques provoquent une forte mortalité puisque en moyenne 81 % des stades immatures (œufs et larves) meurent.

Nous avons estimé qu'il existe 4 générations de mouches à Tlemcen, mais il est probable qu'il y en ait 5 dans les régions côtières telles que Honaine et Remchi et seulement 3 à Sebdou et Terni, situées plus en altitude.

L'étude des principaux dégâts quantitatifs et qualitatifs occasionnés par le phytophage a permis d'obtenir plusieurs informations pratiques utiles. Les attaques de *B. oleae* réduisent le rendement en huile des olives infestées ; celle issue de fruits totalement attaqués est défectueuse et impropre à la consommation, dès son extraction. L'huile

extraite d'olive parasitées à 40 % n'est pas pure, elle est de moins bonne qualité que celle issue d'olives parfaitement saines qui est pure, non altérée et bonne pour la conservation.

L'ensemble des résultats exposés précédemment a servi à établir une stratégie de lutte optimisée dont nous avons testé l'efficacité. Les traitements par insecticides, effectués à l'apparition de chaque nouvelle génération d'adultes se traduisant par la capture de 3 à 5 mouches par piège, sont accentués dans la strate basse de l'arbre, la plus infestée, ainsi que sur les bords du verger, en cas d'existence d'un effet de bordure. Ces pulvérisations raisonnées ont permis de réduire de cinq fois les infestations, ce qui est très important.

Les soins culturaux semblent avoir un impact presque aussi important puisqu'ils ont réduit de 3,5 fois les attaques de *B. oleae*, avec l'avantage d'être plus écologiques et plus économiques.

Ces résultats nous incitent à proposer aux oléiculteurs, par l'intermédiaire des I.N.P.V. (Instituts Nationaux de Protection des Végétaux), cette nouvelle stratégie et surtout le nouveau calendrier des traitements à effectuer, établi à partir de la biologie des populations de la mouche dans notre région. Se pose la question de la généralisation de cette stratégie à tout le pays, mais elle devrait convenir puisque le climat y est semblable dans tout le Nord, aire où se trouve l'olivier.

Ce travail ouvre de nouvelles perspectives d'études de la biologie de *Bactrocera oleae*, à une échelle plus fine, s'intéressant notamment à la fertilité des femelles, au devenir des pupes et des adultes pendant la diapause facultative ainsi qu'au développement du parasite *O. concolor* pour tester son efficacité dans les conditions de l'Algérie.

Bibliographie

A

- Aguilera A., Vargas H., Bobadilla D. (1992) - Lutte sélective contre les principaux ravageurs de l'olivier au Nord du Chili. *Olivae*, 41, 24-30.
- Amouretti M., Comet G. (1985) - Le livre de l'olivier. Éd. Edisud, 161 p.
- Angelini B. (1831) - Oli insetti nocivi all'olivo. Mem. Acc. Agr. Artie Comm., Verona, vol. 12.
- Arambourg Y. (1984) - La faune entomologique de l'olivier. *Olivae*, 4, 14-37.
- Arambourg Y. (1986) - Entomologie oléicole. Édité par le Conseil Oléicole International, Juan Bravo, Madrid, 360 p.
- Arambourg Y., Pralavorio R. (1970) - Survie hivernale de *Dacus oleae* Gmel. Ann. Zool. Ecol. Anim., 2, 659-662.
- Arambourg Y., Pralavorio R. (1974) - Les chalcidiens ectophages (Hym. Chalcidoidea) parasites de *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. : Trypetidae). Ann. Inst. Phytopath. Benaki, 11, 30-46.
- Argentesi F., Cavaller R., Di Cola G. (1982) - A new theoretical approach to the control and management of fruit fly systems. CEC/IOBC Symposium - Athens. pp. 297-305.
- Ashley T.R., Chambers D.L. (1979) - Effect of parasite density and host availability on progeny production by *Biosteres (Opius) longicaudatus* (Hym. : Braconidae), a parasite of *Anastrepha suspensa* (Dipt. : Tephritidae). Entomophaga, 24, 363-369.
- Avilla J., Albajes R. (1983) - Preliminary studies on mutual interference in *Opius concolor* Szepi. (Hym. : Braconidae). Z. ang. Ent., 96, 27-32.

