

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET

PHYSIOLOGIE ANIMALES

LABORATOIRE DE ZOOLOGY



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

FACULTY OF SCIENCE

DEPARTMENT OF ANIMAL

BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

LABORATORY OF ZOOLOGY

**Ecologie des insectes déprédateurs de *Lycopersicon
esculentum* et *Capsicum annuum* (Solanaceae) dans la
zone humide du Cameroun et implication dans la
protection des cultures**

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat/Ph.D
en Biologie des Organismes Animaux

Par : **HEUMOU Cyril Roméo**
D.E.A de Biologie Animale

Sous la direction de
DJIETO-LORDON Champlain
Maître de Conférences
NGASSAM Pierre
Professeur

Année Académique : 2017



LISTE PROTOCOLAIRE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I

<p>UNIVERSITE DE YAOUNDÉ I FACULTE DES SCIENCES Division de la Programmation et du Suivi des Activités Académiques</p>		<p>THE UNIVERSITY OF YAOUNDÉ I FACULTY OF SCIENCE Division of Programming and follow- up of Academic Affairs</p>
<p>LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS</p>		<p>LIST OF PERMENENT TEACHING STAFF</p>

ANNEE ACADEMIQUE 2016/2017
 (Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION : 10 Octobre 2017

ADMINISTRATION

DOYEN : AWONO ONANA, Professeur

VICE-DOYEN / DPSAA : DONGO Etienne, Professeur

VICE-DOYEN / DSSE : OBEN Julius ENYONG, Professeur

VICE-DOYEN / DRC : Luc MBAZE MEVA'A , Professeur

Chef Division Affaires Académiques, Scolarité et Recherche : ABOSSOLO Monique,
 Chargé de cours

Chef Division Administrative et Financière : NDOYE FOE Marie C. F., **Maître de Conférences**

1- DEPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (40)

N°	NOMS ET PRENOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	BENG née NINTCHOM PENLAP V.	Professeur	En poste
2	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3	MBACHAM Wilfried	Professeur	En poste
4	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
5	OBEN Julius ENYONG	Professeur	<i>Vice-Doyen (DRC)</i>
6	BIGOGA DIAGA Jude	Maître de Conférences	En poste
7	BOUDJEKO Thaddée	Maître de Conférences	En poste
8	FOKOU Elie	Maître de Conférences	En poste
9	KANSCI Germain	Maître de Conférences	En poste
10	MINKA Samuel	Maître de Conférences	En poste
11	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
12	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
1	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
14	WAKAM née NANA Louise	Maître de Conférences	En poste
15	BELINGA née NDOYE FOE Marie C. F.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
16	ACHU Merci BIH	Chargé de Cours	En poste
17	AZANTSA Boris	Chargé de Cours	En poste
18	ATOHO Barbara Mma	Chargé de Cours	En poste
19	DEMMANO Gustave	Chargé de Cours	En poste
20	DJOKAM TAMO Rosine	Chargé de Cours	En poste
21	DJUIDJE NGOUNOU Marcelline	Chargé de Cours	En poste
22	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargé de Cours	En poste

23	EFFA ONOMO Pierre	Chargé de Cours	En poste
24	EVEHE BEBANDOUÉ Marie –Solange	Chargé de Cours	<i>En disponibilité</i>
25	EWANE Cécile Anne	Chargé de Cours	En poste
26	KOTUE TAPTUE Charles	Chargé de Cours	En poste
27	MBONG ANGIE MOUGANDE Mary Ann	Chargé de Cours	En poste
28	MOFOR née TEUGWA Clauilde	Chargé de Cours	<i>IA4/MINESUP</i>
29	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
30	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Chargé de Cours	En poste
31	AKINDEH MBUH NJI	Chargé de Cours	En poste
32	LUNGA Paul KAILAH	Chargé de Cours	En poste
33	PECHANGOU NSANGOU Sylvain	Chargé de Cours	En poste
34	BEBEE FADIMATOU	Assistant	En poste
35	BEBOY EDJENGUELE Sara Nathalie	Assistant	En poste
36	DAKOLE DABOY Charles	Assistant	En poste
37	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Assistant	En poste
38	FONKOUA Martin	Assistant	En poste
39	MANANGA Marlyse Joséphine	Assistant	En poste
40	MBOUCHE FANMOE Marcelline Joëlle	Assistant	En poste
41	TIENTCHEU DJOKAM Léopold	Assistant	En poste

2- DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (B.P.A.) (44)

1	BILONG BILONG Charles Félix	Professeur	Chef de Département
2	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
3	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
4	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	En poste
5	MIMPFOUNDI REMY	Professeur	En poste
6	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
7	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
8	NOLA Moïse	Professeur	En poste
9	TAN Paul Vernyuy	Professeur	En poste
10	TCHUEM TCHUENTE Louis	Professeur	<i>Coord. Progr. MINSANTE</i>
11	AJEAGAH Gidéon AGHAINDOUM	Maître de Conférences	<i>Chef Serv. /Diplomation FS</i>
12	DJIETO-Lordon Champlain	Maître de Conférences	En poste
13	DZEUFJET DJOMENI Paul Désiré	Maître de Conférences	En poste
14	ESSOMBA née NTSAMA MBALLA	Maître de Conférences	<i>VDRC/Chef dépt FMSB</i>
15	FOTO MENBOHAN Samuel	Maître de Conférences	En poste
16	KAMGANG René	Maître de Conférences	<i>C.E. MINRESI</i>
17	KEKEUNOU Sévilor	Maître de Conférences	En poste
18	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
19	MONY NTONE Ruth	Maître de Conférences	En poste
20	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Maître de Conférences	En poste
20	ALENE Désirée Chantal	Chargé de Cours	<i>Chef Serv. /MINESUP</i>
21	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
22	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
23	BILANDA Danielle Claude	Chargé de Cours	En poste
24	DJIOGUE Séfirin	Chargé de Cours	En poste
25	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargé de Cours	En poste
26	JATSA MEGAPTCHE Hermine	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
27	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
28	MBENOUN MASSE Paul Serge	Chargé de Cours	En poste
29	MOUGANG NGAMENI Luciane	Chargé de Cours	En poste
30	LEKEUFACK FOLEFACK Guy Benoît	Chargé de Cours	En poste
31	NGOUATEU KENFACK Omer BEBE	Chargé de Cours	En poste
32	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Chargé de Cours	En poste

33	NGUEMBOCK	Chargé de Cours	En poste
34	NJUA Clarisse YAFI	Chargé de Cours	En poste
35	TADU Zéphirin	Chargé de Cours	En poste
36	TOMBI Jeannette	Chargé de Cours	En poste
37	YEDE	Chargé de Cours	En poste
38	ETEME ENAMA Serge	Assistant	En poste
39	KANDEDA KAVAYE Antoine	Assistant	En poste
40	KOGA MANG'Dobara	Assistant	En poste
41	METCHI DONGFACK Mireille Flore	Assistant	En poste
40	NOAH E. O. Vivien	Assistant	En poste
41	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Assistant	En poste

3-DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VEGETALES (B. P. V.) (27)

1	YOUMBI Emmanuel	Professeur	Chef de Département
2	AMBANG Zachée	Professeur	Vice-Doyen/UY II
3	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
4	BELL Joseph Martin	Maître de Conférences	En poste
5	DJOCGOUE Pierre François	Maître de Conférences	En poste
6	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Maître de Conférences	En poste
7	MBOLO Marie.	Maître de Conférences	En poste
8	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	<i>CE / MINRESI</i>
9	ZAPFACK Louis	Maître de Conférences	En poste
10	ANGONI Hyacinthe	Chargé de Cours	En poste
11	BIYE Elvire Hortense	Chargé de Cours	En poste
12	MAHBOU SOMO TOUKAM Gabriel	Chargé de Cours	En poste
13	MALLA Armand William	Chargé de Cours	En poste
14	MBARGA BINDZI Marie Alain.	Chargé de Cours	<i>Inspecteur académ. N°1 MINESUP</i>
15	NGALLE Hermine BILLE	Chargé de Cours	<i>Coordo. Programme MINFOF</i>
16	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Chargé de Cours	En poste
17	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy Léonard	Chargé de Cours	En poste
18	NGOUO Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
19	NSOM ZAMO Annie Claude ép. Pial	Chargé de Cours	<i>Expert national./UNESCO</i>
20	ONANA Jean Michel	Chargé de Cours	En poste
21	TONFACK Libert Brice	Chargé de Cours	En poste
22	TSOATA Esaïe	Chargé de Cours	En poste
23	DJEUANI Astride Carole	Assistant	En poste
24	GONMADGE Christelle	Assistant	En poste
25	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Assistant	En poste
26	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Assistant	En poste
27	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Assistant	En poste

