

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN  
FACULTÉ DES SCIENCES  
DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE

M  
130/2

Mémoire en vue d'obtention du

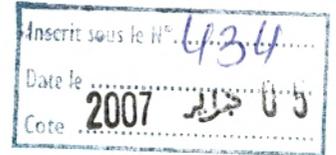
DIPLÔME DE MAGISTER

Option

Ecologie Animale

Présenté par

Oussama SELKA



---

**ÉTUDE DES INFESTATIONS  
DES FRUITS DE *Citrus sinensis* var. *Sanguinelli* PAR  
*Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae) ET PAR LA MICROFLORE PATHOGÈNE  
DANS LA PLAINE D'HENNAYA (TLEMEN)**

---

Soutenu le 13 janvier 2007

devant les membres du jury :

KHELLIL A.	Professeur	Président (Univ. Tlemcen)
GAOUAR-BENYELLES N.	Maître de Conférences	Promoteur (Univ. Tlemcen)
ABDELWAHID D.	Maître de Conférences	Co-promoteur (Univ. Tlemcen)
MOUSSAOUI A.	Maître de Conférences	Examineur (Univ. Béchar)
BOUHRAOUA T.	Maître de Conférences	Examineur (Univ. Tlemcen)

## Remerciements

J'aimerais tout d'abord remercier les deux encadrants de ce travail: Mme GAOUAR Nassira, directeur de ce mémoire, pour m'avoir donné goût à la recherche et pour ses encouragements à réaliser ce projet, et Mr ABDELOUAHID D. pour avoir apporté son aide dans l'étude microbiologique.

Merci à Mr KHELLIL A., Professeur à l'Université de Tlemcen d'avoir accepté de présider le jury.

Merci à Mr MOUSSAOUI A., Maître de Conférences à l'Université de Bécharr d'avoir accepté de juger ce mémoire.

Merci à Mr BOUHRAOUA T., Maître de Conférences à l'Université de Tlemcen d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Merci à Mr BENABADJI N., Professeur à l'Université de Tlemcen, responsable de la post-graduation pour ses efforts durant l'année théorique.

Merci aussi à Mr OUKIL S, de la direction générale de l'I.N.P.V. d'El Harrach pour l'aide précieuse qu'il nous a apportée en nous fournissant les appâts des mouches.

Mes remerciements à Mr GAOUAR A., pour les analyses pédologiques du sol de notre verger.

Enfin je remercie les propriétaires du verger Mr Boumediene et ses frères.

*Je dédit ce travail à tous ce qui m'aiment.*

# Table des matières

Introduction .....	01
<b>I- Présentation de la plante hôte</b>	
<b>I-1 Botanique</b> .....	03
I-1-1 Taxonomie.....	03
I-1-2 Les principales variétés d'agrumes.....	04
<b>I-2 Distribution géographique</b> .....	04
I-2-1 Origine .....	04
I-2-2 Distribution actuelle.....	05
<b>I-3 Etude de la plante proprement dite</b> .....	06
<b>I-3-1 Morphologie</b> .....	06
I-3-1-1 <i>L'apparence</i> .....	06
I-3-1-2 <i>Les fleurs</i> .....	06
I-3-1-3 <i>Les feuilles et les branches</i> .....	07
I-3-1-4 <i>Les fruits</i> .....	07
I-3-1-5 <i>Les graines</i> .....	10
I-3-1-6 <i>Le système racinaire</i> .....	10
I-3-2 La variabilité génétique chez les agrumes .....	10
I-3-3 Les plantes associées .....	11
<b>I-3-4 Exigences et tolérances environnementales</b> .....	11
I-3-4-1 <i>Climat</i> .....	11
a- <i>L'altitude</i> .....	11
b- <i>Les précipitations</i> .....	11
c- <i>Les températures</i> .....	12
I-3-4-2 <i>Sol</i> .....	12
I-3-4-3 <i>Tolérance</i> .....	12
a- <i>La sécheresse</i> .....	12
b- <i>La salinité</i> .....	13
c- <i>L'ensoleillement</i> .....	13
d- <i>L'ombrage</i> .....	13
e- <i>Les feux</i> .....	13
f- <i>Le gel</i> .....	13
g- <i>Les inondations</i> .....	13
h- <i>Les vents</i> .....	14
<b>I-4 Croissance et Développement</b> .....	14
I-4-1 Les taux de croissance.....	14
I-4-2 Fleuraison .....	14
I-4-3 Les réactions de compétition .....	15
<b>I-5 Reproduction</b> .....	15
I-5-1 Reproduction végétative par porte-greffe.....	15
I-5-2 Reproduction sexuée par ensemencement.....	16
<b>I-6 La pathologie chez les agrumes</b> .....	16
I-6-1 Les troubles et les maladies chez les agrumes.....	16

I-6-1-1	<i>Désordres physiologiques</i> .....	16
a-	<i>Fente des fruits</i> .....	16
b-	<i>Pourrissement des racines</i> .....	16
c-	<i>Carence en minéraux</i> .....	17
I-6-1-2	<i>Maladies</i> .....	17
a-	<i>Le pourrissement des racines et la gommose</i> .....	17
b-	<i>Les taches graisseuses</i> .....	18
c-	<i>La gale</i> .....	18
d-	<i>Les taches noires</i> .....	19
e-	<i>Citrus canker (le chancre)</i> .....	19
f-	<i>Citrus greening</i> .....	19
g-	<i>Tristeza</i> .....	19
I-6-2	<i>Les ravageurs</i> .....	19
I-6-2-1	<i>Les nématodes</i> .....	20
I-6-2-2	<i>Les acariens</i> .....	20
I-6-2-3	<i>Les insectes</i> .....	20
a-	<i>Les cochenilles (coccines) et les aleurodes (Aleurodes)</i> ...	20
b-	<i>Les aphides (Aphidés), les psylles, et les thrips (thysanoptères)</i> .....	21
c-	<i>Les mouches des fruits</i> .....	21

## II-Présentation du phytoparasite

II-1	<i>Identité</i> .....	22
II-1-1	<i>Nom</i> .....	22
II-1-2	<i>Synonymes</i> .....	22
II-1-3	<i>Classement taxonomique</i> .....	22
II-2	<i>Plantes hôtes</i> .....	22
II-3	<i>Répartition géographique</i> .....	23
II-4	<i>Biologie et morphologie</i> .....	24
II-4-1	<i>L'œuf et la ponte</i> .....	24
II-4-2	<i>La larve</i> .....	24
II-4-3	<i>La nymphe ou pupa</i> .....	27
II-4-4	<i>L'adulte</i> .....	28
II-5	<i>Cycle de développement</i> .....	29
II-6	<i>Méthodes de détection et d'inspection</i> .....	33
II-7	<i>Moyens de déplacement et de dispersion</i> .....	34
II-8	<i>Nuisibilité</i> .....	35
II-8-1	<i>Impact économique</i> .....	35
II-8-2	<i>Lutte</i> .....	35
II-8-2-1	<i>Lutte chimique</i> .....	35
II-8-2-2	<i>Lutte biotechnique</i> .....	36
II-8-2-3	<i>Lutte biologique</i> .....	38
a-	<i>Lutte par prédateurs</i> .....	38
b-	<i>Lutte microbiologique</i> .....	39

III-6-2-2 Identification des bactéries.....	58
a- Caractères physiologiques et culturels .....	58
b- Type respiratoire.....	58
c- Tests biochimiques.....	58
⊕ Bâtonnets à Gram (+).....	58
⊖ Bâtonnets à Gram (-).....	59
III-6-3 Analyses mycologiques.....	59
III-6-3-1 dénombrement de la flore fongique.....	59
a- Méthode directe (Ulster).....	59
b- Méthode de dilution.....	59
c- Identification des moisissures.....	60
III-6-4 Analyses statistiques des données.....	60

## IV- Résultats et Discussion

IV-1 Résultats.....	61
IV-1-1 Etude entomologique.....	61
IV-1-1-1 Etude de l'infestation durant les trois périodes, en fonction des trous de ponte.....	61
a- Première période (saison d'automne).....	61
⊕ Effet de l'orientation.....	61
⊖ Effet de la date.....	62
⊕ Effet de l'arbre.....	63
b- Deuxième période (saison d'hiver).....	65
⊕ Effet de l'orientation.....	65
⊖ Effet de la date.....	65
⊕ Effet de l'arbre.....	66
c- Troisième période (saison du printemps).....	68
⊕ Effet de l'orientation.....	68
⊖ Effet de la date.....	68
⊕ Effet de l'arbre.....	68
d- Effet des saisons.....	71
IV-1-1-2 Etude de l'infestation durant les trois périodes à partir des fruits chutés.....	71
b- Première période (saison d'automne).....	71
⊕ Effet de l'orientation.....	71
⊖ Effet de la date.....	72
⊕ Effet de l'arbre.....	73
b- Deuxième période (saison d'hiver).....	75
⊕ Effet de l'orientation.....	75
⊖ Effet de la date.....	75
⊕ Effet de l'arbre.....	76
c- Troisième période (saison du printemps).....	78
⊕ Effet de l'orientation.....	78
⊖ Effet de la date.....	78
⊕ Effet de l'arbre.....	79
d- Effet des saisons.....	81
IV-1-1-3 Capture des adultes.....	81

IV-1-1-4	Biologie des populations de <i>Ceratitis capitata</i> à partir des élevages .....	82
a-	La mortalité larvaire .....	82
b-	Le développement nymphal .....	82
c-	La mortalité nymphale .....	83
d-	Taux d'émergence des adultes à partir des pupes .....	84
e-	Taux d'émergence des adultes à partir des larves .....	85
f-	Le sex ratio .....	85
g-	Longévité .....	86
h-	Nombre de générations .....	87
IV-1-1-5	Le parasitisme de la mouche .....	87
IV-1-2	Etude microbiologique .....	88
IV-1-2-1	Bactériologie .....	88
a-	La flore mésophile totale .....	88
b-	Identification des bactéries .....	88
IV-1-2-2	Mycologie .....	89
a-	La méthode directe .....	89
b-	La méthode de dilution .....	89
IV-1-2-3	Etude de l'infestation à partir des fruits malades dans le verger .....	90
a-	Effet de l'orientation .....	90
b-	Effet de l'arbre .....	91
IV-1-3	Estimation des dégâts occasionnés durant les trois saisons .....	91
IV-2	Discussion .....	92
IV-2-1	Etude de l'infestation des fruits par <i>Ceratitis capitata</i> .....	92
IV-2-1-1	Effet de la saison .....	94
IV-2-1-2	Effet de l'orientation .....	95
IV-2-1-3	Effet de la date d'observation .....	95
IV-2-1-4	Effet de l'arbre .....	96
IV-2-1-5	Le parasitisme chez <i>Ceratitis capitata</i> .....	96
IV-2-2	Etude de l'infestation des fruits par la microflore pathogène .....	97
IV-2-2-1	Effet de l'orientation .....	97
IV-2-2-2	Effet de l'arbre .....	98
IV-2-2-3	La flore bactérienne .....	98
IV-2-2-4	La flore mycologique .....	99
	Conclusion .....	103
	Références bibliographiques .....	105
	Annexes	

# *Introduction*

## Introduction

Plusieurs espèces de mouches des fruits appartenant à la famille des Tephritidae infligent de lourdes pertes à la production agricole. Les retombés économiques de ces espèces incluent non seulement les pertes directes du rendement et des dépenses de lutte accrues, mais aussi la perte des marchés d'export à cause des coûts des traitements de quarantaine imposés.

Environ 70 espèces de mouches de fruits sont des ravageurs clés. Plusieurs autres sont des ravageurs secondaires ou potentiels. Parmi les fruits les plus attaqués, figurent, les agrumes, la mangue, les pommes et plusieurs autres fruits. Des graines comme celles du tournesol sont aussi affectées (White et Elson-Harris, 1992).

Le Bassin méditerranéen est encore indemne de la plupart des ravageurs et maladies importants, mais les agrumes y sont confrontés à des ennemis naturels endémiques et à d'autres qui émergent (Vernière et al., 2003).

*Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae) est un ravageur important en Afrique, qui s'est disséminé vers pratiquement tous les autres continents; il est devenu sans aucun doute le ravageur individuel le plus important de sa famille. Cette mouche est très polyphage et provoque des dégâts sur un grand nombre de cultures fruitières non apparentées.

Elle représente un des plus graves problèmes pour l'agriculture en général et l'agrumiculture en particulier. Les dégâts causés par la cératite constituent l'un des principaux obstacles à la production des fruits sains et leurs exportations. Les dégâts annuels sont variables et peuvent atteindre 10 à 20 % ou plus (Féron et al., 1956).

Dans les pays méditerranéens, elle est surtout nuisible sur les agrumes et les pêchers. Elle transmet aussi des champignons provoquant la pourriture des fruits (Cayol et al., 1994).

Parmi les pathogènes existants, certains peuvent avoir des conséquences graves et leur transmission par insectes et autres vecteurs rend leur contrôle difficile. Des maladies fongiques peuvent entraîner des pertes de récolte importantes ou le dépérissement des arbres.

Pour toutes ces raisons, nous avons jugé utile d'étudier les attaques et la biologie du phytophage *Ceratitis capitata* et de la microflore pathogène qui lui est associée dans notre région (plaine d'Hennaya -Tlemcen-), notamment sur la variété sanguine, qui permet le passage hivernale à la cératite d'une part, et qui constitue un hôte favorable à la flore fongique d'autre part, grâce à son acidité et à la période de maturité de ses fruits.

Notre travail est composé de quatre chapitres :

- le premier chapitre est une revue bibliographique qui englobe tout ce qui concerne les agrumes, leur taxonomie, les principales variétés et les ennemis qui peuvent s'attaquer à ces plantes ;

- Nous présenterons au second chapitre une étude sur le phytoparasite, car il est nécessaire de connaître sa taxonomie, sa biologie, sa répartition dans le monde, sa gamme

d'hôtes et enfin les différentes méthodes de lutte les plus pratiquées (chimiques, autocide et biologique) ;

- La présentation de la région d'étude avec toutes ses caractéristiques bioclimatiques, pédologiques, etc. sont présentées dans le troisième chapitre, en même temps que le matériel et les méthodes expérimentales et statistiques utilisés ;

- Les résultats et leur discussion sont présentés dans le quatrième chapitre, ils se subdivisent en deux parties ; d'une part, l'étude entomologique avec l'effet de quelques facteurs écologiques tels que l'orientation, la date d'observation, l'arbre échantillonné et la saison sur le degré d'infestation, ainsi que les élevages de mouches menés au laboratoire permettant de connaître leur cycle de développement, leur dynamique des populations, la nature du parasitoïde et le degré de son parasitisme, complétés par le piégeage des adultes. D'autre part, l'étude microbiologique qui consiste à déterminer la microflore et la mycoflore totale de nos fruits, l'identification des genres et d'en déduire les agents pathogènes responsables des maladies.

Enfin, une conclusion générale avec des perspectives sera donnée, permettant de récapituler les plus importants résultats de notre travail.

*Présentation de la plante hôte*

*Chapitre I*

Les agrumes sont de petits arbres ou arbustes de taille moyenne, cultivés dans l'ensemble des régions tempérées chaudes, tropicales et subtropicales. Ils sont originaires de l'Inde, de la Chine, de l'Australie septentrionale et de la Nouvelle-Calédonie. Ils étaient traditionnellement cultivés dans les jardins avec d'autres espèces telles que la noix de coco, les fruits à pain, la papaye et autres.

Les agrumes sont cultivés principalement pour leurs fruits (oranges douces, mandarines, pamplemousses, etc.) et pour leur valeur médicinale.

## I-1 Botanique

### I-1-1 Taxonomie

La position taxonomique des agrumes, d'après Swingle (1948) se présente comme suit :

Ordre : Géraniales

Famille : Rutaceae

Sous/F : Aurantoideae

Tribu : Citreae

Sous/T : Citrinae

Genre : *Citrus* L.

Les Rutaceae comprennent plus de 700 espèces, en grande partie arborescentes, appartenant aux pays chauds. C'est une famille qui n'offre qu'un petit nombre de caractères constants.

Elles s'identifient par leur appareil sécréteur constitué de poches sécrétrices - d'un type particulier et qui ne sont rencontrés dans aucune autre famille - dites schizolysigènes (leur formation résulte à la fois d'un écartement et de la multiplication des cellules, délimitant la cavité à l'origine de la poche, et d'une lyse des cellules les plus internes de celle-ci) Guignard, 2001.

Le genre *Citrus* est encore subdivisé en sous-genres: *Citrus* (comme c'est le cas de *C. hystrix*) et *Papeda* (comme *C. macroptera*), la différence entre eux se traduit par la présence de gouttelettes d'huile amères dans les vésicules des pulpes de *Papeda* (Stone, 1985).

Depuis plus de 300 ans, le genre *Citrus* a donné lieu à de nombreuses classifications botaniques auxquelles s'ajoute une richesse importante de noms locaux, issus de la tradition orale. Plus récemment, l'apparition d'appellations commerciales a encore augmenté le nombre des dénominations (Vogel et al., 1988 a).

### I-1-2 Les principales variétés d'agrumes

Bien que la taille de quelques espèces peut atteindre 15m, les agrumes sont généralement des arbres ou arbustes de taille moyenne, d'environ 6 m. Par ailleurs, les porte-greffes peuvent considérablement affecter la taille des arbres greffés. Ces derniers sont minces, lisses, avec une écorce de couleur brun-grisâtre ou verdâtre (tab. I).

Tableau I : les critères de la classification botanique chez les agrumes (selon Mauner et al., 2005).

Espèce (nom scientifique)	Nom commun	Taille et épines
<i>Citrus aurantifolia</i> (Cristm.)	Citronnier	Arbuste/petit arbre de 4m de hauteur, épineux.
<i>Citrus aurantium</i> L.	Orange amère	Arbre de 10m de hauteur avec de courtes épines.
<i>Citrus grandis</i> L.	Pamplemoussier	Arbre de 12m de hauteur, épineux.
<i>Citrus hystrix</i> DC.	Citronnier rugueux	Arbre de 5m de hauteur avec de courtes épines.
<i>Citrus limon</i> L.	Citronnier	Arbre de 6m de hauteur avec des épines dures.
<i>Citrus macroptera</i>	Moutrouzier	Arbre de 5m de hauteur avec des épines droites.
<i>Citrus medica</i> L.	Cédratier	Arbuste de 3m de hauteur.
<i>Citrus mitis</i> Blanco	Calamondin	Arbre de 12m de hauteur, épineux.
<i>Citrus paradisi</i> Macf.	Pomelo	Arbre de 15m de hauteur.
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarinier	Arbre de 9m de hauteur, généralement épineux
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Orange douce	Arbre de 12m de hauteur, les tiges souvent épineuses.

## I-2 Distribution géographique

### 1-2-1 Origine

Le genre *Citrus* est originaire des régions tropicales et subtropicales de l'Inde, de la Chine méridionale, de l'Australie septentrionale et de la Nouvelle-Calédonie. La culture des orangers et des pamplemoussiers en Chine remonte à 2400 avant J. C (Manner et al., 2005).

Selon Rolli (1991), l'oranger doux *Citrus sinensis* et le citronnier *Citrus limon*, ainsi que le mandarinier *Citrus reticulata*, seraient originaires de l'Asie orientale d'où ils ont été introduits dans la région méditerranéenne après l'an 1800 J.C.

Tableau II : les origines des espèces d'agrumes (selon Thaman et Whistler, 1996).

Espèce (nom scientifique)	Nom commun	Pays natal
<i>Citrus aurantifolia</i> (Cristm.)	Citronnier	la Malaisie
<i>Citrus aurantium</i> L.	Orange amère	l'Indochine et le Sud de la Chine
<i>Citrus grandis</i> L.	Pamplemoussier	la Malaisie
<i>Citrus hystrix</i> DC.	Citronnier rugueux	La Malaisie
<i>Citrus limon</i> L.	Citronnier	le Sud- Est de l'Asie
<i>Citrus macroptera</i>	Montrouzier	la Malaisie et la Malénesie
<i>Citrus medica</i> L.	Cédratier	l'Inde
<i>Citrus mitis</i> Blanco	Calamondin	la Chine
<i>Citrus paradisi</i> Macf.	Pomelo	l'Ouest de l'Inde
<i>Citrus reticulata</i> Blanco	Mandarinier	le Sud- Est de l'Asie
<i>Citrus sinensis</i> Osbeck	Orange douce	l'Indochine et le Sud de la Chine

### 1-2-2 Distribution actuelle

Aujourd'hui, la plupart des espèces d'agrumes ne sont connues qu'en arboriculture, cependant, quelques espèces d'agrumes peuvent être aperçues à l'état sauvage. Elles ont été largement cultivées dans le monde pour leurs fruits, leurs jus ainsi que pour leur valeur médicinale (Manner et al., 2005).

### I-3 Etude de la plante proprement dite

#### I-3-1 Morphologie

##### I-3-1-1 L'apparence

La forme et la croissance des arbres varient selon leur génétique et la manière dont ils sont implantés (soit par ensemencement des graines, soit par greffage). Généralement, les citronniers *Citrus limon* présentent de longues branches qui ont une croissance assez lente ; la forme typique chez *Citrus sinensis* (orange douce) tend à être conique vers le sommet et rétrécie vers la base de l'arbre, avec un tronc droit ; les branches sont longues, compactes et horizontales (fig. 01). Chez le pamplemoussier *Citrus grandis*, le tronc est large (0,5– 0,75m de diamètre) avec un sommet conique (Praloran, 1971).

Les arbres issus de graines tendent à avoir plus d'épines et une croissance plus droite de branches que ceux issus à partir de greffage (Roberto, 1982).



Figure 01 : apparence générale d'un arbre chez l'espèce *Citrus sinensis* L.

##### I-3-1-2 Les fleurs

Les fleurs ont entre 2 à 4 cm de diamètre, axillaires, parfumées, simples, souvent parfaites (ayant les étamines et les pistils fonctionnels) et parfois staminées (comportant des étamines tout en étant dépourvues de pistils). Le calice est lobé, composé généralement de cinq pétales avec des glandes d'essences aromatiques. Les étamines sont entre 20 et 40. Les pétales sont de couleur blanc-rosâtre, rose-violette vers l'extérieur chez le citron et rougeâtre chez les autres variétés d'agrumes (fig. 02). L'ovaire est surmonté d'un stigmate en masse, composé de 8 à 18 locules (cavités), avec 4 à 8 ovules par locule, dans deux rangées (Somon, 1987).

une origine particulière : elle est due à la prolifération de poils succulents issus de l'endocarpe, c'est la partie consommée. La taille des fruits varie de 4 cm de diamètre pour le citron à plus de 25 cm pour le pamplemousse (Stone, 1970).

L'endocarpe charnu est divisé en 7 à 14 segments, séparés par des septa minces (cloison des segments) (fig. 05). Chaque segment contient des pulpes (vésicules à jus) qui contiennent un jus acide et parfois sucré. Le mésocarpe blanc (également connu sous le nom d'albédo) a une consistance spongieuse qui couvre l'endocarpe. Alternativement, la section externe mince de la peau ou épicarpe est pourvue de nombreuses glandes sécrétrices d'essence qui donnent son odeur particulière à l'orange (Purseglove, 1974).



Figure 04 : la morphologie externe d'un fruit de *Citrus sinensis* L. *Figure 04*

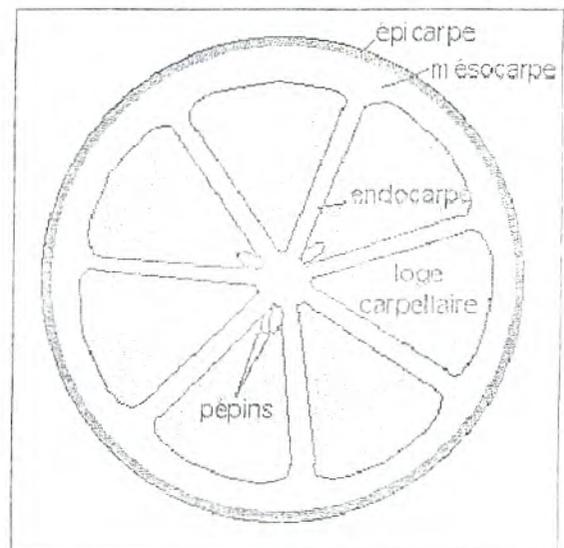
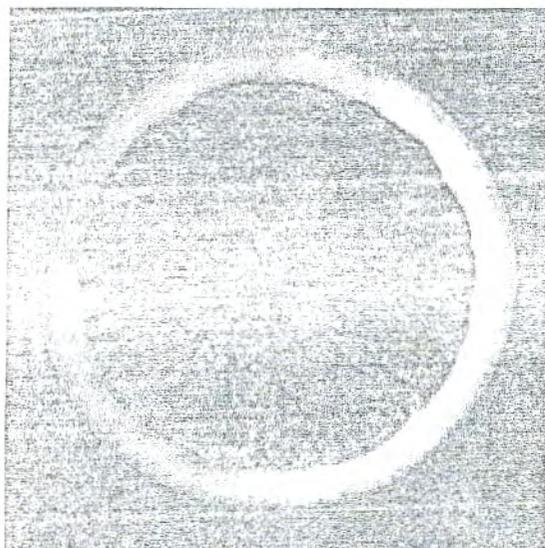


Figure 05 : coupe transversale et schéma explicatif de la morphologie interne chez *Citrus sinensis* L. (Prat et al., 2005).



Figure 06 : le réceptacle floral chez *Citrus sinensis* L. ( Prat et al., 2005).

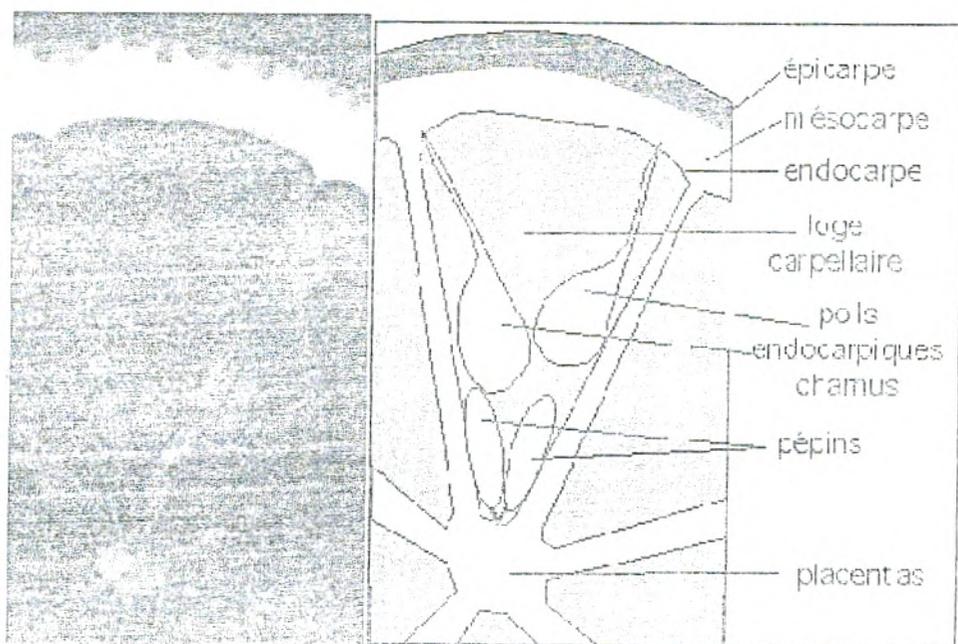


Figure 07 : détail de la coupe transversale montrant la placentation axile chez *Citrus sinensis* L. avec un schéma explicatif ( Prat et al., 2005).

### I-3-1-5 Les graines

Les graines sont blanches à verdâtres, aplaties et angulaires. Elles sont généralement polyembryoniques, signifiant que plusieurs embryons peuvent germer à partir d'un seul ovule fécondé. Les embryons sont "zygotiques" (résultant de l'union d'un gamète mâle et d'un gamète femelle) ou "nucellaires" (qui a rapport au nucelle). Les embryons zygotiques sont issus de la pollinisation de l'ovaire, c'est-à-dire de la reproduction sexuée, donc, leurs qualités horticoles ne sont pas toujours semblables avec celles de l'arbre parent, tandis que les embryons nucellaires sont complètement issus de la plante mère et présentent des caractéristiques très similaires avec celles de l'arbre parent (Manner *et al.*, 2005).

### I-3-1-6 Le système racinaire

Chez les agrumes, le système racinaire occupe plus de 70% de la taille de l'arbre. Les racines ont un pivot qui peut dépasser de 2 m au-dessous de la surface. Ces racines fibreuses se prolongent généralement bien au delà de la canopée (écran formé par la partie supérieure de la végétation du verger) (Walter et Sam, 2002).

### I-3-2 La variabilité génétique chez les agrumes

Les espèces d'agrumes sont très variées (fig. 08). En plus, les membres du groupe peuvent s'hybrider facilement et sont généralement greffés ou croisés. Par exemple, les mandarines présentent quelques hybrides tel que les tangerines (mandarine x pamplemousse), les tangos (mandarine x orange) qui sont de couleur rouge orangé, et les tan tangerines (mandarine x tangerines).

Les sélections variétales sont répandues généralement par des greffes, cela pour produire des arbres qui ont le même matériel génétique que celui des parents. Une certaine variation peut parfois se produire même dans les arbres greffés par des mutations normales chez les bourgeons (Dosba, 2002).



Figure 08 : de gauche à droite: nouvelles variétés de mandarines, d'oranges Valencia, et de Pamplemousse ( Manner *et al.*, 2005).

### I-3-3 Les plantes associées

En général, la flore des habitats originaires des agrumes s'étend de la région tropicale humide à la région subtropicale subhumide. La plupart des espèces d'agrumes sont associées avec la flore Indomalaisienne.

Dans le Pacifique par exemple, la plupart des agrumes se trouvent dans des secteurs cultivés, des vergers et des jardins. Dans une île, on peut avoir dans un grand jardin deux ou trois espèces ou cultivars de *Citrus* (par exemple, pamplemousse, mandarine, citron, etc.), ils sont associés avec des noix de coco, des mangues (*Mangifera indica*), des goyaves (*Psidium cattleianum* et *Psidium guajava*), des lychees (*litchi chinensis*), des figues (*Ficus carica*), des papayes (*Carica papaya*), des maniocs (*Hibiscus manihot*), des fruits d'arbres à pain (*Artocarpus altilis*) et des jacquiers (*Artocarpus heterophyllus*). Sur les atolls (îles coralliennes), les agrumes sont moins fréquents, mais quand ils sont présents, ils sont associés avec les noix de coco, les fruits à pain (*A. altilis*, *A. mariannensis* ou les deux), les papayes et les mangues (Manner et al., 2005).

### I-3-4 Exigences et tolérances environnementales

#### I-3-4-1 Climat

Les climats les plus adéquats pour les agrumes sont ceux des régions tropicales et subtropicales humides. On dit que les meilleurs fruits d'agrumes sont ceux des climats subtropicaux humides ou ceux des régions plus arides (c'est-à-dire, les climats méditerranéens) irrigués (Rieger, 2002). Le citronnier *Citrus limon* semble être le meilleur agrume adapté à l'environnement des atolls ainsi que le citronnier rugueux *Citrus hystrix* (Thaman et Whistler, 1996).

#### a- L'altitude

Dans les régions subtropicales, les agrumes s'étendent entre 0 et 750 m au-dessus du niveau de la mer. Mais dans les régions tropicales, ils se trouvent bien en dessous de 1600 m d'altitude.

#### b- Les précipitations

Les moyennes annuelles de précipitations adéquates pour les agrumes sont comprises entre 900 et 3000 mm. Car il faut au moins 900 mm par an pour n'importe quelle production fruitière.

Les agrumes vivent en climats saisonniers (été, hiver), ou dans des climats tropicaux qui assurent des précipitations régulières pendant toute l'année. En climats méditerranéens où la saison sèche est de 1 à 3 mois avec < de 40 mm de précipitations, les fruits d'agrumes sont à l'état cru, qui peut rester quatre mois.

### *c- Les températures*

En Floride (U.S.A), les températures maximales pour la culture des agrumes sont comprises entre 31 et 32°C avec un optimum de 25 à 30°C, mais elles peuvent atteindre 43°C dans le Sud de la Californie ou d'autres régions où ils sont cultivés (Rieger, 2002).

Les températures minimales que peuvent supporter les agrumes sont comprises entre 8 et 14°C. Au dessous de 13°C, ils ralentissent leur métabolisme. Les fruits d'agrumes meurent à des températures < à -3°C pendant 30 minutes, ainsi que les tiges et les feuilles qui subiront le même sort si elles sont exposées à des températures < à -7°C (Rieger, 2002, cela dépend des précédentes conditions climatiques, de l'âge du fruit, des feuilles et des branches.

#### *I-3-4-2 Sol*

Les agrumes peuvent pousser sur différents types de sols (du sable presque pur, au fumier organique et aussi au sol lourd argileux. Ils ne supportent pas les sols immergés d'eau, mais ils préfèrent les sols bien aérés. Ils sont sensibles au bore (B) en grande quantité, au carbonate de sodium (soude) et au chlorure du sodium (Purseglove, 1968).

Ils poussent sur des sols légers, moyens et lourds (sablonneux, sablonneux-limoneux, limoneux, limoneux-argileux-sablonneux, argileux, limoneux-argileux et argileux-sablonneux)

Ils peuvent supporter des sols acides ou neutres avec un pH de 5 à 8 ; cependant leur rentabilité augmente à un pH compris entre 6 et 7. Par contre, elle diminue lorsque le pH des sols est alcalin en raison de sa charge élevée en calcium.

Les agrumes peuvent tolérer des sols qui sont trop secs pour être productifs pour d'autres récoltes (soja, coton, blé, canne à sucre, etc.) (Rieger, 2002).

#### *I-3-4-3 Tolérance*

Les agrumes constituent la première production fruitière au monde, dans une aire de culture comprise entre les 40èmes parallèles nord et sud. Parmi les zones de culture les plus importantes, le Bassin méditerranéen se situe au second rang et présente une grande diversité de conditions pédoclimatiques. Ainsi, on peut y rencontrer un certain nombre de contraintes, telles que sécheresse, salinité et autres, réunies sur un même site (Jacquemonod et al., 2003).

#### *a- La sécheresse*

Dans les climats méditerranéens où les précipitations font la moyenne de 250 mm/an, l'agrumiculture n'est possible en été qu'avec l'irrigation. Ils ont besoin généralement d'au moins 3 à 4 mois de précipitations pour survivre. Leur tolérance à la sécheresse dépend des températures, des sols, du vent et du niveau désiré de production des fruits. Les *Citrus* perdent leur productivité pendant la sécheresse et exigent de l'irrigation durant les mois d'été (Rebour, 1966).

### *b- La salinité*

Généralement, les agrumes ne sont pas bien adaptés à la salinité ; c'est pour cette raison que la plupart d'entre eux trouvent des difficultés de développement dans les environnements côtiers et les atolls. Les niveaux élevés de sel dans l'eau augmentent la pression osmotique et réduisent la capacité d'absorption de l'eau par les arbres (Boman et Stover, 2002). Les espèces de *Citrus* présentent une sensibilité différentielle au sel selon son type (Maas, 1992).

### *c- L'ensoleillement*

Chez les agrumes, un fort ensoleillement ne présente pas de contraintes pour eux, cela se manifeste par leur présence dans des climats méditerranéens et même dans des climats plus arides avec irrigation.

### *d- L'ombrage*

Les agrumes ne peuvent tolérer que peu d'ombre car les arbres ne maintiendront pas leurs fruits s'ils restent ombragés très longtemps (Jifon et Syvertsen, 2002). La productivité des fruits peut diminuer jusqu'à 50% si les arbres restent à l'ombre pendant plus de six mois.

### *e- Les feux*

Les arbres d'agrumes ne gèrent que les petits feux avec peu de fumée. Mais si son intensité augmente la température interne de l'arbre au delà de 54°C, il peut l'endommager.

### *f- Le gel*

Les espèces d'agrumes sont vulnérables au gel car les conditions environnementales précédentes dictent le niveau de tolérance des arbres au froid. Quand ils risquent des températures relativement plus fraîches avec peu de précipitations avant un gel, ils peuvent démontrer une plus grande résistance au surgèle. En Floride et en d'autres climats subtropicaux où les agrumes sont cultivés, des pots de bavure sont utilisés pour maintenir la circulation de l'air pendant le gel. Mais quand elle est disponible, l'irrigation par les micro-arroseuses est la méthode la plus fiable pour la protection contre le froid. L'eau d'irrigation est appliquée avant l'arrivée du gel pour chauffer le sol et pendant le gel pour fournir aux arbres la chaleur qui est perdue lors de la formation des cristaux de glace (Manner et al., 2005).

### *g- Les inondations*

Dans le cas d'inondation, les agrumes supportent mal l'envahissement par l'eau. Si les températures sont au-dessus de 24°C, la mort des racines fibreuses par manque d'oxygène (anoxie) peut commencer en 7 à 14 jours. Pendant que les racines de *Citrus* meurent, les arbres développent des symptômes de stress hydrique tels que la détérioration, le jaunissement et la chute des feuilles. Cet effet néfaste de l'eau dépend de son mouvement, du pH du sol et de la concentration du sulfure d'hydrogène SH<sub>2</sub> (produit fabriqué par les bactéries anaérobies). L'odeur d'œufs putréfiés dans les sols acides (pas dans tous les cas) est une indication de la mort des racines fibreuses. Ainsi l'air chaud accélérera le développement des

symptômes précédents. L'eau en mouvement peut retarder l'anoxie, donc il est important de commencer les opérations de drainage aussitôt que possible. Si le drainage réduit les niveaux de l'eau de surface de 10 à 15 cm par jour, la perte des racines peut être évitée (Manner et al., 2005).

#### *h- Les vents*

En cas de vents violents, Les agrumes subissent des dommages aux feuilles, aux branches et aux fruits (Rebour, 1966).

### **I-4 Croissance et Développement**

Pendant la première année après sa plantation, la croissance de l'arbre est généralement lente. Si l'humidité est adéquate et les éléments nutritifs sont abondants ; l'arbre augmentera considérablement en hauteur et en largeur entre la deuxième et quatrième année.

Dans le cas des arbres greffés, l'arbre subit pendant la troisième et la quatrième année après la plantation une croissance végétative dans la plupart des cas avec une production de fruits de temps en temps. Les rougeoiements de la croissance végétative se produisent pendant le printemps et l'été. Bien que *Citrus* est un arbre à feuilles persistantes, il y a des périodes annuelles de repos nécessaires pour lui, qui auront normalement lieu pendant les mois d'hiver où les températures sont basses.

Une fois que l'arbre entre dans la phase de production des fruits, sa croissance végétative et son augmentation annuelle en hauteur et en largeur ralentiront. La taille désirée de l'arbre est atteinte après dix à quatorze ans. La production des fruits commence à diminuer après 20 à 25 ans de sa plantation, mais les arbres continueront à donner des fruits pendant 250 ans (Hume, 1938).

#### **I-4-1 Les taux de croissance**

Les taux de croissance sont très variables selon le climat, les pratiques agricoles, l'espacement d'arbre, le scion et le porte-greffe (Wheaton et al., 1999). Les arbres les plus jeunes (d'environ 5 à 10 ans) ont le plus grand taux de croissance par rapport à leur taille initiale.

Dans une étude faite en Californie, les arbres âgés de 3 à 6 ans ont un taux de croissance de 10 cm/an. Parallèlement, les arbres âgés de 6 à 12 ans ont un taux de croissance de 30 cm/an. La largeur du tronc peut augmenter elle aussi de 5 à 33 cm<sup>2</sup> tous les ans. Les racines des agrumes qui ont moins de cinq ans s'enfoncent dans le sol 2 à 5 mm/jour selon son niveau d'humidité (Manner et al., 2005).

#### **I-4-2 Fleuraison**

La fleuraison chez les agrumes peut se produire pendant la deuxième année après leur plantation, mais elle ne sera régulière qu'après quatre ans. La fleuraison saisonnière commence après les mois d'hiver où les arbres ont passé leur période de repos. Après avoir passé plus de 300 heures sous une température inférieure à 20°C, puis suivis de températures relativement plus élevées, les arbres commencent à fleurir. Plusieurs types de fleurs peuvent

### I-5-2 Reproduction sexuée par ensemencement

Les graines enlevées du fruit, nettoyées et séchées peuvent être conservées pendant une année dans un lieu frais et sec (Williamson et Jackson, 1994). Les plantules issues du porte-greffe devraient germer dans les jours qui suivent, elles sont prêtes à bourgeonner dès qu'elles auront une tige d'environ 6 mm de diamètre. Une bonne croissance devrait avoir un bon écoulement d'eau et une bonne capacité de rétention du sol. Ainsi, l'utilisation des sacs troués comme pots a été employée avec succès. Les sols riches en matière organique (>50%) peuvent créer des problèmes et donc, ils devraient être évités.

Les arbres peuvent être prêts à planter après 6 à 12 mois du bourgeonnement, cependant, plus ils restent dans un environnement protégé longtemps, plus leurs chances de survivre sont grandes.

La hauteur et la largeur de l'arbre change suivant la variété. Les arbres sont généralement de 0,5 m de hauteur et de 2 cm de diamètre.

Si la replantation des jeunes arbustes a lieu dans un ancien verger d'agrumes, la fumigation du sol est recommandée. Cela pour limiter les attaques des nématodes et des champignons. Le taux de survie des jeunes arbres correctement plantés peut atteindre 95% ou plus (Williamson et Jackson, 1994).

## I-6 La pathologie chez les agrumes

Chez les agrumes, la richesse génétique des cultures est limitée, car la reproduction asexuée (végétative) est la méthode la plus utilisée dans la production des nouvelles plantes, ce qui les rendent sensibles aux pressions pathologiques et entomologiques.

### I-6-1 Les troubles et les maladies chez les agrumes

#### I-6-1-2 Désordres physiologiques

##### a- Fente des fruits

Ce symptôme est observé chez les fruits à peaux minces telles que les oranges navels (particulièrement les Washington navels) et les mandarines. Bien que sa cause exacte est inconnue et qu'aucun agent pathogène n'a été mis en cause, ce symptôme est probablement dû en partie à la croissance irrégulière des fruits provoquée par le climat ou par le manque d'irrigation et de fertilisation. L'addition du potassium comme engrais (vaporisé sur les feuilles) réduira ces fentes chez les fruits pendant quelques années (Tucker et al., 1994).

##### b- Pourrissement des racines

Il y a plusieurs causes possibles du pourrissement des racines, mais la principale cause reste l'irrigation excessive des arbres. Il peut résulter directement du manque d'oxygène dans la zone des racines, dû à l'émergence de l'eau ou indirectement quand l'eau de surface expose les racines à une infection par des agents pathogènes qui causent leur pourrissement (Manner et al., 2005).

### c- Carence en minéraux

La carence en éléments nutritifs peut être causée par leur lessivage, dû à l'irrigation excessive ou à la pluie, par insuffisance ou déséquilibre nutritionnel dans le sol, pH inadéquat, ou par une utilisation inexacte d'engrais. La carence en azote (N), en zinc (Zn), en magnésium (Mg) et en fer (Fe) peut être traitée (fig. 10) (Vernière et al., 2003).



Figure 10 : symptômes de carence en éléments nutritifs sur les feuilles due probablement au fer ( : Manner et al., 2003).

### 1-6-1-2 Maladies

La production méditerranéenne d'agrumes est très majoritairement dédiée au marché du frais. L'aspect sanitaire des fruits a donc un impact important sur le devenir de la production. Le bassin méditerranéen est encore indemne de la plupart des maladies importantes, mais les agrumes y sont confrontés à des pathogènes endémiques et à d'autres qui émergent. Parmi les pathogènes existants, certains peuvent avoir des conséquences graves et leur transmission par insectes vecteurs rend leur contrôle difficile (Vernière et al., 2003).

Les agrumes sont exposés à une large gamme de maladies cryptogamiques, bactériennes et virales qui peuvent affecter les feuilles, les racines, les fruits, et le xylème ; à titre d'exemple :

#### a- Le pourrissement des racines et la gommose

Le pourrissement des racines est causé par un champignon du genre *Phytophthora*, qui provoque la pourriture des racines. Cette maladie empêche l'absorption d'eau et de minéraux. Les feuilles jaunissent, flétrissent et tombent. À long terme, elle peut provoquer la mort de l'arbre.

Les espèces du genre *Phytophthora* peuvent causer une autre maladie appelée "gommose", elle affecte l'écorce et le cambium, qui commencent à sécréter une sorte de gomme claire.

L'écorce sèche de bas en haut, elle se durcit et se fissure ; les lésions s'étendent et entourent souvent la branche ou le tronc.

La plupart des arbres sont très sensibles aux maladies fongiques, ce qui entraîne des pertes de récoltes importantes ainsi que le dépérissement de l'arbre (Christien et al., 2002).

#### *b- Les tâches graisseuses*

La maladie des tâches graisseuses n'est répandue que dans les régions chaudes et humides, elle est provoquée par le champignon *Mycosphaerella citri*. Les symptômes se traduisent par des fentes brun noirâtres au niveau de la partie antérieure des feuilles et d'autres très petites sur la peau du fruit. Cette maladie grave cause la défoliation de l'arbre menant à une réduction significative du rendement.