B

- Bagnouls F., Gaussen H. (1953) - Saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse, 3, 193-239.
- Balachowsky A., Mesnil L. (1935) - Les insectes nuisibles aux plantes cultivées. Traité d'entomologie agricole concernant la France, la Corse, l'Afrique du Nord et les régions limitrophes, 2, pp. 553-560.
- Bateman M.A. (1972) - The ecology of fruit flies. Ann. Rev. Entomol., 17, 493-518.
- Bateman M.A., Boller E.F., Bush G.L., Economopoulos A.P., Fletcher B.S., Huettel M.D., Moericke V., Prokopy R.J. (1976) - Fruit flies. In: Studies in biological control. Ed. by V.L. Delucchi. Londres, Cambridge University Press, 11-49.

- Benaïssa M. (1987) - L'oléiculture et les perspectives de son développement à travers la wilaya de Tlemcen. Thèse d'ingénieur d'état, Tlemcen. 76 p.
- Benkabilia N. (1992) - Étude des caractéristiques physico-chimiques et biochimiques de l'olive de table "Sigoise" selon différentes préparations. *Olivae*, 44, 32-33.
- Bernstein C. (1985) - Détection de l'influence des facteurs de l'environnement sur la dynamique des populations d'insectes : une note sur l'emploi des calculs de régression. *Acta Oecologica*, 6, 383-394.
- Berthillier A. (1972) - La chromatographie et ses applications. Éd. Dunod, Paris.
- Bigler F., Delucchi V. (1981a) - Ermittlung des präpupalen Mortalität der Olivenfliege, *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. : Tephritidae), auf Oleastern und Olivenbäumen in Westkreta, Griechenland. *Z. ang. Ent.*, 92, 189-201.
- Bigler F., Delucchi V. (1981b) - Wichtigste Mortalitätsfaktoren während der präpupalen Entwicklung der Olivenfliege, *Dacus oleae* Gmel (Dipt., Tephritidae), auf Oleastern und kultivierten Oliven in Westkreta, Griechenland. *Z. ang. Ent.*, 92, 343-363.
- Bigler F., Delucchi V., Neuenschwander P., Michelakis S. (1986) - Natural enemies of preimaginal stages of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. : Tephritidae) in Western Crete. II- Impact on olive fly populations. *Boll. Lab. Ent. agr. Filippo Silvestri*, 43, 79-96.
- Bonnet P. (1960) - La reconstitution des oliveraies françaises détruites par le gel de février 1956. Service Régional de l'Oléiculture de Marseille. 82 p.
- Boulétreau M. (1988) - Parasitisme et génétique dans le monde des insectes. *Pour la Science*, 123, 78-87.
- Broumas T., Katsoyannos P., Yamvriasis S., Liaropoulos C., Haniotakis G., Strong F. (1982) - Control of the olive fruit fly in a pest management trial in olive culture. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 584-591.
- Bueno M.A., Vazquez M.R. (1982) - Metodologia utilizada en España para la realización de estudios bio-ecológicos sobre las poblaciones naturales del *Dacus oleae*. Resultados provisionales obtenidos en dos años de trabajo. *Bol. Serv. Plagas*, 8, 43-53.
- Bueno M.A., Vazquez M.R. (1984) - Estudios preliminar de la repartición del ataque de *Dacus oleae* a nivel de árbol. *Bol. Serv. Plagas*, 10, 59-64.

C

- Canard M., Liaropoulos C., Laudého Y. (1979) - Développement d'*Opius concolor* pendant la phase hypogée de *Dacus oleae*. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 11, 13-18.
- Caselli S., Modi G., Nizzi Grifi F., Fiorini P. (1993) - Variabilité de la composition en acides gras, en stérols et en alcools de l'huile d'olive de cultivars de la Toscane. *Olivae*, 47, 46-51.
- Chessel D. (1978) - Description non paramétrique de la dispersion spatiale des individus d'une espèce. In : Legay J.-M. et Tomassone R., "Biométrie et Écologie", Jouy, Soc. Fr. Biom., pp. 45-135.

- Chessel D. (1981) - The spatial autocorrelation matrix, 46, 177-180.
- Cimato A. (1990) - La qualità de l'huile d'olive vierge et les facteurs agronomiques. *Olivae*, 31, 20-31.
- Cirio U. (1971) - Reperti sul meccanismo stimolo-riposta nell ovideposizione del *Dacus oleae* Gmel., *Redia*, 52, 577-600.
- Cirio U., Gherardini P. (1984) - Egg dispersion and intraspecific larval competition in *Dacus oleae* Gmelin (Diptera: Trypetidae). Atti 4e Symposio dinamica popolazioni, Parma, 22-24 ottobre 1981. pp. 153-165.
- Claridge M.F., Walton M.P. (1992) - The European olive and its pests management strategies. BCPC Mono-Research collaboration in European. IPM Systems, 52, 3-12.
- Cubero I.I., López-Espinoza M.T.P., Castillo R.A. (1991) - Enantiospecific synthesis of (R)-17, Dioxaspiso (5.5) undecane (major component of olive fruit fly *Dacus oleae* sex pheromone) from D-fructose. *Journal of chemical Ecology*, 17, 1529-1541.
- Cubero I.I., López-Espinoza M.T.P., Castillo R.A. (1992) - Enantiospecific synthesis of (3S-6R)-3-Hydroxy 1,7-Dioxaspiso (5.5) undecane and its (4R)-4-Hydroxy isomer (Minor component of olive fruit fly *Dacus oleae* sex pheromone). *Journal of chemical Ecology*, 18, 115-125.