4-DEPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (C.I.) (35)

1	KETCHA MBADCAM Joseph	Professeur	Chef de Département
2	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CTI MINRES</i>
3	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>Doyen/ UDS</i>
4	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Directeur Cabinet PM</i>
5	LAMINSI Samuel	Professeur	En poste
6	MELO née CHINJE Uphie F.	Professeur	<i>Recteur /UN</i>
7	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Vice-Recteur/UBa</i>
8	NANSEU Charles Péguy	Professeur	En poste

9	NENWA Justin	Professeur	En poste
10	BABALE DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	En poste
11	DJOUFAC WOUMFO Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
12	ELIMBI Antoine	Maître de Conférences	En poste
13	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
14	NDIKONTAR Maurice KOR	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen/UBa</i>
15	NGOMO Horace MANGA	Maître de Conférences	<i>Recteur /UB</i>
16	YOUNANG Elie	Maître de Conférences	En poste
17	ACAYANKA Elie	Chargé de Cours	En poste
18	CHEUMANI YONA Arnaud	Chargé de Cours	En poste
19	EMADACK Alphonse	Chargé de Cours	En poste
20	GWET Simon – Pierre	Chargé de Cours	En poste
21	KAMGANG YOUBI Georges	Chargé de Cours	En poste
22	KEUMEGNE MBOUGUEM Jean Claude	Chargé de Cours	En poste
23	KENNE DEDZO Gustave	Chargé de Cours	En poste
24	MBEY Jean Aimé	Chargé de Cours	En poste
25	NDI Julius NSAMI	Chargé de Cours	En poste
26	NDOSIRI Bridget NDOYE	Chargé de Cours	En poste
27	NJIOMOU Chantale épouse DJANGANG	Chargé de Cours	En poste
28	NJOYA Dayirou	Chargé de Cours	En poste
29	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargé de Cours	En poste
30	PABOUDAM GBAMBIE Awaou	Chargé de Cours	En poste
31	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Chargé de Cours	En poste
32	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Assistant	En poste
33	KOUOTOU DAOUDA	Assistant	En poste
34	MAKON Thomas Beauregar	Assistant	En poste
35	NCHIMI NONO Katia	Assistant	En poste

5-DEPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (C.O.) (33)

1	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen/ DPSSA
2	GHOGOMU TIH ROBERT RALPH	Professeur	<i>Directeur I.B.A. Foumban</i>
3	MBAFOR Joseph	Professeur	En poste
4	NGADJUI TCHALEU B.	Professeur	<i>Chef de dépt FMBS</i>
5	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	<i>Chef de dépt. UDs</i>
6	NKENGFAK Augustin Ephraïm	Professeur	Chef de Département
7	NYASSE Barthélemy	Professeur	<i>Directeur /UN</i>
8	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur au MINESUP</i>
9	WANDJI Jean	Professeur	En poste
10	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>CD Rectorat/ UYI</i>
11	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	En poste
12	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14	MBAZOA née DJAMA Céline	Maître de Conférences	En poste
15	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
16	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Vice-Recteur/ UYII</i>
17	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
18	TCHUENDEM KENMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
19	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
20	AMBASSA Pantaleon	Chargé de Cours	En poste
21	EYONG Kenneth OBEN	Chargé de Cours	En poste
22	FOTSO WABO Ghislain	Chargé de Cours	En poste

23	KAMTO Eutrophe Ledoux	Chargé de Cours	En poste
24	MKOUNGA Pierre	Chargé de Cours	En poste
25	NGO MBING Joséphine	Chargé de Cours	En poste
26	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Chargé de Cours	En poste
27	NOTE LOUGBOT Olivier	Chargé de Cours	En poste
28	OUAHOUE WACHE Blandine Marlyse	Chargé de Cours	En poste
29	TABOPDA KUATE Turibio	Chargé de Cours	En poste
30	TAGATSING FOTSING Maurice	Chargé de Cours	En poste
31	ZONDEGOUNBA Ernestine	Chargé de Cours	En poste
32	NGINTEDO Dominique	Assistant	En poste
33	NGOMO Orléans	Assistant	En poste

6-DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (30)