#### *c- La gale*

La gale des agrumes, causée par *Elsinoe fawcetti*, est la maladie la plus répandue. L'infection cause une petite bosse sur un côté de la feuille et une dépression sur l'autre côté. Ensuite, des pustules brunes vont se former sur la peau du fruit, devenant subéreuses pendant leur développement (fig.11).

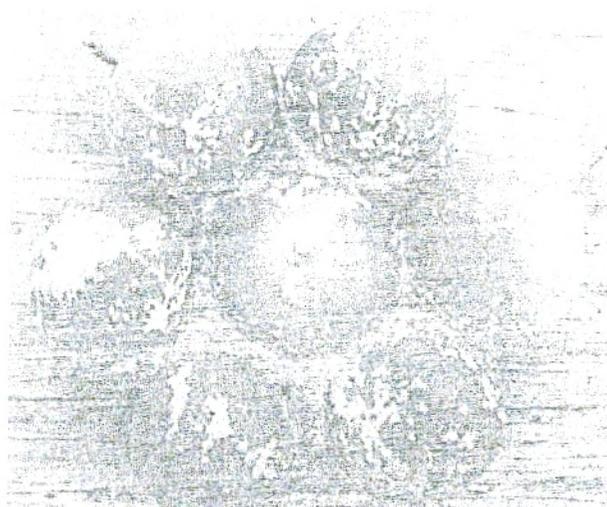


Figure 11 : symptômes de la gale sur les fruits (Manner et al., 2005).

#### d- Les tâches noires

Cette maladie touche les feuilles et les fruits. On peut observer sur les feuilles infectées par *Guignardia citricarpa* des petites tâches nécrotiques avec un centre gris, mais le plus souvent, les symptômes de cette maladie ne sont pas visibles à l'œil nu. Sur les fruits, les tâches noires peuvent prendre diverses formes, rendant la maladie difficile à identifier. Les tâches rendent les fruits non commercialisables, mais ils peuvent être employés pour le traitement (Manner et al., 2005).

#### e- Citrus canker (le chancre)

Le chancre des agrumes est une maladie bactérienne provoquée par la bactérie *Xanthosomas axonopodis* pv. *citri*. Les symptômes de cette maladie se traduisent par des fentes sur les jeunes feuilles et les fruits. Sur les feuilles, les tâches sont arrondies, puis grandissent et deviennent pustuleuses, entourées par un halo jaune. La taille des tâches sur les feuilles change suivant la variété et la période de l'infection. Sur les fruits, la taille de fentes est changeable, mais généralement, elle est semblable à celle des feuilles (Swarup et al., 1991).

#### f- Citrus greening

C'est l'une des maladies d'agrumes les plus ravageuses, elle est provoquée par une bactérie qui se développe dans l'écorce, les feuilles, et les nervures des arbres infectés. On avait précédemment pensé que cela serait provoqué par un virus mais l'agent pathogène a été maintenant identifié comme espèce appartenant aux *Liberobacter*. Les fruits affectés ne prennent pas la couleur orange ou jaune correctement, mais ils restent verts, d'où le nom "greening". Les symptômes sur les feuilles chroniquement infectées peuvent ressembler à des carences en élément nutritifs et l'arbre finira par mourir (C.D.H, 1982).

#### g- Tristeza

Le virus *Tristeza* est l'un des agents pathogènes les plus virulents des agrumes car il est répandu dans toutes les régions productrices d'agrumes. Les symptômes sont fortement variés selon l'espèce, la variété, et les conditions environnantes. Croissance retardée, tiges trouées, feuilles abîmées, fruits jaunes avec une taille réduite, sont les symptômes communs de cette maladie (Manzanero, 2004).

### I-6-2 Les ravageurs

Les vergers d'agrumes du Bassin méditerranéen sont sujets aux attaques de nombreuses espèces de ravageurs animaux (Quilici, 2002). L'aire agrumicole très vaste, qui se situe approximativement sur une ceinture comprise entre 40 degrés de latitude Nord et Sud fait que les espèces animales se développant et se nourrissant au détriment des agrumes sont extrêmement nombreuses et variées, menaçant sans cesse le verger mondial (Vogel et al., 1988 b).

Praloran (1971) les présente comme suit :

- 5 espèces de gastéropodes ;
- 12 espèces d'acariens ;
- 352 espèces d'insectes ;
- 11 espèces de mammifères ;
- 186 espèces de nématodes.

#### I-6-2-1 Les nématodes

Plusieurs espèces de nématodes infectent les agrumes et causent des dommages de différents degrés selon l'espèce, la variété attaquée, l'âge des plantes infectées et les conditions environnementales. La seule espèce rencontrée partout dans le monde est le *Tylenchulus semipenetrans*, qui est le plus préjudiciable dans la région méditerranéenne. Il est l'agent responsable de la maladie "slow decline" ou "lent déclin", cette appellation est due à son bas taux de croissance et au lent développement des symptômes (Sweellam et Abou-Taka, 1989).

#### I-6-2-2 Les acariens

Plusieurs espèces d'acariens sont connues comme des parasites d'agrumes, le plus fréquent est la rouille des orangers *Phyllocoptruta oleivora* qui cause des dommages minimes aux feuilles mais sérieux sur les fruits. Elle se déplace des feuilles vers les jeunes fruits et commence à s'alimenter du contenu cellulaire de leur zeste.

D'autres acariens sont susceptibles d'être des parasites des agrumes tels que l'acarien des bourgeons *Eriophyes sheldoni*, l'araignée rouge *Panonychus citri*, et l'acarien commun *Polyphagotarsonemus latus* (Manner et al., 2005).

#### I-6-2-3 Les insectes

Ils constituent le groupe le plus important du point de vue nombre et dommages causés.

##### a- Les cochenilles (*coccines*) et les aleurodes (*Aleurodes*)

Ce groupe d'insectes apparentés s'alimente des feuilles, des fruits et des racines de l'oranger. Généralement, ils percent les cellules de plantes avec leurs rostrés piqueurs ; beaucoup d'entre eux sécrètent une substance sucrée appelée miellat. Des fourmis, telles que *Anoplolepis longipes* s'alimentent de cette substance et protègent ces derniers des prédateurs (symbiose) (Lecrant, 1970).

Parmi ces nombreux parasites, on peut citer le pou rouge de Californie *Aonidiella aurantii*, qui s'attaque aux brindilles, aux feuilles et aux fruits ; la cochenille tortue *Saissetia* sp. ; la cochenille farineuse *Planococcus citri* ; la mouche blanche *Dialeurodes citri* ; la mouche noire *Aleurocanthus woglumi* et la mouche blanche laineuse *Aleurothyrixus floccosus* (Praloran, 1971).

*b- Les aphides (Aphidés), les psylles, et les thrips (thysanoptères)*

Ce groupe d'insectes a la capacité de transmettre des agents pathogènes tels que les bactéries et les virus. Ils se nourrissent des jeunes feuilles et des tiges tendres ce qui endommage sérieusement les récoltes. Beaucoup d'espèces d'aphides affectent les agrumes, la plus répandue, le puceron noir de l'oranger *Toxoptera citricida*, est le vecteur du virus *Tristeza*. Le psylle asiatique de l'oranger *Diaphorina citri* est le vecteur de la bactérie responsable de *Citrus greening*, ainsi que le thrips à ailes blanches, *Homalodisca coagulata* (Rebour, 1966).

*c- Les mouches des fruits*

Si les cultures d'agrumes du Bassin méditerranéen sont sujettes aux attaques d'assez nombreuses espèces de ravageurs, seul un petit nombre d'entre elles est susceptible de constituer des ravageurs-clés.

Les mouches des fruits (Diptera, Tephritidae) d'importance économique sont, dans une grande proportion, des espèces polyphages, dont le nombre de plantes hôtes varie d'une dizaine à plusieurs centaines (Cayol et al., 2003).

Parmi les mouches des fruits, la mouche méditerranéenne des fruits ou cératite, *Ceratitis capitata* et la mouche asiatique des fruits *Bactrocera dorsalis* représentent la plupart du temps une source de dégâts directs sur de nombreuses espèces et variétés d'agrumes (Quilici, 2003). Le problème principal qu'ils posent, est la ponte de leurs oeufs sous la peau du fruit dès le début de sa maturité, puis juste après leur éclosion, les larves commencent immédiatement à s'y alimenter, ce qui causera ensuite sa pourriture.

## Chapitre II

### *Présentation du phytoparasite*

## II-1 Identité

### II-1-1 Nom

La mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wiedemann) généralement appelée Medfly en anglais ou Moscamed en espagnol, est l'un des phytoparasites les plus destructifs au monde (Thomas et al., 2001). Elle constitue un des ravageurs d'importance économique pour les cultures fruitières de diverses familles botaniques, (Duyek, 2005).

Elle a été découverte en 1824 par Wiedemann et considérée pour la première fois comme parasite des agrumes en 1829 (Wiedemann, 1829).

### II-1-2 Synonymes

*Ceratitis citriperda* (MacLeay)  
*Ceratitis hispanica* (De Brême)  
*Pardalaspis asparagi* (Bezzi)  
*Tephritis capitata* (Wiedemann)

### II-1-3 Classement taxonomique

La mouche méditerranéenne des fruits appartient à la famille des Tephritidae (Ordre: Diptera, Sous-ordre : Brachycera, Division: Cyclorhapha, Groupe: Schizophora, Section: Haplostomata, Super-famille: Tephritoidea, Famille: Tephritidae) qui compte environ 4000 espèces, réparties dans 500 genres (White et Elson-Harris, 1992).

Bezzi (1928) divise la famille des Tephritidae en six sous-familles. La sous-famille des Trypetinae renferme plusieurs ravageurs appartenant aux genres *Anastrepha* (limité à l'Amérique), *Ceratitis* et *Ragoletis*.

Toutes les espèces de cette famille ne sont pas des ravageurs de fruits: certains taxons comme la sous-famille des Trypetinae, par exemple, s'attaquent aux fleurs (surtout d'Asteraceae). D'autres comme la sous-tribu des Gastrozonina sont des ravageurs de tissus parenchymateux de racines, de tiges ou de feuilles (White et Elson-Harris, 1992).

Dans l'île de La Réunion par exemple, huit espèces d'importance économique sont présentes sur les cultures fruitières ou maraîchères (Etienne, 1972; White et Elson-Harris, 1992; Hurtrel et al., 2000). Elles font partie de la sous-famille des Dacinae et appartiennent à deux tribus : Dacini et Ceratitidini (White et Elson-Harris, 1992; De Meyer, 2000).

## II-2 Plantes hôtes

*C. capitata* est une espèce très polyphage dont les larves ont été observées sur une gamme très étendue de fruits non apparentés. A Hawaï (Etats-Unis) 60 des 196 espèces fruitières examinées entre les années 1949 et 1985 ont été signalées au moins une fois comme plantes-hôtes de *C. capitata*; les deux plantes-hôtes les plus importantes étant *Solanum pseudocapsicum* et le caféier (*Coffea arabica*) (Liquido et al., 1989). Dans la région OEPP (Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes), les plantes-hôtes importantes comprennent le pommier (*Malus pumila*), l'avocatier (*Persea americana*), les *Citrus*, le figuier (*Ficus carica*), le kiwi (*Actinidia deliciosa*), le manguier (*Mangifera*

*indica*), le néflier (*Mespilus germanica*), les poiriers (*Pyrus communis* et *P. pyrifolia*), *Prunus* sp. (surtout le pêcher, *P. persica*), en fait pratiquement tous les arbres fruitiers. Cet insecte a aussi été signalé sur des plantes sauvages appartenant à un grand nombre de familles (OEPP, 1981).

Quelques hôtes ont été enregistrés comme des hôtes de *Ceratitis capitata* seulement dans des conditions de laboratoire et ne peuvent pas être attaqués au champ. La connaissance des hôtes dans un pays facilite souvent la prévision de ceux qui sont les plus probables d'être infestés dans un pays nouvellement infesté, mais ce qui peut être un hôte préféré dans une partie du monde peut ne pas l'être dans une autre (Ronald et Jayma, 1992).

L'espèce du fruit hôte influe, au travers de sa qualité, à la fois sur le développement des stades imatures, avec une répercussion possible sur la fécondité des adultes, et sur le comportement des adultes. En étudiant cinq espèces de Dacini, Fitt (1986) a mis en évidence que l'abondance des espèces sur différents fruits hôtes est davantage due au comportement de choix des femelles qu'à la spécialisation larvaire. Toutefois, si beaucoup de plantes hôtes peuvent supporter le développement complet de différentes espèces de Tephritidae, la qualité de l'hôte détermine des différences importantes dans la survie, le développement larvaire et la fécondité des adultes (Fernandes-Da-Silva et Zucoloto, 1993). Ainsi, Carey (1984) a montré que le temps de développement larvaire de *C. capitata* à 25°C passe d'environ une semaine sur un hôte favorable tel que la mangue (*Mangifera indica* L.) à plus de trois semaines sur le coing (*Cydonia oblonga* Miller). A Hawaï, la meilleure compétitivité larvaire sur certains fruits hôtes a permis d'expliquer en partie le déplacement compétitif de *C. capitata* par *Bactrocera dorsalis* (Keiser et al., 1974).

### II-3 Répartition géographique

*Ceratitis capitata* se rencontre actuellement dans presque toutes les régions tropicales et subtropicales du globe excepté une grande partie de l'Asie et pratiquement tout le Nord américain d'où elle a été éradiquée à diverses reprises (White et Elson-Harris, 1992) (fig.12). La zone d'origine de *C. capitata* a été longtemps sujette à controverses, cependant, les études récentes sur ses plantes hôtes et parasitoïdes (De Meyer et al., 2004), ainsi que l'analyse des microsattellites (Bonizzoni et al., 2000) ont permis de confirmer qu'elle se situe en Afrique du sud-est.

Dans la région OEPP, elle est présente dans la partie méridionale, c'est à dire Albanie, Algérie, Croatie (Kovacevic, 1965), Chypre, Egypte, Espagne (y compris les îles Baléares et Canaries), France (répartition très restreinte, uniquement dans le sud (Cayol et Causse, 1993), Grèce (y compris la Crète), Hongrie (signalée mais non établie), Israël, Italie, Liban, Libye, Malte, Maroc, Portugal (y compris les Açores et Madeira), Russie (méridionale, signalée mais non établie), Slovénie, Suisse (répartition restreinte), Syrie, Tunisie, Turquie, Ukraine (attaques éradiquées dans le sud). Les signalements en Europe du nord et centrale (Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Hongrie, Luxembourg, Pays-Bas, Royaume-Uni, République tchèque, Suède) ne se rapportent qu'à des interceptions ou à des foyers accidentels ne persistant pas (Karpati, 1983; Fischer-Colbrie et Busch-Petersen, 1989).

Dans le reste du monde elle est signalée en Asie (Kapoor, 1989), en Afrique (Karpati, 1983) en Amérique du nord (Cunningham, 1939; Lorraine et Chambers, 1989), en Amérique Centrale et Caraïbes (Steyskal, 1982 ; Fischer-Colbrie et Busch-Peterson, 1989), en Amérique du Sud, en Océanie (Stephenson, 2001) et autres (fig.12).

## II-4 Biologie et morphologie

### II-4-1 L'œuf et la ponte

Les œufs de *C. capitata* sont pondus sous la peau du fruit. Ils éclosent en 2-4 jours (jusqu'à 16-18 jours par temps frais), ils sont blancs, allongés et légèrement arqués ; leur longueur atteint 1 mm et leur diamètre est de 0,20 à 0,25 mm. La femelle perce l'épicarpe grâce à sa tarière et dépose ses œufs dans la pulpe à une profondeur de 2 à 5 mm. Le fruit piqué présente à sa surface une petite tâche au point de pénétration de l'oviscapte ; cette tâche brunit par la suite ; la pulpe devient à cet endroit molle et se déprime à la moindre pression après éclosion des œufs. Au même endroit, lorsque la piqûre est fraîche, on peut observer un petit cratère de gomme provoqué par la réaction du fruit (Christenson et Foote, 1960).

### II-4-2 La larve

Décrite par Hardy (1949), Orian et Moutia (1960), Sabatino (1974), Berg (1979), Heppner (1985), Smith (1989), White et Elson-Harris (1992).

La larve, longue de 7 à 8 mm, est d'un jaune pâle, effilée à la partie antérieure et tronquée à la partie postérieure avec 8 segments ventraux fusiformes; les crochets buccaux antérieurs sont généralement de 9 à 10; les orifices antérieurs sont presque tout droit sur la rangée dorsale au bord du tubule; généralement avec 9 à 10 tubules (et peut être de 7 à 11) (fig.13).

Les caractères morphologiques permettant la distinction immédiate des trois stades larvaires chez *Ceratitis capitata* sont basés sur l'observation, à la loupe binoculaire, du complexe buccal et des stigmates (fig.14). Au premier stade, le squelette céphalo-pharyngien n'est pas mélanisé (fig.16), les crochets buccaux sont très caractéristiques de ce stade avec une dent apicale (cuspidé) arquée, précédée d'une dent subapicale développée. Au deuxième stade, la dent apicale est toujours plus longue que large, et la base des crochets buccaux est mélanisée. Ainsi au troisième stade la jonction entre les lames dorsale et ventrale est mélanisée aussi bien en avant qu'en arrière ; les crochets buccaux sont totalement pigmentés (Thomas et al., 2001).

Enfin, les stigmates antérieurs sont absents chez la larve du premier stade (fig.15).

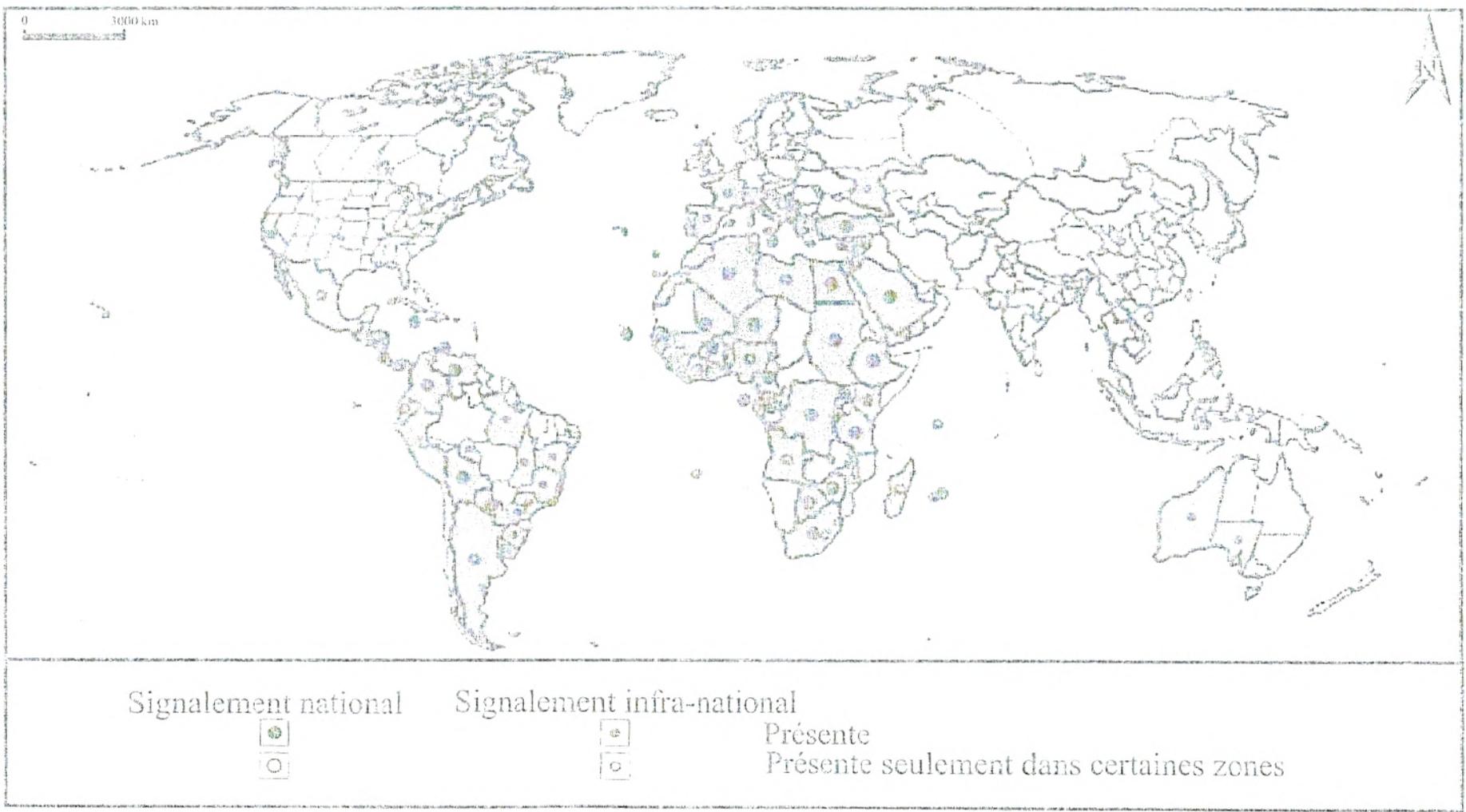


Figure 12 : carte de répartition géographique de *Ceratitis capitata* (Wied.) (d'après OEPP, 2003 ; modifiée).

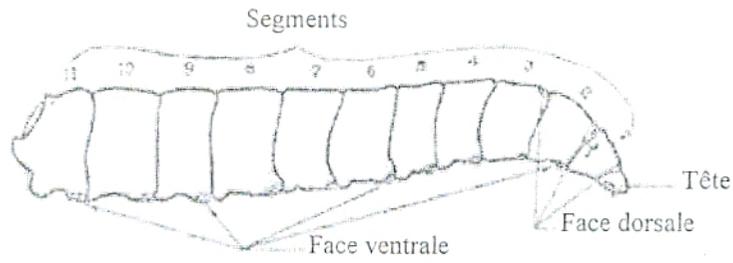


Figure 13 : vue latérale d'une larve de *C. capitata* au troisième stade ( Thomas et al., 2001).



Figure 14 : la tête avec le crochet buccal chez la larve de *C. capitata* ( Thomas et al., 2001).

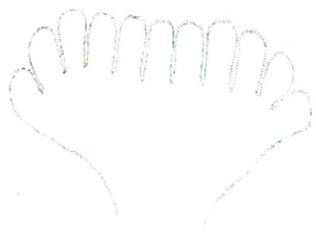


Figure 15 : les orifices antérieurs de la larve ( Thomas et al., 2001).

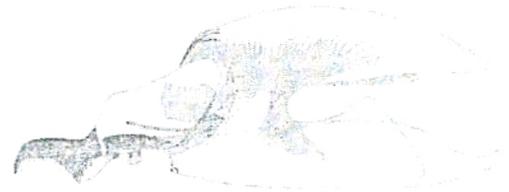


Figure 16 : le squelette céphalo-pharyngien de la larve de *C. capitata* ( Thomas et al., 2001).

### II-4-3 La nymphe ou pupe

La pupe est brune, elle à une longueur de 5 mm environ et un diamètre de 2 mm. Selon Pigué (1960), la nymphe de ce diptère est très caractéristique, il s'agit d'une sorte de chrysalide très condensée dont la paroi extérieure est constituée en partie par la mue larvaire et l'ensemble prend l'aspect d'un petit tonneau auquel est réservé l'appellation de pupe (fig. 17 et 18).

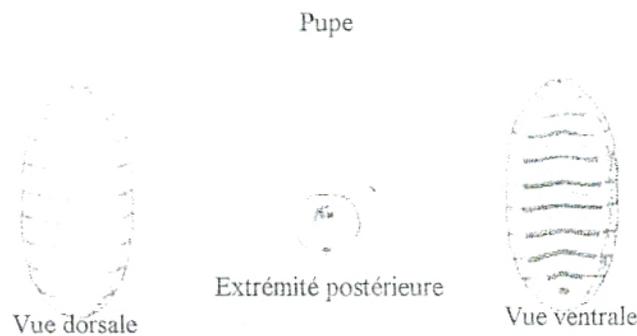


Figure 17 : aperçu d'une pupe ( Thomas et *al.*, 2001).

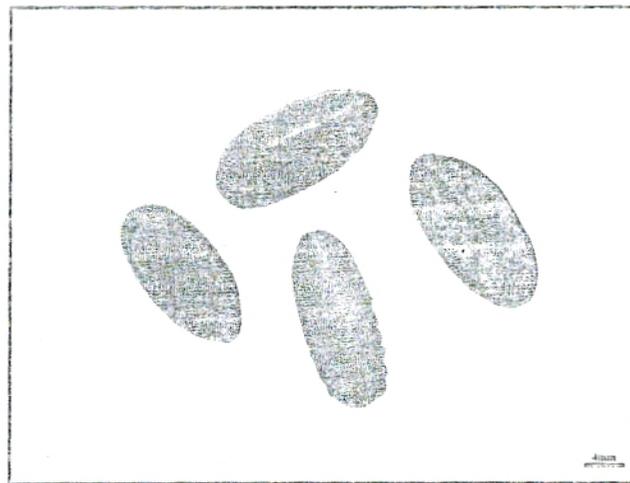


Figure 18 : pupes de *Ceratitis capitata* (Wied), *ajouté*.

#### II-4-4 L'adulte

La couleur générale du corps et des bandes alaires est jaune; le Scutellum est entièrement noir dans la moitié apicale, traversé par une ligne jaune sinueuse sub-basale; la bande costale commence après l'extrémité de la nervure R1, séparée de la bande transversale discale par une zone hyaline (fig.19).

La tête présente une paire de soies orbitales antérieures du mâle modifiée en appendices spatulés ayant une extrémité pointue et noire.

Les yeux sont pourpres-rougeâtres (deviennent verts par fluorescence et tournant au noirâtre dans un délai de 24 heures après la mort) (Thomas et *al.*, 2001).



Figure 19 : vue de la tête et du thorax chez *C. capitata* ( Thomas et *al.*, 2001).

*C. capitata*, comme d'autres *Ceratitidis* sp., possède des ailes avec des bandes (fig.20). Le dessin des mouchetures grises des cellules basales de l'aile différencie les *Ceratitidis* spp. de la majorité des autres genres de Tephritidae. Récemment, on a proposé des sondes à ADN comme moyen pratique de discrimination entre tous les stades vivants des trois principaux téphritides présents à Hawaïi (*C. capitata*, *Bactrocera cucurbitae* et *B. dorsalis*) (Haymer et *al.*, 1994).



Figure 20 : l'aile de *C. capitata* ( Rigamonti, 2005).

Les mâles de cette espèce nuisible de tephritides possèdent une caractéristique unique. La tête de ces derniers porte une paire d'appendices spatulés aux extrémités en pointes acérées, dont la section spatulée est noire.

Dans le thorax, le moyen-tibia du mâle est sans soies vigoureuses disposées de manière à donner un aspect plumeux avec une longueur de l'aile, 4-6 mm.

Le mâle et la femelle sont facilement distinguables grâce à deux caractéristiques morphologiques (fig.21 et 22). Le mâle est muni de soies céphaliques orbitales noires et aplaties en lamelle à l'apex, dont le rôle est inconnu. La femelle possède par ailleurs une tarière de ponte bien visible (White et Elson-Harris 1994).

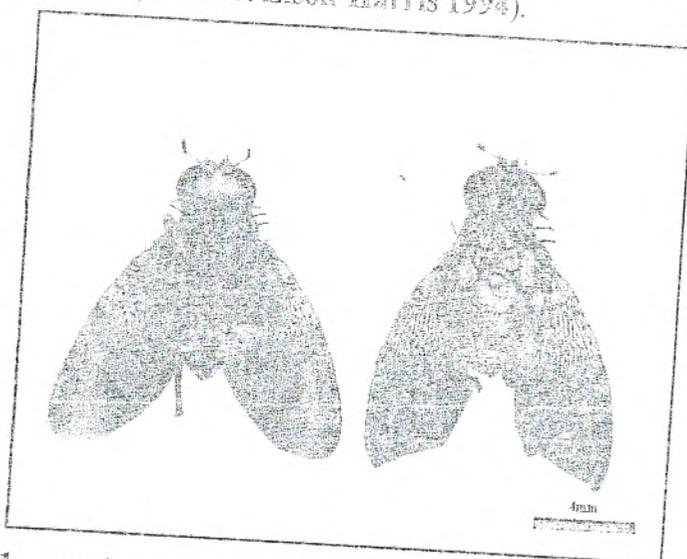


Figure 21 : vue dorso-ventrale d'un mâle adulte de *C. capitata* (Wied), *original*.

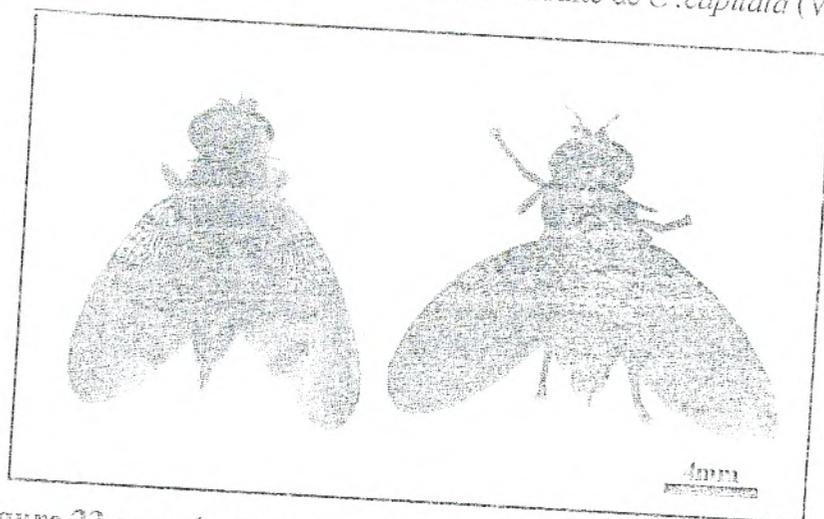


Figure 22 : vue dorso-ventrale d'une femelle de *C. capitata* (Wied), *original*.

## II-5 Cycle de développement

Trois étapes importantes peuvent être distinguées dans la biologie de la reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitiss capitata*. Il s'agit de la maturation des gonades et des gamètes, de l'accouplement et de la ponte. Au cours de l'ovogenèse, trois

étapes sont particulièrement remarquables (Tzanakakis et Koveos, 1986; Williamson, 1989):

- *la pré-vitellogénèse* : des trophocytes prévitellogéniques sont en cours de formation, les follicules ont un aspect translucide ;
- *la vitellogénèse* : les cellules folliculaires entreprennent leur différenciation, une partie de l'ovocyte prend une coloration blanchâtre ;
- *la maturité des oeufs* : l'ovocyte comprend un chorion bien développé et une membrane vitelline.

Les mâles montrent souvent l'activité sexuelle 4 jours après l'émergence. La plupart des femelles montrent leur maturité sexuelle 6 à 8 jours après leur émergence.

Un comportement de cour du mâle précède généralement l'accouplement. Le fait le plus remarquable est, chez certaines espèces, l'existence d'un appel phéromonal des mâles. C'est notamment le cas pour les mâles de *C. capitata* (Féron, 1962; Myburgh, 1962; Quilici et al., 2002 ; Ronald et Jayma, 1992). L'appel consiste en la dévagination d'une ampoule anale qui libère une phéromone très odorante attractive pour la femelle.

L'accouplement peut avoir lieu à tout moment pendant le jour. Les adultes nouvellement apparus ne sont pas sexuellement mûrs (fig.23).

Peu après l'accouplement, débute la ponte, qui est fortement influencée par l'intensité lumineuse, et a lieu de préférence dans une zone ombrée (Quilici, 1999).

Les femelles de la cératite sont attirées vers les fruits par l'odeur et la couleur (elles préfèrent le jaune et l'orange). De ce fait, les fruits verts ne sont pas attaqués, mais leur réceptivité augmente dès le changement de leur couleur jusqu'à la pleine maturité. L'épaisseur et la texture de la peau, aussi bien que la densité des glandes d'huiles essentielles, jouent un rôle important dans l'immunité des fruits contre ce ravageur.

Lors de la ponte, plusieurs comportements peuvent être observés sur le fruit (fig.24): la prospection, le nettoyage, l'agressivité envers d'autres femelles, la ponte ou la tentative de ponte, le "frottement" et le nettoyage de l'ovipositeur. Dès que la femelle est prête à pondre, après un certain temps de prospection, elle étend son ovipositeur et commence à forer dans le fruit hôte (Prokopy et Roitberg, 1984).

Les femelles font pénétrer leur ovipositeur jusqu'à une profondeur approximative de 2mm. Elles déposent entre 5 et 10 oeufs. Plus tard, elles vont à d'autres fruits, étant capables d'effectuer plusieurs pontes jusqu'à ce que le nombre total des oeufs pondus soit de 300 à 400 oeufs (Afcitrus, 2002).

Les pontes multiples sont contraintes par le nombre d'hôtes disponibles, la durée totale de vie (Wilson, 1994), le stock d'oeufs, la qualité des hôtes ou une combinaison de ces facteurs. Pour la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata*, la taille et la maturité du fruit définissent sa qualité et contrôlent les pontes multiples. Ainsi, malgré l'existence d'un marquage chimique répulsif des sites de ponte par les femelles, les pontes multiples sont plus fréquentes dans les sites de grande taille peu matures (Papaj et Messing, 1996). Les femelles

de *Ceratitis capitata* pondent dans des cavités réalisées par une autre femelle au cours d'une ponte précédente. L'utilisation de cavités déjà formées diminue de façon significative le temps consacré à la ponte, relativement à la durée de ponte dans un site sain. Outre le gain de temps, l'utilisation de ces cavités favorise le taux de succès lors du dépôt des oeufs. Ainsi, 63% des actes de ponte dans une cavité existante se sont soldés par le dépôt d'un oeuf contre 24% dans un fruit sain. L'utilisation de galeries préexistantes avait déjà été décrite chez *Ragoletis completa* (Lalonde et Mangel, 1994).

Dans l'expérience de Papaj et Messing (1996) sur *Ceratitis capitata*, il est intéressant de noter que les femelles passent de l'évitement des sites infestés, sous l'influence du marqueur chimique, à une préférence pour ces mêmes sites dans un laps de temps très court.

Les oeufs sont pondus à quelques millimètres sous l'épiderme du fruit. Les dégâts se traduisent par une décoloration de l'épiderme du fruit au niveau de la piqûre puis par sa pourriture. Après la ponte, les femelles marquent le site de ponte en y déposant une phéromone (HMP : *Host Marking Pheromone*) qui inhiberait la ponte d'autres femelles (Prokopy et Roitberg, 1984).

Comme tous les Tephritidae, la biologie de cet insecte est influencée par la température et l'humidité relative.



Figure 23 : l'accouplement chez *C. capitata* (Allwood et al., 1999). Figure 24 : la ponte chez la femelle *C. capitata* (Duyck, 2005).

Suite à l'éclosion des oeufs, les larves commencent à s'alimenter presque immédiatement, elles s'alimentent souvent ensemble dans le même voisinage.

Les nutriments dont les larves se nourrissent, glucides, protéines et eau, sont tirés du milieu dans lequel elles se développent, c'est à dire la pulpe du fruit. La durée du développement larvaire, qui comprend trois stades (L1, L2, L3), peut varier fortement pour une espèce donnée en fonction du fruit-hôte (Carey, 1984; Fernandes-Da-Silva et Zucoloto, 1993), (fig.25).

En milieu artificiel à base de la poudre de carotte, Shoukry et Mafez (1979) ont obtenu le développement larvaire le plus court (6 jours) à 35 °C, tandis qu'à 5°C, il y a arrêt du développement (tab III).

**Tableau III:** Les taux de développement des différents stades de *Ceratitis capitata* sous différents régimes de température. Le stade pupa a été étudié sous une humidité relative (HR) de 60% (Shoukry et Hafez, 1979).

Températures	Œufs (h)		Larves (j)		Pupes (j)	
	incubation	Éclosion (%)	Durée	Pupaison (%)	Durée	Émergence (%)
17	/	/	16.4 ± 0.37	5.7	/	/
20	/	/	12.3 ± 0.06	21.1	/	/
22	65.1 ± 1.25	90	/	/	15.4 ± 0.10	48
25	51.4 ± 0.56	100	9.3 ± 0.05	39.7	11.5 ± 0.08	80
27	46.3 ± 1.10	100	8.3 ± 0.03	44.1	9.10 ± 0.12	64
30	39.3 ± 0.45	98	7.3 ± 0.04	37.1	7.00 ± 0.15	38
32	36.1 ± 0.42	94	7.1 ± 0.09	15.1	7.30 ± 0.15	42
35	31.4 ± 0.38	86	6.3 ± 0.36	3.7	/	/

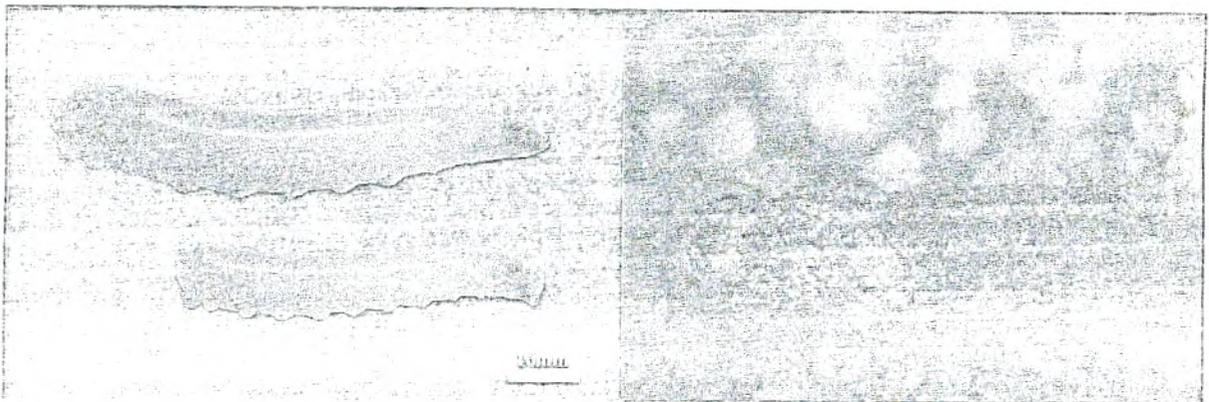


Figure 25 : deux stades larvaires L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub> chez *Ceratitis capitata*, *Shoukry et Hafez*.

Figure 26 : l'émergence d'un adulte de *Ceratitis capitata* ( Rigamonti, 2005).

A l'issue du troisième stade larvaire, l'asticot quitte le fruit en sautant, comme mû par un véritable ressort. Il retombe alors sur le sol dans lequel il s'enfonce pour se nymphoser, formant alors une pupa de laquelle émergera l'adulte (fig.26).

L'adulte, tout comme la larve, a besoin d'une alimentation glucidique et protéique. Il s'alimente principalement sur les feuilles des plantes hôtes et non hôtes, où il trouve les différents nutriments dont il a besoin : sucre, protéines et eau dans la sève ou les sécrétions

foliaires des plantes, les colonies bactériennes, les levures, le miellat d'Homoptères ou les fientes d'oiseaux (Prokopy et Roitberg, 1984).

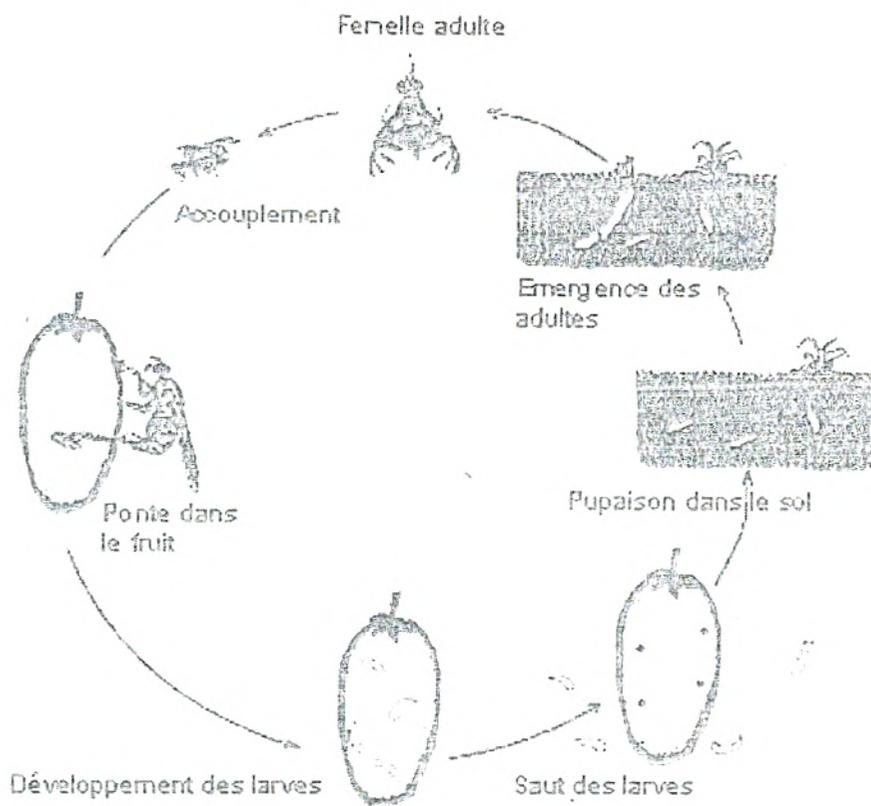


Figure 27 : Cycle de développement de *C. capitata* (Brévault, 1999)

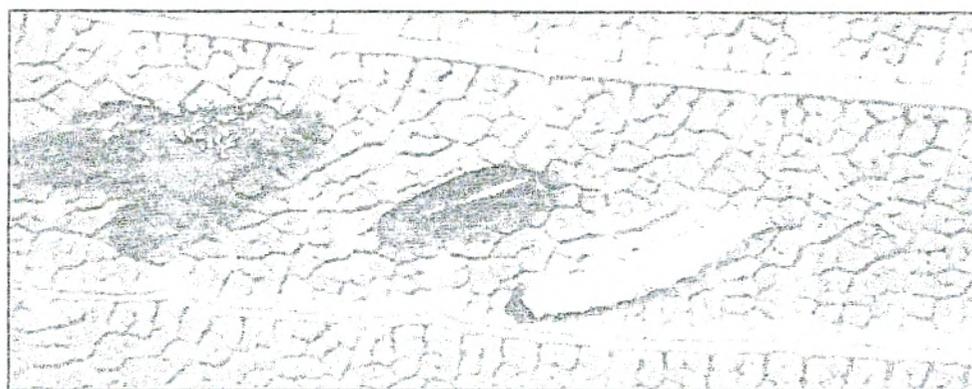


Figure 28 : les 04 principaux stades de développement chez *C. capitata* (Michael et Thomas, 1981).

## II-6 Méthodes de détection et d'inspection

Le piégeage et la récolte des fruits des plantes hôtes comptent parmi les méthodes utilisées pour confirmer la présence d'espèces de mouches des fruits indigènes et détecter l'arrivée d'espèces exotiques dans un pays ou dans une île.

Une analyse des aspects biologiques des leurres pour les mâles est présentée par **Cunningham (1989a)** et leur utilisation détaillée est décrite par **Drew (1982)**.

On utilise des pièges de Steiner modifiés, contenant un mélange d'appât chimique qui attire les mâles et d'un insecticide (**Drew, 1982**). Le Cue-lure et le méthyle eugénol sont les deux attractifs communément utilisés dans le Pacifique.

Un troisième type d'appât, le Trimédlure, sert à la capture de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata*. Le céralure est un nouvel attractif de *C. capitata* puissant et persistant (**Avery et al., 1994**). **Hancock (1987)** a dressé un tableau des réactions à divers appâts de 16 espèces de *Ceratitis*. Le trimédlure (t-butyl-4(ou 5)-chloro-2-méthyl cyclohexane carboxylate) est le leurre le plus utilisé pour *C. capitata*.

L'histoire de la mise au point du trimédlure et des problèmes d'isolation du meilleur des huit isomères possibles est présentée par **Cunningham (1989a)**

Les pièges sont installés dans les arbres fruitiers qui constituent les hôtes reconnus ou potentiels de cette mouche, à une hauteur d'environ deux mètres et à l'abri du soleil. Ils sont suspendus par des fils métalliques enduits d'un adhésif qui ne sèche pas comme le Tanglefoot. Des précautions sont prises pour empêcher les feuilles ou les branches de toucher les pièges et éviter la contamination croisée entre eux. Les pièges installés devraient être inspectés toutes les deux semaines. Ils doivent être rechargés d'attractif tous les trois mois et remplacés lorsqu'ils sont endommagés.

La récolte des fruits des espèces hôtes sert à confirmer la présence des mouches qui ne sont pas attirées par les appâts et à mesurer l'étendue des dommages causés, la densité des populations de parasitoïdes présentes, l'abondance saisonnière et la répartition géographique des mouches des fruits. On met les échantillons de fruits recueillis à incuber pendant deux à trois semaines dans des récipients, sur de la sciure humide, pour voir si des mouches en sortent. Les résultats de ces études servent à l'évaluation des risques d'infestation par des ravageurs, nécessaire au commerce des fruits et des légumes frais.