D

- Dagnélie P. (1971) - Théories et méthodes statistiques. Vol. 2. Gembloux, Presses Agron. Gembloux.
- Dahmani M. (1984) - Contribution à l'étude des regroupements à chêne vert des Monts de Tlemcen. Thèse de doctorat de 3ème cycle, Alger. 227 p.
- Debouzie D. (1989) - Biotic mortality factors in Tephritid populations. *In* : Fruit fly. Their biology, natural enemies and control. Vol. 3B. Ed. by A.S. Robinson and G. Hooper. Amsterdam, Elsevier, pp. 221-227.
- Debouzie D., Denis B., Rospars J.P. (1987) - Sampling and spatial distribution. *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 73, 73-82.
- Debouzie D., Du Merle P. (1986) - Biologie des populations et agronomie. Actes du Colloque Biologie des Populations, Lyon, pp. 221-222.
- Debouzie D., Thioulouse J. (1986) - Statistics to find spatial and temporal structures in populations. *In* : Pest control operations and systems analysis in fruit fly management. Nato ASI Series G: Ecological Sciences, vol. 11. Springer Verlag, Berlin, pp. 263-282.
- Delanoue P., Pralavorio R. (1977) - Besoins en eau comparés de *Ceratitis capitata* Wied et de son parasite interne *Opius concolor* Szepi. durant la phase pupale de l'hôte. *Bull. Soc. Zool. Agric.*, 1, 1-7.
- Delrio G., Cavalloro R. (1977) - Reperti sul ciclo biologico e sulla dinamica di popolazione del *Dacus oleae* Gmelin in Liguria. *Redia*, 60, 211-253.

- Delrio G., Prota R., Economopoulos M.P., Haniotakis G.E. (1982) - Comparative study on food, sex and visual attractions for the olive fruit fly. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 465-468.
- Donia A.R., El Sawaf S.K., Abou-Ghadir M.F. (1971) - Number of generations and seasonal abundance of the olive fruit fly varieties to infestation. Bull. Soc. Ent. Egypte, 54, 201-209
- Drew R.A.I. (1989) - The tropical fruit fly (Diptera : Tephritidae) of the Australasian and Oceanian region. Memoirs of Queensland Museum, 26. South Brisbane, Australia.
- Du Merle P. (1988) - Phenological resistance of oaks to the green oak leafroller, *Tortrix viridana* (Lepidoptera : Tortricidae). In : Mechanism of woody plant defenses against insects. Search for pattern. Mattson W.J., Levieux J., Bernard-Dargand C. (Eds). Springer Verlag, Berlin, pp. 215-226.

E

- Economopoulos A.P. (1986) - Evaluation of color and food-odor trapping methods in the olive fruit fly. In : Pest control operations and systems analysis in fruit fly management. Nato ASI Series G : Ecological Sciences, vol. 11. Springer Verlag, Berlin, pp. 111-115.
- Economopoulos A.P., Haniotakis G.E., Michelakis S., Tsiropoulos G.J., Zervas J.A. (1982) - Population studies on the olive fly, *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. : Tephritidae) in Western Crete. Z. ang. Ent., 93, 463-476.
- Economopoulos A.P., Voyadjoglou A.V., Giannakakis A. (1975) - Reproductive behavior and physiology of *Dacus oleae* : fecundity as effected by mating, adult diet and artificial rearing. Ann. Ent. Soc. Amer., 69, 725-729.
- Emberger L. (1952) - Sur le quotient pluviothermique. CR.AC.SCI.134,2508-2511.