1	TCHUENTE Maurice	Professeur	PCA / UYII
2	FOTSO Pauline Laure	Professeur	<i>Député à l'Assemblée Nationale</i>
3	FOUDA NDJODO Marcel	Professeur	<i>IGA-MINESUP/Chef Dpt ENS</i>
4	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	Chef de Département <i>Chef Division MINESUP</i>
5	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
6	CHEDOM FOTSO Donatien	Chargé de Cours	En poste
7	DJAM Xaviera Youth KIMBI	Chargé de Cours	En poste
8	KOUOKAM KOUOKAM Etienne Appolin	Chargé de Cours	En poste
9	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
10	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
11	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
12	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste
13	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste
14	ABESOLO ALO'O Gislain	Assistant	En poste
15	AMINOUE Halilou	Assistant	En poste
16	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
17	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Assistant	En poste
18	EBELE Serge	Assistant	En poste
19	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
20	KAMDEM KENGNE Christiane	Assistant	En poste
21	KAMGUEU Patrick Olivier	Assistant	En poste
22	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste
23	MAKEMBE S. Fritz Oswald	Assistant	En poste
24	MEYEMDOU Nadège Sylvianne	Assistant	En poste
25	MONTHÉ DJIADEU Valéry Martial	Assistant	En poste
26	NKONDOCK MI BAHANACK Nicolas	Assistant	En poste
27	OLE OLE David Claude	Assistant	En poste
28	TAPAMO KENFACK Hyppolite	Assistant	En poste

7-DEPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (33)

1	BEKOLLE David	Professeur	<i>Vice-Recteur UN</i>
2	BITJONG NDOMBOL	Professeur	En poste
3	DOSSA COSSY Marcel	Professeur	En poste
4	AYISSI Raoult Domingo	Maître de Conférences	Chef de Département
5	EMVUDU WONO Yves S.	Maître de Conférences	<i>Chef Division MINESUP</i>
6	NKUIIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
7	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	En poste

8	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	En poste
9	BOGSO Antoine M	Chargé de Cours	En poste
10	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
11	DOUANLA YONTA Hermann	Chargé de Cours	En poste
12	FOMEKONG Christophe	Chargé de Cours	En poste
13	KIANPI Maurice	Chargé de Cours	En poste
14	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
15	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
16	MBANG Joseph	Chargé de Cours	En poste
17	MBEHOU Mohamed	Chargé de Cours	En poste
18	MBELE BEDIMA Martin	Chargé de Cours	En poste
19	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste
20	NGUEFACK Bertrand	Chargé de Cours	En poste
21	NGUIMTSA Charles	Chargé de Cours	En poste
22	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
23	TAKAM SOH Patrice	Chargé de Cours	En poste
24	TCHANGANG Roger Duclos	Chargé de Cours	En poste
25	TCHOUNDJA Edgar Landry	Chargé de Cours	En poste
26	TIAYA TSAGUE N. Anne- Marie	Chargé de Cours	En poste
27	DJIADEU NGAHA Michel	Assistant	En poste
28	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
29	NIMPA PEFOUKEU Romain	Assistant	En poste
30	TANG AHANDA Barnabé	Assistant	<i>Chef Serv. MINPLAMAT</i>
31	TETSADJIO TCHILEPECK Mesmin Erick	Assistant	En poste

8-DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MB) (13)

1	ETOA François-Xavier	Professeur	Recteur UD/ Chef de Département
2	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
3	ESSIA NGANG Jean Justin	Maître de Conférences	<i>Chef de Division recherche IMPM</i>
4	NYEGUE Maximilienne Ascension	Maître de Conférences	En poste
5	NWAGA Dieudonné M.	Maître de Conférences	En poste
6	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
7	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
8	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
9	ENO Anna Arey	Chargé de Cours	En poste
10	ESSONO OBOUGOU Germain Gabriel	Chargé de Cours	En poste
11	BOUGNOM Blaise Pascal	Chargé de Cours	En poste
12	NJIKI BIKOÏ Jacky	Assistant	En poste
13	TCHIKOUA Roger	Assistant	En poste

9-DEPARTEMENT DE PHYSIQUE (PH) (41)

1	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
2	KOFANE Timoléon Crépin	Professeur	En poste
3	NJOMO Donatien	Professeur	En poste
4	TABOD Charles TABOD	Professeur	<i>Doyen/Ubda</i>
5	WOAFO Paul	Professeur	En poste
6	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	Chef de Département
7	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
8	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
9	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	<i>Dir.Gén. B. MEKIM</i>
10	BEN- BOLIE Germain Hubert	Maître de Conférences	En poste
11	DJUIDJE KENMOE G. épouse ALOYEM KAZE	Maître de Conférences	En poste