## II-7 Moyens de déplacement et de dispersion

Les principaux moyens de déplacement vers des zones préalablement indemnes sont le vol des adultes, les vents et le transport des fruits infestés. Il a été prouvé que *C. capitata* pouvait voler sur au moins 20 km (**Fletcher, 1989**).

Certains fruits-hôtes ne sont infestés que lorsqu'ils sont mûrs, ce fait a été à la base d'une "procédure de quarantaine d'absence d'infestation" pour les avocats exportés d'Hawaii vers les états continentaux des Etats-Unis; elle a été récemment remise en cause car des fruits infestés ont été trouvés alors qu'ils étaient encore sur l'arbre (**Liquido et al., 1995**).

## II-3 Nuisibilité

### II-3-1 Impact économique

Sur les agrumes, les pertes sont estimées à partir des écarts de triage des stations de conditionnement pour les fruits destinés à l'exportation, c'est pour la clémentine que se sont enregistrés les écarts de triage les plus significatifs (15,48 %) (Féron et *al.*, 1956).

La cécidite affecte le secteur agricole de plusieurs manières :

Directement à partir des dommages résultants des attaques occasionnées aux cultures fruitières. Ces dommages sont de deux types :

- dommages provoqués par les piqûres des femelles sur les fruits ; ils donnent un mauvais état de présentation aux fruits, qui sont automatiquement rejetés à l'exportation ; en plus, les fruits piqués peuvent tomber précocement ;
- dommages provoqués par les larves de la cécidite ; entraînant la pourriture des fruits qui deviennent véreux et totalement perdus.

Les pays envahis par cet insecte supportent des frais élevés pour les programmes d'éradication. Par exemple, en Guatemala, il a été estimé que les dégâts annuels des cultures dus seulement à la cécidite sont de l'ordre de 76 millions de dollars (USDA, 2001).

### II-3-2 Lutte

Les méthodes de lutte contre la cécidite reposent depuis de nombreuses années sur l'utilisation de traitements par tâches associant un attractif alimentaire et un insecticide ou, plus récemment, sur le piégeage de masse à l'aide d'attractifs spécifiques des femelles (Quilici, 2002).

#### II-3-2-1 Lutte chimique

La lutte chimique contre les tephritides par l'utilisation d'insecticides est possible soit par une pulvérisation couvrante soit par une pulvérisation d'appâts (Stancic, 1986; Roessler et Chen, 1994).

La pulvérisation d'appâts possède sur la pulvérisation couvrante l'avantage de pouvoir être appliquée en traitement localisé, de telle sorte que les mouches sont attirées vers l'insecticide et qu'il y ait un impact minimal sur les ennemis naturels.

Le traitement par un insecticide associé à un attractif (Traitement par appâtage) se base sur l'utilisation des appâts empoisonnés composés d'un mélange d'hydrolysats de protéine et d'insecticide de synthèse doté d'une toxicité modérée vis-à-vis des auxiliaires (Louriki, 2001).

Le malathion est l'insecticide habituellement choisi dans la lutte contre les mouches des fruits; il est généralement combiné à de l'hydrolysats de protéines pour confectionner une

pulvérisation d'appâts (Roessler, 1989); des détails pratiques sont fournis par Bateman (1982).

C'est une méthode recommandée pour contrôler les adultes de la cératite pendant les périodes de la récolte. L'attractif attire les adultes (particulièrement des femelles) pour se nourrir de l'insecticide jusqu'à l'accumulation d'une dose létale. Pour être efficace, ce type de traitement doit être utilisé combiné avec de bonnes pratiques culturales (Ronald et Jayma, 1992).

Cette méthode permet d'exercer une pression continue sur la population de la cératite pendant une période cruciale de son cycle de développement. Son but est l'utilisation de très faibles quantités de produit.

En effet, pour arriver à leur maturité sexuelle, les femelles ont besoin d'une source de protéine pour se nourrir et accomplir la maturation des ovules. Les femelles émergées sont ainsi attirées par la protéine empoisonnée et finissent par mourir après son ingestion (Louriki, 2001).

La lutte chimique contre la cératite semble bien maîtrisée, cependant les produits appliqués de façon systémique et non raisonnée représentent un sérieux danger pour l'environnement, pour l'utilisateur, et pour le consommateur (Ros, 1997).

De ce fait l'utilisation des molécules répondant aux exigences des systèmes de la protection intégrée s'avère nécessaire.

Spinosad est un produit de fermentation aérobique du champignon Actinomycète du sol, *Saccharopolyspora spinosa* (NOSB, 2002). Son nom est dérivé de la combinaison de deux molécules nommées spinosyn A :  $C_{41}H_{65}NO_{10}$  et spinosyn D :  $C_{42}H_{67}NO_{10}$ , il a été utilisé pour la première fois en 1997 aux Etats-Unis pour le contrôle des chenilles sur le coton après qu'elles aient développé la résistance contre les pyréthroides (Bret et al., 1997).

Le spinosyn A et le spinosyn D, sont des cristaux ayant une faible volatilité et une odeur terreuse. Ils sont solubles dans un certain nombre de solvants organiques; la solubilité est plus haute dans des solvants polaires comme l'acétone, dichlorométhane, et le méthanol que dans des solvants non-polaires comme l'hexane (Thompson et al., 2000).

Il a été employé pour contrôler les chenilles sur le coton, des mouches mineuses dans diverses cultures, des thrips sur les agrumes, la mouche méditerranéenne des fruits *C. capitata*, etc. (Dow, 1997; Thompson et al., 2000).

Spinosad tue des insectes par l'activation de leur système nerveux. L'activation continue des neurones cause l'épuisement de l'insecte et finit par le tuer (Thompson et al., 2000; Salgado, 1997).

### II-8-2-2 Lutte biotechnique

L'idée de l'utilisation de la technique des insectes stériles (TIS) en tant que lutte autocide a été développée par Knipplinig (1955). C'est une lutte qui consiste à des lâchers massifs des mâles stérilisés aux rayons gamma de l'espèce en question dans la nature où ils entrent en compétition avec les mâles naturels. La descendance est alors stérile.

Des techniques d'annihilation des mâles et des lâchers d'insectes stériles ont été utilisées contre certaines populations de *C. capitata*. L'annihilation des mâles utilise l'attraction des mâles par les leurres chimiques. Cette technique a été utilisée à Hawaï où elle a eu un certain impact sur les effectifs des populations (Cunningham, 1989b). La technique des insectes stériles implique un lâcher de millions de mouches stériles parmi la population sauvage, afin qu'il y ait une forte probabilité d'accouplement entre femelles sauvages et mâles stériles (Gilmore, 1989). Cette technique a été utilisée contre *C. capitata* au Costa Rica, en Espagne, aux Etats-Unis (Californie et Hawaï), en Italie, au Mexique, au Nicaragua, au Pérou, et en Tunisie (Gilmore, 1989). Le plus ambitieux de ces programmes est en cours dans le sud du Mexique (Programa Moscamed), il est destiné à arrêter la dissémination de la mouche vers le nord et son but ultime est l'éradication du ravageur de l'Amérique Centrale (Schwarz et al., 1989).

Cette technique dépend de la capacité à produire en masse des millions de mouches stériles. Vargas (1989), a analysé les procédures nécessaires. Les méthodes de lutte et leur application aux Etats-Unis ont été analysées par Mitchell et Saul (1990) tandis que les actions réalisées depuis 1975 en Californie l'ont été par Carey (1992).

La protection de l'environnement est l'avantage le plus important de la TIS, en effet, les agriculteurs n'auront plus besoin d'intervenir chimiquement pour le contrôle de la cécidite, sans compter les charges qui seront diminuées. Il faut signaler aussi que cette technique est spécifique car l'insecte ravageur est utilisé contre lui-même pour éliminer ses populations. C'est aussi une méthode compatible avec d'autres techniques de la lutte biologique, appelée également lutte autocide.

Sur le plan économique, l'éradication de la cécidite permettra une commercialisation facile des espèces hôtes de ce ravageur tout en évitant les procédés de quarantaine ou les traitements de post récolte exigés par les importateurs.

L'adoption de la TIS contribuera au développement d'un système de quarantaine plus fiable permettant une meilleure protection des territoires contre les maladies et les ravageurs considérés de quarantaine (IAEA, 1996).

Les études de rentabilité économique ont montré, qu'après une période de quelques années, le coût de la TIS est amorti et inférieur à celui des méthodes de suppression conventionnelles par insecticide, y compris en négligeant le coût de l'impact environnemental des insecticides. Un exemple extrait d'une étude de faisabilité pour le contrôle de la cécidite, montre que d'une part le coût annuel de la suppression du ravageur par insecticide est relativement élevé, et que d'autre part cette opération doit être continuée indéfiniment (IAEA, 1998).

La suppression par la TIS bien que continuant aussi indéfiniment, est moins coûteuse que la suppression par insecticide, elle respecte l'environnement et reste compatible avec les méthodes de lutte biologique ciblant d'autres ravageurs. Enfin, l'éradication par la TIS a, durant les premières années, un coût d'opération élevé et nécessite un investissement initial important en équipement et infrastructures. Cependant, dès que la zone est déclarée exempte du ravageur, les coûts d'opération chutent en se limitant aux seuls frais de surveillance et de quarantaine. En conclusion, quelle que soit l'approche choisie, suppression ou éradication, la TIS reste une méthode plus économique que la suppression par insecticide (IAEA, 1998).

### II-8-2-3 Lutte biologique

La lutte biologique est de tradition séculaire (prédation de la cochenille *Icerya purchasi* par une coccinelle et une mouche sur agrumes de Californie vers 1890) et a été formalisée avec la création d'une organisation non-gouvernementale lors du congrès international d'entomologie de Stockholm en 1948. La prise de conscience des limites des procédés chimiques de lutte, considérés à un moment comme une solution miracle, a renouvelé depuis ces années là l'intérêt pour la Lutte Biologique (LB). L'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB) définit la LB en 1971 par "l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour empêcher ou réduire les pertes ou dommages causés par des organismes nuisibles".

Ainsi, sans être une discipline nouvelle, la LB représente un champ d'application pour un grand nombre de disciplines scientifiques et techniques classiques de la protection des cultures, dont les premières furent la phytopathologie et l'entomologie agricole (Sforza et Sheppard, 2004).

De Bach (1964) a exposé certains de ces travaux et a dressé plusieurs tableaux où sont recensés les travaux de lutte biologique les plus importants conduits dans le Pacifique; en outre, il discute et rejette l'opinion communément admise qu'un milieu insulaire serait plus favorable à des opérations de lutte biologique (De Bach, 1962). En effet, il n'en est rien sur le plan pratique ; cependant, l'avantage théorique d'une île peut résider dans le fait qu'il est plus facile de suivre, sur une échelle réduite et sans interactions extérieures, les phénomènes biologiques complexes qui interviennent, dans la régulation des populations, après l'introduction d'un parasite ou d'un prédateur.

#### a- Lutte par prédateurs

L'utilisation de la fourmi *Iridomyrmex humilis* (fig.29) par Wong et al. (1984) au laboratoire, a donné 50% de mortalité au bout de dix minutes d'attaque pour 7 fourmis/larve.

Eskafi et Kolbe (1990) signalent la prédation par la fourmi *Solanopsis geminata* qui consomme 7 à 25% des larves de *C. capitata* dans les vergers de caféiers et d'orangers ; aux conditions naturelles, cette prédation est influencée par la température et l'heure de la journée.

Par ailleurs, la périodicité des émergences des larves à partir des fruits coïncide avec l'activité des fourmis, la prédation des pupes par les fourmis ou autres insectes peut être plus importante que pour les larves, car les pupes sont immobiles.

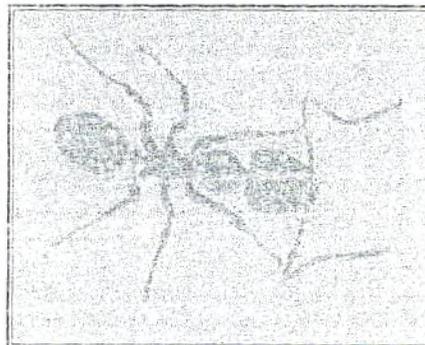


Figure 29 : vue dorsale de *Iridomyrmex humilis* (Wharton, 1987).

### b- Lutte microbiologique

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

Il ajoute que cette microsporidie contamine les stades larvaires du phytoparasite et les tue cinq à sept jours après l'infestation.

### c- Lutte parasitologique

En lutte biologique, il est important d'utiliser les insectes parasitoïdes ; ce sont des organismes qui se développent sur ou dans un autre organisme, leur hôte (fig.30); ils en tirent leur subsistance et le tuent comme résultat direct ou indirect de leur développement (Eggleton et Gaston, 1990). Les parasitoïdes ont un comportement intermédiaire entre les parasites et les prédateurs puisqu'ils ont besoin d'un autre organisme pour se développer et qu'ils tuent toujours les hôtes qu'ils attaquent (Godfray, 1994). Le succès reproducteur de ces organismes dépend directement du nombre et de la qualité des hôtes qu'ils exploitent au cours de leur vie.



Figure 30 : Mode de vie d'un parasitoïde ( Goubault, 2003).

On les trouve essentiellement chez les insectes dans l'ordre des Hyménoptères (75% des parasitoïdes, Boivin, 1996), celui des Diptères dans une moindre mesure, ainsi que dans quelques autres ordres comme celui des Coléoptères.

La lutte biologique contre la mouche des fruits *Ceratitis capitata* (Wied) a débuté aux îles Hawaï au début du siècle (Clausen et al., 1965), par l'introduction, entre autres, d'Hyménoptères Braconidae exotiques tel que *Fopius arisanus* (Sonan), *Diachasmimorpha longicaudata* (Wharton) et *Coptera haywardi*.

#### ± *Fopius arisanus* (Sonan)

Le braconïde *Fopius arisanus* (Sonan) (fig.31), est un agent de contrôle biologique pour la mouche méditerranéenne, *Ceratitis capitata* (Wiedemann).

Ce parasitoïde a montré une très bonne activité en comparaison avec d'autres auxillaires des mouches de fruits (Wong et al., 1987), il est l'agent du contrôle biologique classique qui a montré la plus grande réussite contre ces ravageurs, il a été également multiplié par des élevages massifs pour un contrôle biologique inondatif à Hawaï (Bautista et al., 1999).

Ce parasitoïde a montré une grande efficacité pour la localisation de ses hôtes en se basant sur la couleur et l'odeur des fruits attaqués par les mouches (Vargas *et al.*, 1991).

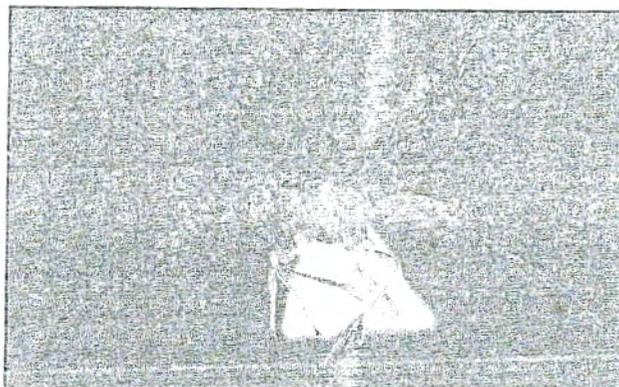


Figure 31 : vue latérale de *Fopius arisanus* (Sonan) (Wharton, 1987).

♣ *Diachasmimorpha longicaudata* (Wharton)

*Diachasmimorpha longicaudata* (Wharton 1987) (Hymenoptera: Braconidae: Opiinae) (fig.32), est un endoparasitoïde des larves et des pupes de la mouche méditerranéenne des fruits, *Ceratitis capitata* (Wied.), ♂ *Anastrepha suspensa* (Loew) et d' *Anastrepha obliqua* (Maquart) (UFI, 2003).

La femelle a une longueur de 3,6 à 5,4mm, ovipositeur non compris; le mâle mesure 2.8 à 4.0 mm de longueur. Ils ont une couleur brun rougeâtre.

Les antennes sont plus longues que le corps, les ailes sont claires. L'abdomen de la femelle porte une bande noire centrale à la face dorsale. L'abdomen du mâle est brun foncé à segments postérieurs noirs. L'ovipositeur est plus long que le corps entier de la femelle (UFI, 2003).

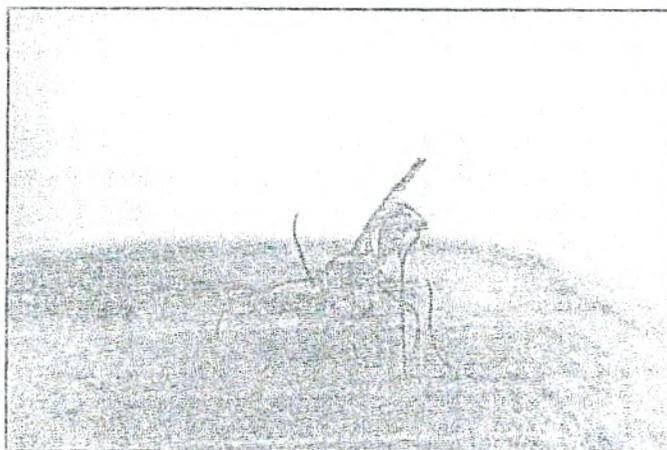


Figure 32 : vue d'une *Diachasmimorpha longicaudata* (Wharton, 1987).

La femelle de *Diachasmimorpha longicaudata* est attirée par les produits de fermentation émis par les fruits pourris, choses qui indiquent l'emplacement probable des larves hôtes. Il a été démontré que les femelles sont attirées par les fruits pourris avec ou sans la présence des larves, ainsi l'attraction est due aux produits de fermentation par des champignons plutôt que des produits émis par les larves (Greany et al., 1977).

La femelle ayant trouvé un fruit pourri peut détecter les larves par le son : quand elle se trouve avec des larves mobiles, des larves anesthésiées ou des larves mortes, la femelle du parasitoïde pourrait aisément trouver les larves mobiles (Lawrence, 1981).

La femelle pond 13 à 24 oeufs par jour, car son long ovipositeur lui permet d'atteindre facilement l'intérieur des fruits. Les oeufs éclosent en deux à cinq jours. Par la suite l'insecte passe par quatre stades larvaires et les adultes émergent au stade pupal des mouches (Lawrence et al., 1976).

La durée du développement préimaginal du parasitoïde à des températures constantes est différente, elle varie de  $16,52 \pm 0,96$  jours à  $28\text{ °C}$  à  $57,62 \pm 1,85$  jours à  $15\text{ °C}$  (pour les mâles) et de  $18,00 \pm 0,79$  jours à  $28\text{ °C}$  à  $63,60 \pm 1,52$  jours à  $15\text{ °C}$  (pour les femelles). Le développement des mâles a toujours été plus court que celui des femelles. Aucun parasitoïde n'a émergé à  $29$  et  $30\text{ °C}$ , qui semble donc être la température maximale de développement. Le développement a nécessité  $322,6 \pm 17,6$  degrés-jours au-dessus d'une température seuil minimale de  $9,19\text{ °C}$  (mâles et femelles) (Hurtrel et al., 2000).

L'efficacité de *D. longicaudata* pour contrôler *Ceratitis capitata* (Wiedemann) et *Anastrepha obliqua* (Maquart) a été évaluée dans des grandes cages au niveau des champs. Le résultat sur ces cages a montré que le taux de parasitisme de *D. longicaudata* sur *A. obliqua* était de  $24,7\%$  et de  $46,7\%$  sur *C. capitata*. Les résultats indiquent que le parasitoïde est plus efficace sur *C. capitata* que sur *A. obliqua*. (Malavasi et al., 2000).

#### ♣ *Coptera haywardi*

Parmi les ennemis naturels des mouches de fruit tephritides, les hyménoptères parasitoïdes sont presque exclusivement responsables de l'équilibre de leurs populations. La majorité de ces parasitoïdes appartient à la famille des Braconidae (Ovruski et al., 2000).

Historiquement l'utilisation des parasitoïdes des pupes pour contrôler les tephritides n'a pas été particulièrement couronnée de succès parce que beaucoup d'entre eux sont polyphages et posent un risque de l'hyperparasitisme (Menezes et al., 1993).

Une étude menée par (Sivinski et al., 1998) a montré que *C. haywardi* parasite quatre espèces de Tephritidae parmi lesquelles *C. capitata*, mais pas les espèces d'autres familles (Muscidae, Calliphoridae, Tachinidae et Drosophilidae).

Au début du siècle, la recherche et l'introduction aux îles Hawaii de parasites de ce ravageur concernait successivement les parasites *Dirhinus giffardii* (Silv.), *Opius tryoni* (Cam.), *Opius humilis* (Silv.) (= *Opius concolor* Szepel. (Fischer, 1966), *Opius fullawayi* (Silv.), *Opius fletcheri* (Silv.) et *Tetrastichus giffardianus* (Silv.).

Aux îles Hawaii, la plupart des *Opius* exotiques se sont installés sans difficulté sur les mouches des fruits introduites : *Ceratitis capitata*, *Strumeta cucurbitae*, puis *Strumeta*

*dorsalis*. Ainsi *Opius tryoni* a supplanté *Opius humilis* (= *Opius concolor*), bientôt suivi par *Opius fullawayi*. Par la suite, *Opius longicaudatus* s'installa, rapidement remplacé par *Opius vandenboschi* puis par *Opius oophilus*. Ce dernier parasite aussi bien *Ceratitis capitata* que *Strumeta dorsalis* avec un taux de parasitisme variant entre 60 et 80% (Clausen et al., 1965).

Les parasitoïdes des pupes pourrait être des compléments utiles aux programmes du contrôle de la cératite puisqu'ils sont capables d'attaquer les mouches qui pourraient échapper au parasitisme au stade larvaire (Menezes et al., 1998). Dans ce contexte, *C. haywardi* a le potentiel pour être un bon candidat pour le contrôle biologique de la cératite (Menezes et al., 1998).

Le contrôle biologique des mouches de fruit n'était pas toujours considéré comme couronné de succès vue ses retombées économiques parfois lourdes (Jeffrey, 2003). Cela est dû en partie au seuil économique pour ces ravageurs qui est très bas. De plus, un manque d'information sur l'impact des parasitoïdes sur les espèces non hôtes a augmenté le souci des écologistes et des biologistes. Pour ces raisons, le contrôle biologique classique des mouches des fruits souffre de plusieurs difficultés et particulièrement :

- fécondité basse des parasitoïdes comparé à celle des mouches des fruits ;
- pauvre dépistage des populations de mouches par les parasitoïdes, dû à la fécondité relativement basse des parasitoïdes suite à la diminution des populations de mouches, surtout les périodes pendant lesquelles les fruits des plantes hôtes sont absents ;
- le refuge des larves des insectes hôtes à l'intérieur des fruits et les pupes entre les débris au sol (Sivinski, 1996) ;
- certaines espèces des parasitoïdes peuvent passer par des diapauses (Aluja, 1993) ;
- les impacts de parasitoïdes sur les organismes non hôtes (Duan et Messing, 1997).

Pour un meilleur contrôle de la cératite, l'adoption d'un programme de lutte intégrée est indispensable, en effet des essais menés à Hawaii, ont démontré que la combinaison de la technique de mâles stériles et les lâchers des parasitoïdes ont aboutit à réduire 10 fois la population de *C. capitata* en seulement six mois (Wong et al., 1992).

*Chapitre III*  
*Matériel et Méthodes*

### III-1 Présentation de la région d'étude

#### III-1-1 Situation géographique de la Wilaya

La wilaya de Tlemcen se situe à l'extrême Nord-Ouest Algérien entre 34° et 35° 30' de latitude Nord et entre 1°20' et 2°30' de longitude Ouest, bordée au Nord par la Mer Méditerranée, à l'Est par les wilayas d'Aïn Temouchent et de Sidi Bel Abbés, au Sud par celle de Naâma et enfin à l'Ouest par la frontière algéro-marocaine.

#### III-1-2 Caractéristiques sommaires de la wilaya

L'agriculture dans la wilaya de Tlemcen occupe une superficie totale de 350.000 ha dont 14.000 ha sont irrigués, soit 4% de la superficie totale.

C'est une région essentiellement agricole, avec une production très variée (céréales, légumes, légumes secs, fruits, etc.) et une production animale, principalement avicole.

La wilaya de Tlemcen est caractérisée par la production des agrumes dont les superficies occupées se présentent comme suit (fig. 33) :

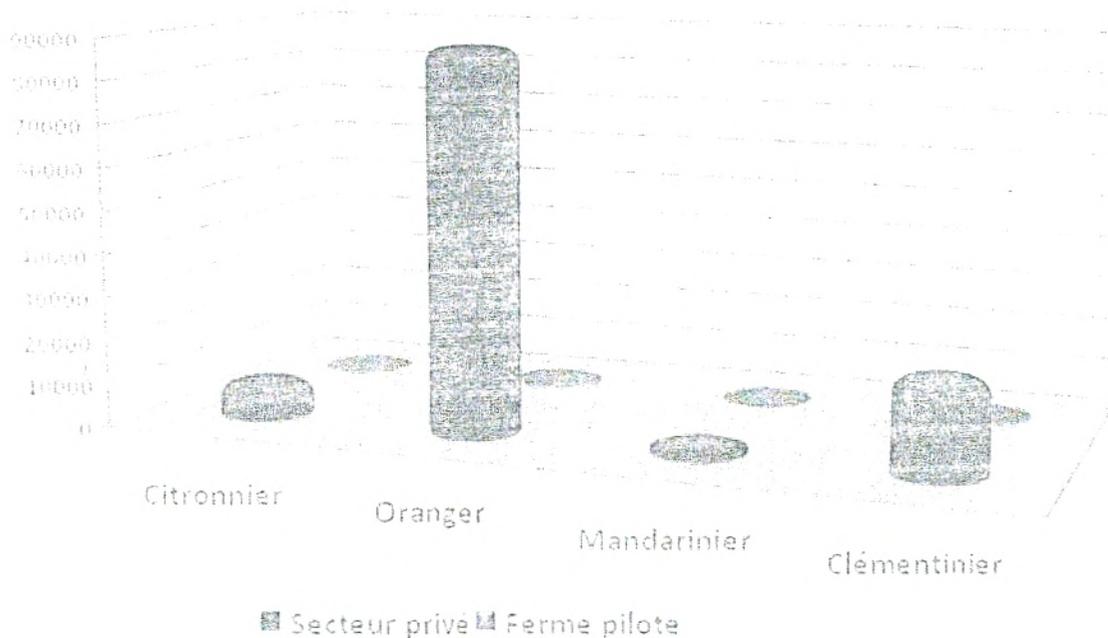


Figure 33 : production des agrumes dans la wilaya de Tlemcen (Anonyme, 2003).

#### III-1-3 Les ressources hydriques

Les ressources hydriques sont assurées par deux oueds, l'Oued Tafna et l'Oued Isser, et cinq barrages : El Mafrouch, Beni Bahdel, Sekkak, Sid El Abdelli et Boughrara.

### III-3 Climat

Située à environ 270m d'altitude, la région d'étude présente un climat caractérisé par un hiver pluvieux, froid et humide, avec des précipitations très irrégulières et un été chaud et sec avec une longue saison estivale.

Notre étude climatique s'appuiera sur les observations effectuées sur le principal réseau climatologique existant, c'est à dire l'Office National de Météorologie (ONM).

Les données météorologiques utilisées dans notre étude ont été recueillies au niveau de la station de Zenata dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Latitude : 35°00'50'' N
- Longitude : 01° 27' 25'' W
- Altitude : 248,5m

L'analyse des séries observées à cette station est nécessaire afin de mieux déceler et appréhender les phénomènes climatiques de l'ensemble de la zone d'étude et cela selon la disponibilité des données et selon les possibilités offertes par l'organisme spécialisé.

#### III-3-1 Les précipitations et les variations pluviométriques saisonnières

Ce facteur fondamental dont la quantité est mesurée à partir de postes pluviométriques, situés dans des lieux représentatifs d'une région, s'apprécie par un régime saisonnier ou annuel.

Les valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie sur 25 cycles sont représentées par la figure 35.

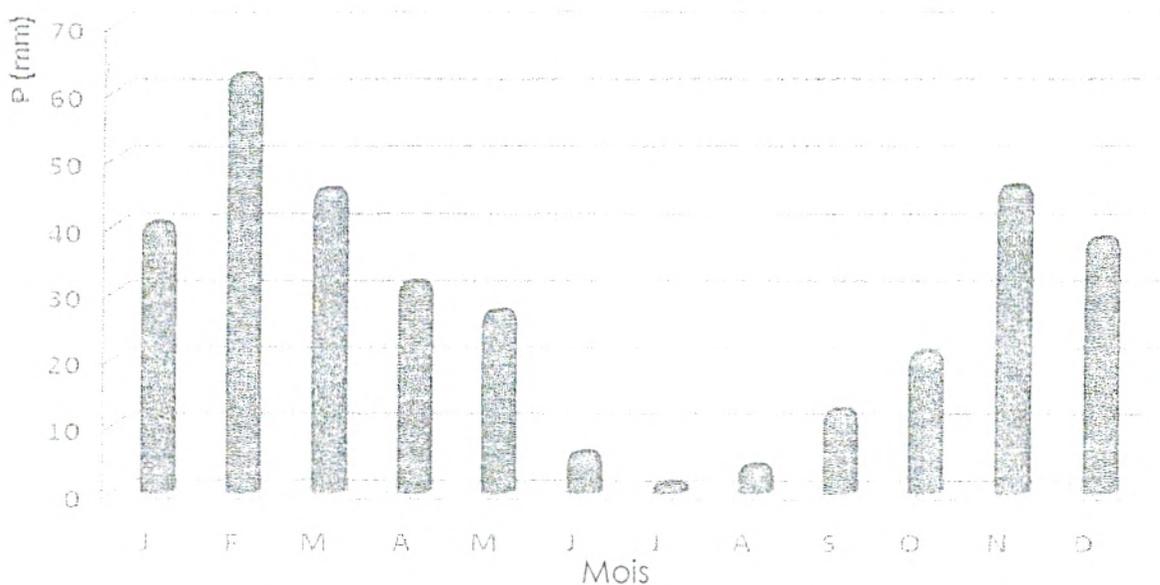


Figure 35: valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie sur 25 cycles de la station Zenata.

L'histogramme montre que juillet est le mois le plus sec et le mois de février est le plus arrosé.

Le régime des pluies montre mieux la répartition de la hauteur des précipitations annuelles entre les diverses périodes et le plus souvent entre les divers mois de l'année.

Le régime pluviométrique est défini généralement pour l'année, moyenne afférente à une longue période.

Tableau IV : Régime saisonnier des précipitations pour la période (1980-1981) à (2004 -2005).

Période	Répartition saisonnière des pluies				Ensemble des pluies	Régime saisonnier
	Hiver	Printemps	Eté	Automne		
80-81						
04-05	140,5mm	103,9mm	10,9mm	79mm	334,3mm	H.P.A.E

La composition des quantités pluviométriques des quatre saisons de l'année donne les résultats suivants, classés selon un ordre décroissant (tab. IV) :

- Hiver : décembre, janvier, février (p = 140,5 mm)
- Printemps : mars, avril, mai (p = 103,9 mm)
- Automne : septembre, octobre, novembre (p = 79 mm).
- Eté : juin, juillet, août (p = 10,9 mm)

Donc le régime saisonnier est de type H.P.A.E.

### III-3-2 Les températures

La température est un facteur écologique fondamental et un élément vital pour la végétation.

Péguy (1970) définit la température comme étant une qualité de l'atmosphère. Les températures moyennes annuelles et mensuelles réagissent directement, en interaction avec les autres facteurs météorologiques : l'insolation, le déficit hygrométrique, les précipitations, le phénomène d'évapotranspiration, etc.

Lamy (1997) précise que les insectes étant des poïkilothermes, la température est pour eux le facteur écologique le plus important.

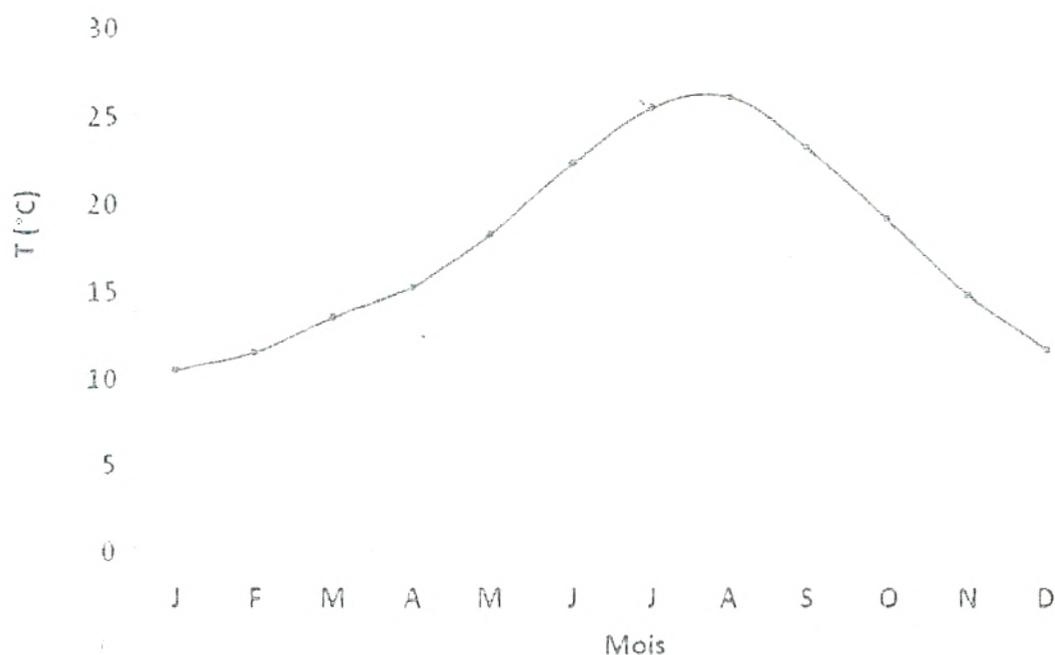
Les températures moyennes mensuelles interannuelles calculées sur la période allant de septembre 1980 à août 2005 sont données dans le tableau suivant :

**Tableau V** : Températures moyennes mensuelles à la station Zenata de 1980 à 2005.

Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenn
T(°C)	23,22	19,16	14,83	11,68	10,37	11,38	13,45	15,27	18,32	22,28	25,52	26,14	17,64

Nous remarquons que les mois les plus froids correspondent aux saisons d'automne et d'hiver, alors que les mois les plus chauds sont les mois de juillet et août.

La température moyenne interannuelle est de 17,64 °C avec une amplitude thermique relativement importante (15,81 °C) entre le mois de janvier (10,37 °C) et le mois d'août (26,14 °C).



**Figure 36** : variations des températures moyennes interannuelles pour la période 1980-2005 de la station Zenata.

### III-3-3 Synthèse bioclimatique

La synthèse bioclimatique est une étape indispensable à tout projet relatif à l'environnement, elle conditionne par le biais de ses composants le type du climat et la couverture végétale.

Pour réaliser cette synthèse, nous avons retenu le diagramme de **Bagnouls et Gausson (1953)** et l'indice d'**Emberger (1952)**.

En effet, la combinaison, des deux paramètres climatiques, températures et précipitations, a permis à ces auteurs la mise au point de plusieurs indices qui rendent mieux compte du climat et de la végétation existante.

### III-3-3-1 Diagramme ombrothermique de Bagnouls et Gausson (1953)

Ces auteurs soulignent que la sécheresse n'est pas nécessairement l'absence totale de la pluie, mais elle se manifeste quand de faibles précipitations se conjuguent avec de fortes chaleurs.

Le diagramme ombrothermique (fig. 37) permet de déterminer la saison sèche par une représentation graphique portant en abscisse les mois de l'année, en ordonnée de gauche les précipitations et en ordonnée de droite les températures, tout en adoptant la relation  $P=2T$ . Les précipitations sont exprimées en millimètres et les températures en degré Celsius.

Le mois le plus humide est celui où le total des précipitations est égal ou supérieur au double de la température selon la relation  $P \geq 2T$ .

Le mois le plus sec est celui où le total des précipitations est inférieur au double de la température  $P < 2T$ .

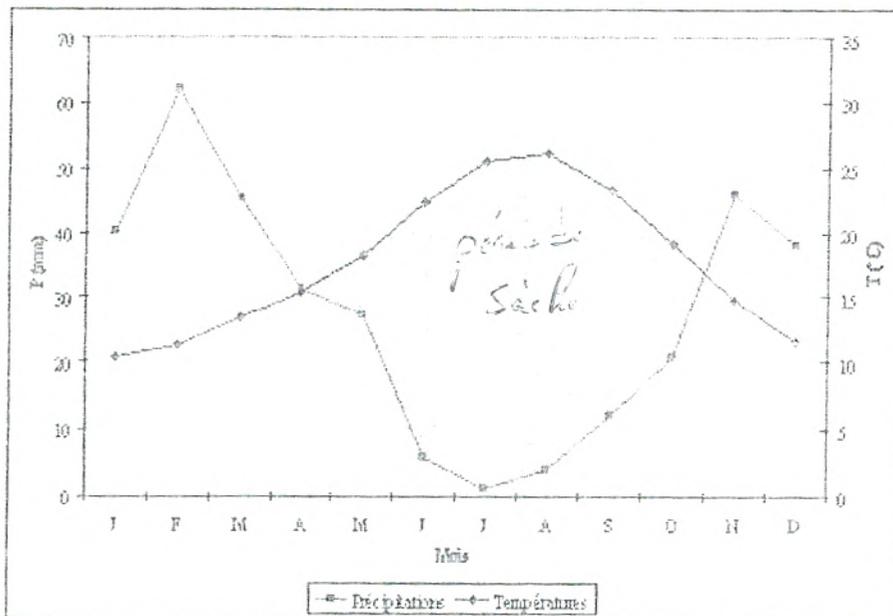


Figure 37 : Diagramme ombrothermique de la période 1980-2005 de la station Zenata.

L'examen du diagramme (fig. 37), ainsi réalisé pour la station Zenata, montre que la période sèche est de six mois, elle coïncide avec la saison estivale.

La période pluvieuse, s'étalant sur le reste de l'année, se caractérise par la présence de deux pics pluviométriques (février et novembre).

### III-3-3-2 Quotient pluviothermique et climagramme d'Emberger

L'emploi du quotient pluviothermique d'Emberger ( $Q_2$ ) est spécifique au climat méditerranéen; il a été utilisé avec succès en Afrique du Nord et en France méditerranéenne (Bestaoui, 2001).

A partir du  $Q_2$ , **Emberger (1952)** a subdivisé la région méditerranéenne en cinq étages bioclimatiques (**fig. 38**).

Ce quotient fait intervenir les précipitations, les températures maximales et minimales, son expression est la suivante:

$$Q_2 = \frac{2000 P}{M^2 - m^2}$$

Dans laquelle :

**P** : est la moyenne annuelle des précipitations (exprimée en mm).

**M** : est la moyenne des maxima du mois le plus chaud.

**m** : est la moyenne des minima du mois le plus froid.

Les températures sont exprimées en degré absolu (Kelvin).

$$T^{\circ}k = T^{\circ}C + 273,2$$

Les données pour la période (1980-2005) sont :

P : 334,27 mm	2000. P = 668540
M : 36,5 + 273,2 = 309,7 °k	M <sup>2</sup> = 95914,09
m : 1,7 + 273,2 = 274,9 °k	m <sup>2</sup> = 75570,01
M <sup>2</sup> - m <sup>2</sup> = 20344,08	Q <sub>2</sub> = 32,86

Le quotient d'Emberger, calculé et reporté sur le climagramme (**fig. 38**), place la région d'étude en ambiance bioclimatique semi-aride inférieur à hiver frais.

### III-3-4 Les vents

D'après **Seltzer (1946)**, le vent est un facteur écologique, qui est l'un des éléments les plus caractéristiques du climat par sa force. Il agit sur le degré de la température, sur la vitesse d'évaporation et il possède un pouvoir desséchant (**Dajoz, 1970**).

D'après **Benabadji (1991)**, pour la station météorologique de Zenata (Tlemcen), les vents dominants sont ceux d'ouest et du nord.

C'est par ses effets mécaniques que l'on reconnaît son action : les feuilles déchirées, la forme courbée des arbres, les particules solides qu'il transporte (**Elhaï, 1974**).

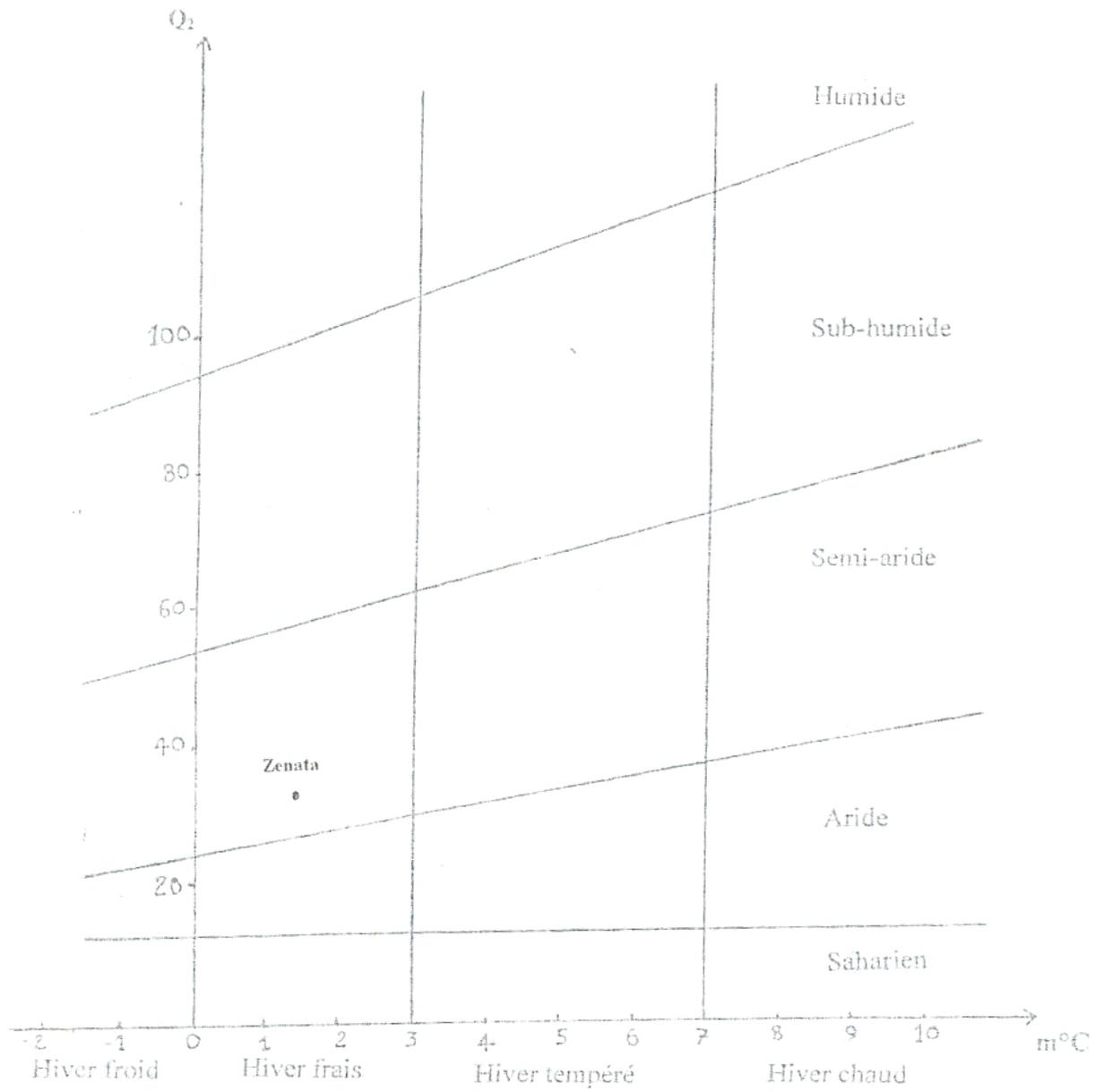


Figure 38 : climagramme d'Emberger pour la station Zenata.

### III-4 Pédologie

Le sol et son évolution sont sous l'action de différentes composantes de l'environnement principalement le climat et la végétation ; les roches du sous-sol sont transformées progressivement en une formation meuble appelée sol.

L'évolution des sols est étroitement dépendante des conditions climatiques et la répartition des grands types de sol correspond aux grandes zones climatiques du globe. A l'intérieur même des ces zones, la diversité de ces types de sols est extrême et les cartes générales de sols ne peuvent avoir qu'une valeur indicative.

Dans les monts de Tlemcen, les sols fersiallitiques développés sur substrats gréseux et dolomiques prédominent ; ils sont interrompus par endroits par des sols calcaires dérivés de substrats calcaires ou marneux (**Gaouar A., 1980**).