F

- Faustino De Andres Cantero (1965) - Enfermedades y plagas del olives. Pub. del Ministerio de l'Agricultura, Madrid, 296 p.
- Fenili G.A., Pegazzano F. (1970) - Contributo alla conoscenza del parasite del *Dacus oleae* Gmel. Ri cerchi eseguite in Toscana negli anni 1967 e 1968. Redia, 52, 1-29.
- Fletcher B.S. (1969) - The structure and function of the sex pheromone glands of the queensland fruit fly, *Dacus tryoni*. J. Insect. Physiol., 15, 1309-1322.
- Fletcher B.S. (1987) - The biology of Dacine fruit fly. Ann. Rev. Entomol., 32, 115-144.
- Fletcher B.S., Kapatos E.T. (1981) - Dispersal of the olive fly *Dacus oleae*, during the summer period in Corfu. Entomol. Exp. Appl., 29, 1-8.
- Fletcher B.S., Kapatos E.T. (1982) - An evaluation of different temperature-development rate models for predicting the phenology of the fly *Dacus oleae*. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 321-329.
- Fricker J. (1988) - Les bienfaits de l'huile d'olive. La Recherche, 196, 250-251.

Fytizias E., Tzanakakis M.E. (1966) - Some effects of streptomycin, when added to the adult food, on the adults of *Dacus oleae* (Diptera : Tephritidae) and their progeny. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 59, 269-273.

G

Gaouar A. (1980) - Hypothèses et réflexions sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. *Forêt méditerranéenne*, 2, 131-146.

Gaouar A., Bouabdallah H. (1980) - Carte bioclimatique de la wilaya de Tlemcen. II Journées biologiques, Oran (Algérie). Doc. Oran.

Gaouar N. (1989) - Contribution à l'étude de l'infestation de l'olive par *Dacus oleae* Gmel. dans la Wilaya de Tlemcen. Thèse Magister, Tlemcen, 104 p.

Gaouar N., Debouzie D. (1991) - Olive fruit fly, *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. Tephritidae) damage in Tlemcen region, Algeria. *J. Appl. Ent.*, 112, 288-297.

Gaouar N., Debouzie D. (1995) - Within tree vertical pattern in *Bactrocera oleae* Gmel. (Dip. : Tephritidae) infestation and optimization of insecticide applications. *J. Appl. Ent.*, 119, 262-289.

Genduzo P. (1981) - Attuali conoscenze sulla lotta biologica contro la mosca delle olive a mezzo di entomofagi. *Inf. Tore filipatol.*, 1, 57-59.

Genduzo P. (1982) - Dynamique de population du *Dacus oleae* Gmel. en Sicile. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 483-489.

Girolami V. (1973) - Reperti morpho-isotopici sulle batteriosimbiosi del *Dacus oleae* Gmelin di altri ditteri Tripetidi in natura e negli allevamenti su substrati artificiali. *Redia*, 54, 269-294.

Girolami V., Cavalloro R. (1972) - Aspetti della simbiosi batterica di *Dacus oleae* Gmelin in natura e negli allevamenti di laboratorio. *Ann. Soc. Ent. Fr.*, 8, 561-571.

Girolami V., Strapazzon A., De Gerloni P.F. (1982) — Insect/Plant relationships in olive flies : General aspects and new findings. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 258-267.

Girolami V., Vianello A., Strapazzon A., Ragazzi E., Veroneze G. (1981) - Ovipositional deterrents in *Dacus oleae* Gmelin by the use of chemical stimuli. Proc. FAO/IAEA - Vienna, pp. 209-217.

Greany P.D., Shaley T.R., Baranowsky R.M., Chambers D.L. (1976) - Rearing and life history studies on *Biosteres (Opus) longicaudatus* (Hym. : Braconidae). *Entomophaga*, 21, 207-215.

H

Hagen K.S. (1966) - Dependence of the olive fly, *Dacus oleae* larvae on symbiosis with *Pseudomonas savastanoi* for the utilization of olive. *Nature*, 209, 423-424.

Hamach M. (1985) - L'entomofaune de l'olivier dans la région d'Aomar à Bouira et l'étude bio-écologique de *Dacus oleae* Rossi (Dipt., Trypetidae). Thèse d'ingénieur agronome, Alger, 79 p.

Haniotakis G.E. (1986) - The role of sex pheromones in the control of the olive fruit fly *Dacus oleae*: Present status prospects. In : Pest control operations and systems analysis in fruit fly management. Nato ASI Series G : Ecological Sciences, vol. 11. Springer Verlag, Berlin, pp. 147-158.

Haniotakis G.E., Avtzis N. (1977) - Mortality in *Dacus oleae* (Gmelin) through infection with *Pseudomonas putida*. Ann. Zool. Ecol. Anim., 9, 299-311.

I

Inglese P. (1994) - L'influence de la variété sur les caractéristiques qualitatives de l'huile d'olive. *Olivae*, 54, 42-47.