12	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Maître de Conférences	<i>Chef Dépt UN</i>
13	EYEBE FOU DA Jean Sire	Maître de Conférences	En poste
14	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
15	MBANE BIOUELE	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
16	NANA NBENDJO Blaise	Maître de Conférences	En poste
17	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Maître de Conférences	<i>Chef Serv. MINRESI</i>
18	NOUAYOU Robert	Maître de Conférences	En poste
19	OUMAROU BOUBA	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
20	SAIDOU	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
21	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste
22	ZEKENG Serge Sylvain	Maître de Conférences	En poste
23	BODO Bernard	Chargé de Cours	En poste
24	ENYEGUE A NYAM Françoise épouse BELINGA	Chargé de Cours	En poste
25	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
26	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	En Poste
27	HONA Jacques	Chargé de Cours	En poste
28	MBINACK Clément	Chargé de Cours	En Poste
29	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Chargé de Cours	En poste
30	NDOP Joseph	Chargé de Cours	En poste
31	OBOUNOU Marcel	Chargé de Cours	<i>Dir.acad/Univ.Int. Etat Cam-Congo</i>
32	SIMO Elie	Chargé de Cours	En poste
33	TABI Conrad Bertrand	Chargé de Cours	En poste
34	TCHOFFO Fidèle	Chargé de Cours	En poste
35	VONDOU DERBETINI Appolinaire	Chargé de Cours	En Poste
36	WAKATA née BEYA Annie	Chargé de Cours	<i>Chef Serv. MINESUP</i>
37	WOULACHE Rosalie Laure	Chargé de Cours	En poste
38	ABDOURAHIMI	Assistant	En Poste
39	CHAMANI Roméo	Assistant	En Poste
40	MELI'I Jorelle Larissa	Assistant	En Poste
41	MVOGO Alain	Assistant	En Poste

10- DEPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (S.T.) (44)

1	NDJIGUI Paul-Désiré	Professeur	Chef de Department
2	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
3	BITOM Dieudonné Lucien	Professeur	Doyen FASA/ U Dschang
4	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Maître de Conférences	En poste
5	KAMGANG Pierre	Maître de Conférences	En poste
6	MEDJO EKO Robert	Maître de Conférences	Conseiller Technique/UYII
7	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/MINMIDT</i>
8	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Maître de Conférences	En poste
9	NGOS III Simon	Maître de Conférences	<i>D.A.A.C./UM</i>
10	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
11	NKOUMBOU Charles	Maître de Conférences	En poste
12	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
13	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef de Divi/ MINTP</i>
14	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Chargé de Cours	Chef DAASR FS/UYI
15	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
16	BISSO Dieudonné	Chargé de Cours	<i>Directeur Projet Barage Memve'ele</i>
17	EKOMANE Emile	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
18	ESSONO Jean	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
19	EYONG John TAKEM	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
20	FUH Calistus Gentry	Chargé de Cours	<i>Secr D'ETAT /MINMIDT</i>

21	GANNO Sylvestre	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
22	GHOGOMU Richard TANWI	Chargé de Cours	<i>Chef de Dépt IMIP/Maroua</i>
23	LAMILEN BILLA Daniel	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
24	MBIDA YEM	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
25	MINYEM Dieudonné	Chargé de Cours	<i>Chef de Dépt IMIP/Maroua</i>
26	MOUAFO Lucas	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
27	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
28	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
29	NGUEUTCHOUA Gabriel	Chargé de Cours	<i>CEA MINRESI</i>
30	NJOM Bernard de Lattre	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
31	NYECK Bruno	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
32	ONANA Vincent	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
33	TCHAKOUNTE Jacqueline ép. NUMBEM	Chargé de cours	<i>CEA MINRESI</i>
34	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
35	ZO'O ZAME Philémon	Chargé de Cours	<i>DG ART</i>
36	TEMGA Jean Pierre	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
37	ANABA ONANA Achille Basile	Assistant	<i>En Poste</i>
38	BINELI BETSI Thierry Olivier	Assistant	<i>En Poste</i>
39	METANG Victor	Assistant	<i>En poste</i>
40	NOMO NEGUE Emmanuel	Assistant	<i>En poste</i>
41	SABABA Elisé	Assistant	<i>En Poste</i>
42	TCHAPTCHET TCHATO De Pesquidoux I	Assistant	<i>En poste</i>
43	TEHNA Nathanaël	Assistant	<i>CS/ MINMIDT</i>