Cette description est en accord avec celle de **Dahmani (1984)**, qui définit trois classes :

- les sols fersiallitiques : dans les endroits les plus arrosés ;
- les sols calcimagnésiques : se limitent essentiellement aux marnes carbonatées qui assurent leur approvisionnement en ions calcium et magnésium ;
- les sols évolués : caractéristiques des pentes.

### III-5 Etude entomologique

#### III-5-1 Matériel

##### *III-5-1-1 Matériels pour analyses pédologiques*

- pH mètre ;
- conductivimètre ;
- multiligne ;
- tamis ;
- pissette ;
- balance ;
- eau distillée.

##### *III-5-1-2 Matériel de piégeage*

- dix pièges Jackson ;

##### *III-5-1-3 Matériels pour élevage*

- 16 cuvettes en plastique ;
- éponges mouillées ;
- tulles ;
- substance sucrée ;
- des boîtes de Pétri.

### III-5-2 Méthodes

Les principaux caractères étudiés sont :

- le taux d'infestation des agrumes par *Ceratitis capitata* à partir du nombre de trous de ponte et de fruits chutés ;
- l'étude bioécologique de ce phytophage dans notre région, réalisée à partir des élevages effectués au laboratoire.

#### III-5-2-1 Echantillonnage des agrumes

Les systèmes naturels sont d'une complexité si effarante qu'on ne peut en acquérir une perception acceptable que dans la mesure où les buts de l'étude sont clairement définis.

Un plan d'échantillonnage adéquat dans les temps, notamment en ce qui concerne les échelles temporelles d'observation et les impératifs du traitement des données est à prévoir en fonction du problème écologique que l'on veut résoudre. La nécessité de contrôler des surfaces importantes conduit à l'échantillonnage systématique.

##### *a- L'échantillonnage systématique (ES)*

C'est une technique qui consiste à tirer au hasard une unité  $i^{\text{ème}}$  parmi  $K$  premières d'une population à  $N$  unités numérotées de 1 à  $N$ , puis on prend à partir de ce premier élément chacune des  $K^{\text{ème}}$  suivantes.

Dans notre verger rangé en lignes et colonnes, nous avons procédé à l'échantillonnage systématique à deux dimensions où les unités (arbres) sont réparties régulièrement sur une grille rectangulaire virtuelle (échantillons alignés), pour lesquels non seulement l'abscisse et l'ordonnée du premier point sont tirés au hasard, mais aussi le décalage horizontal et vertical des deux points voisins.

Selon Debouzie et *al.*, (1987) ; Gaouar et Debouzie (1995) ; et Gaouar (1996), l'échantillonnage systématique est plus apte à détecter les structures spatiales et temporelles des attaques des ravageurs.

L'échantillonnage systématique est plus précis que l'échantillonnage aléatoire, il est plus avantageux dans le cas d'une tendance linéaire (Thioulouse, 1985) ; ainsi les données recueillies sont facilement accessibles à l'analyse par une très grande gamme de techniques statistiques, permettant d'en extraire le plus d'informations possible.

Dans notre verger qui contient 360 arbres appartenant à la variété sanguine, nous avons choisi une grille rectangulaire de 12 arbres (4 arbres sur l'abscisse et 3 arbres sur l'ordonnée). À chaque date, on tire au hasard le premier arbre. Les prélèvements seront effectués de façon à ce qu'il y ait un décalage de 3 arbres en abscisse et de 2 arbres en ordonnée.

Le verger a été échantillonné vingt huit fois durant la période allant du mois d'octobre au mois d'avril (une sortie par semaine). Pour chaque sortie, trente arbres sont inspectés ; donc chaque arbre est examiné au moins deux fois durant notre étude.

Chaque fois qu'on tire au hasard un numéro entre 1 et 12 correspondant à la grille, on le détruit afin d'éviter les arbres déjà échantillonnés dans les prélèvements précédents. C'est pour cela qu'on a divisé notre travail en trois périodes en fonction du nombre d'échantillonnages effectués. La première, commence le 1<sup>er</sup> octobre 2005 et se termine le 17 décembre 2005 ; la deuxième, débute le 24 décembre 2005 et finit le 11 mars 2006 et la dernière période commence le 18 mars 2006 et se termine le 08 avril 2006 (date du début de la cueillette des oranges). Dans cette dernière période (les quatre dernières sorties) on a remarqué une chute très importante et inexpliquée des fruits en absence presque totale d'adultes capturés et de trous de ponte. C'est pour cette raison que nous avons procédé à une étude microbiologique pour essayer de connaître l'agent pathogène responsable de ces pertes.

### III-5-2-2 Prélèvement et examen des agrumes

Les prélèvements sont effectués selon un échantillonnage systématique de façon à pouvoir évaluer l'incidence de certains facteurs sur le taux d'infestation de la variété de *Citrus* tels que :

- ± la date d'observation ;
- ± l'orientation des fruits dans l'arbre ;
- ± l'arbre échantillonné.

Au niveau de chaque arbre, les fruits sont observés à hauteur de portée de 1,5 à 2,5m. Les piqûres sont comptabilisées pour les quatre orientations (nord, sud, est et ouest). Cet examen est pratiqué sur cinq fruits infestés non chutés par orientation pour chacun des arbres ; un total de vingt fruits non chutés par arbre est échantillonné.

Ceux trouvés par terre, sont mis dans des sachets et transportés au laboratoire pour être mis en élevage.

**Remarque :** les fruits non chutés sont examinés sur place pour ne pas léser le propriétaire, sachant que cinq fruits observés par orientation pèsent près de 1Kg, ce qui induit une perte de 4Kg par arbre, à multiplier par trente à chaque prélèvement, cela serait fatal pour l'agriculteur.

### III-5-2-3 Mise en élevage

Pour connaître le taux d'infestation au sein de notre verger comportant des oranges sanguines *Citrus sinensis* var. *sanguinelli* (oranges sanguines), nous nous sommes limités à l'étude des fruits chutés puisqu'ils ont perdu leur valeur marchande, les fruits non chutés étant destinés à la commercialisation. La méthode d'élevage au laboratoire est simple, elle consiste à mettre des oranges dans des cuvettes contenant du sable pour permettre l'enfouissement des nymphes et des larves issues de ces fruits. Une éponge mouillée assure l'hygrométrie nécessaire au développement de ces stades de l'insecte.

Ces fruits sont préalablement observés pour dénombrer le total des larves qui va nous informer sur le taux de mortalité larvaire et pupale, ainsi que sur les taux d'infestation relatifs à ces stades.

On peut estimer les taux d'infestation à partir des trous de ponte, des larves ou larves plus pupes plus trous de sortie, représentant le total des larves.

Chaque cuvette est recouverte de tulle pour éviter toute perturbation externe et empêcher les futurs imagos de s'envoler. L'émergence de ces derniers est contrôlée quotidiennement pour les dénombrer et les nourrir par une substance sucrée (miel industriel + eau) pour les maintenir en vie un maximum de temps afin d'estimer leur longévité aux conditions de laboratoire.

#### III-5-2-4 Piégeage des adultes

Pour l'étude de l'infestation des agrumes et le suivi de la dynamique des adultes dans le verger, nous avons utilisé des pièges Jackson (JT) de couleur jaune, fabriqués de manière rudimentaire en utilisant des bouteilles en plastique jaune, dans lesquelles nous avons découpés un petit carré de 5cm/5. L'appât utilisé est une phéromone sexuelle (Trimedlure) avec l'hydrolysate de protéine (qui nous ont été gracieusement fournis par l'I.N.P.V d'El Harrach) et qui sont placés dans un mini-panier en plastique, suspendu au milieu de la partie horizontale d'un fil métallique servant aussi à accrocher le piège sur l'arbre (fig. 39). Ces pièges ont été placés le 1<sup>er</sup> juillet 2005, à l'abri du feuillage pour éviter une évaporation trop intense.

Bien que la date d'apparition des premiers adultes au niveau de la station est connue, car elle coïncide avec le mûrissement des oranges qui se traduit par la couleur jaune du fruit, c'est-à-dire entre le mois d'octobre et le mois de novembre ; nous avons installé nos pièges sexuels en juillet pour nous assurer que les adultes capturés par la suite ne sont pas issus d'autres vergers de la région d'étude (des vergers de figuier, de pêcher, d'abricotier, etc.).

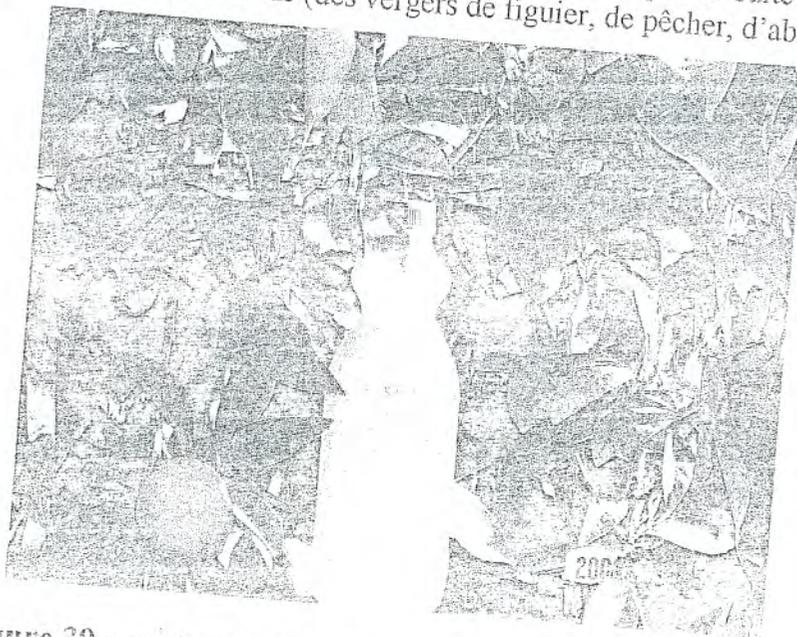


Figure 39 : un piège Jackson fabriqué de manière rudimentaire, originale.

### III-5-2-5 Méthodes d'analyses pédologiques

#### a- Le pH

A l'aide d'un pH mètre, on mesure le pH par la méthode électrométrique à cathode de verre, sur une suspension de terre fine. Le pH mètre doit être étalonné au préalable par une solution à pH connu.

#### b- La granulométrie

C'est une opération de laboratoire qui nécessite la suppression de l'action des ciments. Cette analyse permet de connaître la répartition des particules minérales inférieures à 2 mm selon des classes de grosseur. L'analyse granulométrique s'effectue par la méthode internationale : prélèvement des éléments fins (argiles, limons) par pipette de "Robinson", et les éléments grossiers (sable grossier, sable fin) par le tamisage.

Les prises d'échantillons ont été faites entre 0 et 30 cm de profondeur sur trois points pris au hasard au niveau du verger.

### III-5-2-6 Analyses statistiques des données

#### a- Analyse de variance à un critère de classification

Le protocole expérimental a été construit pour tester l'influence de divers facteurs (date, arbre et orientation).

La technique statistique adoptée est l'analyse de variance : compte tenu de l'absence de certaines combinaisons des facteurs nous avons décomposé l'analyse en plusieurs parties avec des analyses de variances à un ou deux facteurs.

Compte tenu de la méthode d'échantillonnage (ES), l'analyse de variance à un facteur a été utilisée pour tester l'influence de la date et de l'arbre sur les trous de ponte et les fruits chutés, car on ne peut les associer tous les deux (chaque sortie, les arbres échantillonnés ne sont pas les mêmes).

Principe : l'analyse de variance à un facteur a pour but de comparer les moyennes de plusieurs populations supposées normales et de même variance, à partir d'échantillons aléatoires, simples, indépendants les uns des autres.

Le calcul des moyennes permet de définir deux types de variations :

- la variation entre les échantillons ou variation inter  $S^1_{A^2}$  ;
- la variation à l'intérieur des échantillons mesurée par la variance résiduelle  $S^1_{E^2}$  ou variance intra.

Le rapport entre les deux quantités  $\frac{S^1_{A^2}}{S^1_{E^2}}$  définit la variable F de Snédécour.

L'hypothèse nulle est acceptée si  $F_{\text{observé}} < F_{\text{théorique}}$ , lu dans la table pour (P-1), p (n-1) degrés de liberté et un risque d'erreur  $\alpha$  (5%) (**Annexe 04**). Elle est rejetée dans le cas contraire avec un risque d'erreur  $\alpha$  (**Dagnélie, 1970**).

#### *b- Analyse de variance à deux critères de classification*

Les résultats obtenus du dénombrement des piqûres sur les fruits infestés et les fruits chutés à différentes dates, ainsi que les résultats des piégeages, ont été testés par une analyse de variance à deux facteurs.

Nous nous sommes confrontés à deux types de situation :

- deux facteurs peuvent être croisés, c'est-à-dire que toutes les modalités de l'un peuvent être appliquées à l'autre. C'est le cas de l'orientation et de la date. Une interaction entre les deux facteurs peut alors être calculée ;
- deux facteurs ne peuvent pas être croisés car l'un des deux est subordonné à l'autre. Ainsi, le facteur ~arbre~ est nécessairement subordonné aux autres (orientation et date). Aucune interaction n'est alors calculable.

#### *‡ Modèle croisé*

Nous avons utilisé ce type d'analyse pour tester l'effet de la date et de l'orientation sur le nombre de piqûres et sur les fruits chutés.

Principe : l'analyse décompose la somme des carrés totale (SCT) en 4 termes (**Annexe 05**) :

- 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).

Les termes d'interaction sont nuls lorsque les différences liées à l'action d'un des deux facteurs contrôlés sont indépendantes de l'action de l'autre (**Dagnélie, 1970**).

#### *c- Corrélation et régression*

##### *‡ Coefficient de corrélation linéaire*

Pour savoir s'il existe une liaison entre les larves et les adultes, les larves et les pupes et les pupes et les adultes, nous avons calculé les coefficients de corrélation linéaire, deux à deux.

Principe : pour établir une relation d'indépendance X et Y, il suffit de calculer le coefficient de corrélation (**Annexe 06**).

Si le  $T_{ob} > T_{th}$ , la corrélation entre les deux variables est jugée significative ; il existe alors une dépendance statistique entre elles.

#### ✦ Droite de régression

S'il existe une corrélation significative entre les variables X et Y, on peut établir une droite de régression (**Annexe 07**). Elle permet d'estimer des valeurs de Y connaissant certaines valeurs de X. ce qui nous permet de prédire l'évolution ou l'effectif de l'un des stades en connaissant ceux de l'autre, si  $r^2$  est positif.

**Remarque** : l'étude statistique est réalisée à l'aide du logiciel Minitab14.

### III-6 Etude microbiologique

#### ✦ III-6-1 Échantillonnage

Pour l'étude microbiologique, nous avons opté pour l'échantillonnage systématique à deux dimensions, et cela pour étudier le taux d'infestation par la microflore pathogène dans le verger d'agrumes. ✦

Nous avons analysé 30 fruits contaminés à raison de quatre prélèvements, sur une durée d'un mois (le nombre total des échantillons est de 120 dans la période de mars à avril 2006).

✦ Ces échantillons ont été immédiatement placés dans des sachets en plastique stérile bien scellés. Les analyses microbiologiques sont réalisées dans les heures qui suivent le prélèvement. ✦

La détermination du pH nous indique le taux de contamination de nos échantillons par les microorganismes ; cela en mesurant le pH des 120 oranges broyées avec un pH mètre.

#### III-6-2 Analyses bactériologiques

##### III-6-2-1 Dénombrement de la flore mésophile totale

La flore mésophile totale est l'ensemble des microorganismes aptes à donner naissance à des colonies visibles après trois jours, à une température de  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  sur une gélose pour dénombrement.

Le dénombrement de cette flore reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments (**Bourgeois et Leveau, 1991**).

On prépare une solution mère de concentration  $10^{-1}$  à partir de 45ml d'eau physiologique stérile et de 5g d'échantillon (zeste et pulpe d'orange). Les solutions décimales sont réalisées jusqu'à la dilution  $10^{-4}$ .

Ensuite 1ml de chacune des dilutions  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$  estensemencé en profondeur sur milieu gélose nutritive (GN) à raison de deux boîtes pour chaque dilution.

✕ Les boîtes sont incubées à  $30 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 72 heures. Seules les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies seront retenues pour la lecture.✕

### ✕ III-6-2-2 Identification des bactéries

L'identification des microorganismes ne peut être conduite que sur une souche isolée à l'état pur. Les souches bactériennes isolées, à partir du milieu (GN) et purifiées, sont identifiées par les tests biochimiques classiques (plaques API).

#### a- Caractères physiologiques et cultureux

L'examen à l'état frais permet d'observer :

- la morphologie des bactéries ;
- leur mode de regroupement ;
- leur mobilité.

La coloration de Gram permet de classer les bactéries en quatre grandes catégories selon leur forme et leur Gram :

- |                      |                    |
|----------------------|--------------------|
| - Bacille à Gram (+) | - Cocci à Gram (+) |
| - Bacille à Gram (-) | - Cocci à Gram (-) |

Après purification, chaque souche bactérienne est reprise dans des tubes de gélose nutritive (GN) incubée à une température de  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 24h, leur conservation se fait à une température de  $4^\circ\text{C}$ .

#### b- Type respiratoire

Pour connaître le type respiratoire des bactéries, on procède à un repiquage des diverses colonies bactériennes sur milieu gélose nutritive semi solide, l'incubation se fait à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 24h. Ce test permet d'identifier le type respiratoire.

#### c- Tests biochimiques

##### ✕ Bâtonnets à Gram (+)

Le test de sporulation par un traitement thermique à  $80^\circ\text{C}$  pendant 10min est utilisé pour différencier les bacilles sporulants des bacilles non sporulants.

Ensuite, un ensemencement sur gélose nutritive à  $37 \pm 1^\circ\text{C}$  pendant 24h permet d'identifier des *Bacillus*.

### ↓ Bâtonnets à Gram (-)

Leur identification est basée sur :

- l'oxydase est mise en évidence par la méthode directe sur la culture en utilisant des disques d'oxydase, pour différencier les *Pseudomonaceae* qui sont oxydase (+) (apparition d'une colonie violette après 30 à 40 secondes);
- la catalase est mise en évidence en ajoutant quelques gouttes d'eau oxygénée (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) à 10V sur une suspension bactérienne.

Les souches catalase (-) et oxydase (+) sont ensemencées sur les plaques API (10 S) pour la recherche des *Pseudomonas*.

Les souches catalase (+) et oxydase (-) représentent les *Acinetobacter* et sont aussi ensemencées sur les plaques API (10 S).

## III-6-3 Analyses mycologiques

### III-6-3-1 dénombrement de la flore fongique

Les méthodes de mise en évidence des moisissures présentes sur les produits alimentaires ont fait l'objet d'un grand nombre de travaux et publications (Cole et Kendrick, 1981 a et b).

#### a- Méthode directe (Ulster)

C'est une méthode de mise en évidence des moisissures de surface. Elle consiste à prendre des oranges malades au hasard et découper 06 à 08 petits morceaux (1cm/1) d'écorce de chacune d'entre elles et de les faire ensemencer sur les milieux suivants :

- PDAA (Potatoes Dextrose Agar acidifiée) ;
- CDA (Czapeck Dextrose Agar) ;

L'incubation se fait à 25 ± 1°C pendant 5 à 7 jours.

#### b- Méthode de dilution

C'est une méthode de mise en évidence des moisissures de surface et de profondeur. Pour choisir le milieu le plus adéquat qui nous permet d'isoler des genres fongiques multiples, nous avons utilisé quatre milieux différents :

- PDAA (Potatoes Dextrose Agar acidifiée) ;
- PDAR (Potatoes Dextrose Agar rose Bengale) ;
- CDA (Czapeck Dextrose Agar) ;
- CDAR (Czapeck Dextrose Agar rose Bengale).

A partir des dilutions  $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , deux boîtes de chaque dilution sont ensemencées avec 1ml d'inoculum, étalé en surface. L'incubation se fait à  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant 5 à 7 jours.

Afin d'éviter la contamination bactérienne, le milieu PDA est acidifié jusqu'à un pH de 4,5-5 en ajoutant 1ml d'acide lactique à 25% par flacon. On peut également utiliser le rose Bengale pour inhiber la croissance bactérienne.

Ensuite ; nous avons procédé à une purification des différentes souches de moisissures issues des deux méthodes en appliquant plusieurs repiquages successifs sur milieu PDAA jusqu'à l'obtention d'isolats purs. Ces derniers sont repris sur des tubes de PDAA inclinés et incubés à  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant une semaine ou plus. Afin d'assurer leur conservation, les tubes sont gardés à  $4^{\circ}\text{C}$ .

#### *\* c- Identification des moisissures*

L'identification est une étude corrélatrice entre les caractères macroscopiques et microscopiques.

Les caractères macroscopiques comportent les suivants : texture et couleur du thalle, couleur du revers de la boîte de Pétri, présence d'un pigment diffusible et d'odeur.

Les caractères microscopiques sont observés grâce à deux méthodes : soit par la méthode de microculture, soit par la méthode de scotch qui est la plus facile.

La technique de microculture décrite par Haris en 1989, consiste à inoculer les spores des moisissures sur des lames menées de petits carrés de PDAA solidifiés et les couvrir par des lamelles. Les spores sont ensemencés sur les limites périphériques du milieu pour leur fournir un potentiel d'oxygène élevé afin qu'ils puissent germer. L'ensemble est conditionné dans une chambre stérile et humide puis incubé à  $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$  pendant 3 à 5 jours.

Après incubation, les lamelles auxquelles adhère le mycélium sont transférées sur d'autres lames stériles contenant quelques gouttes de lactophénol pour l'observation microscopique aux grossissements  $\times 10$ ,  $\times 40$ ,  $\times 100$ , les genres sont déterminés par les caractères culturaux et microscopiques en se référant au manuel de Barnett (1972).

#### **III-6-4 Analyses statistiques des données**

L'analyse statistique des données sera effectuée par l'analyse de variance à un et deux critères de classification pour savoir s'il y a un effet de l'arbre, de l'orientation et de la date sur les fruits contaminés et les fruits chutés (Annexes 04 et 05).

**Chapitre IV**  
***Résultats et Discussion***

## IV-1 Résultats

Nous avons évalué l'impact des infestations de *Ceratitis capitata* et de la microflore pathogène en fonction de la date, de l'orientation et de l'arbre échantillonné, et cela durant trois périodes, tout au long de notre travail.

### IV-1-1 Pédologie

L'analyse du sol de notre région d'étude effectuée avec l'aide de Mr. Gaouar, a donné les résultats suivants :

- la couleur du sol est de type 5YR4/3, ce qui correspond au Rouge Brun ;
- sa structure est subpolyédrique ;
- sa texture comprend 46% d'argile, 40-45% de limon et 9-12% de sable, donc il est argilo-limono- sableux ou limon-argilo-limoneux (classification allemande) ;
- son pH  $\approx$  7,4-7,6.

C'est donc un sol brun calcique à caractère vertique.

### IV-1-2 Etude entomologique

L'estimation du taux d'infestation est faite à partir des nombres de trous de ponte, puis à partir des fruits chutés.

Les piégeages effectués dans le verger ont permis de récolter des mouches adultes (surtout des mâles) pour en connaître la cinétique en fonction de la date.

Des élevages sont menés chaque semaine au laboratoire à partir des fruits chutés, ramassés sous les arbres échantillonnés. Ces élevages ont pour but de connaître le cycle biologique de la mouche ; à savoir les durées des développements larvaire et nymphal, le taux de mortalité, le sex ratio, le degré de parasitisme et enfin pour estimer leur longévité.

#### *IV-1-2-1 Etude de l'infestation durant les trois périodes, en fonction des trous de ponte*

Les taux d'infestation des fruits sont estimés à partir du nombre de trous de ponte, comptabilisés sur les oranges, in situ.

##### *a- Première période (saison d'automne)*

##### *‡ Effet de l'orientation*

Les taux d'infection varient d'une orientation à l'autre (fig. 40).

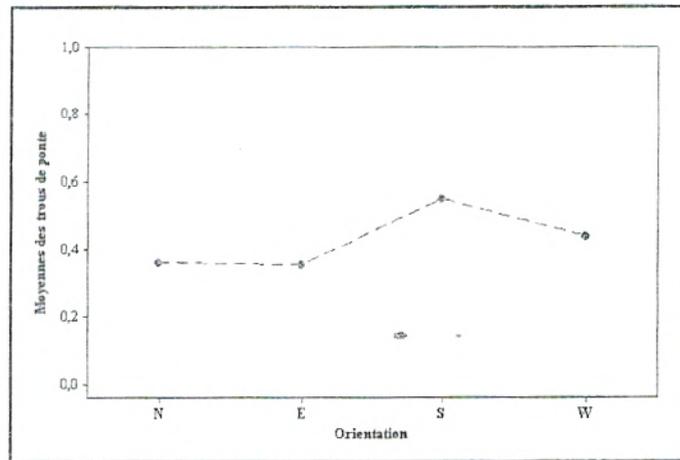


Figure 40 : moyennes des trous de ponte selon l'orientation dans la première période.

On remarque dans la première période que l'infestation par orientation a donné une différence significative, car d'après la figure 40, les parties sud et ouest présentent les moyennes les plus élevées des trous de ponte.

Ces constatations sont confirmés par les analyses de variance puisque les infestations estimées à partir du nombre de trous de ponte varient de manière significative selon les orientations car  $F_{ob} = 3,50$  pour  $P = 0,015$ .

⚡ Effet de la date

Les variations intra-saisonnières sont hautement significatives avec  $F_{ob} = 11,33$  pour  $P = 0,000$  comme nous pouvons le constater.

Il existe une variation du nombre de trous de ponte selon la date d'échantillonnage. Elle est irrégulière durant cette période (octobre- mi décembre).

D'après la figure 41, on remarque que l'infestation atteint son maximum à la mi novembre 2005, elle commence à diminuer dès la semaine suivante, mais elle remonte au début du mois de décembre et devient constante.

La cinétique des infestations par date présente deux pics (fig. 41) l'un au 19 novembre 2005 et le deuxième au 10 décembre 2005.

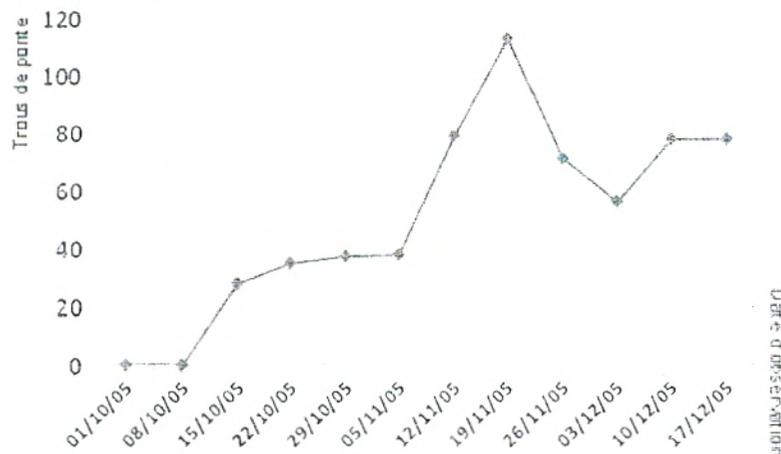
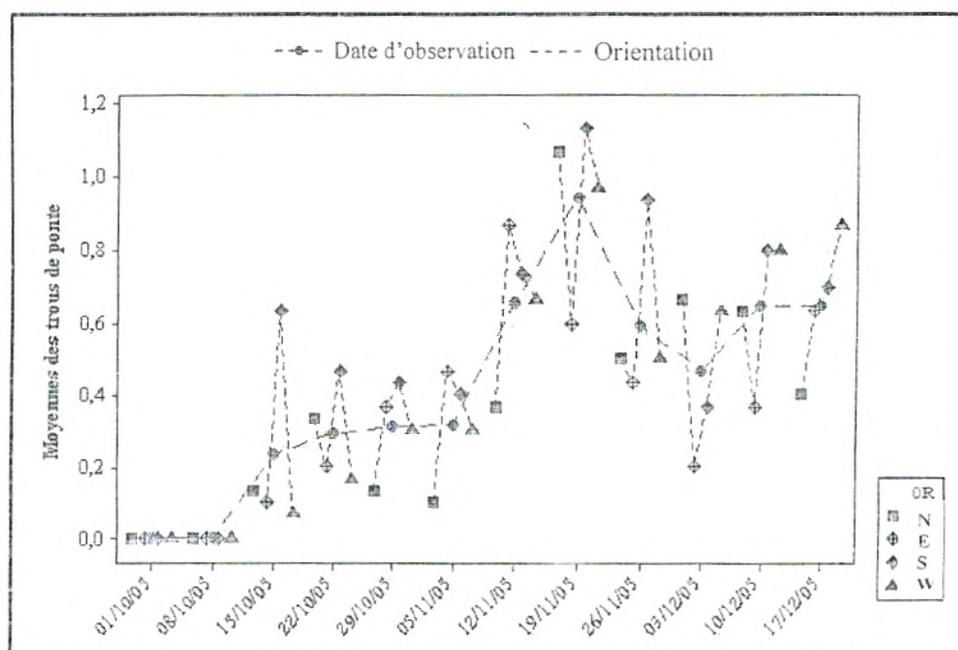


Figure 41 : répartition temporelle des infestations pendant la première période.

L'interaction entre les deux facteurs (orientation et date) ne donne aucune différence significative, avec  $F_{ob} = 1,00$  pour  $P = 0,469$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	9,04	3,01366	3,50	0,015
Date	107,19	9,74463	11,33	0,000
Interaction	28,38	0,86012	1,00	0,469

Les taux moyens d'infestation varient d'une orientation à une autre selon la date d'observation (fig.42).



**Figure 42 :** variation des taux moyens d'infestation par date et par orientation pendant la première période.

#### ✦ Effet de l'arbre

Il existe une différence hautement significative des moyennes pour le facteur " arbre " avec  $F_{ob} = 3,24$  pour  $P = 0,000$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	692,30	1,92841	3,24	0,000

Les résultats obtenus montrent que l'arbre a un grand effet sur l'infestation des fruits durant la première période, cela est dû principalement à sa phénologie, aux facteurs intrinsèques tels que les substances volatiles qu'il dégage, ainsi qu'à sa position spatiale dans le verger puisque souvent, les arbres situés aux bords du verger sont les plus touchés car c'est les premiers qui interceptent les mouches provenant des vergers avoisinants (fig. 43).

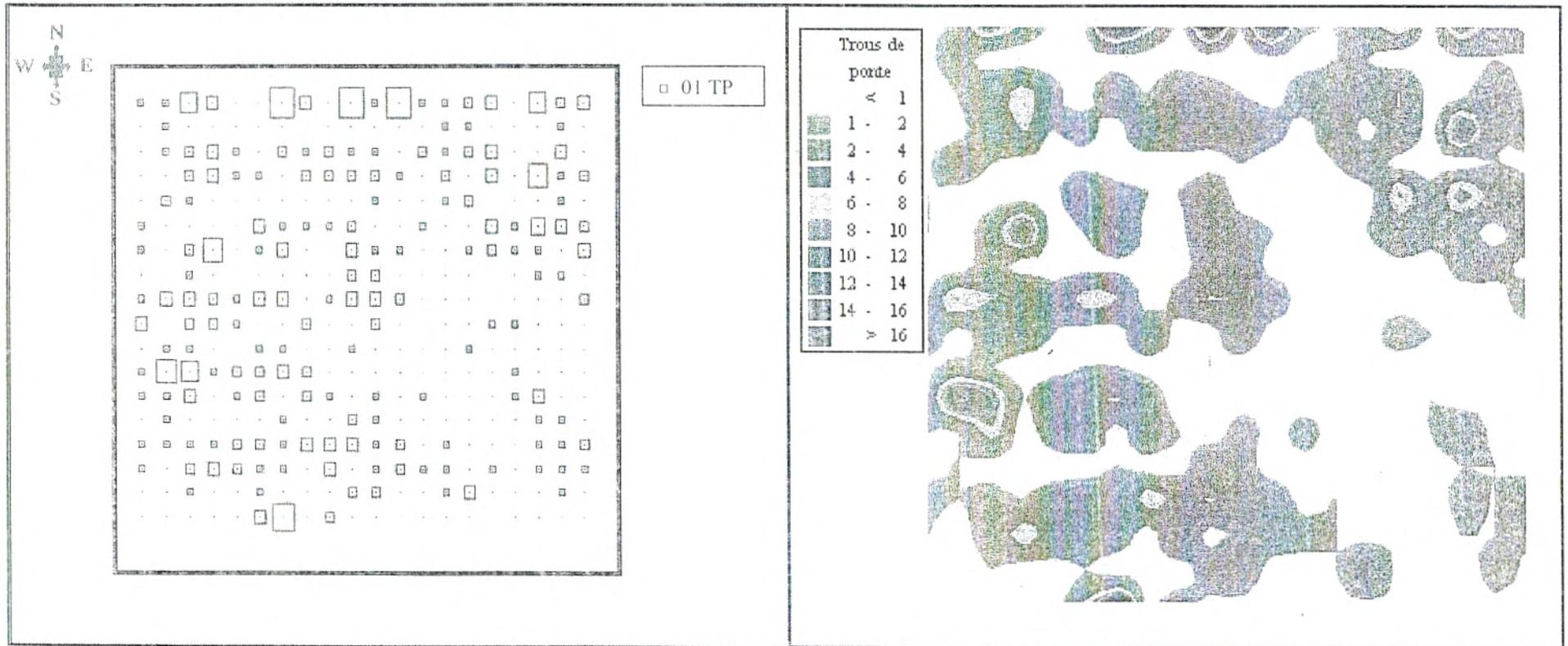


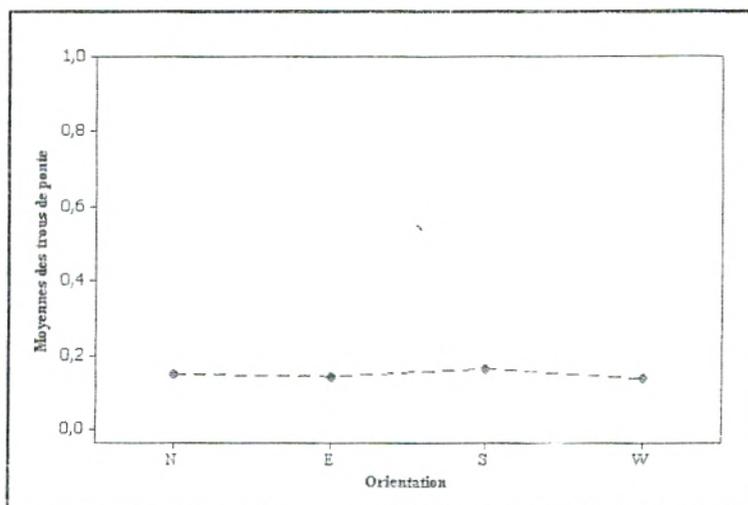
Figure 43 : représentation spatiale du taux d'infestation dans le verger au cours de la première période.

*b- Deuxième période (saison d'hiver)*

✚ *Effet de l'orientation*

L'étude de variance à deux critères de classification (**Anova 2**) montre qu'il n'y a pas une influence significative de l'orientation sur les attaques de la mouche méditerranéenne des fruits durant la période hivernale.

Les taux moyens des infestations suivant confirment ces résultats (**fig. 44**).



**Figure 44** : moyennes des trous de ponte selon l'orientation dans la deuxième période.

✚ *Effet de la date*

L'Anova 2 nous montre que la date a encore une fois une incidence hautement significative avec  $F_{ob} = 18,60$  pour  $P = 0,000$ .

Ce facteur est en relation étroite avec les changements climatiques, ce qui induit les fluctuations des taux d'infestation.

La cinétique des infestations par date indique une diminution des piqûres dès la fin du mois de décembre (**fig. 45**).

L'interaction entre les deux facteurs (orientation et date) ne donne pas une différence significative (**fig. 46**), avec  $F_{ob} = 0,74$  pour  $P = 0,854$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	0,124	0,04144	0,19	0,901
Date	43,758	3,97797	18,60	0,000
Interaction	5,251	0,15911	0,74	0,854

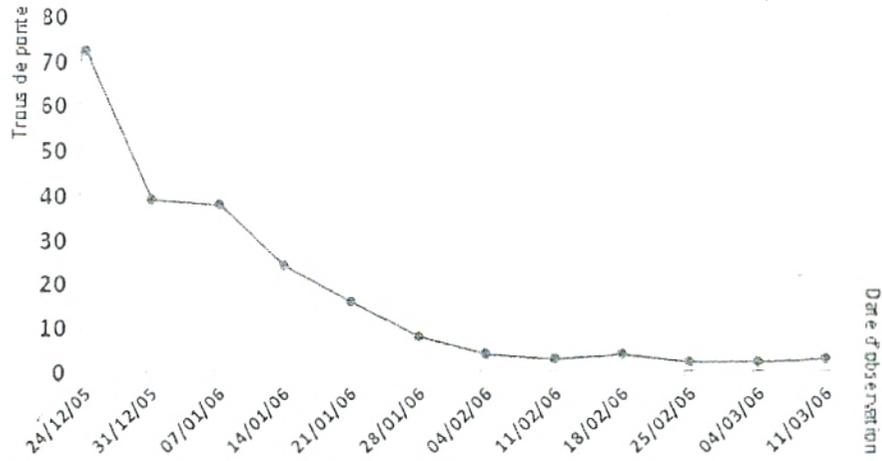


Figure 45 : répartition temporelle des infestations pendant la deuxième période.

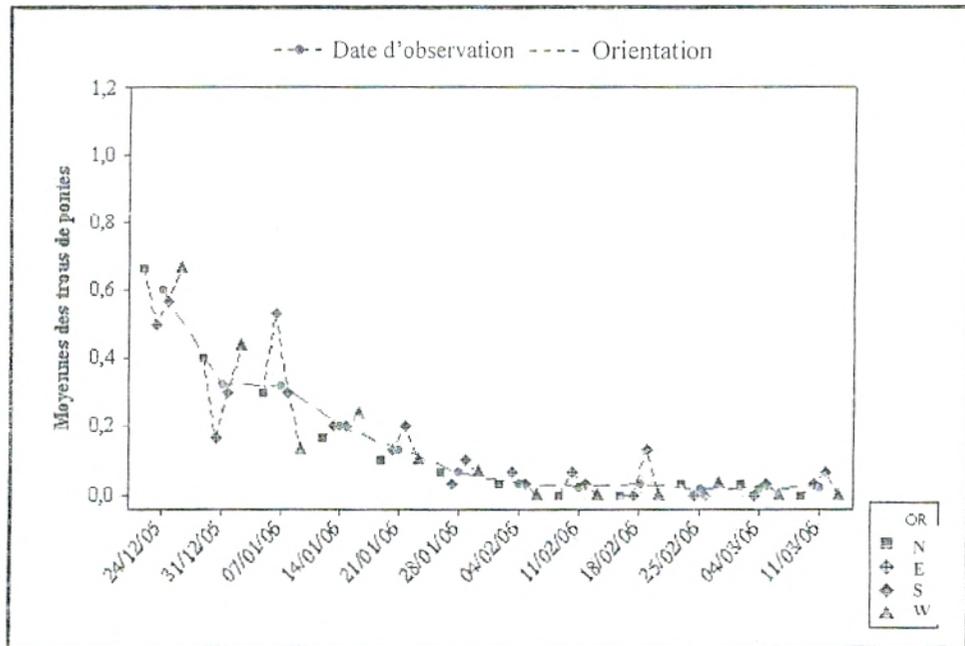


Figure 46 : variations des taux moyens d'infestation par date et par orientation pendant la deuxième période.

*✦ Effet de l'arbre*

Les tests statistiques montrent des variations significatives entre les différents arbres échantillonnés, avec  $F_{ob} = 2,62$  pour  $P = 0,000$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	161,649	0,450277	2,62	0,000

Les résultats obtenus montrent que l'arbre reste un facteur influant sur le degré d'infestation et cela malgré la saison hivernale où presque tous les fruits commencent à mûrir (fig. 47).

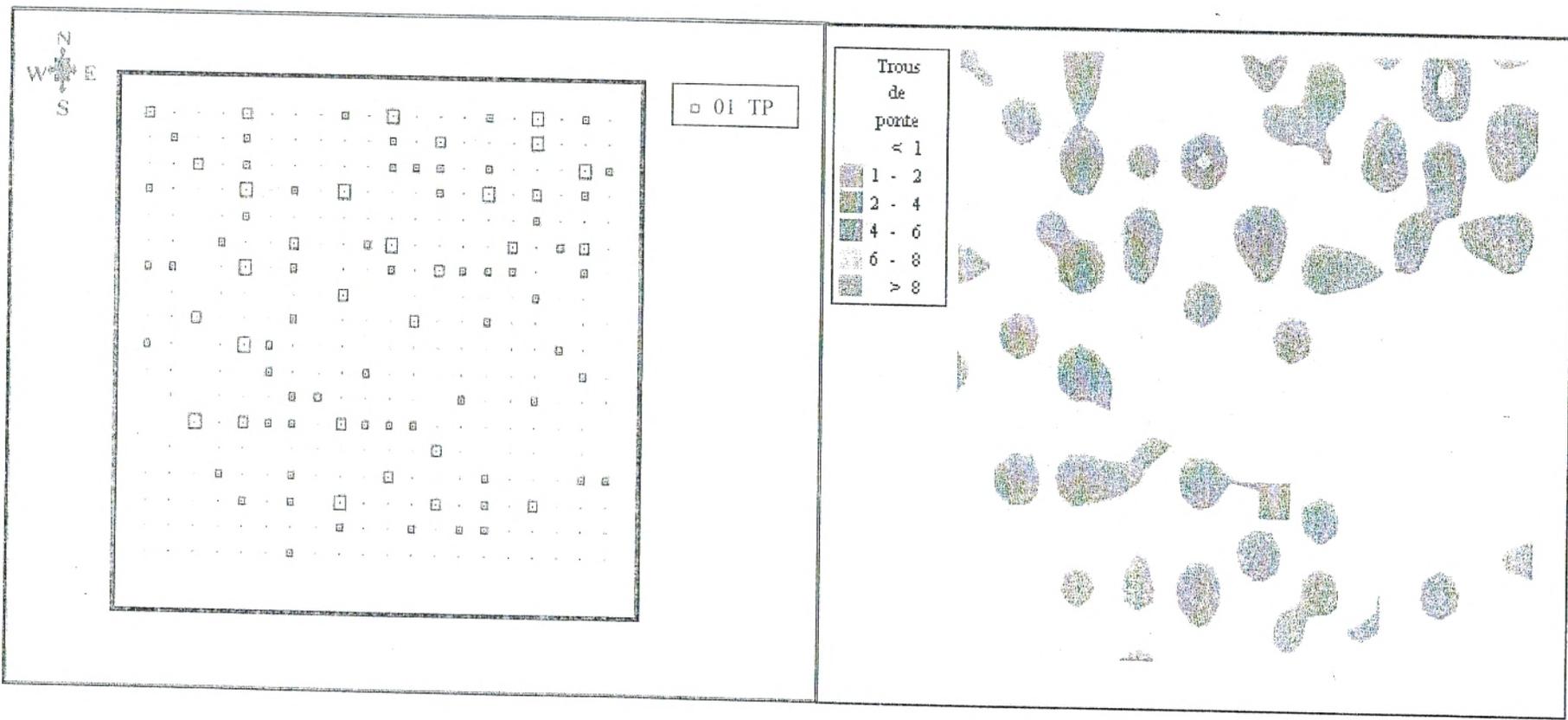


Figure 47 : représentation spatiale du taux d'infestation dans le verger au cours de la deuxième période.

## c- Troisième période (saison du printemps)

## ✚ Effet de l'orientation

Les taux moyens d'infestation ne varient pas d'une orientation à l'autre (fig. 48)

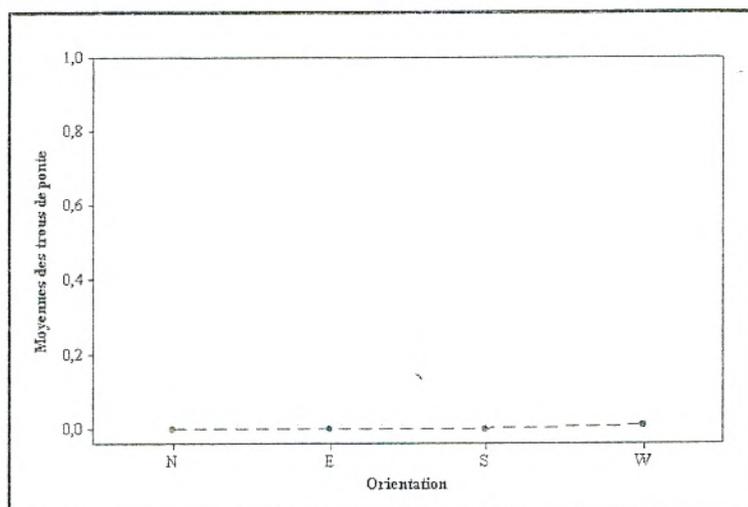


Figure 48 : moyennes des trous de ponte selon l'orientation dans la troisième période.