J

Jacas J.A., Viñula E. (1994) - Analysis of a laboratory method to test the effects of pesticides on adult females of *Opius concolor* (Hym., Braconidae), a parasitoid of the olive fruit fly, *B. oleae* (Dip., Tephritidae). *Biocontrol Science and Technology*, 4, 147-154.

Jacotot B. (1994) - L'huile d'olive : aliment médicament. *Olivae*, 54, 40-41.

Jerraya A., Jardak T., Khlif M., Germazi T. (1982) - La mouche de l'olive, *Dacus oleae* (Dipt., Tephritidae) et son impact sur la production oléicole dans la région de Sfax. Doc. Univ. Tunis.

K

Kafatos A.G. (1995) - La consommation d'huile d'olive en Crète : une des principales caractéristiques du régime alimentaire méditerranéen. *Olivae*, 56, 23-24.

Kapatos E.T. (1989) - Immature stages. In : Fruit flies. Their biology, natural enemies and control. Vol. 3B. Ed by Robinson and Hooper. Amsterdam, Elsevier, pp. 185-191.

Kapatos E.T., Fletcher B.S. (1982) - Development of a pest management system for *Dacus oleae* in Corfu by utilising ecological criteria. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 593-602.

Kapatos E.T., Fletcher B.S. (1984) - The phenology of the olive fly, *Dacus oleae* Gmel. (Dipt. : Tephritidae), in Corfu. *Z. ang. Ent.*, 97, 360-370.

Kapatos E.T., Fletcher B.S., Pappas S., Laudého Y. (1977b) - The release of *Opius concolor* and *O. concolor* var. *siculus* (Hym. : Braconidae) on Corfu. *Entomophaga*, 22, 265-270.

Kapatos E.T., Pappas S., Mc Fadden M.W. (1977a) - Sampling techniques and preparation of partial life tables for the olive fly, *Dacus oleae* (Dipt. : Trypetidae) in Corfu. *Ecological Entomology*, 2, 193-196.

- Karamanlidou G., Lambropoulos A.F., Koliadis S.I., Manousis T., Ellar D., Kastritsis C. (1991) - Toxicity of *Bacillus thuringiensis* to laboratory populations of the olive fruit fly (*Dacus oleae*). *Appl. Env. Microbiology*, 57, 2277-2282.
- Katsoyannos P. (1992) - Olive pest problems and their control in the near-east. FAO Plant Production. Doc. FAO.

L

- Lachaise D. (1979) - Le concept de vie chez les Drosophiles. *Terre et Vie, Rev. Écol.*, 33, 425-456.
- Laudého Y., Canard M., Liaropoulos C. (1979) - Étude de la phase hypogée de la population de *Dacus oleae* Gmel. (Dipt.: Trypetidae) à l'intérieur d'olives à différents états de maturité. *Pathol. Végét.*, 64, 112-125.
- Laudého Y., Liaropoulos C., Louskas C. (1975) - Étude du stade pupal de *Dacus oleae* (Gmel.) au niveau du sol. *Ann. Zool. Ecol. Anim.*, 7, 265-268.
- Lawrence P. (1981) - Interference competition and optimal host selection in the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, 74, 540-544.
- Le Bourdeles J. (1975) - Irrigation de l'olivier. *Sém. Oléic. int. Cordoue (Espagne)*, pp. 6-17.
- Legay J.-M., Chessel D. (1977) - Description et analyse de la répartition des insectes dans une population végétale. Cas du doryphore sur pommes de terre. *Bull. Ecol.*, 8, 23-34.
- Legay J.-M., Debouzie D. (1985) - Introduction à une biologie des populations. Paris, Masson.
- Liaropoulos C., Canard M., Laudého Y. (1977b) - Aptitude d'*Opius longicaudatus* Ashm. (Hym., Braconidae) à parasiter *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) à l'intérieur d'olives à différents stades de maturité. *Pathol. Végét.*, 64, 112-125.
- Liaropoulos C., Louskas C., Canard M., Laudého Y. (1977a) - Lâchers d'*Opius concolor* (Hym.: Braconidae) dans des populations de printemps de *Dacus oleae* (Dipt., Trypetidae). *Entomophaga*, 22, 259-264.
- Liaropoulos C., Louskas C., Canard M., Laudého Y. (1979a) - Étude de la phase hypogée de la population de *Dacus oleae* Gmel. 2- Distribution et évolution hivernale des pupes dans le sol. *Rev. Zool. Agr. Pathol. Végét.*, 77, 123-132.
- Liaropoulos C., Louskas C., Canard M., Laudého Y. (1979b) - Étude de la phase hypogée de la population de *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae). 3- Sorties des adultes. *Rev. Zool. Agric. Pathol. Végét.*, 78, 68-76.
- Longo S., Benfatto D. (1982) - Observations on olive fly (*Dacus oleae* Gmel.) population dynamics in Sicily. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 612-615.
- Louskas C. (1977) - Étude de la biologie d'un parasite *Eupelmus urozonus* Dalm. (Hym., Eulophidae) en vue de son éventuelle utilisation contre *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) dans les oliveraies de Grèce. Thèse 3ème cycle, Toulouse, 132 p.
- Louskas C., Liaropoulos C., Canard M., Laudého Y. (1980) - Infestation estivale précoce des olives par *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) et rôle limitant du parasite