Répartition chiffrée des enseignants permanents par Département
(10 Octobre 2017)

Département	Nombre d'enseignants				
	Pr	MC	CC	ASS	Total
BC	5 (1)	8 (3)	16 (9)	14 (6)	40 (19)
BPA	10 (0)	9 (1)	14 (6)	11 (4)	44 (11)
BPV	1 (0)	7 (0)	12 (3)	7 (6)	27 (9)
C.I.	6 (1)	8 (0)	14 (3)	7 (2)	35 (6)
C.O.	9 (0)	10 (3)	12 (3)	2 (0)	33 (6)
IN	3 (1)	2 (0)	7 (0)	18 (4)	30 (5)
MA	3 (0)	6 (0)	17 (1)	7 (0)	33 (1)
MB	1 (0)	4 (1)	6 (2)	2 (0)	13 (3)
PH	8 (0)	10 (1)	18 (2)	5 (2)	41 (4)
ST	4 (0)	10 (1)	20 (4)	10 (0)	44 (5)
Total	50 (3)	73 (11)	136 (33)	83 (24)	340 (70)

Soit un total de : 340 (70) dont

- Professeurs 50 (3)
- Maîtres de Conférences 73 (10)
 - Chargés de Cours 136 (33)
 - Assistants 83 (24)
- () = Nombre de femmes.

Le Doyen de la Faculté des Science

DÉDICACE

À ma mère SINGO

REMERCIEMENTS

Au moment où nous achevons ce travail, il nous est particulièrement agréable de faire part de notre profonde gratitude et reconnaissance envers tous ceux qui, à des titres divers, ont aidé à sa réalisation.

Nous remercions vivement le Professeur Champlain DJIÉTO-LORDON, qui a encadré ce travail. Sa disponibilité, tant sur le terrain qu'en laboratoire, sa rigueur, ses critiques, son soutien moral et matériel ont été indispensables. Nous lui sommes infiniment reconnaissants.

Nous adressons des remerciements au Professeur Pierre NGASSAM qui a codirigé ce travail et dont les enseignements, les conseils et encouragements nous ont été d'un grand apport.

Notre reconnaissance va aussi au Docteur Désirée Chantal ALÉNÉ pour le soutien sur le terrain, dans l'identification des insectes, et pour toutes les suggestions et corrections constamment apportées à ce travail.

Notre reconnaissance et notre gratitude à l'endroit de tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales (DBPA) qui ont assuré notre formation, en particulier aux Professeurs Charles-Félix BILONG BILONG, Rémy MIMPFUOUDI, Abraham FOMENA, Flobert NJIOKOU et Sévilor KEKEUNOU pour les enseignements qu'ils nous ont dispensés tout au long de notre parcours académique. Au Docteur TAKU AWA II et à Monsieur Jacques MASSUSSI qui nous ont initiés à l'analyse des données grâce à divers outils statistiques, nous leurs disons merci.

Nos remerciements aux Docteurs FEUGANG Francis, TADU Zéphirin, MBENOUN MASSE Paul Serges, YEDE, MOKAM Didi Gaëlle, OTIOBO ATIBITA Esther Nadine, M. NGUIMDO Jean Duclair, Mme MESSOP YOUNBI Edith, ainsi qu'à tous mes aînés et camarades qui ont su créer de l'émulation au Laboratoire de Zoologie.

Remerciement au Docteur ELONO AZANG Pierre Stephan, mon ami et compagnon avec qui nous avons bravé toutes les difficultés de terrains.

Nous exprimons également notre gratitude au Professeur Chrispin PETTANG, de l'Université de Yaoundé I, qui nous a toujours fait part de ses soutiens et encouragements tout au long de ce travail. Nous le rassurons de notre reconnaissance et lui exprimons notre profonde gratitude.

Nous adressons nos remerciements à tous les enseignants du Département de Biologie de l'Ecole Normale Supérieure (ENS) de Bamenda en particulier aux Professeurs FOTSO et TITA Margaret AWA.

Mes remerciements aux familles HEUGNI, YETCHOU, MINABOU, NDOUNKOUA et NGANGHUE pour tout leur soutien.

Que tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, trouvent ici l'expression de ma sincère gratitude.

Enfin, ce travail a été financé par une bourse du programme CORUS du gouvernement Français à qui nous sommes infiniment redevables.