L'analyse de variance Anova 2 confirme cette absence de variations puisque pour cette période, l'orientation n'a pas une incidence significative avec  $F_{ob} = 1,00$  pour  $P = 0,393$ . Cela est dû à une absence presque totale des piqûres (fig. 49).

## ✚ Effet de la date

Les variations des infestations ne sont pas significatives même pour la date d'observation, avec  $F_{ob} = 1,00$  pour  $P = 0,393$ .

L'interaction entre les deux facteurs (orientation et date) ne donne aucune différence significative (fig.50), avec  $F_{ob} = 1,00$  pour  $P = 0,439$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	0,006250	0,0020833	1,00	0,393
Date	0,006250	0,0020833	1,00	0,393
Interaction	0,018750	0,0020833	1,00	0,439

## ✚ Effet de l'arbre

Il n'existe pas une différence significative des moyennes pour le facteur "arbre" (fig. 51), avec  $F_{ob} = 1,01$  pour  $P = 0,460$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	0,24792	0,00210	1,01	0,460

**Remarque :** Ces résultats s'expliquent par la rareté des trous de piqûres qui ne permet pas d'effectuer des analyses statistiques parlantes car leur nombre est trop faible.

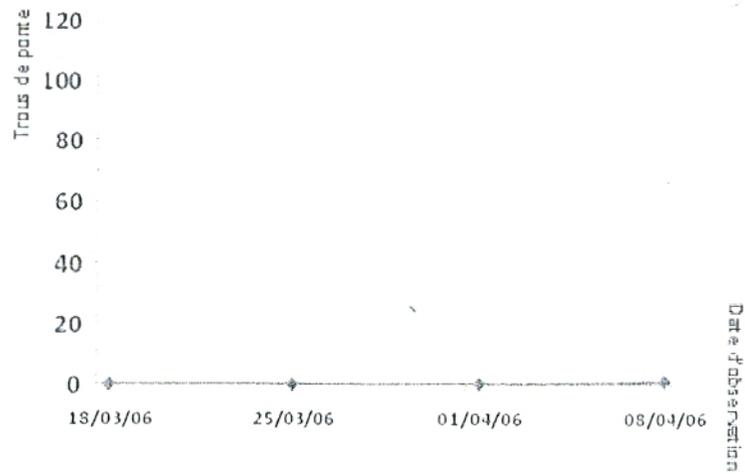


Figure 49 : répartition temporelle des infestations pendant la troisième période.

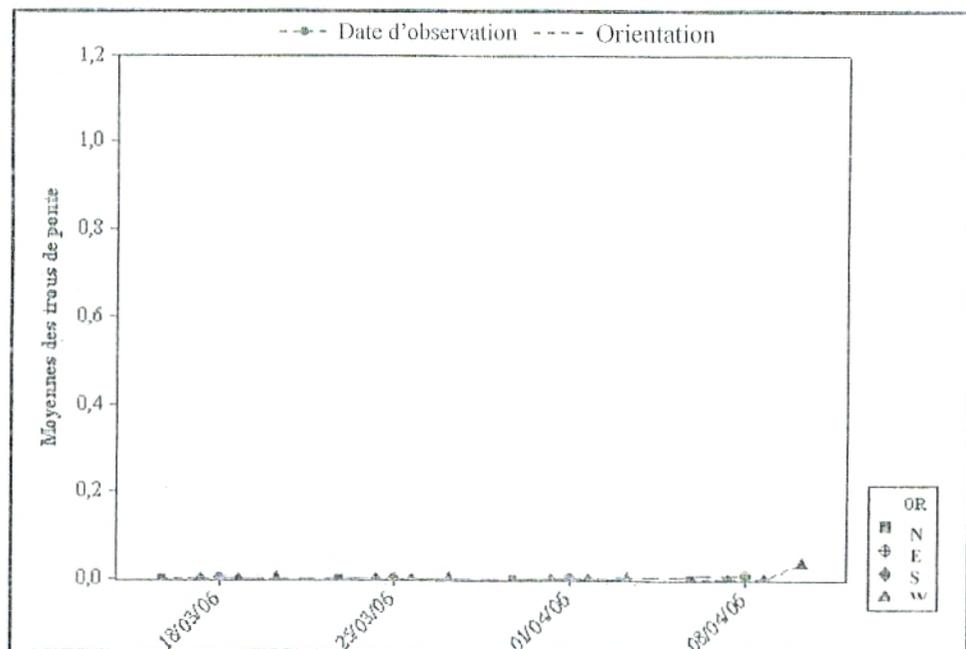


Figure 50 : variations des taux moyens d'infestation par date et par orientation pendant la troisième période.

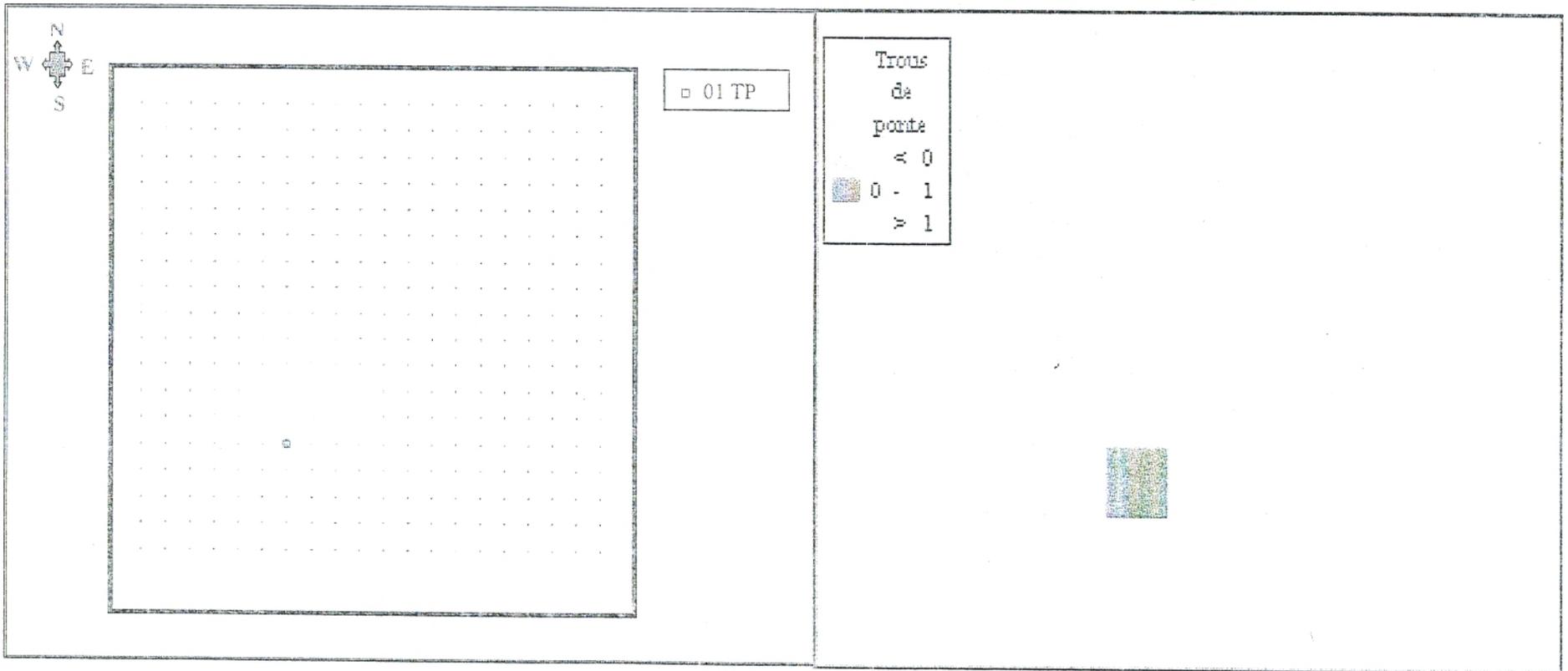


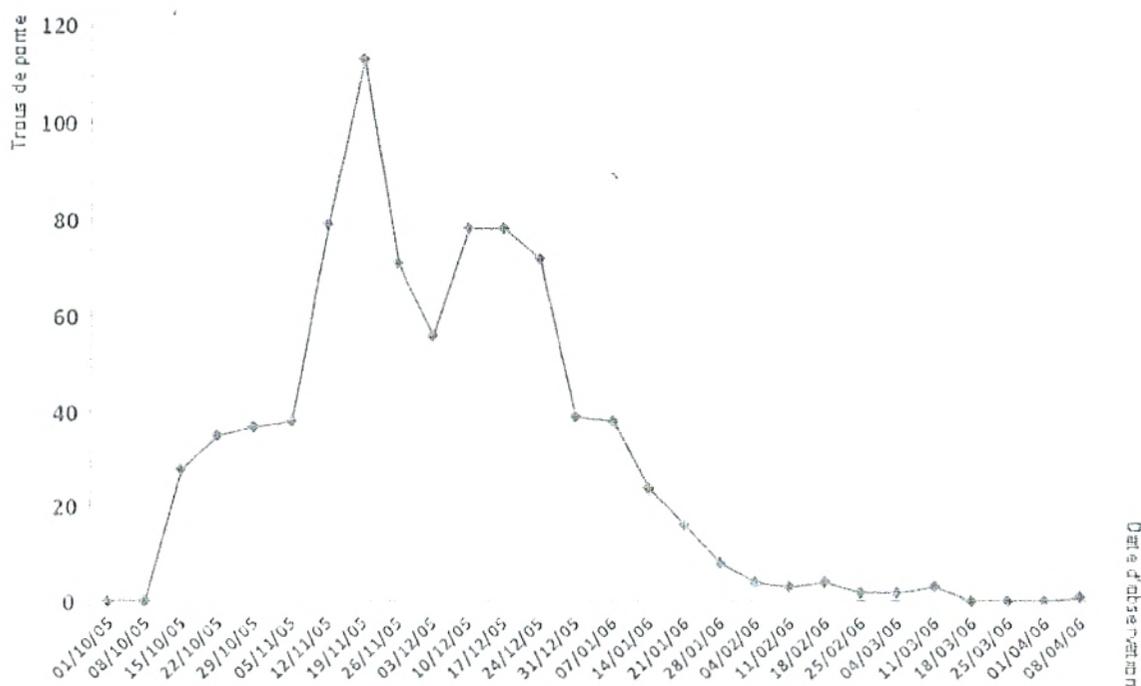
Figure 51 : représentation spatiale du taux d'infestation dans le verger au cours de la troisième période.

#### d- Effet des saisons

Pour démontrer l'impact de ce facteur, nous avons réalisé une analyse de variance à un facteur contrôlé, englobant les trois saisons pendant lesquelles ce travail a été réalisé.

Cette analyse révèle une différence hautement significative qui confirme l'incidence de ce facteur sur les taux d'infestation du verger par *Ceratitis capitata* (Wied), avec  $F_{ob} = 87,92$  pour  $P = 0,000$ .

L'étude du verger pendant la saison du printemps présente le plus faible taux d'infestation (**fig. 52**).



**Figure 52 :** répartition temporelle des infestations pendant les trois saisons.

#### IV-1-2-2 Etude de l'infestation durant les trois périodes à partir des fruits chutés

Les fruits chutés sont des oranges trouvées par terre, au niveau des quatre orientations. Ils sont dénombrés puis acheminés vers le laboratoire où ils servent à effectuer les élevages des mouches.

##### a- Première période (saison d'automne)

##### ✦ Effet de l'orientation

L'analyse factorielle des variances révèle qu'il n'y a pas une différence significative de l'infestation des fruits selon l'orientation (**fig. 53**), avec  $F_{ob} = 0,67$  pour  $P = 0,571$ .

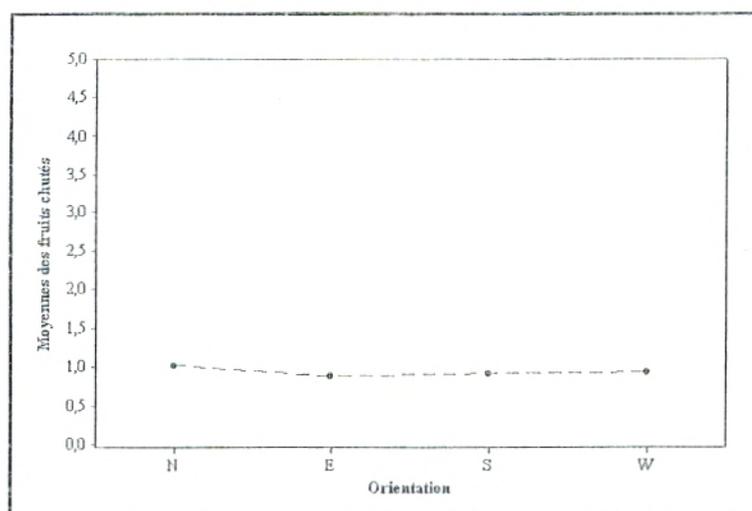


Figure 53 : moyennes des fruits chutés selon l'orientation pendant la première période.

✦ Effet de la date

Avec  $F_{ob} = 17,33$  pour  $P = 0,000$ , les fruits chutés varient d'une manière hautement significativement en fonction des dates d'observation.

La cinétique des fruits chutés présente un seul pic important (fig. 54), au 1<sup>er</sup> octobre.

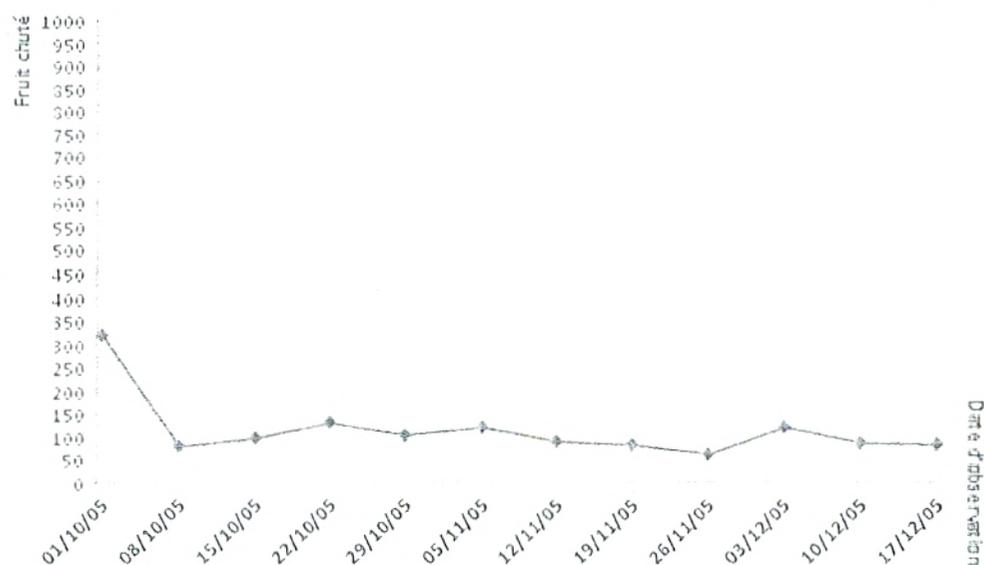


Figure 54 : répartition temporelle des fruits chutés pendant la première période.

L'interaction entre les deux facteurs (orientation et date) ne donne aucune différence significative (fig. 55), avec  $F_{ob} = 0,94$  pour  $P = 0,568$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	4,44	1,4787	0,67	0,571
Date	421,70	38,3361	17,33	0,000
Interaction	68,53	2,0767	0,94	0,568

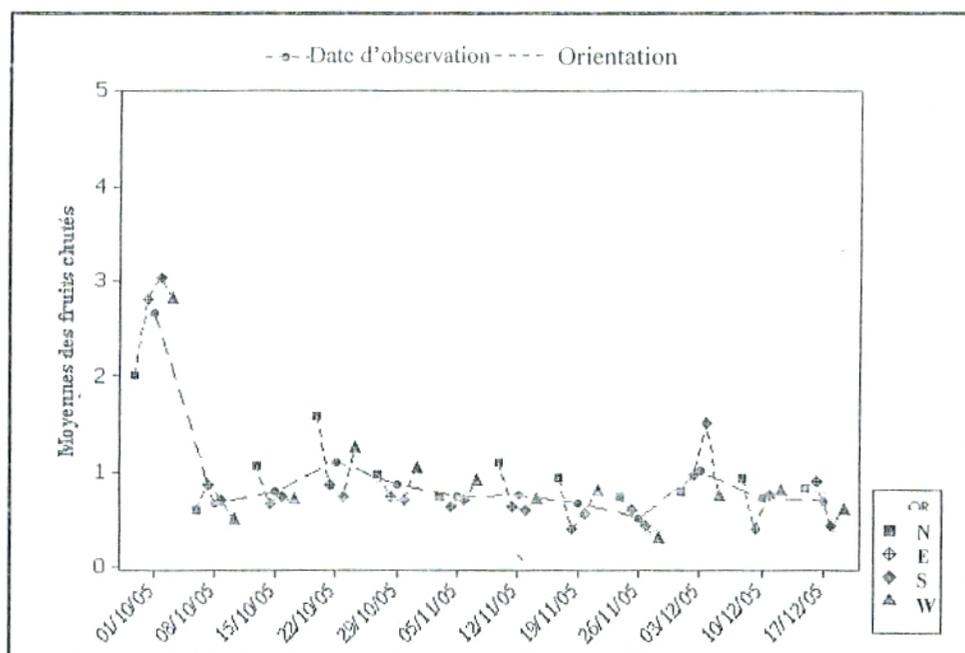


Figure 55 : variations des taux moyens des fruits chutés par date et par orientation pendant la première période.

⇓ Effet de l'arbre

Dans cette période la position spatiale de l'arbre a un grand effet sur les nombres de fruits chutés (fig. 56), avec  $F_{ob} = 4,26$  pour  $P = 0,000$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	2094,33	5,83	4,26	0,000

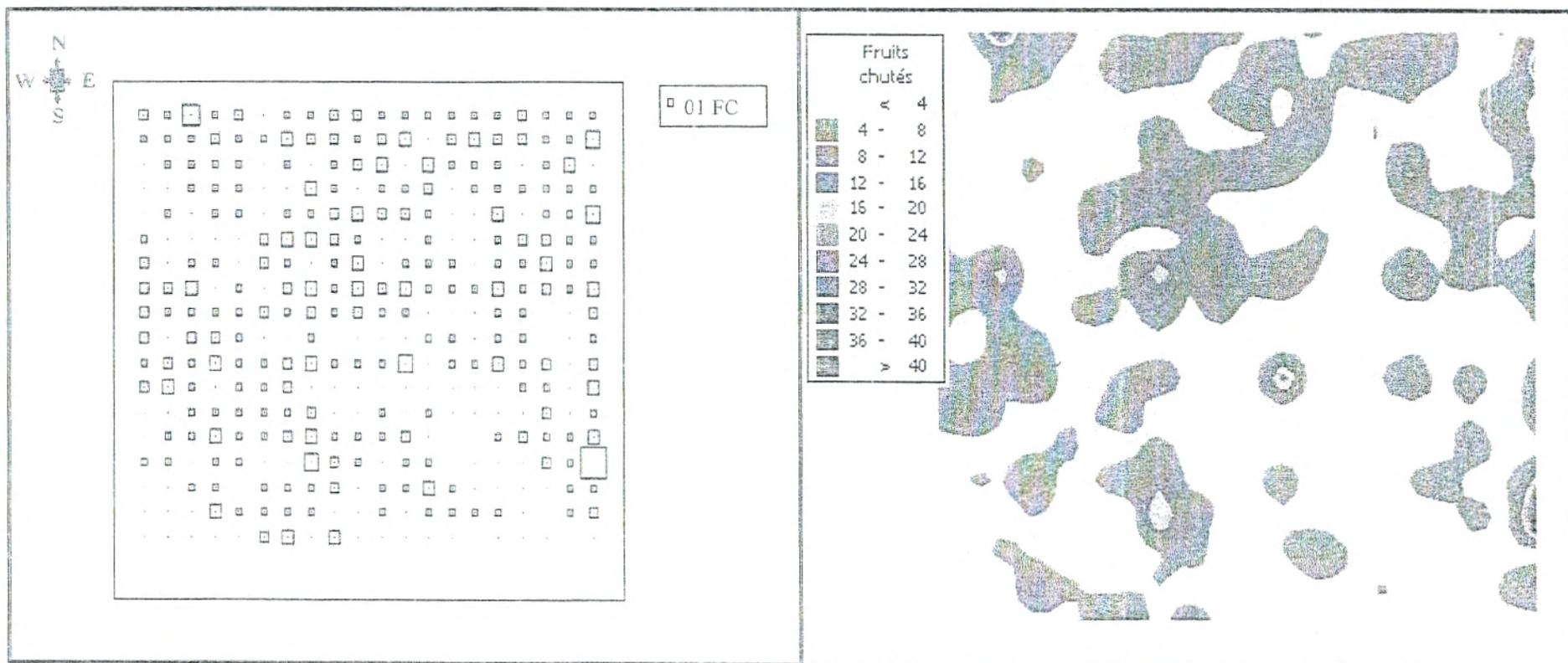
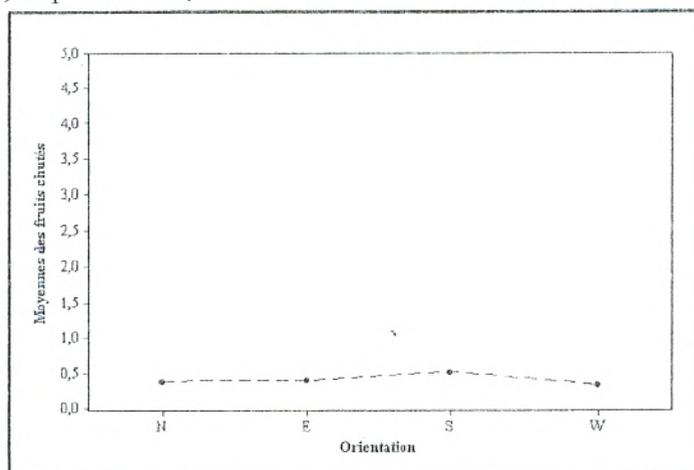


Figure 56 : représentation spatiale du degré d'infestation des fruits chutés dans le verger au cours de la première période.

*b- Deuxième période (saison d'hiver)*

⚡ *Effet de l'orientation*

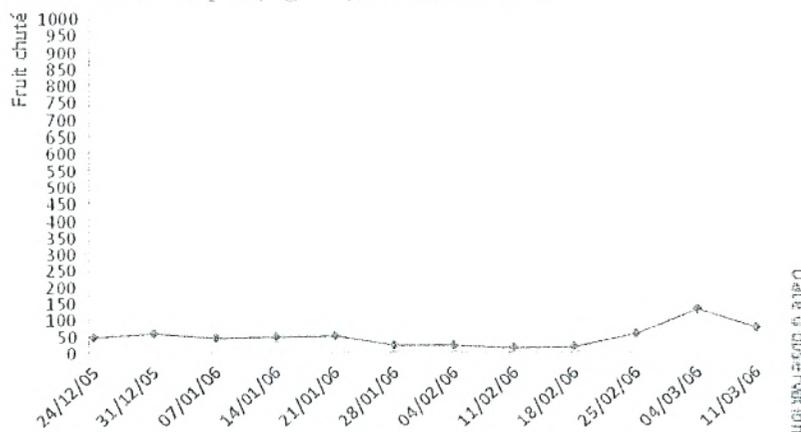
Dans la deuxième période, les taux de fruits ne varient pas selon l'orientation (fig. 57), justifiée par  $F_{ob} = 1,46$  pour  $P = 0,223$ .



**Figure 57 :** moyennes des fruits chutés selon l'orientation pendant la deuxième période.

⚡ *Effet de la date*

Il existe une variation très importante du nombre des fruits chutés durant cette période. Les résultats de l'analyse de variance montrent que  $F_{ob} = 5,10$  pour  $P = 0,000$ , ce qui traduit une différence hautement significative des moyennes des fruits chutés. La cinétique des fruits chutés par date montre un seul pic (fig. 58), en début mars.



**Figure 58 :** répartition temporelle des fruits chutés pendant la deuxième période.

L'interaction entre les deux facteurs ne donne pas de différence significative (fig. 59), avec  $F_{ob} = 0,69$  pour  $P = 0,910$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	7,23	2,40926	1,46	0,223
Date	92,44	8,40354	5,10	0,000
Interaction	37,32	1,13098	0,69	0,910

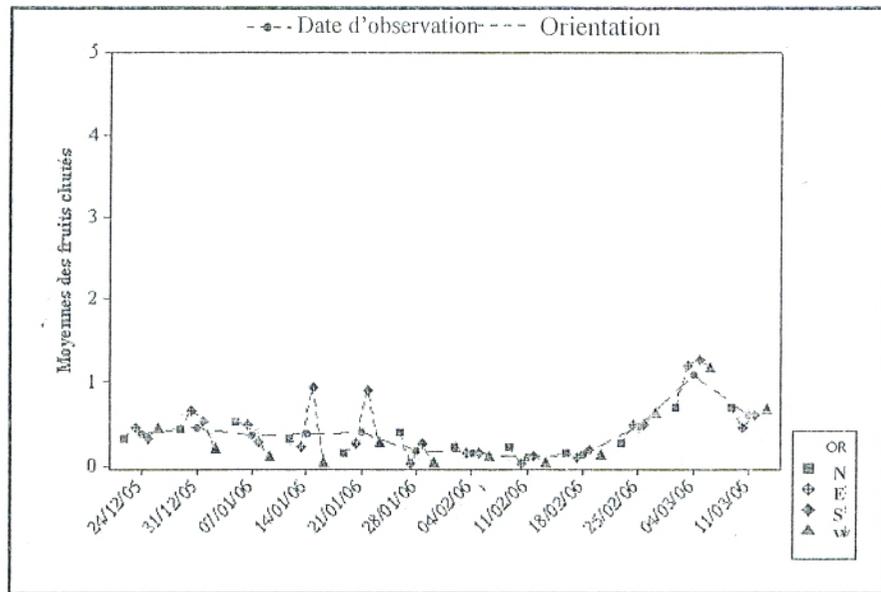


Figure 59 : variations des taux moyens des fruits chutés par date et par orientation pendant la deuxième période.

*Effet de l'arbre*

Cette période a montré une différence significative entre les moyennes, en fonction de l'arbre (fig. 60), justifiée par  $F_{ob} = 2,27$  pour  $P = 0,000$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	1045,79	2,91	2,27	0,000

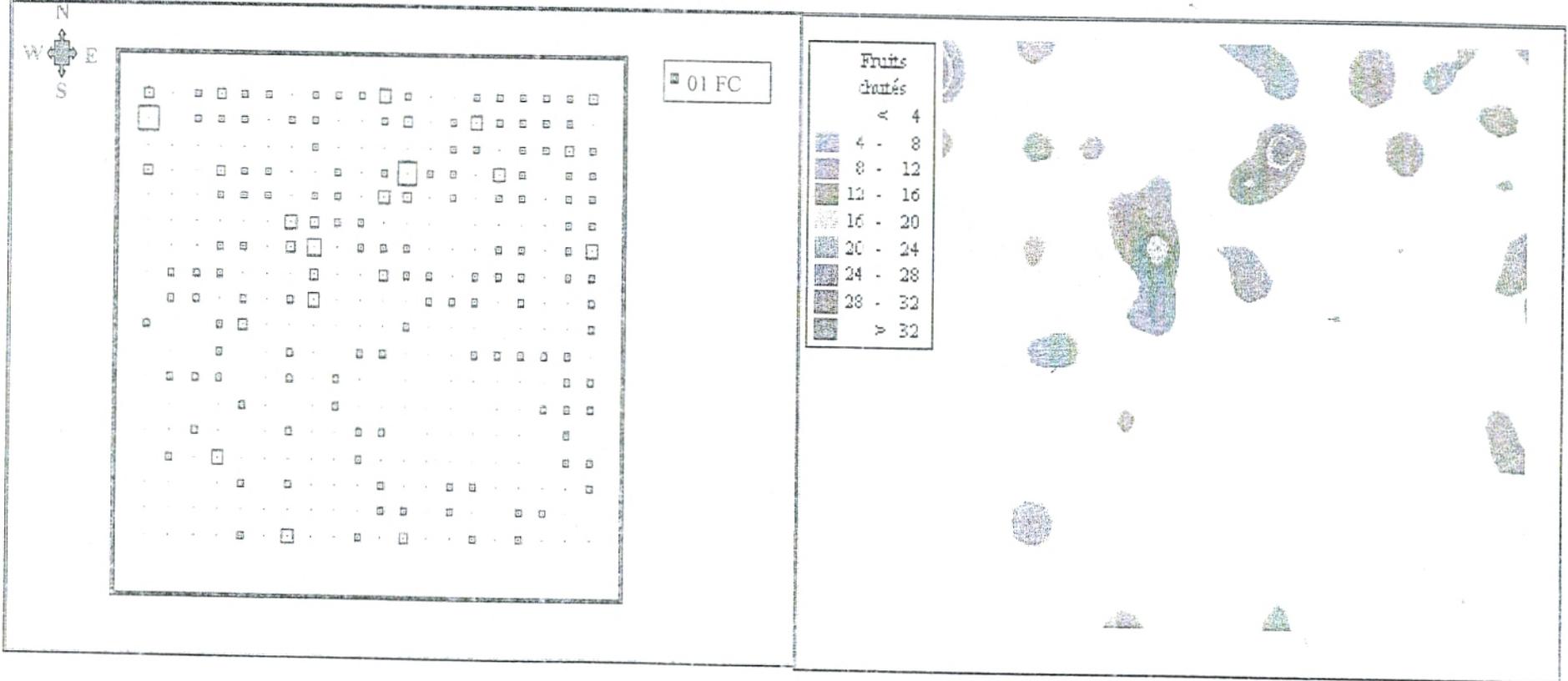


Figure 60 : représentation spatiale du degré d'infestation des fruits chutés dans le verger au cours de la deuxième période.

## c- Troisième période (saison du printemps)

## ✦ Effet de l'orientation

Au cours de cette période, après analyse statistique, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes pour le facteur orientation (**fig. 61**), avec  $F_{ob} = 1,29$  pour  $P = 0,279$ .

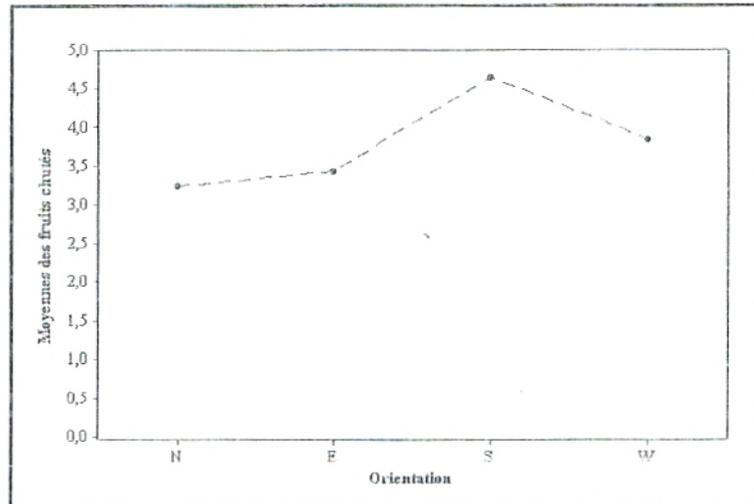


Figure 61 : moyennes des fruits chutés selon l'orientation pendant la troisième période.

## ✦ Effet de la date

Pendant cette période, on a signalé les nombres les plus élevés des oranges chutés. Les analyses de variance montrent qu'il y a une relation hautement significative entre la date et les fruits chutés, justifiée par  $F_{ob} = 17,10$  pour  $P = 0,000$ . La cinétique des fruits chutés par date montre qu'il y a un pic bien net (**fig. 62**), en début avril.

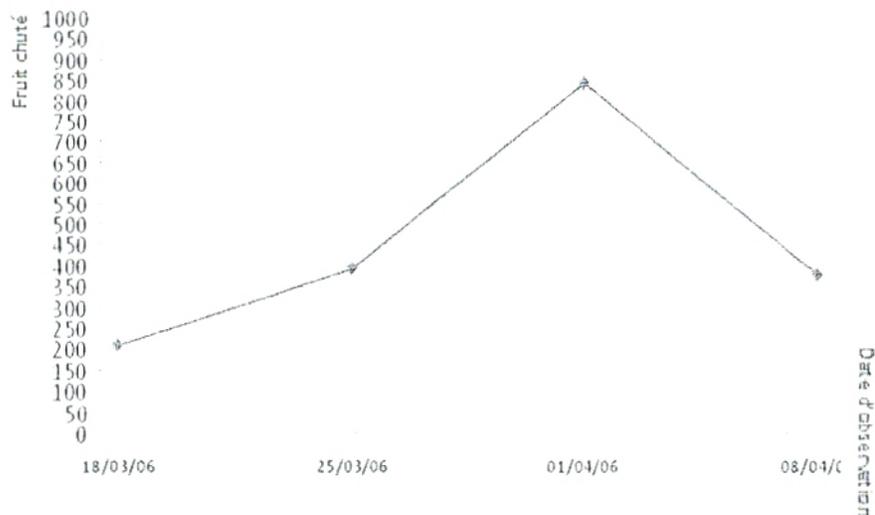
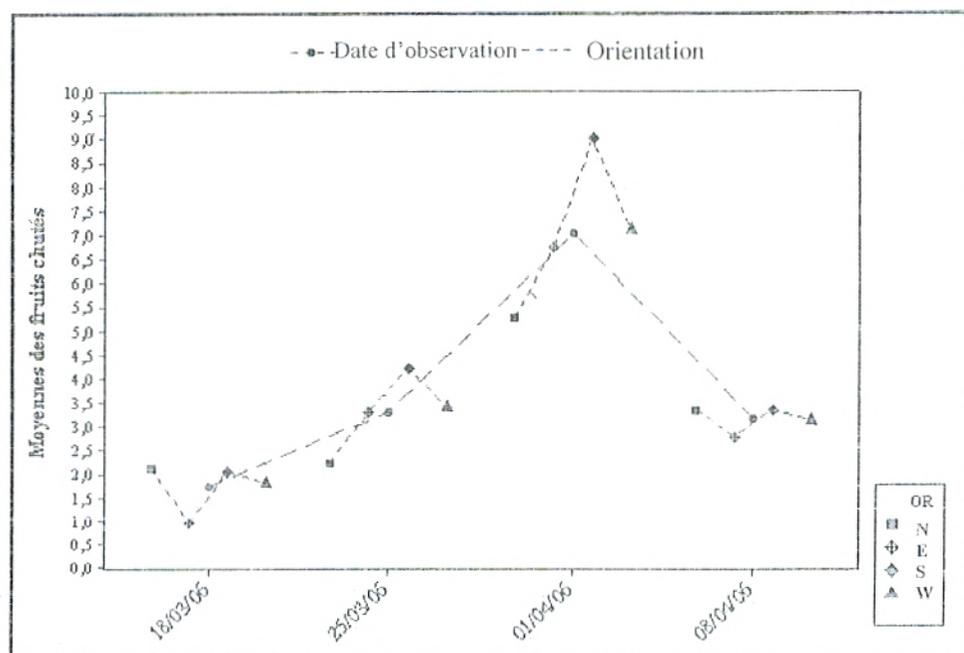


Figure 62 : répartition temporelle des fruits chutés pendant la troisième période.

L'interaction entre les deux facteurs ne donne pas de différence significative (**fig. 63**), avec  $F_{ob} = 0,51$  pour  $P = 0,870$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	138,8	46,272	1,29	0,279
Date	1847,0	615,661	17,10	0,000
Interaction	164,1	18,233	0,51	0,870



**Figure 63** : variations des taux moyens des fruits chutés par date et par orientation pendant la troisième période.

✿ *Effet de l'arbre*

L'étude statistique réalisée par analyse de variance à un facteur montre qu'il y a une différence hautement significative entre le facteur arbre et le nombre d'oranges chutés (**fig. 64**), avec  $F_{ob} = 5,61$  pour  $P = 0,000$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	12206,0	103,4	5,61	0,000

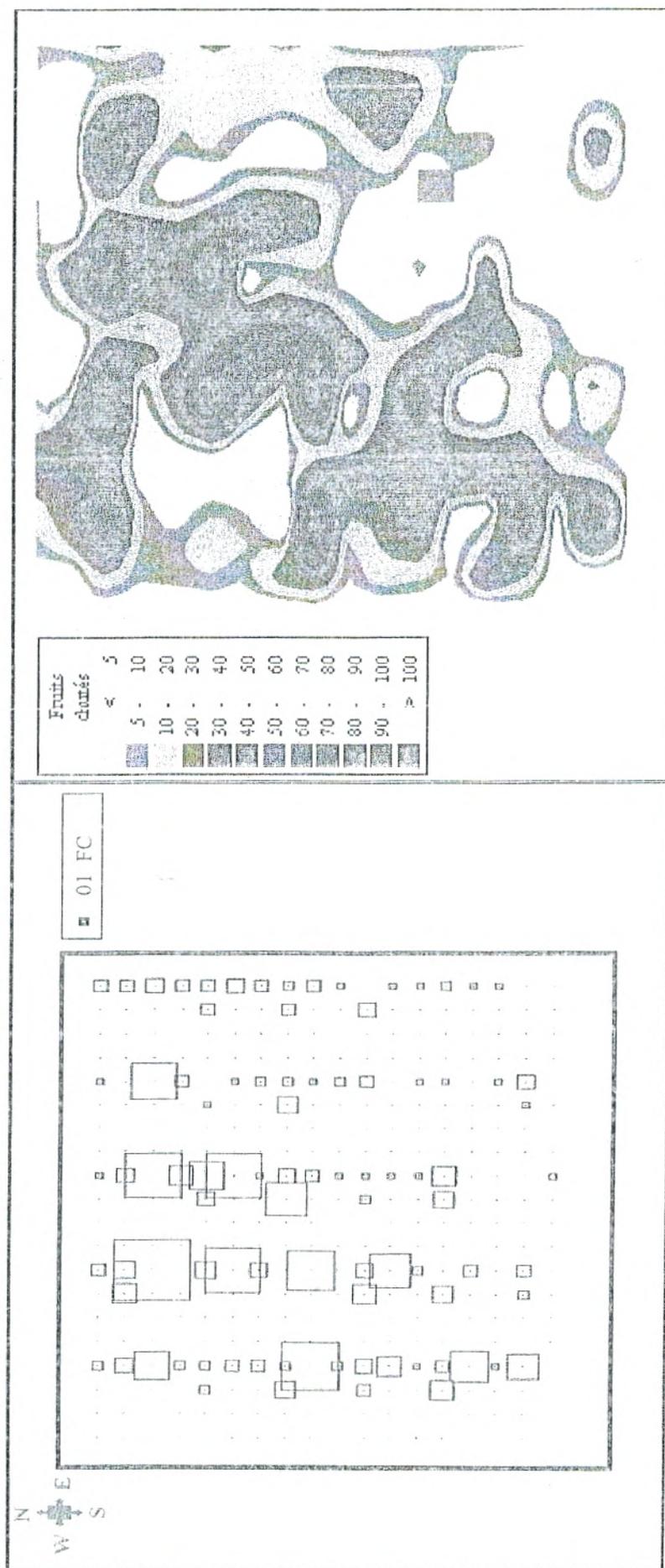


Figure 64 : représentation spatiale du degré d'infestation des fruits chutés dans le verger au cours de la troisième période.

d- Effet des saisons

En ce qui concerne l'influence du facteur " saison " sur le nombre de fruits chutés par l'action des attaques du phytophage *Ceratitis capitata* (Wied.), les variations sont hautement significatives avec  $F_{ob} = 285,52$  pour  $P = 0,000$ .

Le facteur temps semble être celui qui a le plus d'impact sur le nombre de fruits chutés (fig. 65).

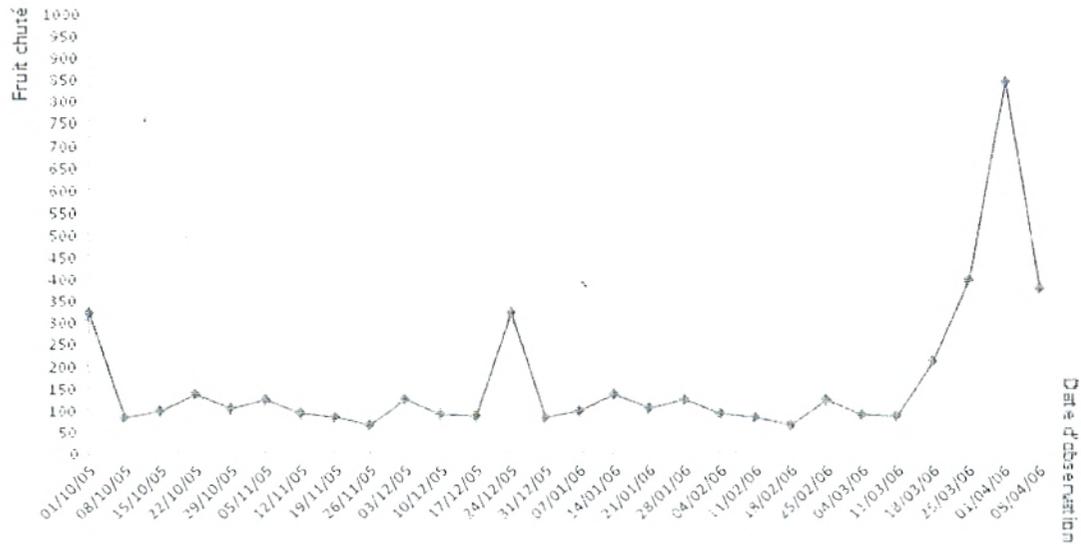


Figure 65 : répartition temporelle des fruits chutés pendant les trois saisons.

IV-1-2-3 Capture des adultes

Les captures d'adultes au moyen de pièges attractifs sont un outil essentiel pour la surveillance et la détection de la population.

L'analyse de variance à un facteur contrôlé montre qu'il y a une différence hautement significative entre le facteur date d'observation et le nombre des captures de mouches (fig. 66), avec  $F_{ob} = 3,03$  pour  $P = 0,000$ .

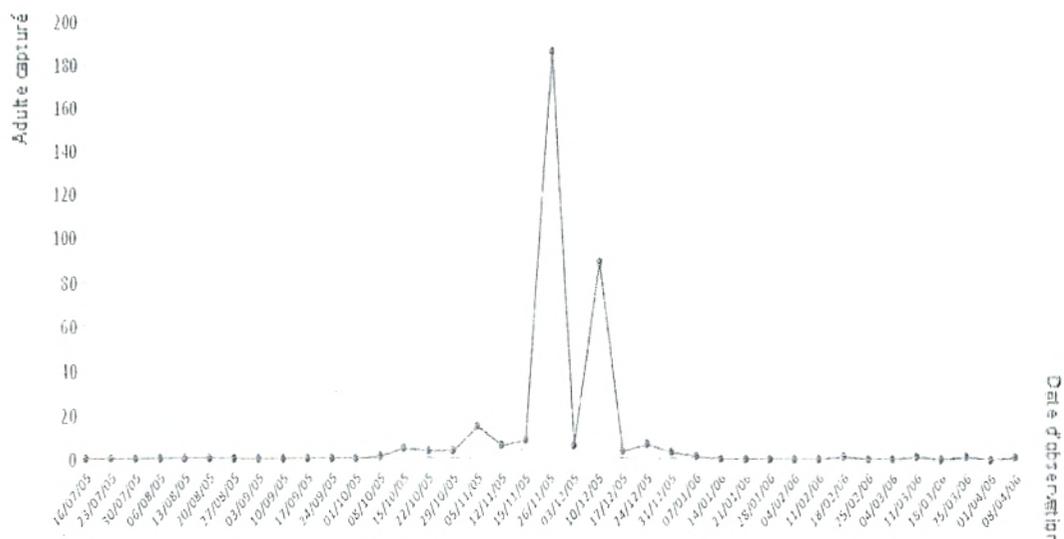


Figure 66 : adultes de *Ceratitis capitata* capturés durant la période d'étude.

#### IV-1-2-4 Biologie des populations de *Ceratitis capitata* à partir des élevages

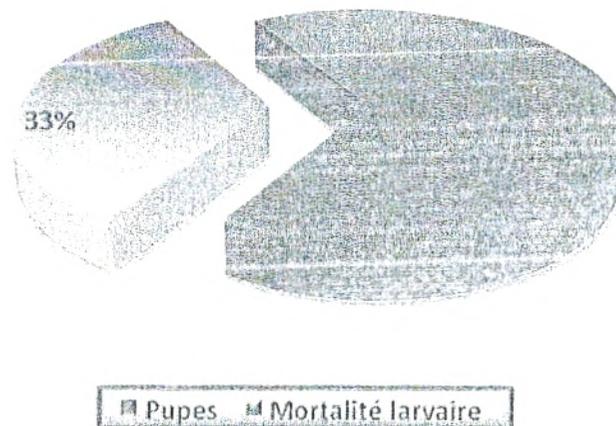
L'intérêt majeur des élevages c'est qu'il permet de connaître les durées de développements larvaire et nymphal, ainsi que les dates d'émergence des adultes, leur sex-ratio et leur longévité en conditions de laboratoire.