Eupelmus urozonus Dalm. (Hym., Eupelmidae) dans une oliveraie grecque. Z. ang. Ent., 90, 473-481.

Loussert R., Brousse G. (1978) - L'olivier. Ed. Maisonneuve et Larose, Paris. 464 p.

Lozano C., Campos Y.M. (1993) - Estudio de la distribución de *Hylesinus varius* (Fabricius, 1775) (Coleoptera : Scolytidae) en el olivo (*Olea europea*).

M

Mancini M., Giacco R. (1993) - L'huile d'olive dans la prévention des maladies cardiovasculaires. *Olivae*, 47, 24-25.

Manikas G., Tsiroyannis V. (1982) - Biological control of *Dacus oleae* in Greece using parasite *Opius concolor* Szep. Comm. Commun. Europ., INRA, Paris, pp. 105-113.

Manoukas A.G. (1980) - Growth and survival of *Dacus oleae* larvae under different population densities. Z. ang. Ent., 89, 259-263.

Manoukas A.G. (1982) - The adaptation process and the biological efficiency of *Dacus oleae* larvae. CEC/IOBC Symposium - Athens.

Manoukas A.G., Tsiropoulos G.J. (1977) - Effect of density upon larval survival and pupal yield of the olive fruit fly. Ann. Entomol. Soc. Amer., 70, 414-416.

Martin H. (1948) - Observations biologiques et essais de traitements contre la mouche de l'olive (*Dacus oleae* Rossi.) dans la province de Tarragone (Espagne) de 1946 à 1948. Mitt. Schweiz - Entomol. Ges., 21, 361-402.

Martin H. (1952) - Contribution à l'étude de la mouche de l'olive *Dacus oleae* Rossi en Algérie et en Provence. Mitt. Schweiz. Ent. Ges., 5, 341-348.

Mayet V. (1898) - Les insectes de l'olivier. Progrès Agric. et Viticole. Montpellier, Maison Batigne, 22 p.

Meats A. (1989) - Abiotic mortality factors. Temperatures. In : Fruit flies. Their biology, natural enemies and control. Vol. 3B. Ed by Robinson and Hooper. Amsterdam, Elsevier, pp. 229-238.

Metclaf R.L. (1990) - Chemical ecology of Dacinae fruit flies (Dipt., Tephritidae). Ann. Entomol. Soc. Am., 83, 1017-1030.

Michelakis S. (1980) - Contribution à l'étude de la dynamique des populations de *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt., Trypetidae) en Crète. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille, 133 p.

Michelakis S. (1990) - Influence des ravageurs et des maladies sur la quantité et la qualité de l'huile d'olive. *Olivae*, 30, 38-40.

Michelakis S. (1992) - L'amélioration de la qualité de l'huile d'olive en Grèce. Passé, présent et avenir. *Olivae*, 42, 22-30.

Michelakis S., Neuenschwander P. (1981) - Étude des déplacements de la population imaginaire de *Dacus oleae* Gmel. (Diptera : Tephritidae) en Crète, Grèce. Acta Oecol/Oecol. Appl., 2, 127-137.

- Michelakis S., Neuenschwander P. (1982) - Estimates of the crop losses caused by *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Tephritidae) in Crete, Greece. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 603-612.
- Monastéro S. (1959) - Una eccezionale cattura di *Opius siculus* Mon. Nell onnata agraria 1958. Boll. ist. ent. agr. filipatol. Palermo, 3, 253-260.
- Monastéro S. (1968) - Nouvelle expérimentation à grande échelle de la lutte biologique contre *Dacus oleae* au moyen d'*Opius siculis* Mon. en Sicile. Entomophaga, 13, 251-261.
- Murillo Ramos J.J. (1992) - L'huile d'olive vierge du Bas Aragon. Olivae, 42, 36-39.
- Mustapha T.M. (1984) - Factors affecting the distribution of *Euphyllura olivina* Costa. (Hym., Psyllidae) on olive. Z. ang. Ent., 97, 371-375.
- Mustapha T.M., Al Zaghali K.H. (1987) - Frequency of *Dacus oleae* Gmel. immature stages and their parasites in seven olive varieties, in Jordan. Insect. Sci. Appl., 8, 165-169.