Les résultats ont permis de constater qu'il existe une différence du cycle biologique de la mouche, qui était très variable en fonction des dates de capture.

##### a- La mortalité larvaire

La pression larvaire dans le fruit induit une compétition intraspécifique, les larves les plus actives et les plus grosses vont entraîner la mort des plus faibles et des plus jeunes (L<sub>2</sub>) (Duyck, 2005).

Durant la période d'élevage, les pupes obtenues à partir des larves contenues dans les fruits chutés représentent 67 % ; donc, la mortalité larvaire est de 33 % (fig. 67).



**Figure 67** : taux de mortalité larvaire pour *Ceratitis capitata*.

##### b- Le développement nymphal

Les élevages menés au laboratoire ont permis de connaître la durée de la nymphose qui varie selon la date de mise en élevage et d'obtenir de jeunes mouches (imagos) de *Ceratitis capitata* (fig.68).

La pupaison dure 23 jours en moyenne au mois d'octobre, 28 jours au mois de novembre, 31 jours aux mois de décembre et janvier et 26 jours au mois de février.

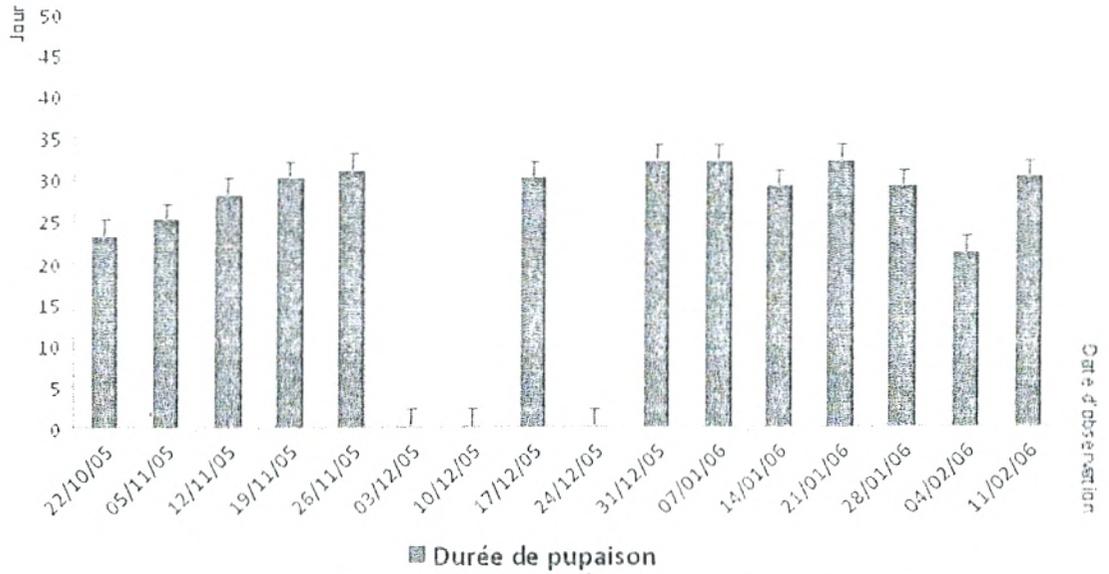


Figure 68 : durées moyennes de pupaison chez *Ceratitidis capitata*.

c- La mortalité nymphale

Le taux d'émergence d'adultes représente 80% ; donc, la mortalité nymphale chez *Ceratitidis capitata* est juste de 20% (fig.69).

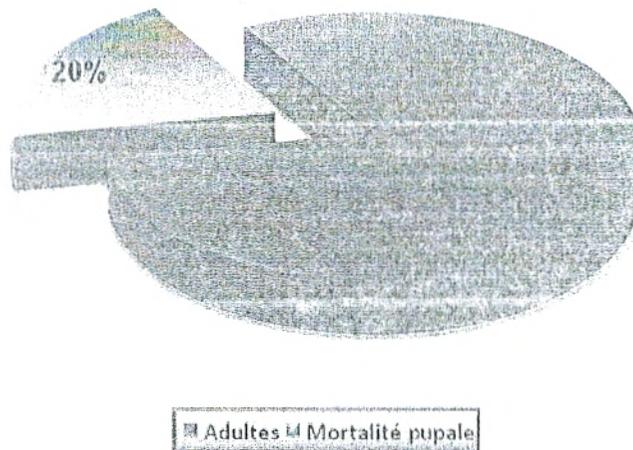


Figure 69 : taux de mortalité nymphale pour *Ceratitidis capitata*.

L'étude de corrélation linéaire (fig. 70) montre qu'il existe une relation significative entre les nombres de pupes et de larves puisque  $r = 0,874$  pour  $t_{n-2} = 6,729 > t_{th} = 2,145$  à  $\alpha = 0,05$ .

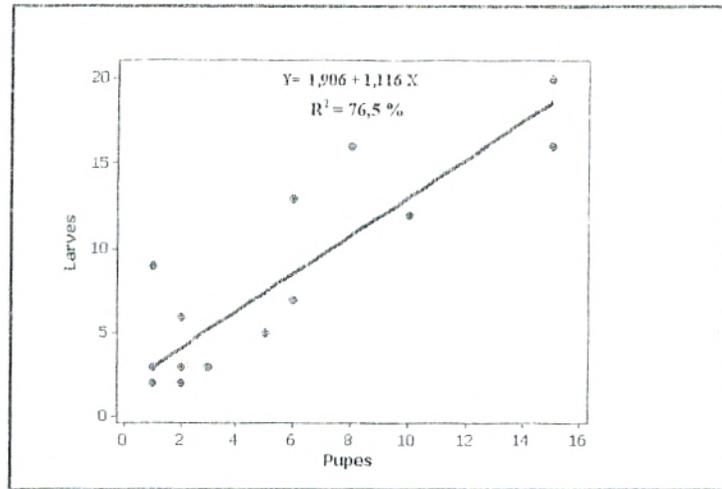


Figure 70: droite de régression entre les larves et les pupes.

Nous pouvons donc prédire le taux des nymphes à partir de celui des larves et inversement.

#### d- Taux d'émergence des adultes à partir des pupes

La biologie de *Ceratitis capitata* dépend entièrement du biotope et plus particulièrement du bioclimat dans lequel l'insecte se développe.

Aux conditions de laboratoire dans lesquelles nous avons effectué les élevages, pendant la période d'étude, les températures variaient de 05 à 35°C en moyenne.

Selon la date d'élevage, les résultats étaient toujours variables, ils semblent liés au degré de maturité des fruits.

Il existe également une corrélation linéaire hautement significative effectuée sur les adultes en fonction des pupes (fig. 71), elle montre qu'il existe une relation positive, avec  $r = 0,972$  pour  $t_{n-2} = 15,477 > t_{th} = 2,145$  à  $\alpha = 0,05$ .

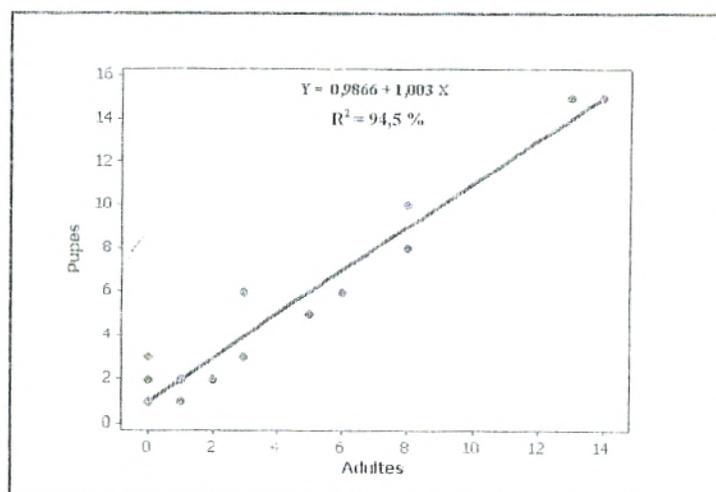


Figure 71: droite de régression entre les pupes et les adultes.

On peut également prédire le nombre d'adultes qui vont émerger à partir du nombre de nymphes.

*d- Taux d'émergence des adultes à partir des larves*

Le nombre de larves aux stades L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub> donne une idée pour l'estimation du taux d'infestation.

Les résultats de la droite de régression linéaire (fig. 72) montrent qu'il existe une relation significative entre les nombres de larves et des adultes obtenus puisque le coefficient de corrélation  $r = 0,836$  pour  $t_{n-2} = 5,700 > t_{th} = 2,145$  à  $\alpha = 0,05$ .

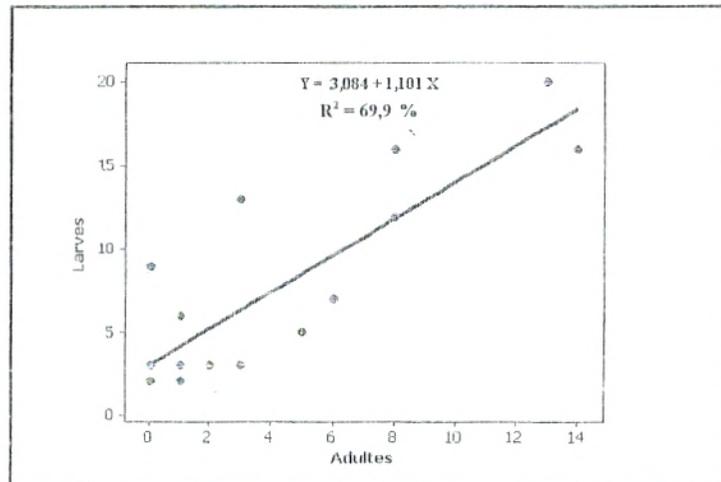


Figure 72 : droite de régression entre les larves et les adultes.

Ce résultat est intéressant dans la mesure où l'on peut estimer le nombre d'adultes d'une population en connaissant le nombre de larves, ce qui peut être utile lors d'un programme de lutte par exemple.

*f- Le sex ratio*

Le sex ratio permet de connaître le nombre de mâles et de femelles émergés, obtenus lors des élevages (fig. 73).

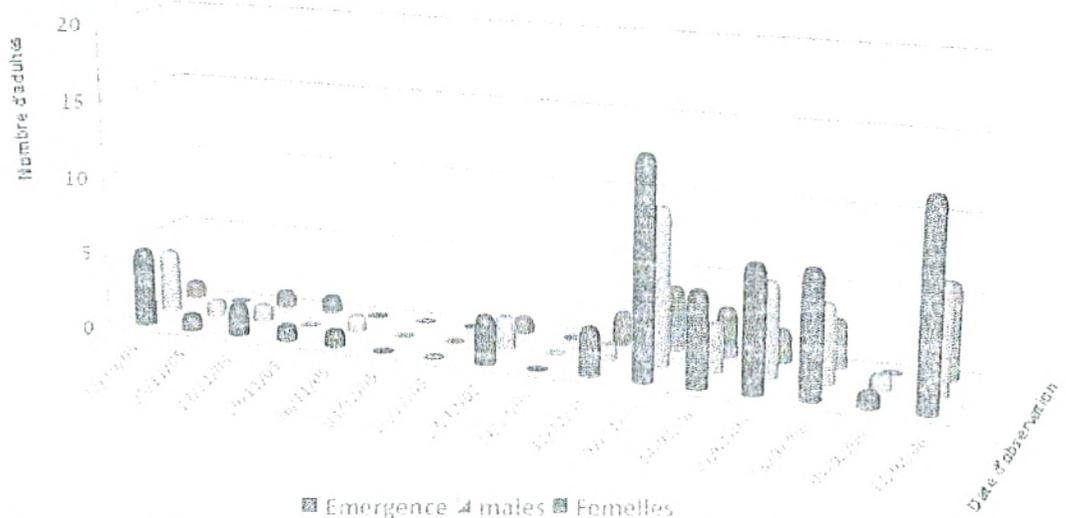


Figure 73: l'émergence des adultes et leur sex-ratio chez *Ceratitis capitata*.

Le taux d'émergence des imagos de *Ceratitis capitata* au laboratoire a atteint 35% dont 64% de mâles et 36% de femelles (fig. 74).

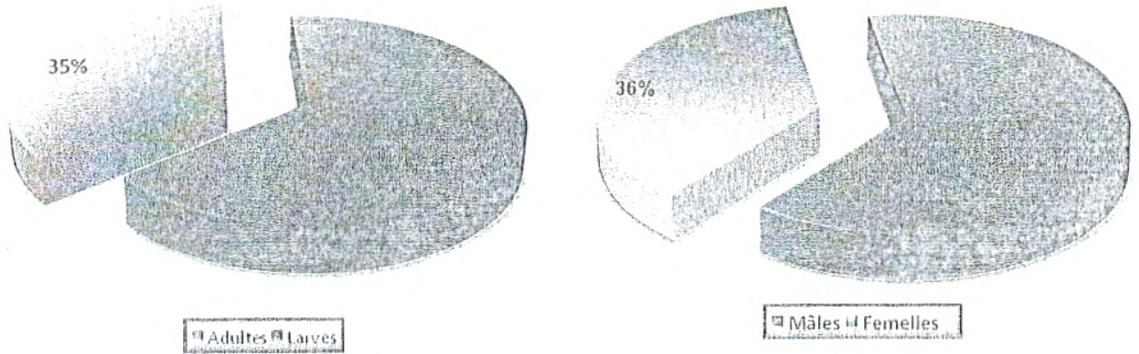


Figure 74: taux d'émergence d'adultes de *Ceratitis capitata* et de leur sex-ratio.

g- Longévité

La durée moyenne de vie chez *Ceratitis capitata* aux conditions de laboratoire est de près de 34 jours avec un minimum de 03 jours et un maximum de 179 jours.

La longévité des mouches varie considérablement, et cela selon la date de prélèvement des échantillons (fig. 75).

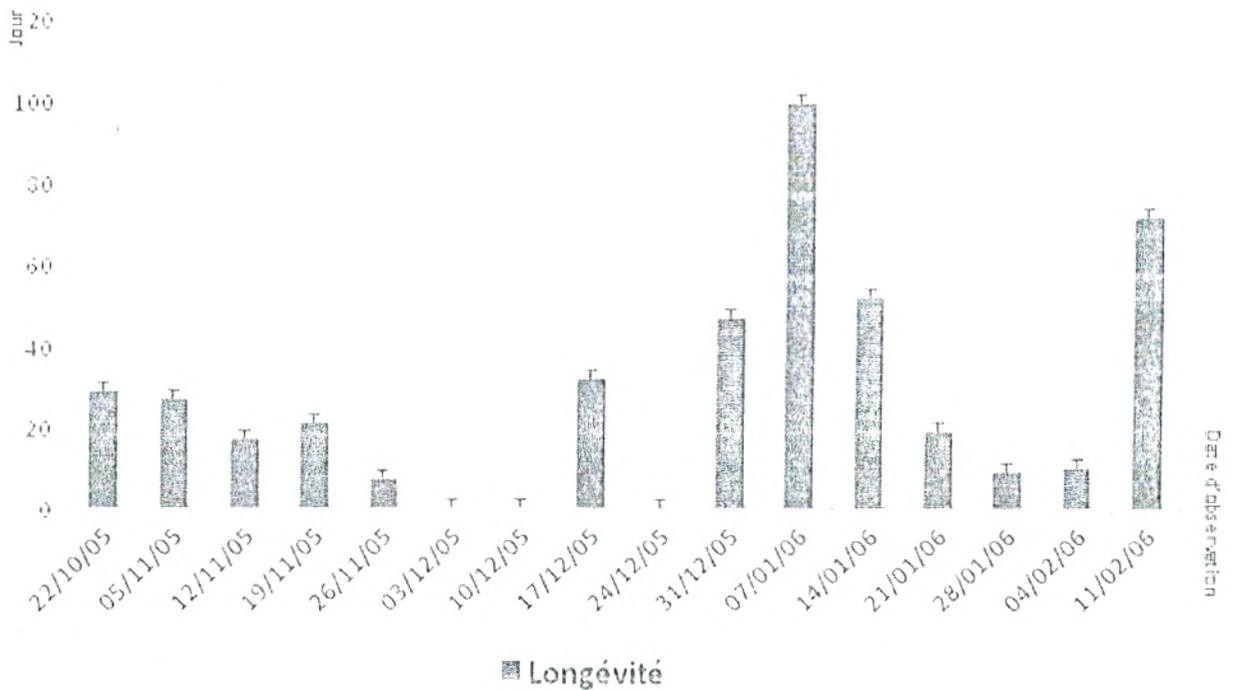


Figure 75 : longévité moyenne des adultes de *Ceratitis capitata*.

### h- Nombre de générations

L'estimation du nombre de générations chez *Ceratitis capitata* est très compliquée à cause de leur chevauchement, toutefois la dynamique des populations du ravageur avec ses taux d'infestation, ses captures d'adultes et la cinétique des différents stades de développement (fig. 65, 66, 69, 75) permettent d'en donner une approximation.

Au cours de notre travail, nous avons relevé deux principaux pics d'infestation dans notre verger, tant sur le graphe de la cinétique des piqûres (fig. 52) que sur le graphe des adultes capturés (fig. 66).

Nous pouvons déduire qu'il existe deux générations hivernales de *Ceratitis capitata* durant la période d'étude, correspondant à la saison hivernale pendant laquelle ce ravageur se développe sur les agrumes en pleine maturité, après avoir effectué cinq générations estivales sur les fruits à noyaux et à pépins ; la huitième génération, printanière, se déroule souvent sur le néfflier selon Fellah (1996).

#### IV-1-2-5 Le parasitisme de la mouche

*en parasitisme* Les élevages effectués à partir des oranges de la variété sanguine ont permis de connaître la nature de ce phytophage ; il s'agit d'un hyménoptère Braconidac appartenant à l'espèce *Opius concolor* (fig.76).

Le taux de parasitisme a été estimé à partir des émergences obtenues par des élevages au laboratoire (fig. 77) ainsi que par les captures d'adultes.

Ainsi, nous remarquerons que le taux de parasitisme est très faible, il est seulement de 3%. On ne peut donc pas espérer une lutte biologique naturelle par cet hyménoptère.

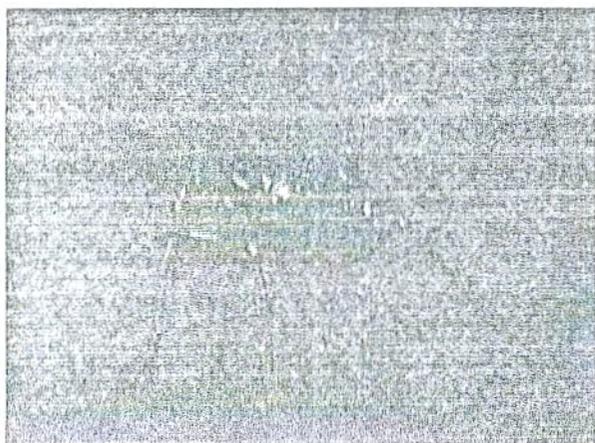


Figure 76 : *Opius concolor* (Michael et Thomas, 1981).

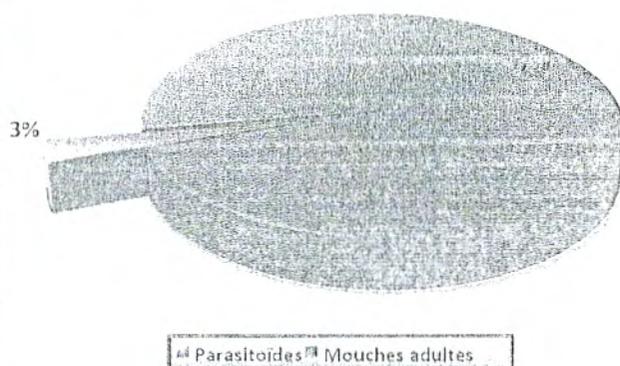


Figure 77 : taux de parasitisme chez *Ceratitis capitata*.

### IV-1-3 Etude microbiologique

#### IV-1-3-1 Bactériologie

##### a- La flore mésophile totale

Le dénombrement de la flore mésophile totale reste la meilleure méthode d'appréciation de la qualité microbiologique générale des aliments.

La figure 78 montre la valeur moyenne de la flore mésophile totale dans les oranges. Elle permet de constater un taux de contamination dans tous les prélèvements avec un maximum de  $7 \times 10^3$  UFC/g.

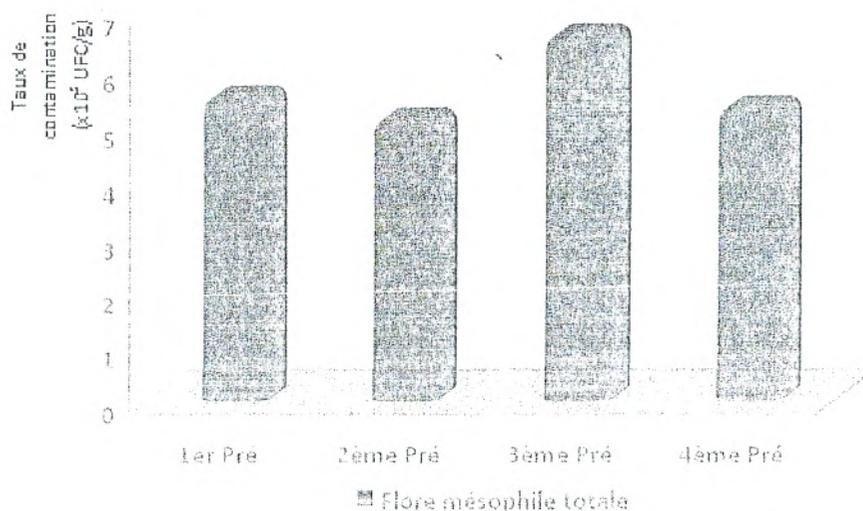


Figure 78 : valeur moyenne de la flore mésophile totale dans les oranges.

##### b- Identification des bactéries

L'identification des différents genres bactériens a été réalisée en passant par des tests morphologiques, biochimiques et physiologiques (tab. VI).

Les différents genres bactériens identifiés dans nos échantillons sont : *Bacillus*, *Pseudomonas* et *Acinetobacter*.

Tableau VI : identification des différents genres bactériens.

Tests morphologiques			Tests biochimiques et physiologiques				Genres identifiés grâce aux plaques Api
Forme	Mobilité	Gram	Type respiratoire	Cat	Oxy	Test de sporulation	
Bâtonnet	+	+	Aérobic ou Aéroanaérobic facultative	+	-	+	<i>Bacillus</i>
Bâtonnet	+	-	Aérobic stricte	-	+	-	<i>Pseudomonas</i>
Bâtonnet	+	-	Aérobic stricte	+	-	-	<i>Acinetobacter</i>

### IV-1-3-2 Mycologie

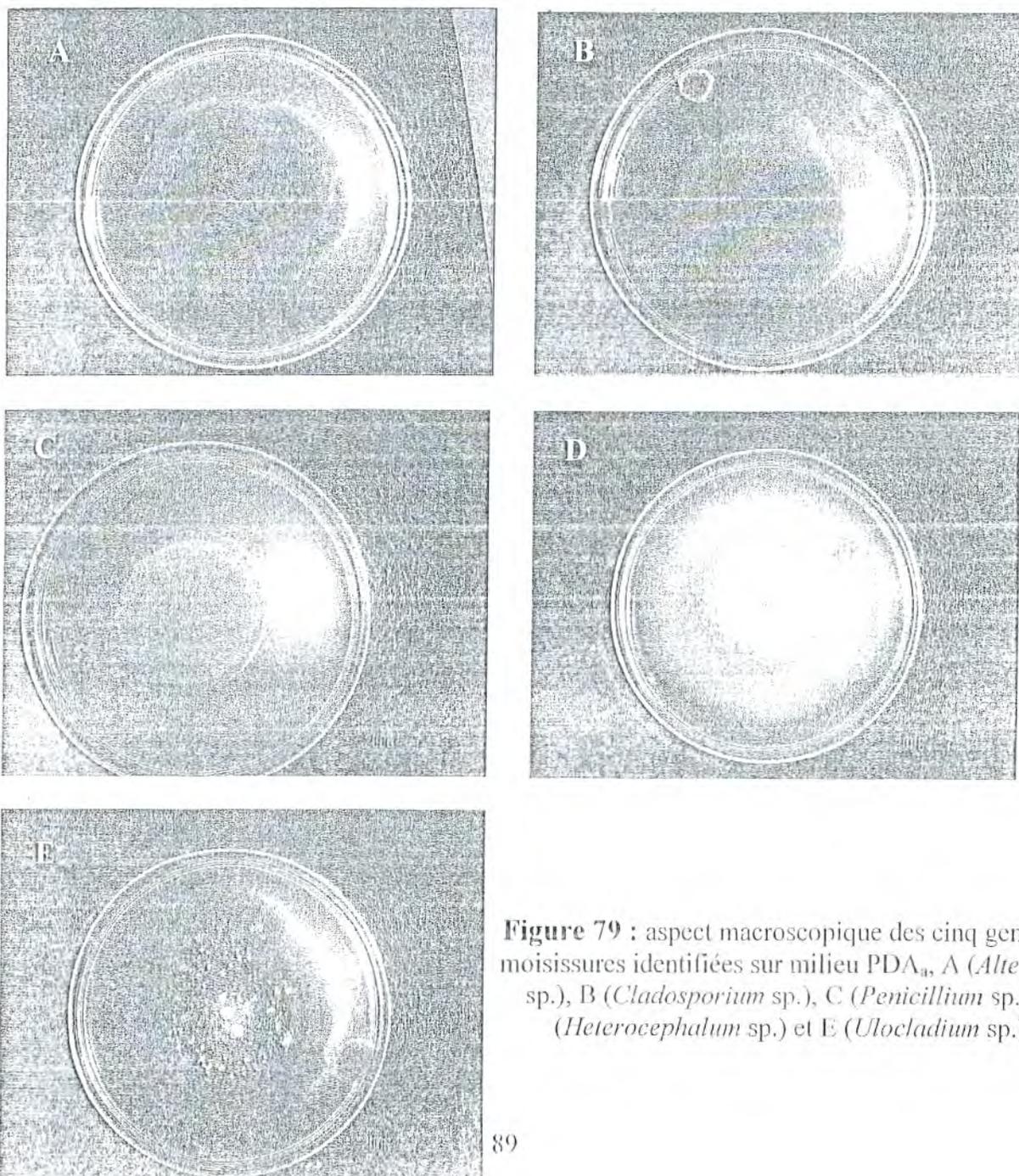
Les analyses effectuées sur tous les prélèvements ont révélé la présence de plusieurs genres de levures et de moisissures.

#### a- La méthode directe

Cinq genres différents (*Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Heterocephalum* sp. Et *Ulocladium* sp.) ont été identifiés.

#### b- La méthode de dilution

Les résultats obtenus par cette méthode confirment la présence des mêmes genres, à savoir : *Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Heterocephalum* sp. et *Ulocladium* sp. (fig. 79) dans tous les prélèvements.



**Figure 79** : aspect macroscopique des cinq genres de moisissures identifiées sur milieu PDA, A (*Alternaria* sp.), B (*Cladosporium* sp.), C (*Penicillium* sp.), D (*Heterocephalum* sp.) et E (*Ulocladium* sp.); *Allyja*

Ainsi, la microflore totale obtenue à la dilution  $10^{-3}$  est illustrée dans la figure 80 dans les différents milieux de culture pour les quatre prélèvements.

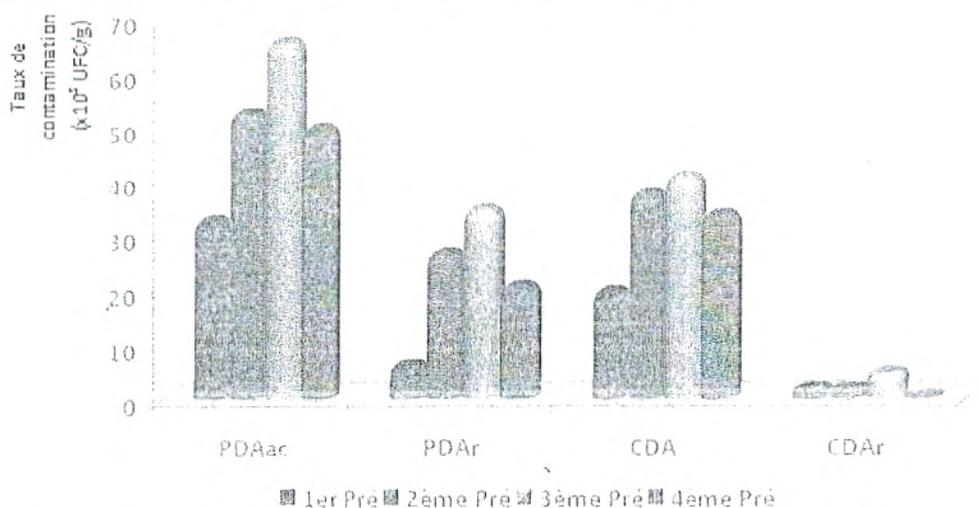


Figure 80 : la mycoflore isolée à partir des oranges au sein du verger.

#### IV-1-3-3 Etude de l'infestation à partir des fruits malades dans le verger

Les résultats obtenus lors des quatre dernières sorties ont montré que 39,16 % des fruits sont malades (fig. 81), avec 36,66 % côté Nord, 39,16 % côté Est, 43,33 % côté Sud et 37,5 % côté Ouest (fig. 82).

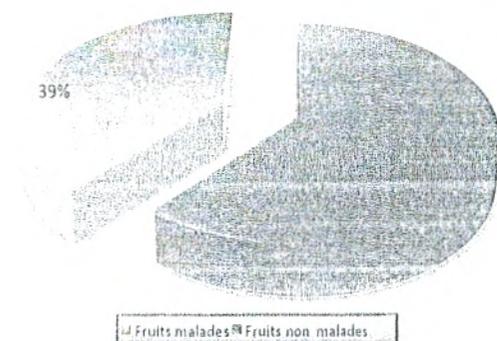


Figure 81 : taux des fruits malades dans le verger.

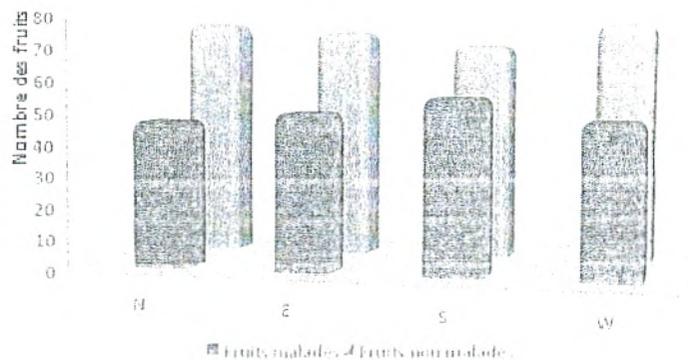


Figure 82 : taux des fruits malades selon l'orientation.

#### a- Effet de l'orientation

Selon l'analyse de variance à un facteur ( $F_{ob} = 0,44$  pour  $P = 0,724$ ), nous pouvons dire que les infestations estimées à partir du nombre de fruits malades ne varient pas de manière significative selon les orientations.

Source	SC	CM	F	P
Orient	0,317	0,106	0,44	0,724

### b- Effet de l'arbre

Il existe une différence hautement significative des moyennes pour le facteur " arbre " avec  $F_{ob} = 3,99$  pour  $P = 0,000$ .

Source	SC	CM	F	P
Orientation	64,742	0,549	3,99	0,000

#### IV-1-4 Estimation des dégâts occasionnés durant les trois saisons

Dans le verger étudié, on a enregistré 3724 fruits chutés sur l'ensemble des quatre expositions, aux différentes dates de prélèvement. Sachant qu'une orange sanguine pèse en moyenne 160g, le poids total des pertes est de 595,84 kg.

Les pertes les plus lourdes sont enregistrées au cours de la troisième période (printemps) avec 1820 fruits chutés, soit 291,2 kg ; en deuxième position vient la première période (automne) avec 1332 fruits chutés, soit 213,12 kg et en troisième position vient la deuxième période avec 572 fruits chutés, soit 91,52 kg (fig. 83).

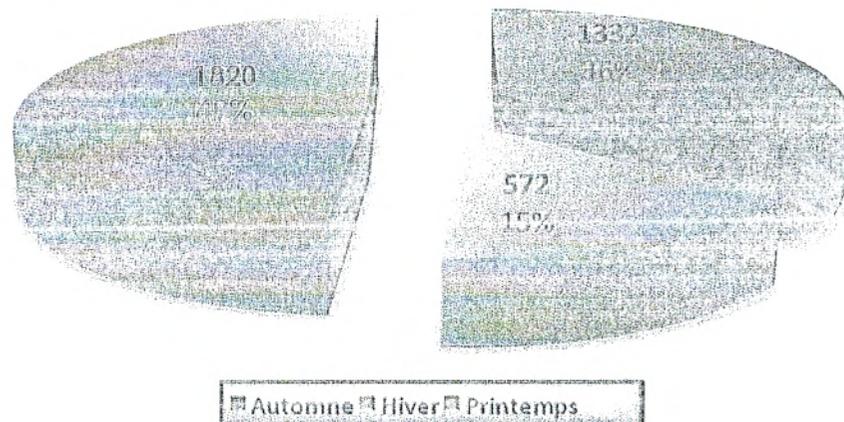


Figure 83 : répartition du taux des fruits chutés selon les saisons.

## IV-2 Discussion

### IV-2-1 Etude de l'infestation des fruits par *Ceratitis capitata*

Notre choix pour la variété sanguine était fait en raison de son appartenance aux variétés d'agrumes les plus tardives, car cela offre un hôte permettant le passage hivernale pour *Ceratitis capitata*, même si au cours des dernières sorties, nous n'avons pas trouvé suffisamment d'adultes dans les pièges sexuels pour dire qu'il existe une infestation (01 par mois en moyenne)

Ainsi, les élevages effectués aux conditions de laboratoire qui n'ont pas beaucoup de différence avec les conditions naturelles -sauf pour la protection contre le gel- montrent nettement que le taux de mortalité larvaire est assez important (fig. 67), cela serait dû à une compétition larvaire. **Duyck (2005)** a signalé que les deux types de compétition, interférence et exploitation, doivent intervenir mais il est difficile de les différencier.

L'interférence entre les larves peut se manifester par des attaques physiques, du cannibalisme ou par la suppression physiologique des autres larves ; quel que soit le mécanisme, les premières larves qui éclosent dans le fruit seront favorisées par rapport aux suivantes (Fitt, 1989).

D'un autre côté, la durée du stade pupal chez *Ceratitis capitata* présente peu de variation aux différentes dates d'élevage (fig. 68), car ces derniers ont été réalisés aux mêmes conditions de température et d'hygrométrie sachant que ces facteurs ont un impact considérable sur le développement des arthropodes (Drew, 1989)

Etant donné que la pupaison est le seul stade présent dans le sol, les pupes sont directement sous l'influence de la température et de l'humidité du sol. Ces deux facteurs ont un effet direct et important sur le développement pupal des Tephritidae (Neilson, 1964; Shoukry et Hafez, 1979; Eskafi et Fernandez, 1990; Teruya, 1990). Selon Meats (1989), si une température de 2°C est maintenue pendant une semaine, il n'y a aucune émergence d'imagos.

La texture du sol a son importance, les sols lourds entravent le développement pupal et sont la cause d'une grande mortalité en cas de forte irrigation (ou pluie).

La longévité des mouches augmente considérablement au cours des derniers élevages avec un maximum de  $179 \pm 02$  jours (le dernier adulte est mort le 08 août 2006), ce qui nous laisse penser que cette espèce a probablement développé une sorte d'acclimation physiologique ou d'adaptation génétique contre les rudes conditions de l'hiver.

Les attaques de la cératite sur les agrumes semblent être influencées par les différents facteurs que nous avons choisi de tester lors de ce présent travail ; que l'on considère les trous de ponte ou le nombre de fruits chutés, les résultats restent similaires pour la première et la deuxième période (fig. 43, 47, 56 et 60) sauf pour les deux premières semaines.

Au cours de ces deux semaines, durant la première période, nous avons remarqué une chute importante des fruits avec une absence totale de piqûres (fig. 41) ou d'adultes capturés

(fig. 66). Cela peut être expliqué par le phénomène de stress hydrique, car si on revient au diagramme ombrothermique de **Bagnouls et Gausse** (fig. 37, chap. III) la période sèche inclut le mois d'octobre. Les agrumes étant des espèces qui exigent au moins 900 mm/an de précipitations sans irrigation (**Rieger, 2002**) ou 250 mm/an de précipitations avec irrigation (**Rebour, 1966**), les arbres échantillonnés étaient sous un grand stress hydrique car ils n'étaient pas irrigués alors qu'il avait très peu plu à cette période.

D'après **Rebour (1966)**, l'œuvre des vents violents ne fait pas chuter que les fruits, il y aurait aussi des branches cassées et des feuilles tombées par terre ; ce que nous n'avons pas remarqué au cours de ces deux sorties.

Par ailleurs, la figure 56 montre l'existence d'un point chaud au milieu du verger, représentant une chute importante des fruits, alors qu'au même endroit la figure 43 montre une absence presque totale de piqûres ; ce qui écarte la probabilité d'infestation par *Ceratitis capitata*. On peut ajouter aussi que la position de ces arbres au milieu d'un verger encadré par un brise-vent à base de cyprès méditerranéens *Cupressus sempervirens* les rendent particulièrement à l'abri des vents violents (fig. 84)



**Figure 84** : photo montrant le verger encadré par un brise vent à base de cyprès méditerranéens *Cupressus sempervirens*, *D. J. G. M.*

Mais cela n'écarte nullement l'action des vents, puisque durant la deuxième période, hivernale, la comparaison entre les figures 47 et 63 montre que certains arbres du verger ont subi une chute importante des fruits sans qu'il y ait une forte infestation par *C. capitata*, ces arbres sont situés aux bord du verger, ce qui les rend vulnérables face à l'action des vents qui ont provoqués la chute des fruits.

L'action des facteurs mécaniques reste donc parmi les éléments les plus nuisibles pour les producteurs d'agrumes.

#### IV-2-1-1 Effet de la saison

Les tests statistiques effectués à partir des échantillons de fruits observés montrent une variation hautement significative selon les périodes de prélèvement. Ces variations inter-saisonniers sont essentiellement dues aux variations climatiques.

D'après nos observations, on remarque que l'infestation chez la variété sanguine augmente progressivement durant la période automnale jusqu'à atteindre son maximum à la huitième semaine (19 novembre), ce qui correspond à l'apparition de la première génération, puis diminue la semaine suivante et augmente après deux semaines (début décembre), ce qui signifie l'apparition de la deuxième génération. Mais ce que nous remarquons, la deuxième génération n'est pas aussi nombreuse que la première (fig. 52 et 66).

Au cours de la deuxième période, hivernale, nous constatons une diminution du taux d'infestation jusqu'à devenir presque nul à la période printanière.

De nombreuses études portent sur la démographie des Tephritidae (Carey, 1982; 1984; Carey et al., 1988; Vargas et Carey, 1989; 1990; Yang et al., 1994a; Vargas et al., 1997). Une étude très complète de la démographie de *C. capitata* a été réalisée par Carey (1982) tandis que Yang et al. (1994a) ont comparé la démographie de deux espèces du genre *Bactrocera* inféodées aux Cucurbitacées. D'autres études (Vargas et al., 1984 et 2000) ont montré que l'avantage compétitif de *C. capitata* aux altitudes élevées serait dû à sa stratégie démographique de type *r* qui conviendrait mieux aux climats tempérés ; ce qui explique nos résultats.

Les facteurs de l'environnement dont particulièrement les conditions climatiques agissent directement sur l'activité, sur la croissance et sur la longévité moyenne pour la population de ce diptère (fig. 75).

✕ Selon plusieurs travaux, les femelles effectuent leur ponte durant les heures les plus chaudes (Bodenheimer, 1951 ; Féron, 1962 ; Hendrichs et al., 1989).

Bernstein (1986) insiste sur l'influence des facteurs de l'environnement qui sont la température, les précipitations, les vents, l'insolation, etc., sur la dynamique des populations d'insectes. Il ajoute que les meilleures corrélations obtenues montrent que les régressions peuvent avoir une réelle prédictivité.

Selon Duyck (2005), les principaux facteurs pouvant affecter la distribution chez les Tephritidae sont la température et l'humidité.

La température a une influence très importante sur le développement et la survie des Tephritidae. De nombreuses études comparatives ont été réalisées où les seuils minimums de développement et les constantes thermiques ont été calculés pour différentes espèces (Messenger et Flitters, 1958; Crovetto et al., 1986; Delrio et al., 1986; Kasana et Aliniaze, 1994; Yang et al., 1994b; Vargas et al., 1996; Vargas et al., 1997; Brévault et Quilici, 2000 ; Vargas et al., 2000). Ces études montrent que les espèces pourraient être différentes suivant la température et par conséquent suivant la latitude et l'altitude. Les basses températures inhibent le vol et l'accouplement des mouches (Meats, 1989).

En ce qui concerne l'humidité ; **Tsitsipis et Abatzis (1980)** ont observé que chez *Bactrocera oleae* (Gmel) le temps de développement des oeufs à 20°C pouvait augmenter de 84 à 102 heures lorsque l'humidité relative décroît de 100 à 75%. En conditions naturelles, l'influence de l'humidité sur le stade embryonnaire et les stades larvaires des Tephritidae est certainement davantage modulée par le fruit hôte que par les conditions climatiques. Seules quelques études (**Neilson, 1964; Shoukry et Hafez, 1979; Eskafi et Fernandez, 1990; Teruya, 1990**) ont été réalisées sur l'influence de l'humidité relative sur le développement nymphal alors qu'il pourrait s'agir d'un facteur important affectant la distribution des espèces.

#### IV-2-1-2 Effet de l'orientation

L'orientation des fruits dans un arbre semble avoir une légère influence sur les attaques de *Ceratitis capitata* et sur les fruits chutés. Même si les tests statistiques n'ont pas révélé un effet de l'orientation sur le degré d'infestation et les fruits chutés, sauf pour la première période où l'exposition des fruits semble avoir un impact sur le taux des trous de ponte ; les figures 40, 44, 53 et 57 montrent une faible préférence des mouches pour les expositions sud et ouest. Des résultats similaires ont été obtenus par **Féron (1957); Drummond et al., (1984). Afellah et al., (1997)** qui signalent également que la partie sud de l'arbre est plus infestée que la partie nord.

Quant à **Naâmani et al., (1997)**, ils précisent que les fruits chutés – qui sont pour la plupart à l'état vert ou mûrissant- sont plus du côté est en mai, mais les larves issues de ces œufs connaissent une mortalité pouvant atteindre plus de 75%. alors qu'à cette même période, une bonne croissance des larves est notée des côtés ouest et sud ; ce que nous avons remarqué nous même dans le verger.

Contrairement à nos résultats, **Dhouibi et al., (1995)** ont montré que pour les fruits chutés, l'infestation débute au mois de mai, mais, surtout du côté est chez les fruits mûrissants.

Des travaux antérieurs menés par **Bateman (1976)** à Souss (Maroc) ont montré également que l'exposition sud-est est celle où les captures de *Ceratitis capitata* sur agrumes, sont les plus élevées.

Chez un autre Tephritidae, la mouche de l'olive *Bactrocera oleae*, **Hamach (1985)** a trouvé les mêmes résultats que nous pour la cératite, les expositions sud et ouest étant les plus attaquées.

#### IV-2-1-3 Effet de la date d'observation

Les résultats statistiques obtenus montrent une très forte influence des dates d'observation sur les taux des trous de ponte et les fruits chutés, excepté pour la troisième période, printanière.

Les infestations et les fruits chutés varient significativement selon les dates d'observation intra-saisonniers. Ces variations sont essentiellement dues au degré de maturité des fruits. En effet, l'infestation des agrumes par *Ceratitis capitata* évolue dans le temps avec le degré de maturité des fruits.

Naâmani et *al.*, (1997) indiquent que la maturité croissante des fruits stimule l'activité des mouches, ce sont les mauvaises conditions climatiques qui l'inhibent.

#### IV-2-1-4 Effet de l'arbre

Nous avons remarqué une hétérogénéité hautement significative des attaques de la cératite et les fruits chutés entre les différents arbres échantillonnés, ce qui confirme que l'arbre a une grande influence sur les attaques des agents phytoparasites.

Drew (1989) et Metclaf (1990) considèrent que ce sont les odeurs de l'arbre ou Kairomones qui sont des substances volatiles attractives à longue distance, qui fonctionnent comme leurres des mâles sexuellement mûres et les femelles immatures, les phénomènes sexuels assurant le succès de l'accouplement, stimulent ainsi l'oviposition.

Prokopy (1981) signale qu'au niveau d'un même arbre, les infestations sont très hétérogènes, il l'explique par la phéromone de marquage sécrétée par la femelle et déposée sur les fruits juste après la ponte, afin d'écartier les autres cératites à la recherche d'un site d'oviposition.

Quant à Fletcher (1987) et Duyck (2005), ils attribuent cette différence d'infestation d'un arbre à un autre à la compétition intraspécifique, les mouches étant plus abondantes que leur ressource nutritive. La compétition intraspécifique la plus importante chez les Tephritidae concerne les femelles sur les fruits. Leur agressivité peut diminuer la fécondité et par conséquent la ponte des œufs, en encourageant les femelles mûres à se disperser.