N

- Nénon J.P. (1981) - L'utilisation des insectes entomophages en lutte biologique. Ann. Biol., 20, 227-254.
- Neuenschwander P. (1982) - Searching parasitoids of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) in South Africa. Sonderdruck aus Bd., 94, 509-522.
- Neuenschwander P., Bigler F., Delucchi V., Michelakis S. (1983) - Natural enemies of preimaginal stages of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) in Western Crete. I- Bionomics and phenologies. Boll. Lab. Ent. Agr., 40, 3-32.
- Neuenschwander P., Michelakis S. (1979a) - Determination of the lower thermal thresholds and day degree requirements for eggs and larvae of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) under field conditions in Crete, Greece. Bull. Soc. Ent. Suisse, 52, 57-74.
- Neuenschwander P., Michelakis S. (1979b) - Mc Phail trap captures of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) in comparison to the fly density and population composition as assessed by sondage technique in Crete, Greece. Bull. Soc. Ent. Suisse, 52, 343-357.

O

- Ormières R., Pralavorio R., Yamvriasis C., Laudého Y. (1977) - *Octosporea muscaedomesticae* Fue (Microsporidia) parasite de *Ceratitis capitata* Wied et de *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae). Biol. Gallo-hellén., 6, 259-270.

P

- Pagnol J. (1975) - L'olivier. Éd. Aubanel, 95 p.

- Pansiot F., Rebour H. (1960) - Amélioration de la culture de l'olivier. Études agricoles de la F.A.O., 50, 262 p.
- Paparatti B. (1991) - *Dacus oleae* Gmel. Dinamica di popolazione degli adulti, sex ratio e analisi dell'infestazione dell'olive nel triennio 1988-1990 in un oliveto della cultivar "Canino" in provincia di Viterbo. Frustula entomol., 14, 55-69.
- Petri L. (1910) - Untersuchungen über die Darmbakterien der Olivenfliege. Zentr. Bakt. Parasitenkunde inf. Krankh., 26, 357-367.
- Prokopy R.J. (1977) - Stimuli influencing trophic relations in Tephritidae. Colloq. int. CNRS, Paris, 265, pp. 305-336.
- Prokopy R.J., Owens E.D. (1983) - Visual detection of plants by herbivorous insects. Ann. Rev. Entomol., 28, 337-364.
- Pulley P.E., Couslon R.N., Kelly L.L. (1979) - Accuracy and precision of the topological mapping procedure for estimating within-tree populations of bark-beetles. Res. Popul. Ecol., 20, 201-210.

S

- Scarpati M.L., Lo Scalzo R., Vita G. (1993) - *Olea europea* volatiles attractive and repellent to the olive fruit fly (*Dacus oleae*, Gmelin). J. Chem. Ecol., 19:4, 881-891.
- Sebih S. (1979) - Thèse de doctorat 3ème cycle. U.S.T.A., Alger.
- Sharaf N.S. (1980) - Life history of the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt., Tephritidae), and its damage to olive fruits in Tripolothania. Z. ang. Ent., 89, 390-400.
- Sheppard A., Iverson J.L. (1975) - J. Chromat., 13, 448-452.
- Sigwalt B., Michelakis S., Alexandrakis V. (1977) - L'hivernation de *Dacus oleae* (Gmel.) (Dipt., Trypetidae) à l'état de pupes. Ann. Zool. Anim., 9, 287-297.
- Stancic J., Bouzouane R. (1982) - Les insectes ravageurs de l'olivier, importance économique, biologie et lutte. Cours international de l'oléiculture, Alger, 5p.
- Stavraki H.G. (1970) - Contribution à l'inventaire de quelques insectes nuisibles à l'olivier en Grèce. Entomophaga, 15, 225-231.
- Stavraki H.G. (1974) - Mortality of immature stages of *Dacus oleae* Gmel. (Dipt., Trypetidae) in two areas in Greece in the period 1969-1972. Z. ang. Ent., 77, 210-217.
- Stinner R.E., Barfield C.S., Stimac J.L., Dohse L. (1983) - Dispersal and movement of insect pests. Ann. Rev. Entomol., 28, 319-335.
- Sylvestri F. (1908) - Sugli imenotteri parassiti ectofagi della mosca delle olive fino ad ora osservati nell'Italia meridionale, e sulla loro importanza nel combattere la mosca stressa. Boll. Lab. Zool. Gen. Agr. Portici, 2, 18-82.