Des cas de dérangement des femelles par d'autres femelles de Tephritidae pendant la ponte ont déjà été observés. Cependant Fitt (1989) pense que ce mécanisme de compétition a peu d'importance vu que le laps de temps qui s'écoule entre l'arrivée d'une femelle sur un fruit et la ponte est généralement bref. Un comportement de défense des sites d'oviposition par la femelle contre des femelles de la même espèce a pu être observé chez *B. dorsalis* (Shelly, 1999).

Les travaux de Gaouar (1996) ont montré un impact de l'arbre hautement significatif avec un effet de bordure très marqué qui a été attribué au fait que les mouches en déplacement sont interceptées en premier lieu par les arbres situés sur les bords du verger, ce qui explique cette répartition spatiale particulière (fig. 43, 47, 56 et 60) en plus de la phénologie spécifique à chaque arbre.

#### IV-2-1-5 Le parasitisme chez *Ceratitis capitata*

Les élevages de la cératite au laboratoire ont donné un certain nombre de larves dont la majorité ont évolué en pupes puis en adultes.

Les adultes obtenus, avec un sex-ratio non équilibré (fig. 74), ont permis de connaître la nature du parasite, en l'occurrence l'espèce *Opius concolor*, un Hyménoptère Braconidae, très fréquent au Maghreb, aussi bien en tant que parasite de *Ceratitis capitata* que de la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Gaouar et Debouzie, 1995 ; Hamidi, 2002 et Belhoucine, 2003).

Cependant, le taux de parasitisme (3%) reste trop faible pour exercer un quelconque contrôle sur la mouche des fruits qui ne cesse de causer de graves dégâts tant sur les agrumes que sur les autres fruits.

Les prélèvements ayant été effectués d'octobre à février, nous n'avons obtenu que deux parasites en novembre et à la fin décembre, période à laquelle nous avons eu deux et neuf larves, respectivement.

Contrairement à nos résultats, **Allemand et al.**, (1999) montrent qu'une forte pression larvaire dans un fruit induit une densité élevée de parasitoïdes et une importante mortalité larvaire.

Selon **Cochereau (1970)**, les femelles du genre *Opius* possèdent une tarière de 3 à 5 mm de long, ce qui explique que la variété sanguine, ayant une peau coriace et épaisse, empêche la tarière du parasitoïde de s'y enfoncer.

#### **IV-2-2 Etude de l'infestation des fruits par la microflore pathogène**

Les plantes chlorophylliennes sont des eucaryotes supérieurs. Elles tirent leur énergie de la lumière et sont donc dites phototrophes. Elles sont capables de synthétiser leurs propres composés organiques à partir du dioxyde de carbone atmosphérique et sont de ce fait qualifiées d'autotrophes. Cette aptitude les place tout naturellement au début de la chaîne alimentaire.

De nombreuses maladies, certaines létales, affectent les plantes. Les agents pathogènes qui en sont responsables se caractérisent non seulement par leur nature (virus, bactérie, champignon), leur mode d'action mais aussi par les effets qu'ils provoquent.

Au cours de la troisième période (printemps), nous avons remarqué une hausse exponentielle des fruits chutés. Ce qui a représenté 49% du total des fruits chutés durant toute la période d'étude (**fig. 83**).

##### **IV-2-2-1 Effet de l'orientation**

L'exposition des fruits dans l'arbre ne semble pas avoir une influence sur les attaques des germes phytopathogènes sur les fruits chutés. Les tests statistiques n'ont révélé aucun effet de l'orientation sur le degré d'infestation des fruits chutés, la figure 82 ne montre pas une grande variabilité des fruits malades.

Cela est dû à la dispersion des germes phytopathogènes sur de longues distances par les facteurs mécaniques, les animaux, les oiseaux, les insectes qui a été suggérée mais n'a pas été démontrée de manière décisive.

La dissémination des microorganismes sur de faibles distances sur un même arbre ou entre les arbres se fait principalement par des gouttes de pluie véhiculées par le vent (**Whiteside et al.**, 1988).

#### IV-2-2-2 Effet de l'arbre

L'arbre semble avoir une grande influence sur les attaques des germes parasites, les tests statistiques l'ont bien montré pour les fruits malades et les fruits chutés. Ce qui confirme que l'arbre a un grand impact sur les attaques des microorganismes pathogènes.

Castle (1987) ; Spiegel-Roy et Goldschmidt (1996) expliquent cette variation du degré de résistance des arbres selon la salinité du sol, la profondeur des blessures et la nature de la maladie.

Nicholson et Hammerschmidt (1992) indiquent que le degré de résistance est caractérisé par le taux d'accumulation des composés phénoliques secondaires qui isolent efficacement le germe pathogène au niveau du point d'infection initiale et l'empêche de contaminer les autres fruits et les autres arbres. Cette résistance des fruits par les composés phénoliques a été aussi démontrée par Rodov et al. (1994).

#### IV-2-2-3 La flore bactérienne

La contamination par la flore mésophile totale s'est révélée importante dans tous les prélèvements ( $5,1 \times 10^3$  en moyenne) avec un maximum de  $6,1 \times 10^3$  pour le troisième prélèvement (fig. 78).

Les genres bactériens retrouvés dans nos échantillons sont de nature aéro-anaérobie facultative et aérobie stricte, ils se rangent parmi les *Bacillus*, les *Pseudomonas* et les *Acinetobacter* (tab.VI).

Ces genres sont qualifiés selon Richard-Molard (1991) et Cahagnier (1996) de flore bactérienne provenant essentiellement du sol.

Pour les *Acinetobacter* sp. et *Bacillus* sp., elles sont considérées comme des bactéries peu pathogènes. Les facteurs de pathogénicité des *Acinetobacter* et des *Bacillus* chez les agrumes sont encore mal connus (Euzéby, 2003).

Pour le genre *Bacillus*, l'espèce *B. thuringensis* ou Bt qui accompagne souvent les attaques des insectes exercerait un rôle important dans la lutte biologique

Durant l'étape de sporulation de son cycle de vie, le Bt produit une protéine cristallisée, qui est toxique pour les larves. Ces cristaux microscopiques sont ingérés par les larves des insectes lorsque celles-ci se nourrissent. Dans le milieu alcalin de l'appareil digestif de ces insectes sensibles, les cristaux se dissolvent et se transforment en molécules protéiques toxiques qui détruisent les parois de l'estomac. Les insectes cessent habituellement de se nourrir dans les heures qui suivent leur exposition au Bt et meurent en quelques jours (Lacoursière et Boisvert, 2004) ; mais son rôle sur *Ceratitis capitata* reste encore inconnu.

Pour le cas des *Pseudomonas* sp., il existe l'espèce *Pseudomonas citri* (Hasse) qui est responsable de la maladie du chancre chez les agrumes.

Elle infecte toutes les parties aériennes des plantes-hôtes sensibles, en particulier les jeunes feuilles en croissance active, les rameaux, les tiges, le tronc, les épines et les fruits.

L'infection des jeunes feuilles et des rameaux se produit généralement 10 à 21 jours après le début du développement des pousses.

Les lésions décrites par **Swarup et al. (1991)** commencent par apparaître sous forme de tâches en tête d'épingle, qui donnent ensuite de petites pustules légèrement surélevées ou des éruptions en forme d'ampoule. Initialement, ces ampoules apparaissent à la face inférieure des feuilles, environ 7 jours après l'infection. Ensuite ces ampoules sont visibles à la face supérieure des feuilles.

Quant aux fruits, les lésions du chancre bactérien des agrumes sont aussi, en superficie, similaires à celles sur feuilles. Le halo jaune peut être présent ou non. Les lésions anciennes se caractérisent par leur aspect en cratère et leur forme irrégulière, leur couleur marron foncé et les masses scabieuses à la surface du fruit. Les lésions ne pénètrent pas dans le zeste sur plus de 1-3 mm (**Swarup et al. 1991**).

Mais durant toute la période d'étude au verger, aucun de ces symptômes n'a été décelé, ce qui nous laisse penser que les agents pathogènes responsables de ces pertes sont principalement des moisissures. En plus, l'acidité élevée des oranges ( $3,00 \leq \text{pH} \leq 4,63$ ) peut limiter la croissance bactérienne.

D'après **Berthier et Valla (1991)**, les champignons sont encore beaucoup plus tolérants que les bactéries ; alors que ces dernières exigent souvent des pH compris entre 7 et 8, la plupart des champignons se développent normalement à des pH compris entre 3 et 8, ce qui est notre cas.

#### *IV-2-2-4 La flore mycologique*

Les résultats physico-chimiques de tous les prélèvements donnent un pH acide, ce qui nous conduit à dire que les moisissures se trouvent soit en état de spore, soit elles sont restées sur les parties externes des fruits (zeste) sans atteindre la pulpe qui est riche en matières nutritives.

L'impact des moisissures sur la qualité des oranges étant de mieux en mieux perçu, le besoin de mieux les connaître conduit à élaborer des méthodes permettant de déterminer la nature des microorganismes présents.

La présence importante et la diversité des espèces de moisissures dans nos prélèvements sont probablement dues aux conditions de l'environnement favorables à leur développement durant cette période de l'année. Nous avons constaté que les moisissures préfèrent un milieu à base organique (PDA) et pH acide à un milieu à base minérale (CDA), ainsi qu'une température entre 22°C et 30°C.

Le taux de contamination est très important dans tous les prélèvements avec un maximum de  $63 \times 10^3$  UFC/g (**fig. 80**).

Selon **Graham (1990 et 1995)**, la composition biochimique des oranges influe sur la croissance des microorganismes.

La flore fongique totale (interne et externe) a révélé une dominance de moisissures filamenteuses très sporulantes qui ont un très grand pouvoir de dissémination et qui sont les

*Alternaria*, les *Penicillium* et les *Ulocladium* (fig. 79). D'après Manner et al. (2005), ces moisissures s'attaquent aux oranges mûres, ce qui est le cas pour nos prélèvements.

D'après Lepoivre (2003), les champignons filamenteux sont les pathogènes les plus importants des plantes devant les virus et bactéries.

Les spores d'*Alternaria sp.* sont présentes toute l'année dans les vergers, c'est un pathogène de blessures (grattages d'épiderme, plaie de coupe du pédoncule), mais il pénètre surtout dans les fruits par les ouvertures naturelles (ombilic, cicatrice stylaire, craquelures de base du pédoncule) (Olsen et al., 2000). Par conséquent, les attaques des fruits par *Ceratitits capitata* favorisent leur implantation, notamment au niveau des trous de ponte.

Sur l'épiderme, il provoque une pourriture noire, molle, déprimée et entourée d'une bordure brunâtre. Dans le fruit, il colonise l'axe central et les quartiers ; les tissus noircissent (fig. 85).

Le développement de ces microorganismes ne se limite pas seulement à l'altération de la qualité du produit, mais peut avoir des conséquences sur la santé du consommateur. En effet les allergies, les mycoses et les mycotoxines peuvent être induites par la microflore des agrumes (Ozgonen et Karaca, 2005).

Pour *Cladosporium sp.*, c'est un pathogène devenu fréquent sur de nombreuses variétés d'agrumes. Il est présent sur différents débris végétaux en décomposition dans les vergers, et contamine les fruits pendant la cueillette (Bordeau et Chauvel, 2003).

Son action est similaire à celle d'*Alternaria* : il colonise les blessures d'épiderme, la zone stylaire, l'ombilic des variétés Navel et la base des pédoncules (Achatz et al., 1995).

Sur la peau, il provoque une nécrose brunâtre souple qui se recouvre progressivement d'un mycélium gris-vert. Dans la zone stylaire, il reste superficiel mais les attaques pédonculaires précoces envahissent ensuite l'axe central (Coleman et al., 1997).



Figure 85 : symptômes d'infection d'une orange par *Alternaria sp.* et/ou *Cladosporium sp.*

Dans la cas du *Penicillium sp.*, il est responsable de plus de 80% de pourriture des agrumes ; toutes les espèces et variétés y sont sensibles (Olsen et al., 2000).

Il y a l'espèce *Penicillium digitatum* qui est responsable de " la pourriture verte " des agrumes, ainsi nommée à cause de la couleur de ses spores qui, en fin d'évolution, couvrent la totalité des fruits atteints. C'est strictement un parasite de blessures, ne pouvant pénétrer les

épidermes intacts. Les possibilités de contamination au verger existent, mais l'essentiel des infections survient à la récolte (Kim et al., 1991).

Nous avons remarqué que les infestations de *C. capitata* favorisent l'installation de ces moisissures puisque les fruits chutés en étaient particulièrement affectés.

Au début, les zones atteintes de l'épiderme s'éclaircissent légèrement, deviennent molles, puis il se développe un fin mycélium blanc vif, à accroissement régulier et circulaire, dont le centre se couvre de spores vertes.

En fin d'évolution, les spores vertes recouvrent la totalité du fruit ; l'épiderme, flavedo et albédo, et la pulpe sont entièrement envahis. Dès le début de l'infection, le fruit a une saveur indésirable (Kim et al., 1991).

Les spores sont facilement inoculées par le plus petit mouvement de l'air et colonisent les fruits adjacents blessés. Dans sa progression *P. digitatum* suit une séquence bien définie, il doit impérativement dégrader le flavedo avant l'albédo et la pulpe, la preuve en est qu'il ne peut s'attaquer à un fruit pelé superficiellement (flavedo) ayant conservé le seul albédo. *P. digitatum* reste actif aux températures habituelles d'entreposage (Fourie, 2004).

L'espèce *Penicillium italicum* est responsable de " la pourriture bleue " des agrumes, ainsi nommée à cause de la couleur de ses spores. C'est un parasite des épidermes intacts, plus redoutable de ce fait que *P. digitatum* (Fourie, 2004).

L'épiderme atteint s'éclaircit, devient mou, puis un duvet mycélien blanc apparaît, qui se couvre rapidement de spores bleues. La chair est simultanément contaminée et le fruit, même partiellement atteint, devient inconsommable (Rodov et al., 1994).

Les spores sont facilement transportées d'un fruit à l'autre, et la pourriture se propage aussi directement par contact.

Les deux espèces peuvent cohabiter sur un même fruit, *P. italicum* venant parfois se surimposer à *P. digitatum*, mais jamais l'inverse (Rodov et al., 1994).

## Conclusion

Le développement des moisissures et la production des mycotoxines (dangereuses pour l'homme et l'animal) dépendent essentiellement des conditions de l'environnement. Les principaux facteurs conditionnant l'ampleur de ces diverses altérations sont le degré de maturation des fruits, l'humidité de l'air et la température sans oublier la nature du substrat.

Nous avons constaté que les parties du verger ayant subi les attaques par *Ceratitix capitata* au cours des saisons automnale et hivernale sont presque les mêmes ravagées par les moisissures à la saison printanière (fig. 43, 47, 64).

Le décalage temporaire entre les attaques de la cératite et des moisissures peut être expliqué par l'action des facteurs climatiques, surtout la température et l'humidité de l'air ainsi que le fait que les trous de ponte favorisent l'installation, à postiori, de ces phytopathogènes (fig. 35, 36, 37).

En 1960, Piguet a défini les agrumes comme des fruits précoces, qui sont de loin les plus piqués, il n'est pourtant pas rare d'y trouver des piqûres, mais pas assez de larves, d'où cette notion de "piqûres stériles".

Ces trous de ponte stériles constituent un abri pour les spores des moisissures et des bactéries transmises par les femelles de la cératite contre les mauvaises conditions biotiques (degré de maturité des fruits, épaisseur de l'écorce, quantité du jus) et climatiques (température, humidité de l'air) durant les saisons automnale et hivernale.

Les populations conidiennes atmosphériques fluctuent qualitativement et quantitativement avec la géographie, les saisons et les climats. En atmosphère non contrôlée, la contamination fongique, notamment par les *Cladosporium* et *Penicillium*, est un risque permanent et pratiquement inévitable : les végétaux, les graines et les fruits sont naturellement contaminés (Berthier et Valla, 1991).

Cette constatation confirme nos prévisions quant à l'association des attaques de la microflore et celles de la mouche Méditerranéenne des fruits.

Cependant, il serait intéressant d'effectuer des recherches concernant l'action de l'espèce *Bacillus thuringensis* ou Bt en tant que facteur limitant des populations de *Ceratitis capitata* pour envisager un éventuel schéma de lutte biologique ou intégrée afin d'éradiquer ce ravageur notoire des agrumes.

*Conclusion*

## Conclusion

L'étude bioécologique de *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae) d'une part, et microbiologique de la microflore pathogène d'autre part dans la région d'Hennaya (Tlemcen), a permis d'obtenir un certain nombre de résultats qui ont servi à connaître la répartition spatio-temporelle des attaques de la cératite et de la microflore pathogène sur les agrumes. Ainsi, ils ont permis d'estimer les taux d'infestation des fruits et les dégâts occasionnés par ces deux derniers dans cette région.

Notre étude est essentiellement basée sur les variations des principaux facteurs liés à l'infestation des oranges *Citrus sinensis* de la variété sanguine par la cératite et par la microflore pathogène qui lui est associée.

Les taux d'infestation ne varient pas significativement selon l'orientation des fruits dans l'arbre. Mais nous avons relevé une légère préférence pour la partie sud-ouest de l'arbre.

Par ailleurs, ils varient considérablement au cours des temps. Ce facteur écologique a un très grand effet sur le degré d'attaque des phytoparasites que ce soit pour les variations intra-saisonnières ou inter-saisonnières.

Pendant la première saison (automne), on distingue une augmentation progressive des attaques de la cératite à la mi-saison, correspondant à l'apparition de la première génération puis une perturbation à la fin de la saison avec une absence totale des maladies dues aux microorganismes.

Au cours de la deuxième saison (hiver), les taux d'infestation par *Ceratitis capitata* commencent à diminuer jusqu'à devenir presque nuls vers la fin de la saison. En parallèle, l'effet nuisible des microorganismes pathogènes (surtout des moisissures) commence à se faire sentir dès la fin de cette saison hivernale.

Il faut savoir que les substances dites mycotoxines sont produites par une grande variété de moisissures se développant sur différents types d'aliments comme les oranges, dont font partie les genres identifiées (*Alternaria* sp., *Cladosporium* sp. et *Penicillium* sp.), et cela dans des situations écologiques diverses.

Durant les quatre premières semaines de la saison printanière, les attaques de la cératite restent presque absentes, mais l'action des moisissures sur les fruits est considérable à cause des conditions climatiques favorables à leur développement.

Les degrés d'infestation diffèrent également selon l'arbre échantillonné dans le verger de *Citrus sinensis* (var. *Sanguinelli*) durant les trois saisons. Cette différence revient au décalage phénologique entre les arbres d'un même verger et à la composition chimique de la pulpe de leurs fruits dont principalement leur teneur en sucre et en jus ainsi qu'à leur pH.

La caractéristique des oranges de cette variété est qu'elles possèdent une résistance naturelle au développement des moisissures et des stades juvéniles de la cératite, due à la présence dans le fruit d'une densité de glandes d'huile essentielle par cm<sup>2</sup> d'albédo et un flavedo plus compact, mais le degré de résistance varie d'un fruit à un autre.

Le traitement des résultats nous a permis de tracer le lien entre ce diptère et la microflore pathogène provenant essentiellement du sol malgré l'écart temporaire séparant leurs attaques.

Cela peut créer une grande menace pour la production fruitière dans notre région quand on sait que la mouche méditerranéenne des fruits peut accomplir plusieurs générations dans le Bassin méditerranéen, six à sept générations voire huit générations dans les meilleures conditions climatiques et de l'abondance des espèces fruitières. Plusieurs auteurs signalent qu'elle a cinq générations sur les espèces estivales et trois générations sur les agrumes. Les cinétiques d'infestation que nous avons obtenu montrent deux pics d'infestation bien nets, ce qui indique la présence de deux générations dans le verger d'agrumes étudié, pendant la période d'étude.

Les élevages ont montré que la longévité des adultes obtenus à partir des prélèvements menés en hiver est nettement plus élevée que ceux obtenus en automne, ce qui explique la manière dont cette espèce effectue son passage hivernal.

Ces mêmes élevages ont permis de connaître le parasite naturel de la mouche dans cette région, il appartient à l'espèce *Opius concolor*, cependant, son taux de présence reste trop faible exercer un contrôle biologique efficace.

Les résultats de nos travaux nous encouragent à poursuivre nos recherches sur la microflore pathogène et la bioécologie des Tephritidae en générale sur une large gamme d'espèces fruitières dans notre région et d'en déduire la possibilité d'existence de relation entre les deux, d'autant plus que c'est le premier travail du genre à avoir abordé ce type de phytopathologie malgré ces dégâts très importants occasionnés dans notre région.

## Références bibliographiques

- Achatz, G., Oberkofler, H., Lechenauer, E., Simon, B., Unger, A., Kandler, D., Ebner, C., Prillinger, H., Kraftt, D. & Breitenbach, M., (1995)** Molecular cloning of major and minor allergens of *Alternaria alternata* and *Cladosporium herbarum*, *Molecular Immunology*, Volume 32, Issue 3, Pages 213-227.
- Afella, M., Ben Hamadi, I., Smaïli, C., Hilal, A. & Chemseddine, M. (1997)** Répartition de l'infestation de la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Gmel.) en verger oléicole dans la Sais au Maroc. Proc. Of the IOBC, wprs bull, oilb. Srop. Vol 20(8) : 76-85.
- Allemand, R., Fleury, F., Lemaitre, C. & Bouletreau, M. (1999)** Dynamique des populations et interactions compétitives chez deux espèces *leptopilina*, parasitoïdes de drosophiles, dans la vallée du Rhône (Hymenoptera : Figitidae). UMR/CNRS 5558 Biométrie et biologie évolutive, Univ. C. Bernard – Lyon I, F- 69622 Villeurbanne cedex, France. Ann. Soc. Entomol. Fr. (N.S), 35 (suuppl.) : 97-103.
- Allwood, A.L., Chinajariyawong, A., Drew R., Hancock, D.L., Hengsawad, C., Jipanin, J.C. & Jirasurat M. (1999)** Host plant records for fruit flies (Diptera: Tephritidae) in Southeast Asia. *Raffles Bulletin of Zoology, Supplement*.
- Aluja, M. & Prokopy, R.J. (1993)** Host odor and visual stimulus interaction during intratree host finding behavior of *Rhagoletis pomonella* flies. *Journal of Chemical Ecology*, 19: 2671-2696.
- Anonyme, (2003)** Statistiques agricoles – Agrumes-, CAMP 2000/2001. M.A.P., D.S.E.F. N° 1-2, 8p.
- Ateitrus, (2002)** La mosca de la fruta (*Ceratitidis capitata*). *Asociación Tucumana del Citrus*. 3 p.
- Avery, J.W., Chambers, D.L., Cunningham, R.T. & Leonhardt, B.A. (1994)** Use of ceralure and trimedlure in Mediterranean fruit fly mass-trapping tests. *Journal of Entomological Science*, 29 : 543-556.
- Bagnouls, F. & Gaussen, H. (1953)** saison sèche et indice xérothermique. Bull. Soc. Hist. Nat. de Toulouse T88, fax, 3(4), 1993-239.
- Barnett, H.L. (1972)** Illustred general of imperfection fungi. Burgess publishing company. Minnesota (USA): 3<sup>ème</sup> Ed.
- Bateman, M.A. (1976)** Fruit flies. In: V.L. Delucchi (Ed), studies in biological control. *Cambridge Univ. Press*, Cambridge, pp: 11-49.

- Bateman, M.A. (1982)** Chemical methods for suppression or eradication of fruit fly populations. In: *Economic fruit flies of the South Pacific Region* (Ed. by Drew, R.A.I.; Hooper, G.H.S.; Bateman, M.A.), pp. 115-128. 2nd edition. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australie.
- Bautista, N.L., Garcia de la Torre, G.S., de Haro Arteaga, I. & Salazar Schettino, P.M. (1999)** Importance of *Triatoma pallidipennis* (Hemiptera: Reduviidae) as a vector of *Trypanosoma cruzi* (Kinetoplastida: Trypanosomatidae) in the state of Morelos, México, and possible ecotopes. *J Med Entomol*, 36: 233- 235.
- Belhoucine, S. (2003)** Etude de l'éventualité d'un contrôle biologique contre la mouche de l'olive *Bactrocera oleae* (Gmel.) dans cinq stations de la wilaya de Tlemcen. Thèse. Mag. Univ. Tlemcen. 116p.
- Benabadji, N. (1991)** Etude phytoécologique de la steppe à *Artemisia inculta* au Sud de Sebdu (Oranie - Algérie). Thèse. Doct. Sciences. Univ. d'aix-Marseille 3, St Jérôme, P 219.
- Berg, G.H. (1979)** *Pictorial key to fruit fly larvae of the family Tephritidae*. OIRSA, San Salvador, El Salvador.
- Bernstein, C. (1986)** Détection de l'influence des facteurs de l'environnement sur la dynamique des populations d'insectes: une note sur les calculs de régression. *Acta Oecologia*, 6 : 389-394.
- Berthier, J. & Valla, G. (1991)** Moisissures - Mycotoxines et Aliments: du risque a la prévention. Univ, C Bérnard - Lyon I. F- 69622 Villeurbanne Cedex, France. 36p.
- Bestaoui, K. (2001)** Contribution à une étude syntaxonomique et écologique des matorrals de la région de Tlemcen. Thèse. Mag. Univ. Tlemcen. 174p.
- Bezzi, M. (1928)** Diptera Brachycera and Athericera of the Fiji Islands, based on material in the British Museum (Natural History). Brit. Mus. *Oxford Univ. Press*, London, 220 p.
- Bodenheimer, F.S. (1951)** *Citrus entomology in the Middle East*, Junk, The Hague, 633p.
- Boman, B. & E. Stover. (2002)** Managing Salinity in Florida *Citrus*. <<http://edis.ifas.ufl.edu/AE171>>
- Boivin, G. (1996)** Evolution et diversité des insectes parasitoïdes. *Antennae*, 3: 6-12.
- Bonizzoni, M., Malacrida, A.R., Guglielmino, C.R., Gomulski, L.M., Gasperi, G. & Zheng, L. (2000)** Microsatellite polymorphism in the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Insect Molecular Biology*, 9: 251-261.

- Bordeau, C. & Chauvel, G. (2003)** Etat phytosanitaire des feuillus en Pépinières ornementales et en espaces verts en 2003. Fredon Poitou-Charentes et DGAL SDQPV. 8p.
- Bourgeois, C.M. & Leveau, J.Y. (1991)** Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires. Paris : Sciences et Techniques Agroalimentaires (Lavoisier), 454p.
- Bret, B. L., Larson, J. R., Schoonover, T. C. & Thompson, G. D. (1997)** Biological properties of spinosad. *Down to Earth*, 52: 6-13.
- Brévault, T. (1999)** Mécanismes de localisation de l'hôte chez la mouche de la tomate, *Neoceratitis cyanescens*, PhD. Thesis. Ecole Nationale Supérieure Agronomique, Montpellier, France.
- Brévault, T. & Quilici, S. (2000)** Relationships between temperature, development and survival of different life stages of the tomato fruit fly, *Neoceratitis cyanescens*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 94: 25-30.
- Buker, R. (2005)** The influence of citrus rootstock genetics budded to *Citrus sinensis* on interference with *Bidens pilosa*. Proceedings Southern Weed Science Society Vol 58.
- Cahagnier, B. (1996)** Céréales et produits dérivés. In : Microbiologie alimentaire, aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments (T1). Paris, Tec. Doc. Lavoisier. Paris IV. Ch 9, pp. 392-413.
- Carey, J.R. (1982)** Demography and population dynamics of the Mediterranean fruit fly. *Ecological Modelling*, 16 : 125-150.
- Carey, J.R. (1984)** Host-specific demographic studies of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Ecological Entomology*, 9: 261-270.
- Carey, J.R. (1992)** The Mediterranean fruit fly in California: taking stock. *California Agriculture*, 46: 12-17.
- Carey, J.R., Yang, P. & Foote, D. (1988)** Demographic analysis of insect reproductive levels, patterns and heterogeneity: case study of laboratory strains of three Hawaiian tephritids. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 46 : 85-91.
- Carvalho, J.E.B., Pitelli, R.A., Santana, A.E., Gravena, R., Caldas, R.C. & Galli, A.J.B. (2003)** Effects of weedy periods on citrus productivity. Abstracts of the *Weed Science Society of America*, 43: 9.
- Castle, W.S. (1987)** Citrus rootstocks pp 361- 399 in: *Rootstocks for fruit crops*. Rom, R.C., Carlson, R.F., Ed. J. Wiley and sons, New York.

- Cayol, J.P. & Causse, R. (1993)** Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* back in Southern France. *Journal of Applied Entomology*, 116: 94-100.
- Cayol, J.P., Causse, R., Louis, C. & Barthes, J. (1994)** Medfly *Ceratitis capitata* as a rot vector in laboratory conditions. *Journal of Applied Entomology*, 117: 338-343.
- Cayol, J.P., Enkerlin, W., Bakri, A. & Hendrichs, J. (2003)** Les mouches des fruits (Diptera, Tephritidae), ravageurs d'importance économique pour l'agrumiculture. *Insect Pest Control Section, Joint FAO/IAEA Division for Food and Agriculture, International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria*
- C.D.H. (1982)** Commonwealth Department of Health. Citrus dieback and greening. *Plant Quarantine Leaflet No. 26. Australian Government Publishing Service, Canberra, Australie.*
- Christenson, L.D. & Foote, R.H. (1960)** Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 5: 171-192.
- Christien, V., Navarro, L. & Bové, J.M. (2002)** IVIA, Moncada, Valencia, Espagne. INRA et Université Victor Segalen Bordeaux 2, BP. 81, 33883 Villenave d'Ornon, France.
- Clausen, C. P., Clancy, D. W. & Chwk, Q. C. (1965)** Biological control of the oriental fruit fly *Dacus dorsalis* (Hendel.) and other fruit flies in Hawaii. *USDA Tech. Bull.*, n° 1322, 102 p.
- Cochereau, P. (1970)** Les mouches des fruits et leurs parasites dans la zone Indo-Australo-Pacifique et particulièrement en Nouvelle Calédonie. *Cah. ORSTOM, sér, biol.*, n° 12 : 01-50.
- Cole, G. & Kendrick, B. (1981 a).** Biology of conidial fungi. Volume I, Academic Press, London, 487 p.
- Cole, G. & Kendrick, B. (1981 b)** . Biology of conidial fungi. Volume II, Academic Press, London, 660 p.
- Coleman, M., Henricot, B., Arnau, J., Oliver, R.P., Henricot, B., Oliver, R.P. & Arnau, J. (1997)** Starvation-induced genes of the tomato pathogen *Cladosporium fulvum* are also induced during growth in planta, *Molecular Plant-Microbe Interactions*, Volume 10, Issue 9, Pages 1106-1109.
- Crovetti, T., Conti, B. & Delrio, G. (1986)** Effect of abiotic factors on *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) - II. Pupal development under constant temperatures. *In Fruit Flies of Economic Importance* (Ed R. Cavalloro), pp. 141-147. Balkema, Rotterdam.

- Cunningham, R.T. (1989)** Population detection and assessment; population detection. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 169-173. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Cunningham, R.T. (1989a)** Biology and physiology; parapheromones. In: *World crop pests 3(A). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 221-230. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Cunningham, R.T. (1989b)** Control; insecticides; male annihilation. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 345-351. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Dagnélie, P. (1970)** Théories et méthodes statistiques. Vol. 2. Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L.
- Dahmani, M. (1984)** Contribution à l'étude des regroupements à chêne vert des monts de Tlemcen. Thèse. Doct. 3<sup>ème</sup> cycle. 227p.
- Dajoz, P. (1970)** Précis d'écologie, Dunod, Paris, 358p.
- De Bach, P. (1962)** An analysis of successes in biological control of insects in the Pacific area. *Proc. Hawaiian Entomol. Soc.*, 28, 1, pp. 69-79.
- De Bach, P. (1964)**. Biological control of insect pests and weeds, Chapman and Hall, London, 844 p.
- De Meyer, M. (2000)** Phylogeny of the Genus *Ceratitis* (Dacinae: Ceratitidini). In *Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior* (Eds M. Aluja et A.L. Norrbom), pp. 409-428. CRC Press.
- De Meyer, M., Copeland, R.S., Wharton, R.A. & McPheron, B.A. (2004)** On the geographic origin of the Medfly *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). In *Proceedings of the 6th International Fruit Fly Symposium*, pp. 45-53, Stellenbosch, South Africa.
- Debouzie, D., Denis, B. & Rospard, J.P. (1987)** Sampling and spatial distribution. *C.R. Acad. Agric. Fr.*, 73, 73-82.
- Delrio, G., Conti, B. & Croveti, A. (1986)** Effect of abiotic factors on *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) - I. Egg development under constant temperatures. In *Fruit Flies of Economic Importance* (ed R. Cavalloro), pp. 133-139. Balkema, Rotterdam.

- Dhouibi, M.H., Gabbich, H. & Saaidia, B. (1995)** Evolution de l'attaque des fruits par *Ceratitis capitata* (Wied.) en fonction de la position de l'arbre et du degré de maturité des oranges. *Fruits*. Vol 50, n°1, pp : 39-49.
- Dosba, F. (2002)** Implantations de la protection variétale au niveau des opérateurs. UMR 1098, Biologie du develop des plantes pérennes cultivées. ENSA. M-INRA, 2 place riala, 34060 Montpellier Cedex 1.
- Dow AgroSciences. (1997)** *Spinosad Technical Bulletin*. Dow AgroSciences. 15 pp.
- Drew, R.A.I. (1982)** Fruit fly collecting. In: *Economic fruit flies of the South Pacific Region* (Ed. by Drew, R.A.I.; Hooper, G.H.S.; Bateman, M.A.), pp. 129-139. 2nd edition. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Australie.
- Drew, R.A.I. (1989)** The tropical fruit fly (Diptera: Tephritidae) of the Australian and Oceania region. *Memoirs of Queensland Museum*, 26. South Brisbane, Australia.
- Drummond, F., Groden, D. & Prokopy, R.J. (1984)** Comparative efficacy and optimal positioning of traps for monitoring apple maggot flies (Diptera: Tephritidae). *Env. Entomol*, 13: 232-235.
- Duan, J. J. & Messing, R. H. (1997)** Biological control of fruit flies in Hawaii: factors affecting non-target risk analysis. Invited paper for special issue on: *The Ethics of Biological Control*. *J. Agric. et Human Values*, 13: 1-10.
- Duyck, P. F. (2005)** Compétition interspécifique et capacités invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de La Réunion. Thèse. Doct. Univ. La Réunion., 93p.
- Eggleton, P. & Gaston, K. J. (1990)** "Parasitoid" species and assemblages: convenient definitions or misleading compromises? *Oikos*, 59: 417-421.
- Elhaï, M. (1974)** Biogéographie. Ed. Arnaud Colin Paris, pp 404.
- Emberger, L. (1952)** Sur le quotient pluviothermique. *CR. AC. Sci.*, 134, 2508-2511.
- Eskafi, F.M. & Fernandez, A. (1990)** Larval-pupal mortality of Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae) from interaction of soil, moisture, and temperature. *Environmental Entomology*, 19: 1666-1670.
- Eskafi, F.M. & Kolbe, M.M. (1990)** Predation on larval and pupal *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) by the ant *Solanopsis geminata* (Hym. Form.) and others predators in Guatemala. *Env. Entomol.*, 19 (1): 148-153.

- Etienne, J. (1972)** Les principales Trypétides nuisibles de l'île de La Réunion. *Annales de la Société Entomologique de France*, 8: 485-491.
- Euzéby, J.P. (2003)** Dictionnaire de Bactériologie Vétérinaire. Approved Lists of Bacterial Names. <http://www.bacterio.cict.fr/bacdico/garde.html>.
- Fellah, H. (1996)** Contribution à l'étude de la bioécologie de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wied.) en fonction de la succession des plantes hôtes. *Proce. The IOBC, wprs Bull. OILB Srop.* vol. 20 (8), pp: 92-101.
- Fernandes-Da-Silva, P.G. & Zucoloto, F.S. (1993)** The influence of host nutritive value on the performance and food selection in *Ceratitis capitata* (Diptera, Tephritidae). *Journal of Insect Physiology*, 39: 883-887.
- Féron, M. (1957)** Le comportement de ponte de *Ceratitis capitata* (Wied.). Influence de la lumière. *Rev. Pathol. Végét. Entomol. Agric. Fr.*, 36 : 127-144.
- Féron, M. (1962)** L'instinct de reproduction chez la mouche méditerranéenne des fruits (*Ceratitis capitata* Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). Comportement sexuel. Comportement de ponte. *Revue de Pathologie Végétale et d'Entomologie Agricole de France*, 41: 1-129.
- Féron, M., Schvester, D. & Guennelon, G. (1956)** Sur l'origine des attaques de la mouche méditerranéenne des fruits : *Ceratitis capitata* (Wied.) dans la Vallée du Rhône *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France (FRA)* - vol. 42 no. 2; 94-97.
- Fischer, M. (1966)** Revision der indo-australischen Opiinae (Hymenoptera, Braconidae). *Ser. Entomol.*, Dr. W. Junk, Den Haag, 1, 167 p.
- Fischer-Colbrie, P. & Busch-Petersen, E. (1989)** Pest status; temperate Europe and west Asia. In: *World crop pests 3(A). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 91-99. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Fitt, G.P. (1986)** The roles of adult and larval specializations in limiting the occurrence of five species of *Dacus* (Diptera, Tephritidae) in cultivated fruits. *Oecologia*, 69, 101-109.
- Fitt, G.P. (1989)** The role of interspecific interactions in the dynamics of tephritid populations. In *Fruit flies, their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests* (Ed A.S. Robinson & G. Hooper), Vol. 3B, pp. 281-300. Elsevier, Amsterdam.
- Fletcher, B.S. (1987)** The biology of Dacinae fruit fly. *Ann. Rev. Entomol.*, 32: 115-144.

- Fletcher, B.S. (1989)** Ecology; movements of tephritid fruit flies. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 209-219. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Fourie, A. (2004)** Biochemical mechanisms for tolerance of citrus rootstocks against *Phytophthora nicotianae*. Submitted to the Faculty of Natural and Agricultural Sciences (Department of Microbiology and Plant Pathology). University of Pretoria. 107p.
- Gaouar, A. (1980)** Hypothèse et réflexions, sur la dégradation des écosystèmes forestiers dans la région de Tlemcen. *For. Médit.* 2(2), 131-146.
- Gaouar, N. & Debouzie, D. (1995)** Within tree vertical pattern in *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera: Tephritidae) infestation and optimisation of insecticide application. *J. Appl. Ent.*, 119, 262-289.
- Gaouar, N. (1996)**. Apport de la biologie des populations de la mouche d'olive *Bactrocera oleae* (Gml) à l'optimisation de son contrôle dans la région de Tlemcen. Thèse. Doc. Etat, Inst. Boil., Univ. Tlemcen. 119p.
- Gilmore, J.E. (1989)** Control; sterile insect technique (SIT); overview. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 353-363. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Godfray, H.C.J. (1994)**. Parasitoids: behavioral and evolutionary ecology (ed. JR Krebs & T Clutton-Brock). *Princeton University Press, Princeton*.
- Graham, J.H. (1990)** Evaluation of tolerance of Citrus rootstocks to *Phytophthora* root rot in chlamydospore-infested soil. *Plant Diseases*, 74: 743-746.
- Graham, J.H. (1995)** Root regeneration and tolerance of Citrus rootstocks to root rot caused by *Phytophthora nicotianae*. *Phytopathology*, 85: 111-117.
- Greany, P. D., Tumlinson, J. H., Chambers, D. L. & Boush, G. M. (1977)** Chemically mediated host finding by *Biosteres (Opus) longicaudatus*, a parasitoid of tephritid fruit fly larvae. *J. Chem. Ecol.*, 3: 390-398.
- Guignard, J.L. (2001)** Botanique Systématique moléculaire. 12<sup>ème</sup> Ed. Masson, pp 206-209.
- Hamach, M. (1985)** L'entomofaune de l'olivier dans la région d'Aomar à Bouira et étude bioécologique de *Dacus oleae* (Rossi.). Thè. Ing. Agr, 79p.
- Hamidi, K. (2002)** La lutte contre le ravageur de l'olive *Bactrocera oleae* (Gmel.) (Diptera: Tephritidae) dans la region de Tlemcen. Thè. Ing. Univ. Tlemcen 78p.

- Hancock, D.L. (1987)** Notes on some African Ceratitinae (Diptera: Tephritidae), with special reference to the Zimbabwean fauna. *Transactions of the Zimbabwe Scientific Association*, 63: 47-57.
- Hardy, D.E. (1949)** Studies in Hawaiian fruit flies. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 51: 181-205.
- Haymer, D.S., Tanaka, T. & Teramae, C. (1994)** DNA probes can be used to discriminate between tephritid species at all stages of the life cycle. *Journal of Economic Entomology*, 87: 741-746.
- Hendrichs, J., Reys, J. & Aluja, M. (1989)** Behaviour of female and male Mediterranean fruit flies, *Ceratitis capitata* in and around Jackson traps placed on fruiting host trees. *Insect Sci. appl.*, 10(3): 285-294.
- Heppner, J.B. (1985)** Larvae of fruit flies. II. *Ceratitis capitata* (Mediterranean fruit fly) (Diptera: Tephritidae). *Entomology Circular*. Division of Plant Industry, Florida Department of Agriculture and Consumer Services No. 273, pp. 1-2.
- Hume, H. (1938)** The Cultivation of citrus Fruits. *The Mac- Millian Company*, New York.
- Hurtrel, B., Quilici, S., Jeuffraut, E., Manikom, R., Georger, S. & Gourdon, F. (2000)** Etat de siège contre la mouche de la pêche, *Bactrocera zonata* : Bilan des opérations de deux années de lutte menées à La Réunion. *Phytoma*, 551: 18-21.
- IAEA. (1996)** The Joint FAO/IAEA Programme in Food and Agriculture. Research for Development. IAEA, Vienna, Austria.
- IAEA. (1998)** Meeting the challenge of food for all. In: Building a Better Future: Contributions of Nuclear Science and Technology. pp. 13 – 25. IAEA/PI/A58E, Vienna, Austria.
- Jacquemond, C., Curk, F., Ezzoubir, D., Kabbage, T., Luro, F. & Ollitrault, P. (2003)** Les porte-greffe, composante clef d'une agrumiculture durable. SRA INRA-CIRAD, San Guiliano, 20230 San Nicolao, Corse, France.
- Jeffrey, J. (2003)** Establishment of Pest-Free Areas from medfly *Ceratitis capitata*. Standards and Trade Development Facility Database. Plant health.
- Jifon, J.L. & Syvertsen, J.P. (2001)** Effects of moderate shade on citrus leaf gas exchange, fruit yield and quality. *Proceedings Florida State Horticultural Society*, 114: 177-181.
- Jordan, L.S. (1981)** Weeds affect citrus growth, physiology, yield, fruit quality. *Proceedings International Society of Citriculture*. Vol. 2: pp. 481-483.

- Kapoor, V.C. (1989)** Pest status; Indian sub-continent. In: *World crop pests 3(A). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 59-62. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Karpati, J.F. (1983)** *The Mediterranean fruit fly (its importance, detection and control)*. FAO, Rome, Italy.
- Kasana, A. & Aliniaze, M.T. (1994)** Effect of constant temperatures on development of the walnut husk fly, *Rhagoletis completa*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 73: 247-254.
- Keiser, I., Kobayashi, R.M., Miyashita, D.H., Harris, E.J., Schneider, E.J. & Chambers, D.L. (1974)** Suppression of Mediterranean fruit flies by Oriental fruit flies in mixed infestations in guava. *Journal of Economic Entomology*, 67: 355-360.
- Kim, J.J., Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Henis, Y. & Carmeli, S. (1991)** Accumulation of scoparone in heat-treated lemon fruit inoculated with *Penicillium digitatum* Sacc. *Plant Physiology*, 97: 880-885.
- Knipling, E. F. (1955)** Possibilities of insect control or eradication through the use of sexually sterile males. *J. Econ. Entomol.*, 48: 459-462.
- Kovacevic, Z. (1965)** Bemerkungen über die Populationsbewegungen der Mittelmeerfruchtfliege (*Ceratitis capitata*) an der jugoslawischen Adriaküste. *Anzeiger für Schädlingskunde*, 38: 151-153.
- Lacoursière, J. & Boisvert, J. (2004)** *Le Bacillus thuringiensis israelensis et le contrôle des insectes piqueurs au Québec*. Ministère de l'Environnement. Document préparé par l'Université du Québec à Trois-Rivières pour le ministère de l'Environnement du Québec. *Envirodoq no ENV/2004/0278*, 101 p
- Lalonde R.G. & Mangel M. (1994)** Seasonal effects on superparasitism by *Rhagoletis completa*. *Journal of Animal Ecology*, 63: 583-588.
- Lamy, M. (1997)** *Les insectes et les hommes*. Ed. Albin Michel, Paris, 96p.
- Lawrence P. O., Baranowski, R. M. & Greany, P. D. (1976)** Effect of host age on development of *Biosteres (=Opius) longicaudatus*, a parasitoid of the Caribbean fruit fly, *Anastrepha suspensa*. *Florida. Entomol.*, 59:33-39.
- Lawrence, P.O. (1981)** Interference competition and optimal host selection in the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*. *Annals of the Entomological Society of America*, 74: 540-544.

- Leccrant. (1970)** Les aphides et la lutte intégrée en verger. Labo.recher.zool.ecole Nationale supérieure Agronomique, 34- Montpellier, INRA.
- Lepoivre P. (2003)** Phytopathologie : Bases moléculaires et biologiques des pathosystèmes et fondements des stratégies de lutte, De bœck Université, *Les Presses Agronomiques de Gembloux*.
- Liquido, N.J., Chan, H.T. & McQuate, G.T. (1995)** Hawaiian tephritid fruit flies (Diptera): integrity of the infestation-free quarantine procedure for 'Sharwil' avocado. *Journal of Economic Entomology*, 88: 85-96.
- Liquido, N.J., Cunningham, R.T. & Nakagawa, S. (1989)** Host plants of Mediterranean fruit fly on the island of Hawaii (1949-1985 survey). *Journal of Economic Entomology*, 83: 1863-1878.
- Lorraine, H. & Chambers, D.L. (1989)** Control; eradication of exotic species: recent experiences in California. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 399-410. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Louriki, (2001)** Protection intégrée en agrumiculture. Direction de la Protection des Végétaux, des Contrôles Techniques et de la Répression des Fraudes. Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, Maroc, 12: 12-14.
- Maas, E.V. (1992)** Salinity and citriculture. Proc. VII Intl. Soc. Citricult. 3: 1290-1301.
- MacKee, H.S. (1985)** Les Plantes Introduites et Cultivées en Nouvelle-Calédonie. Supplément a la Flore de la Nouvelle- Calédonie et Dépendances (volume hors-serie). *Museum National d'Histoire Naturelle*, Laboratoire de Phanérogamie, Paris, France.
- Malavasi, A., Zucchi, R.A. & Sugayama, R.L. (2000)** Biogeografia, p. 93-98. In A. Malavasi et R.A. Zucchi (eds.), *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: Conhecimento básico e aplicado*. FAPESP-Holos, Ribeirão Preto, 327p.
- Manner, H.I., Buker, R.S., Easton Smith V. & Elevitch, C.R. (2005)** *Citrus* species (*Citrus*), ver. 1.1. In: C.R. Elevitch (Ed.). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry. Permanent Agriculture Resources (PAR)*, Hōlualoa, Hawaii, 31p.
- Manzanero Majil, V. (2004)** *Citrus tristeza virus* (CTV): its development in Belize. *Caraphin News*, no. 24, June 2004, 1-4.
- Meats, A. (1989)** Abiotic mortality factor. Vol. 3B. Ed by Robinson and Hooper. Amsterdam, Else., pp: 229-238.

- Menezes, E., Sivinski, J., Holler, T., Aluja, M., Jeronimo, F. & Ramirez, E. (1998)** Development of *Coptera haywardi* (Hymenoptera: Diapriidae) in irradiated and unirradiated pupae of the Caribbean fruit fly and the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomol.* 4: 567-570.
- Messenger, P.S. & Flitters, N.E. (1958)** Effects of constant temperature environments on the egg stage of three species of Hawaiian fruit flies. *Annals of the Entomological Society of America*, 51 : 109-119.
- Metelaf, R.L. (1990)** Chical ecology of Dacinae fruit flies. *Ann. Entomol. Soc. Ann*, 83: 1017-1030.
- Michael, C. & Thomas, P. (1981)** Pest alert: pictures of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wied.). *Fonn. Ent. Circ.* N° 230.
- Mitchell, W.C. & Saul, S.H. (1990)** Current control methods for the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, and their application in the USA. *Review of Agricultural Entomology*, 78: 923-940.
- Myburgh, A.C. (1962)** Mating habits of the fruit flies *Ceratitis capitata* (Wied.) and *Pterandrus rosa* (Ksh.). *South African Journal of Agricultural Sciences*, 5: 457-464.
- Naâmani, K., Herbaut, C., Aït El Koch, A. & Chemseddine, M. (1997)** Recherche sur la multiplication de *Ceratitis capitata* (Wied.) dans la forêt d'arganier au Maroc et sur les potentialités de développement expérimental sur deux hôtes de relais. Procée of the IOBC, wprs bull, OILB srop. Vol 20(8): 28-37.
- Nicholson, R.L. & Hammerschmidt, R. (1992)** Phenolic compounds and their role in resistance. *Annual Review of Phytopathology*, 30: 369-389.
- Neilson, W.T.A. (1964)** Somme effects of relative humidity on development of pupae of the Apple Maggot, *Rhagoletis pomonella* (Walsh). *The Canadian Entomologist*, 96: 810-811.
- NOSB, (2002)** National Organic Standards Board. TAP Report for Urea Summary of Tap reviewers' analyses. 21p.
- OEPP, (1981)** Organisation Européenne et Méditerranéenne pour la Protection des Plantes Data sheets on quarantine organisms No. 105, *Ceratitis capitata*. *Bulletin OEPP/E/PPO Bulletin* 11 (1).
- Olsen, M., Matheron, M., McClure, M. & Xiong, Z. (2000)** Diseases of *Citrus* in Arizona. Cooperative Extension. College of Agriculture and Life Sciences. The University of Arizona. 13p.

- Orian, A.J.E. & Moutia, L.A. (1960)** Fruit flies (Trypetidae) of economic importance in Mauritius. *Revue Agricole et Sucrière de l'île Maurice*, 39: 142-150.
- Ormière, R., Pralavorio, R., Yamvrias, C. & Laudeho, Y. (1977)** *Octosporea muscaedomestica* (Fue.) (Microsporidia) parasite de *Ceratitis capitata* (Wied.) et de *Dacus oleae* (Gmel.) (Diptera: Trypetidae). *Biol. Gallo-hellen*, 6: 259-270.
- Ovruski, S.M., Aluja, M., Sinvinski, J. & Wharton, R.A. (2000)** Hymenopteran parasitoids on fruit-infesting Tephritidae (Diptera) in Latin America and Southern United State: Diversity, distribution, taxonomic status and their use in fruit fly *biological control*. *Integr. Pest Manag. Rev.*, 5: 81-107.
- Ozgonen, H. & Karaca, G. (2005)** First report of *Alternaria mali* causing necrotic leaf spot of apples in Turkey. *New Disease Reports*. Volume 12: August 2005 - January 2006.
- Papaj D.R. & Messing R.H. (1996)** Functional shifts in the use of parasitized hosts by a tephritid fly: the role of host quality. *Behavioural Ecology*, 7: 235-242.
- Péguy, C.P. (1970)** Précis de climatologie. Ed. Masson et Cie, France : 468p.
- Phillips, V.T. (1946)** The biology and identification of trypetid larvae (Diptera: Trypetidae). *Memoirs of the American Entomological Society*, 12: 1-161.
- Piguet, P. (1960)** Les ennemis animaux des agrumes. Copyright by *Société Shell d'Algérie*. pp. 49-55.
- Praloran. (1971)** Les agrumes, techniques agricoles et productions tropicales. Ed. Maisonneuve et Larox, Paris, T. XXI et XXII, 665p.
- Prat, R., Mosiniak, M. & Vonarx, V. (2005)** Les Fruits L'orange : une baie. *Biologie et Multimédia* - Université Pierre et Marie Curie - UFR de Biologie, 5p.
- Prokopy, R.J. (1981)** Epideictic pheromones that influence spacing patterns of phytophagouse insect. Ed. Wiley-Inter. Public, New York, pp.181-205.
- Prokopy, R.J. & Roitberg, B.D. (1984)** Foraging behavior of true fruit flies [Tephritidae]. *American Scientist*, 72: 41-49.
- Purseglove, J.W. (1974)** Tropical Crops. Dicotyledons. Volume 1 and 2 Combined. *English Language Book Society and Longmans*, London.

- Quilici, S. (1999)** Fruit flies, D. Vencenot, SUAD / CIRAD : 3p.
- Quilici, S. (2002)** Ravageurs des agrumes de la méditerranée. CIRAD-FLHOR, Pôle de protection des plantes (3p), 7 chemin de l'IRAT, 97410, Saint-Pierre, La Réunion, France.
- Quilici, S., Franck, A., Peppuy, A., Dos Reis Correia, E., Mouniama, C. & Blard, F. (2002)** Comparative studies of courtship behavior of *Ceratitidis* spp. (Diptera: Tephritidae) in Reunion island. *Florida Entomologist*, 85: 138-142.
- Rebour, H. (1966)** Les agrumes- Manuel des cultures de *Citrus* pour le bassin Méditerranéen. Ed. Baillière et Fils, Paris, 264p.
- Richard-Molard, D. (1991)** Microbiologie des céréales et farines. In : *Les industries de première transformation des céréales*. Paris, Tec et Doc. Ch 3, pp. 177-191.
- Rieger, M. (2002)** Mark's Fruit Crops. University of Georgia Horticulture. [www.uga.edu/fruit/index.ht](http://www.uga.edu/fruit/index.ht)
- Rigamonti, I. (2005)** La *Ceratitidis capitata* in Lombardia. Quaderni della ricerca. Comunità Europea, Stato Italiano e Regione Lombardia nell'ambito del piano di Sviluppo Rurale. *Facoltà di Agraria*. N° 47. 44p.
- Roberto, C. (1982)** Guide vert, des plantes médicinales. Solar, Ed. À Paris, pour la tradu. Fran., pp. 87-89.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Fang, D., D'Hallewin, G. & Castia, T. (1994)** Accumulation of phytoalexins scoparone and scopoletin in Citrus fruit subjected to various postharvest treatments. *Acta Horticulturae*, 381: 517-523.
- Roessler, Y. (1989)** Control; insecticides; insecticidal bait and cover sprays. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies: their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 329-336. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Roessler, Y. & Chen, C. (1994)** The Mediterranean fruit fly, *Ceratitidis capitata*, a major pest of citrus in Israel, its regulation and control. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*, 24: 813-816.
- Rolli, K. (1991)** Plantes d'Afrique du Nord. Dent., *Gesell. Für, Techni., Zusammenarbeit* (GTZ) GMBH: 62-63.
- Ronald, F.L. & Jayma, L.M. (1992)** Mediterranean Fruit Fly, *Ceratitidis capitata* (Wiedemann). Department of Entomology Honolulu, Hawaii.
- Ros, J.P. (1997)** A general view of recent advances of attractants and traps against *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Dipt: Teph.). proce. of the IOBC. *wprs Bull, OILB srop*. Vol 20.

- Sabatino, A. (1974)** Distinctive morphological characters of the larvae of *Dacus oleae*, *Ceratitis capitata*, *Rhagoletis cerasi*. *Entomologica*, 10: 109-116.
- Salgado, V.L. (1997)** The modes of action of spinosad and other insect control products. *Down to Earth*, 52(1):35-43.
- Schwarz, A.J., Liedo, J.P. & Hendrichs, J.P. (1989)** Control; sterile insect technique (SIT); current programme in Mexique. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 375-386. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Seltzer, P. (1946)** Le climat d'Algérie. *Alger carbone*, 219p.
- Sforza, R. & Sheppard, A. (2004)** La lutte biologique introduction. espèces envahissantes, une méthode de lutte respectueuse de l'environnement. *Les savoirs partagés d'Agricolis Museum*. pp. 2-5.
- Shelly, T.E. (1999)** Defense of oviposition sites by female oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, 82, 339-346.
- Shoukry, A. & Hafez, M. (1979)** Studies on the biology of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata*. *Entomologia Experimentalis et applicata*, 26: 33-39.
- Sivinski, J., Alkins, C. C., Baranowski, R., Harris, D., Brambila, J., Diaz, J., Burns, R., Holler, T. & Dodson, G. (1996)** Suppression of a Caribbean fruit fly (*Anastrepha suspensa*[Loew]) population through releases of the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae). *Biol. Cont*, 6: 177-185.
- Sivinski, J., Vulinec, K., Menezes, E. & Aluja, M. A. (1998)** The bionomics of *Coptera lopezi* (Mas.) (Diapriidae: Hymenoptera) and other pupal parasitoids of tephritid fruit flies (Diptera). *Biol. Cont*, 11: 193-202.
- Smith, K.G.V. (1989)** An introduction to the immature stages of British flies; Diptera larvae, with notes on eggs, puparia and pupae. Handbooks for the identification of British insects 10 (14), 280 pp. Royal Entomological Society of London, London, Royaume-Uni.
- Somon, E. (1987)** Arbres, arbustes et arbrisseau en Algérie. INRA. Ed. OPU, pp. 67-68.
- Spiegel-Roy, P. & Goldschmidt, E.E. (1996)** Aspects of cultivated *Citrus*: Rootstocks. pp. 127-129 in: *Biology of Citrus*. Spiegel-Roy, P., Goldschmidt, E.E., Eds. Cambridge University Press, Cambridge.

- Stancic, J. (1986)** Evolution de la lutte chimique contre la cécidie des agrumes en Algérie. *Annales de l'Institut National Agronomique El Harrach*, 06: 67-73.
- Stephenson, D.P. (2001)** Mediterranean fruit fly not present in New Zealand. In *Thomas et al (2001)*.
- Steyskal, G.C. (1982)** A second species of *Ceratitis* (Diptera: Tephritidae) adventive in the New World. *Proceedings of the Entomological Society of Washington*, 84: 165-166.
- Stone, B.C. (1970)** Flora of Guam. Micronesica, 6. Complete.
- Stone, B.C. (1985)** Rutaceae. In: M.D. Dassanyake and F.R. Fosberg (eds.). A Revised Handbook of the Flora of Ceylon, Volume V. Smithsonian Institution and the National Science Foundation, Washington, D.C.
- Swarup, S., Feyter, R., Brlansky, R.H. & Gabriel, D.W. (1991)** A pathogenicity locus from *Xanthomonas citri* enables strains from several pathovars of *X. campestris* to elicit cankerlike lesions on citrus. *Phytopathology*, 81: 802-809.
- Sweelam, M.E. & Abo Taka (1989)** Biology and reproduction of citrus nematode (Tyle. Semip). *Indian, J. of Agric. Sciences*, 59 (6), pp. 374-376.
- Swingle, W.T. (1943)** Citrus industry. Chap. IV (The botany of Citrus and its wild relatives of the orange subfamily. Univ. California. Press, Berkeley and Los Angeles.
- Thaman, R.R. & W.A. Whistler. (1996)** A Review of Uses and Status of Trees and Forests in Land-Use Systems in Samoa, Tonga, Kiribati and Tuvalu with Recommendations for Future Action. *South Pacific Forestry Development Programme*, Suva, Fiji.
- Thioulouse, J. (1985)** Structure spatio-temporelle en biologie de populations d'insectes. Application à l'étude de l'altise du colza (*Psylliodes chrisocephala* L.): résultats méthodologiques et biologique. Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, Univ. Cl. Bernard, Lyon.
- Teruya, T. (1990)** Effect of relative humidity during pupal maturation on subsequent adult eclosion and flight capability of the melon fly, *Dacus cucurbitae* Coquillett (Diptera, Tephritidae). *Applied Entomology and Zoology*, 25: 521-523.
- Thomas, M. C., Heppner, J. B., Woodruff, R. E., Weems, H. V., Steck, G. J. & Fasulo, T. R. (2001)**. Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Insecta: Diptera: Tephritidae). *Florida Department of Agriculture and Consumer Services*, Division of Plant Industry; and T. R. Fasulo, Entomology and Nematology Department, University of Florida, Gainesville, FL.

- Thompson, G.D., Dutton, R. & Sparks, T.C. (2000)** Spinosad a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Management Science*, 56: 696-702.
- Tsitsipis, J.A. & Abatzis, C. (1980)** Relative-humidity effects, at 20-degrees, on eggs of the olive fruit fly, *Dacus oleae* (Diptera, Tephritidae), reared on artificial diet. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 28: 92-99.
- Tucker, D.P.H., Wheaton, T.A. & Muraro, R.P. (1994)** Citrus Tree Pruning Principles and Practices. Fact Sheet HS-144. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville.
- Tzanakakis, M.E. & Koveos, D.S. (1986)** Inhibition of ovarian maturation in the olive fruit fly under long photophase and an increase of temperature. *Annals of the Entomological Society of America*. 79: 15-18.
- UFI, (2003)** University of Florida Ifas. *Ceratitis Capitata* (insect). *Invasive Species Specialist Group*. 5p.
- USDA, (2001)** U.S. Department of Agriculture, Animal and Plant Health Inspection Service, 2000. Environmental monitoring report: spinosad spray trial for Moscard Eradication Program in Guatemala. USDA, APHIS, International Services, Guatemala.
- Vargas, R.I. (1989)** Rearing; mass production of tephritid fruit flies. In: *World crop pests 3(B). Fruit flies; their biology, natural enemies and control* (Ed. by Robinson, A.S.; Hooper, G.), pp. 141-151. Elsevier, Amsterdam, Pays-Bas.
- Vargas, R.I. & Carey, J.R. (1989)** Comparison of demographic parameters for wild and laboratory-adapted Mediterranean fruit fly (Diptera, Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 82 : 55-59.
- Vargas, R.I. & Carey, J.R. (1990)** Comparative survival and demographic-statistics for wild Oriental fruit fly, Mediterranean fruit fly, and Melon fly (Diptera, Tephritidae) on Papaya. *Journal of Economic Entomology*, 83, 1344-1349.
- Vargas, R.I., Miyashita, D. & Nishida, T. (1984)** Life-history and demographic parameters of three laboratory-reared Tephritids (Diptera, Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 77: 651-656.
- Vargas, R. I., Starck, J. D., Prokopy, R. J. & Green, T. A. (1991)** Response of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and associated parasitoids (Hymenoptera: Braconidae) to different-color spheres. *J. Econ. Entomol*, 84: 1503-1507.

- Vargas, R.I., Walsh, W.A., Jang, E.B., Armstrong, J.W. & Kanehisa, D.T. (1996)** Survival and development of immature stages of four Hawaiian fruit flies reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 89 (1), 64-69.
- Vargas, R.I., Walsh, W.A., Kanehisa, D., Jang, E.B. & Armstrong, J.W. (1997)** Demography of four Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared at five constant temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 90: 162-168.
- Vargas, R.I., Walsh, W.A., Kanehisa, D., Stark, J.D. & Nishida, T. (2000)** Comparative demography of three Hawaiian fruit flies (Diptera: Tephritidae) at alternating temperatures. *Annals of the Entomological Society of America*, 93: 75-81.
- Vernière, C., Navaro, L. & Bové, J.M. (2003)** Statut actuel des pathogènes des agrumes dans le Bassin méditerranéen. CIRAD-FLIHOR, TA 50/PS4, 34398 Montpellier cedex 5, France.
- Vogel, R., Nicoli, M. & Bovej, M. (1988a)** Le microgreffage de méristème *in vitro*, son utilisation en Corse pour la régénération des agrumes", *Fruits*, 43, (3): 167-173.
- Vogel, R., Bovej, M. & Nicoli, M. (1988b)** Le programme français de sélection sanitaire des agrumes, *Fruits*, 43 (12): 709-720.
- Walter, A. & Sam, C. (2002)** Fruits of Oceania. [trans., P. Ferrar from Fruits d'Océanie.] ACIAR Monograph 85. Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Wharton, R. A. (1987)** Changes in nomenclature and classification of some opiine Braconidae (Hymenoptera) Proceedings of the Entomological Society of Washington, 89: 61-73.
- Wheaton, T.A., Castle W.S., Whitney, J.D. & Tucker, D.P.II. (1999)** Horticultural Practices for Citrus Health. In: L.W. Timmer and L.W. Duncan (eds.). *Citrus Health management*. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- White, I.M. & Elson-Harris, M.M. (1992)** Fruit flies of economic significance: their identification and bionomics. *C.A.B. International*, Wallingford, UK.
- White, I.M. & Elson-Harris, M.M. (1994)** Fruit Flies of Economic Significance: Their Identification and Bionomics. *CAB International*. Oxon, UK. 601 p.
- Whiteside, J.O.; Garnsey; S.M. & Timmer, L.W. (1988)** *Compendium of citrus diseases*. American Phytopathological Society, St Paul, Etats-Unis.

- Wiedemann, C.R.W. (1829)** Munus rectoris in Acadamia Christiana Albertina aditurus Analecta entomologica ex Museo Regio Havniesi maxime congesta profert inconibusque illustrat. 60 p. Kiel.
- Williamson, D.L. (1989)** Oogenesis and spermatogenesis. *In* Fruit flies, their Biology, Natural Enemies and Control. World Crop Pests (eds A.S. Robinson & G. Hooper), Vol. 3A, pp. 141-151. Elsevier, Amsterdam.
- Williamson, J.G. & L.K. Jackson. (1994)** (revised). Citrus Propagation. Fact Sheet HS-86. Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Wilson K. (1994)** Evolution of clutch size in insects. II. A test of static optimality models using the beetle *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae). *Journal of Evolutionary Biology*, 7: 365-386.
- Wong, T.T.Y. & Ramadan, M.M. (1987)** Parasitization of the Mediterranean and Oriental fruit flies (Diptera: Tephritidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *J. Econ. Entomol*, 80: 77-80.
- Wong, T.T.Y., Mochizuki, N. & Nishimoto, J.I. (1984)** Seasonal abundance of the Mediterranean and oriental fruit flies (Dip., Tryptetidae) in the Kula area of Maui, Hawaii. *Environ. Entomol*, 13: 140-145.
- Wong, T.T.Y., Ramadan, M.M., Herr, J.C. & McInnis, D.O. (1992)** Suppression of a Mediterranean fruit fly population with concurrent parasitoid and sterile fly releases in Kula, Maui, Hawaii. *J. Econ. Entomol*, 85: 1671-1681.
- Yang, P., Carey, J.R. & Dowell, R.V. (1994a)** Comparative demography of two cucurbit attacking fruit-flies, *Bactrocera tau* and *B. cucurbitae* (Diptera, Tephritidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 87: 538-545.
- Yang, P., Carey, J.R. & Dowell, R.V. (1994b)** Temperature influences on the development and demography of *Bactrocera dorsalis* (Diptera, Tephritidae) in China. *Environmental Entomology*, 23 : 971-974.

## Liste des tableaux

**Tableau I :** les critères de la classification botanique chez les agrumes

**Tableau II :** les originès des espèces d'agrumes.

**Tableau III:** Les taux de développement des différents stades de *Ceratitis capitata* sous différents régimes de température. Le stade pupa a été étudié sous une humidité relative (HR) de 60%.

**Tableau IV:** Régime saisonnier des précipitations pour la période (1980-1981) à (2004 -2005).

**Tableau V :** Températures moyennes mensuelles à la station Zenata de 1980 à 2005.

**Tableau VI :** identification des différents genres bactériens.

## Liste des figures

**Figure 01 :** apparence générale d'un arbre chez l'espèce *Citrus sinensis* L.

**Figure 02 :** une fleur d'agrumes.

**Figure 03 :** les feuilles de *Citrus sinensis* L.

**Figure 04 :** la morphologie externe d'un fruit de *Citrus sinensis* L.

**Figure 05 :** coupe transversale et schéma explicatif de la morphologie interne chez *Citrus sinensis* L.

**Figure 06.:** le réceptacle floral chez *Citrus sinensis* L.

**Figure 07 :** détail de la coupe transversale montrant la placentation axile chez *Citrus sinensis* L. avec un schéma explicatif.

**Figure 08 :** de gauche à droite: nouvelles variétés de mandarines, d'oranges Valencia, et de Pamplemousse.

**Figure 09 :** la reproduction végétative par bourgeonnement.

**Figure 10 :** symptômes de carence en éléments nutritifs sur les feuilles due probablement au fer.

**Figure 11 :** symptômes de la gale sur les fruits.

- Figure 12** : carte de répartition géographique de *Ceratitis capitata* (Wied.).
- Figure 13** : vue latérale d'une larve de *C. capitata* au troisième stade.
- Figure 14** : la tête avec le crochet buccal chez la larve de *C. capitata*.
- Figure 15** : les orifices antérieurs de la larve.
- Figure 16** : le squelette céphalo-pharyngien de la larve de *C. capitata*.
- Figure 17** : aperçu d'une puppe.
- Figure 18** : pupes de *Ceratitis capitata* (Wied.).
- Figure 19** : vue de la tête et du thorax chez *C. capitata*.
- Figure 20** : l'aile de *C. capitata*.
- Figure 21** : vue dorso-ventrale d'un mâle adulte de *C. capitata* (Wied.).
- Figure 22** : vue dorso-ventrale d'une femelle de *C. capitata* (Wied.).
- Figure 23** : l'accouplement chez *C. capitata*.
- Figure 24** : la ponte chez la femelle *C. capitata*.
- Figure 25** : deux stades larvaires L<sub>2</sub> et L<sub>3</sub> chez *Ceratitis capitata*.
- Figure 26** : l'émergence d'un adulte de *Ceratitis capitata*.
- Figure 27** : Cycle de développement de *C. capitata*.
- Figure 28** : les 04 principaux stades de développement chez *C. capitata*.
- Figure 29** : vue dorsale de *Iridomyrmex humilis*.
- Figure 30** : Mode de vie d'un parasitoïde.
- Figure 31** : vue latérale de *Fopius arisanus* (Sonan).
- Figure 32** : vue d'une *Diachasmimorpha longicaudata*.
- Figure 33** : production des agrumes dans la wilaya de Tlemcen.

**Figure 34** : Plan de situation de la plaine d'Hennaya (carte de Tlemcen 1/50.000).

**Figure 35** : valeurs moyennes mensuelles de la pluviométrie sur 25 cycles de la station Zenata.

**Figure 36** : variations des températures moyennes interannuelles pour la période 1980-2005 de la station Zenata.

**Figure 37** : Diagramme ombrothermique de la période 1980-2005 de la station Zenata.

**Figure 38** : climagramme d'Emberger pour la station Zenata.

**Figure 39** : un piège Jackson fabriqué de manière rudimentaire.

**Figure 40** : moyennes des trous de ponte selon l'orientation dans la première période.

**Figure 41** : répartition temporelle des infestations pendant la première période.

**Figure 42** : variation des taux moyens d'infestation par date et par orientation pendant la première période.

**Figure 43** : représentation spatiale du taux d'infestation dans le verger au cours de la première période.

**Figure 44** : moyennes des trous de ponte selon l'orientation dans la deuxième période.

**Figure 45** : répartition temporelle des infestations pendant la deuxième période.

**Figure 46** : variations des taux moyens d'infestation par date et par orientation pendant la deuxième période.

**Figure 47** : représentation spatiale du taux d'infestation dans le verger au cours de la deuxième période.

**Figure 48** : moyennes des trous de ponte selon l'orientation dans la troisième période.

**Figure 49** : répartition temporelle des infestations pendant la troisième période.

**Figure 50** : variations des taux moyens d'infestation par date et par orientation pendant la troisième période.

**Figure 51** : représentation spatiale du taux d'infestation dans le verger au cours de la troisième période.

**Figure 52** : répartition temporelle des infestations pendant les trois saisons.

**Figure 53** : moyennes des fruits chutés selon l'orientation pendant la première période.

**Figure 54** : répartition temporelle des fruits chutés pendant la première période.

**Figure 55** : variations des taux moyens des fruits chutés par date et par orientation pendant la première période.

**Figure 56** : représentation spatiale du degré d'infestation des fruits chutés dans le verger au cours de la première période.

**Figure 57** : moyennes des fruits chutés selon l'orientation pendant la deuxième période.

**Figure 58** : répartition temporelle des fruits chutés pendant la deuxième période.

**Figure 59** : variations des taux moyens des fruits chutés par date et par orientation pendant la deuxième période.

**Figure 60** : représentation spatiale du degré d'infestation des fruits chutés dans le verger au cours de la deuxième période.

**Figure 61** : moyennes des fruits chutés selon l'orientation pendant la troisième période.

**Figure 62** : répartition temporelle des fruits chutés pendant la troisième période.

**Figure 63** : variations des taux moyens des fruits chutés par date et par orientation pendant la troisième période.

**Figure 64** : représentation spatiale du degré d'infestation des fruits chutés dans le verger au cours de la troisième période.

**Figure 65** : répartition temporelle des fruits chutés pendant les trois saisons.

**Figure 66** : adultes de *Ceratitis capitata* capturés durant la période d'étude.

**Figure 67** : taux de mortalité larvaire pour *Ceratitis capitata*.

**Figure 68** : durées moyennes de pupaison chez *Ceratitis capitata*.

**Figure 69** : taux de mortalité nymphale pour *Ceratitis capitata*.

**Figure 70** : droite de régression entre les larves et les pupes.

**Figure 71** : droite de régression entre les pupes et les adultes.

**Figure 72** : droite de régression entre les larves et les adultes.

**Figure 73** : l'émergence des adultes et leur sex-ratio chez *Ceratitis capitata*.

**Figure 74** : taux d'émergence d'adultes de *Ceratitis capitata* et de leur sex-ratio.

**Figure 75** : longévité moyenne des adultes de *Ceratitis capitata*.

**Figure 76** : *Opius concolor*.

**Figure 77** : taux de parasitisme chez *Ceratitis capitata*.

**Figure 78** : valeur moyenne de la flore mésophile, totale dans les oranges.

**Figure 79** : aspect macroscopique des cinq genres de moisissures identifiées sur milieu PDA<sub>at</sub>, A (*Alternaria* sp.), B (*Cladosporium* sp.), C (*Penicillium* sp.), D (*Heterocephalum* sp.) et E (*Ulocladium* sp.).

**Figure 80** : la mycoflore isolée à partir des oranges au sein du verger.

**Figure 81** : taux des fruits malades dans le verger.

**Figure 82** : taux des fruits malades selon l'orientation.

**Figure 83** : répartition du taux des fruits chutés selon les saisons.

**Figure 84** : photo montrant le verger encadré par un brise vent à base de cyprès méditerranéens *Cupressus sempervirens*.

**Figure 85** : symptômes d'infection d'une orange par *Alternaria* sp. et/ou *Cladosporium* sp.

# *Annexes*

## Annexe

Annexe 01 : répartition des agrumes dans la wilaya de Tlemcen.

Espèces		Ferme pilote	Secteur privé	Total général
Citronnier	Superficie (ha)	02	150	152
	Production (Qx)	100	7700	7800
Oranger	Superficie (ha)	43	1430	1473
	Production (Qx)	900	88600	89500
Mandarinier	Superficie (ha)	00	23	23
	Production (Qx)	00	1450	1450
Clémentinier	Superficie (ha)	08	304	312
	Production (Qx)	350	20900	21250
Total agrumes	Superficie (ha)	53	1907	1960
	Production (Qx)	1350	118650	120000

**Annexe 02** : les précipitations mensuelles de la période (1980-2005) à la station de Zenata.

Année/Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1980-1981	10	40	41	51	24	13	45	72	5	59	0	2
1981-1982	9	1	0	19	16	53	9	59	54	2	1	3
1982-1983	4	32	60	41	0	27	14	3	11	0	1	0
1983-1984	0	0	19	73	42	25	30	8	96	4	0	0
1984-1985	10	3	92	18	47	14	36	26	35	0	0	0
1985-1986	6	0	38	27	51	96	91	33	6	1	0	4
1986-1987	21	45	100	30	31	97	6	3	14	1	9	4
1987-1988	8	32	19	33	23	34	6	34	24	14	1	0
1988-1989	19	10	29	3	22	42	110	53	17	6	0	6
1989-1990	18	5	34	42	108	0	36	74	6	5	2	1
1990-1991	17	8	46	59	38	61	133	7	7	4	1	0
1991-1992	3	28	26	21	9	18	99	52	91	27	4	0
1992-1993	1	14	21	16	2	69	30	50	55	0	0	2
1993-1994	8	14	83	29	81	543	4	41	19	0	4	7
1994-1995	19	10	21	22	15	55	127	19	0	2	0	0
1995-1996	16	11	15	51	58	78	56	22	27	1	0	0
1996-1997	32	19	0	38	107	0	0	47	10	4	2	14
1997-1998	44	29	42	45	29	35	47	26	65	1	2	5
1998-1999	9	2	48	5	76	74	90	0	0	3	0	0
1999-2000	14	17	60	75	0	0	11	22	24	0	0	0
2000-2001	5	70	69	26	70	55	11	5	2	0	0	1
2001-2002	15	18	139	25	3	4	15	72	39	0	0	45
2002-2003	0	19	49	23	78	79	16	19	17	2	2	0
2003-2004	9	64	46	101	53,7	28,8	66	27,3	53,5	8,8	0,7	2,4
2004-2005	8,6	33,3	47,9	76	22,4	57,4	44,8	11,5	0,6	1	0	0

Source ONM (Zenata)

**Annexe 03** : les températures mensuelles de la période (1980-2005) à la station de Zenata.

Année/Mois	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
1980-1981	21	17,6	13,2	8,4	8,3	10,6	14,6	15	17,3	21,4	23,3	24,4
1981-1982	22,8	20,4	15,2	13,6	11,7	11,5	13,7	15,5	18,1	23,7	25,5	25,4
1982-1983	23	17,5	13,8	10	9,1	10,2	14,2	15,7	17,7	23	24,1	24,3
1983-1984	24,6	20,5	17,3	11,6	10,1	10,4	11,8	16,6	15,8	20,8	26,2	24,5
1984-1985	24	17,5	15,6	11,8	9,6	14,3	11,7	16,2	17,5	22,4	25,8	26
1985-1986	24,6	19,7	16,5	11,8	10,9	11,9	12,5	12,8	19,3	21,3	25,4	26,8
1986-1987	23,7	19,7	13,8	10,9	10,6	11,9	13,6	17	18,6	22,6	24,7	26,2
1987-1988	25,5	20,1	15,1	13,7	12,8	11,6	14,3	16,6	18,6	21,3	25,6	27,5
1988-1989	23,2	20,8	16,1	9,6	10	12	13,8	14,4	18,4	23,1	27,3	28,9
1989-1990	23,9	20,9	17,6	15,6	9,8	12,8	14,2	14,5	18,7	22,9	25,9	26,3
1990-1991	26,1	19,3	14,3	10,4	8,8	9,9	12,7	13,7	16,8	22	26,2	27,5
1991-1992	24,6	17,2	13,5	10,7	8,9	10,9	12,1	15,5	18,6	19,4	24,5	26,7
1992-1993	22,9	17,6	13,7	11,7	8,8	10,2	13,8	15,3	17,4	21,4	24,9	25,7
1993-1994	21	17,6	14,2	11,1	10	11,4	13,5	14,7	19,4	17,9	28,2	27,8
1994-1995	22,2	19,4	15,5	11,5	10,9	12,9	13,6	15,2	19,9	21,5	25,2	26,2
1995-1996	21,5	19,9	17	14,3	15,6	10,8	12,8	15,4	17,8	22,9	24,9	24,2
1996-1997	20,3	17,4	15,1	13,3	12,2	12,2	13,6	16,7	19	22,3	23,3	24,6
1997-1998	23,1	20,4	16	12,4	11,5	12,7	13,8	15,1	17,3	22,8	25,7	26,5
1998-1999	23,6	17,6	14,4	10,3	10,7	9,9	13,1	15,2	19,8	22,9	25,7	26,6
1999-2000	22,9	20,5	13,1	10,9	8,7	12,5	13,7	15,5	19,6	23,9	25,8	26,2
2000-2001	23	17,6	14,1	12,9	11,8	11,5	15,7	15,7	18,3	24,1	25,6	26,5
2001-2002	22,9	21,3	13,2	10,8	10,2	11,7	14,2	15,4	18,6	22,7	25,2	24,8
2002-2003	22,6	18,7	15,4	12,9	9,7	10,4	13,9	15	18,8	24,4	26,8	27
2003-2004	23,9	19,3	14,4	11,3	11,2	12,2	12,5	14,3	16,7	23	26,2	27
2004-2005	23,7	20,4	12,7	10,4	7,3	8,2	12,8	14,8	20	23,3	26	25,9

Source ONM (Zenata)

**Annexe 04** : analyse de variance à un facteur.

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Variance	F
Entre populations (facteur contrôlé)	P-1	SCA	$s^1_{A^2}$	$F_{ob}$
Entre observations (erreur résiduelle)	P (n-1)	SCE	$s^1_{E^2}$	
Totaux	Pn-1	SCT		

Avec :  $SCA = \sum_{ij} (\bar{x}_i - \bar{x})^2$

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

$$SCT = \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})^2$$

Et  $s^1_{A^2} = SCA / (p-1)$

$$s^1_{E^2} = SCE / [p (p-1)]$$

$$F_{ob} = \frac{s^1_{A^2}}{s^1_{E^2}}$$

**Annexe 05** : analyse de variance d'un modèle croisé, cas où n répétitions sont disponibles par case. Modèle fixe.

Source de variation	Degré de liberté	Somme des carrés des écarts	Variance	F
Facteur A	P-1	SCA	$s^1_{A^2}$	FA
Facteur B	Q-1	SCB	$s^1_{B^2}$	FB
Interaction	N(P-1) (Q-1)	SCI	$s^1_{I^2}$	FAB
Résiduelle	PQ(N-1)	SCE	$s^1_{E^2}$	
Totaux	NPQ-1	SCT		

Avec :  $SCA = n \sum_{ij} (\bar{x}_i - \bar{x})^2$

$$SCB = n \sum_{ij} (\bar{x}_j - \bar{x})^2$$

$$SCI = n \sum_{ij} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})^2$$

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

$$s^1_{A^2} = SCA / (p-1)$$

$$s^1_{B^2} = SCB / (q-1)$$

$$s^1_{I^2} = SCI / (p-1)(q-1)$$

$$s^1_{E^2} = SCE / pq(n-1)$$

$$SCT = \sum_{ijk} (\bar{x}_{ijk} - \bar{x})^2 \quad \text{avec } F_A = \frac{s^1_{A^2}}{s^1_{E^2}} ; F_B = \frac{s^1_{B^2}}{s^1_{E^2}} \text{ et } F_{AB} = \frac{s^1_{I^2}}{s^1_{E^2}}$$

**Annexe 06** : coefficient de corrélation.

$$r = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{n \sigma_x \sigma_y} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

R est compris entre -1 et 1

- si  $r=0$  il n'y a pas de corrélation linéaire entre les variables X et Y ;
- si  $r>0$  il existe une liaison positive entre les deux variables ;
- si  $r<0$  il existe une liaison négative entre les deux variables.

Si les deux variables suivent une loi normale, on peut tester le coefficient de corrélation par rapport à zéro en calculant la quantité :

$$T = \frac{R}{\sqrt{1-R^2}} \sqrt{n-2}$$

$H_0$  :  $r=0$  selon une loi de Student à  $(n-2)$  ddl.

**Annexe 07** : droite de régression.

$$y-\bar{y} = b(x-\bar{x})$$

Le paramètre  $b$  est le coefficient de régression de Y par rapport à X ; il mesure la pente de la droite, il est calculé par l'équation :

$$b = \frac{\sum(x-\bar{x})(y-\bar{y})}{\sum(x-\bar{x})^2} = \frac{Cov(x,y)}{\sigma_x^2}$$

**Annexe 08** : milieux de culture.

PDA (Potato Dextrose Agar) :

Pour la préparation, laver et couper en petits morceaux 200g. de pomme de terre. Les mettre dans 700ml d'eau distillée et porter à ébullition, après filtrer et compléter à 1 litre:

Saccharose	10 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

CDA (Czapek Dextrose Agar) :

NaNO <sub>3</sub>	3 g
Saccharose	30 g
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	1,5 g
MgSO <sub>4</sub>	0,5 g
KCL	0,5 g
FeSO <sub>4</sub>	0,01 g
Agar	15 g
Eau distillée	1000 ml

Lactophénol:

Phénol	20 g
Acide lactique (25%)	20 ml
Glycérol	20 ml
Eau distillée	40 ml

Rose bengal:

Rose bengal	1 g
Eau distillée	100 ml

Selka, O. (2006) Etude des infestations des fruits de *Citrus sinensis* var. *sanguinelli* par la *Ceratitis capitata* (Diptera : Tephritidae) et par la microflore pathogène dans la plaine d'Hennaya (Tlemcen). Mém. Mag. Univ. Tlemcen. 123p.

### Résumé

La lutte efficace contre les différents ennemis des agrumes, qui causent des dégâts très importants aux fruits (notamment chez *Citrus sinensis* var. *sanguinelli*) ; nécessite une connaissance de la nature, de la biologie et de la dynamique des différents agents phytopathogènes de cette variété. Dans notre cas, nous avons pris pour exemple l'impact des attaques de la mouche méditerranéenne des fruits *Ceratitis capitata* (Wied) et de la microflore pathogène (moisissures) qui lui est associée dans la plaine d'Hennaya (Tlemcen), et cela, afin de proposer des méthodes de lutte optimisées, en parfaite adéquation avec les périodes de leurs apparitions dans le verger.

L'importance des attaques de ces phytoparasites semble influencée par différents facteurs écologiques, biotiques et abiotiques, tels que la saison, la date d'observation et l'arbre échantillonné, qui ont été testés pour en estimer l'impact.

Le piégeage des adultes de *Ceratitis capitata* (Wied) a permis de connaître leur dynamique, les élevages ont servis à connaître la durée de leur développement pupal, l'obtention d'adultes et d'en connaître leur sex-ratio, ainsi l'estimation de leur longévité moyenne.

Ainsi, l'étude microbiologique des oranges appartenants à l'espèce *Citrus sinensis* (var. *sanguinelli*) a permis d'identifier trois genres bactériens (*Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp. et *Bacillus* sp.) et cinq genres fongiques (*Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Ulocladium* sp. et *Heterocephalum* sp.), dont l'effet pathogène semble attribué à ces dernières.

Mots clés : *Citrus sinensis* var. *sanguinelli*, *Ceratitis capitata* (Wied), microflore pathogène, plaine d'Hennaya.

### Abstract

The efficient struggle against the different enemies of citrus fruits, which causes very important fruit damages (notably on *Citrus sinensis* var. *sanguinelli*); requires knowledge of the nature, biology and the dynamics of the different phytopathogenic agents of this variety. In our case, we have taken as example the impact of the Mediterranean fruit fly *Ceratitis capitata* (Wied) and its associated pathogenic microflora (moulds) attacks in the region (plain of Hennaya, Tlemcen), and that, in order to propose optimized methods of struggle, in perfect adequacy with their periods of apparitions in the orchard.

The importance of this spoiler attacks seems influenced by various ecological, biotic and abiotic factors, as the season, the date of observation and the sampled tree, which have been tested in order to estimate their impact.

The adult trapping of *Ceratitis capitata* (Wied) has permitted to know their dynamics and their breeding which has permitted to know the time of pupal development, to obtain the adults, to know their sex-ratio and to estimate their average longevity.

Thus, the microbiological study of blood oranges *Citrus sinensis* (var. *sanguinelli*) permitted to identify three bacterial genus (*Pseudomonas* sp., *Acinetobacter* sp. and *Bacillus* sp.) and five fungus genus (*Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Ulocladium* sp. and *Heterocephalum* sp.), which the pathogenic effect seems allotted to these last.

Keywords: *Citrus sinensis* var. *sanguinelli*, *Ceratitis capitata* (Wied), pathogenic microflora, plain of Hennaya

### ملخص

إن القضاء على مختلف المشاكل التي تواجه أشجار الحمضيات، والتي تسبب في خسائر فادحة، يتطلب منا التعرف على نوعية و طبيعة نشاط مختلف أعداء هذه الأشجار. في هذا الصدد، وقع اختيارنا على دراسة تأثير نهائية الفاكهة *Ceratitis capitata* (Wied) و الأحياء الممرورية الفطرية (المطريات) المرتبطة بها في سهل الحناية بتلمسان، و هذا لاقتراح أذجع طرق المعالجة، و المنسجمة مع موعد ظهورهما في الحقل.

إن كون المرموم معرفة قدرة تأثير بعض العوامل البيئية مثل الأضواء، تاريخ مجاورة الأشجار و عامل الشجرة، إن طريقة الفتح المجتموي على مواد كيميائية، جانبة الذباب البالغ، سمحت لنا بمعرفة نشاطها و نسبة تواجدها، أيضا المرادحثة المخبرية للأواكة الحاملة لبيضان هذه النهابة، سمحت لنا المجال لدراسة شاملة مرادحها في فترات ما قبل البلوغ و ما بعده.

إن الدراسة المخبرية لأواكة البرتقال المريضة أتاح لنا الفرصة للتعرف على ثلاث أجناس بكتيرية (*Acinetobacter* sp., *Bacillus* sp.)

و (*Pseudomonas* sp.) و خمس أجناس فطرية (*Alternaria* sp., *Cladosporium* sp., *Penicillium* sp., *Ulocladium* sp., *Heterocephalum* sp.)

هذه الأخيرة هي بحسب اعتقادنا المتسبب الرئيس لهذه الأمراض.

الكلمات المفتاحية : حمضيات، ذبابة الفاكهة، الأحياء الممرورية الفطرية، سهل الحناية.