T

- Tchiroupolou A. (1995) - Régime, santé et rôle de l'huile d'olive. Olivae, 56, 21-22.

- Thioulouse J., Debouzie D., Ballanger Y. (1984) - Structures spatiales et temporelles des populations d'un ravageur du colza (*Psylloides chrysocephala* L.) (Col., Chrysomelidae) dans plusieurs parcelles de culture. *Acta Oecologica*, 5, 335-353.
- Tolba M.K. (1970) - Note on the fungal invasion associated with the olive fly infestation in Egypt. Botany department, Higher training college, Ein Shems University Cairo, U.A.R.
- Tranchant J. (1982) - Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse. Masson, Paris.
- Tsiropoulos G.J. (1972) - Storage temperatures for eggs and pupae of the olive fruit fly. *J. Econ. Entomol.*, 65, 100-102.
- Tsiropoulos G.J. (1983) - Microflora associated with wild and laboratory reared olive flies (*Dacus oleae* Gmel.). *Z. ang. Ent.*, 84, 192-197.
- Tsiropoulos G.J., Manoukas A.G. (1977) - Adult quality of *Dacus oleae* affected by larval crowding and pupal irradiation. *Ann. Ent. Soc. Amer.*, 70, 916-918.
- Tsitsipis J.A. (1982) - Optimization of a holidic diet for the larvae of the olive fruit fly. CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 423-428.
- Tzanakakis M.E. (1989) - *Dacus oleae* small-scale rearing. *In* : Fruit flies. Their biology, natural enemies and control. Vol. 3B. Ed by A.S. Robinson and G. Hooper. Amsterdam, Elsevier, pp. 221-227.
- Tzanakakis M.E., Tsitsipis J.A., Economopoulos A.P. (1968) - Frequency of mating in females of the olive fruit fly under laboratory conditions. *J. Econ. Entomol.*, 61, 1309-1312.

W

- Wharton R.A., Gilstrap F.E. (1983) - Key to and status of Opiine Braconide (Hymenoptera) parasitoids used in biological control of *Ceratitis capitata* and *Dacus* S.L. (Diptera : Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76, 721-742.
- Wolf J.P. (1968) - Manuel des corps gras. Azoulay, Paris.
- Wong T.T.Y., Mochizuki N., Nishimoto J.I. (1984) - Seasonal abundance of the Mediterranean and Oriental fruit flies (Dipt., Trypetidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *Environ. Entomol.*, 13, 140-145.

Z

- Zervas G.A. (1982) - Sexual and reproductive maturation in wild and lab cultured olive fruit flies *Dacus oleae* (Gmelin) (Diptera : Tephritidae). CEC/IOBC Symposium - Athens, pp. 429-438.
- Zouros E., Krimbas C.B. (1970) - Frequency of female digamy in a natural population of the olive fruit fly *Dacus oleae* as found by using enzyme polymorphism. *Ent. Exp. Appl.*, 13, 1-9.

Apports de la biologie des populations de la mouche de l'olive
Bactrocera oleae Gmel. Diptera : (Tephritidae) à l'optimisation
de son contrôle dans la région de Tlemcen

RESUME

L'étude bio-écologique de la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* dans la région de Tlemcen a permis d'obtenir des résultats qui ont servi à établir une stratégie de lutte basé sur les critères suivants :

- Les facteurs : bioclimat, arbre, variété et date d'observation interviennent dans la pollution de l'insecte;
- La répartition spatiale des attaques présente rarement une structure particulière;
- La distribution verticale des infestations obéit à un gradient décroissant allant du bas vers le haut de l'arbre, la strate basse étant la plus infestée;
- La dynamique des populations de l'insecte dépend étroitement des conditions climatiques;
- Il existe quatre générations de mouches en moyenne, par an.

Le parasitisme par *Opius concolor* varie entre 9 et 45% mais reste insuffisant pour contrôler à lui seul la pollution du ravageur.

Par ailleurs, les soins culturaux réduisent significativement les attaques de 3,5 fois en moyenne.

Ces données ont permis de proposer une stratégie de lutte optimisée dont l'efficacité a été prouvée puisqu'elle a réduit de cinq fois les infestations du ravageur.

Les mots clés : *Bactrocera oleae*, *Dacus oleae*, *Olea europea*, *Opius concolor*, biologie des populations, parasitisme, lutte.