SOMMAIRE

LISTE PROTOCOLAIRE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS DE LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I.....	i
DÉDICACE	ix
REMERCIEMENTS	x
SOMMAIRE	xii
LISTE DES FIGURES	xiv
LISTE DES TABLEAUX	xvi
LISTE DES ABREVIATIONS	xviii
RESUME.....	xix
ABSTRACT	xxi
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I: REVUE DE LA LITTÉRATURE	6
I.1. Généralités sur <i>Lycopersicon esculentum</i> Miller Karst (1882).....	7
I.1.1. Position systématique	7
I.1.2. Origine et répartition géographique.....	8
I.1.3. Biologie et phénologie.....	8
I.1.4. Ecologie et distribution des zones de production de la tomate au Cameroun	9
I.1.5. Usages.....	11
I.2. Généralités sur les notions de déprédateurs et ravageurs	12
I.2.1. Piqueurs-suceurs	12
I.2.2. Carpophages	14
I.3. Généralités sur <i>Capsicum annuum</i> L. 1753.....	16
I.3.1. Position systématique	16
I.3.2. Origine et répartition géographique.....	16
I.3.3. Biologie et phénologie.....	16
I.3.4. Écologie et distribution des zones de production de piment au Cameroun.....	17
I.3.5. Usages.....	19
I.4. Généralités sur les déprédateurs de <i>Capsicum annuum</i>	20
I.4.1. Piqueurs - suceurs.....	21
I.4.2. Phyllophages.....	21
I.4.3. Carpophages.....	22
I.5. Insectes utiles aux cultures de <i>Capsicum annuum</i> et de <i>Lycopersicon esculentum</i>	23
I.5.1. Auxiliaires ou ennemis naturels	23
I.5.2. Pollinisateurs	24
I.6. Généralités sur le spectre d'hôte et biogéographie des déprédateurs de <i>Capsicum annuum</i> et de <i>Lycopersicon esculentum</i>	25
I.6.1. Répartition géographique de <i>Dacus Dacus punctatifrons</i>	26
I.6.2. Répartition géographique de <i>Ceratitis capitata</i>	27
I.6.3. Répartition géographique de <i>Helicoverpa armigera</i>	28
I.6.4. Répartition géographique de <i>Cryptophlebia leucotreta</i>	29
I.6.5. Généralités sur la distribution spatiale des déprédateurs sur leurs plantes hôtes	29
I.7. Généralités sur les interactions plante hôte/déprédateur	29
I.8. Généralités sur la dynamique des populations	30
I.9. Généralités sur la gestion des ravageurs dans les systèmes maraîchers	32
I.9.1. Luttés prévisionnelles (prévision et surveillance des attaque de ravageurs).....	32
I.9.2. Pratiques culturales.....	32
I.9.3. Lutte physique	33
I.9.4. Lutte chimique.....	33

I.9.5. Lutte biologique.....	34
I.9.6. Lutte intégrée.....	35
CHAPITRE II: ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET METHODES.....	37
II.1. Sites d'étude.....	38
II.1.1. Situation géographique.....	38
II.1.2. Facteurs climatologiques.....	39
II.2. Période d'étude.....	43
II.3. Matériel biologique.....	43
II.4. Méthodologie.....	45
II.4.1. Réalisation des pépinières.....	45
II.4.2. Dispositif expérimental.....	45
II.4.3. Entretien du jardin.....	46
II.4.4. Collecte des données.....	46
II.4.5. Dépouillement, tri et identification des échantillons.....	54
II.4.6. Détermination du cycle de développement des principaux carpophages.....	55
II.5. Méthodes d'analyse des données.....	55
II.5.1. Richesse et diversité spécifique.....	55
II.5.2. Evaluation du taux d'attaque.....	56
II.5.3. Spectre d'hôte et répartition des insectes déprédateurs.....	56
II.5.4. Interactions plante hôte/déprédateur.....	57
II.5.5. Dynamique des infestations.....	57
CHAPITRE III: RESULTATS ET DISCUSSION.....	59
III.1. Résultats.....	60
III.1.1. Evaluation de l'effort d'échantillonnage.....	60
III.1.2. Diversité spécifique des communautés de déprédateurs de tomate et de piment sur les sites d'Okola et de Koutaba.....	61
III.1.3. Impact et statut agronomique des carpophages sur la production fruitière de <i>Lycopersicum esculentum</i> et <i>Capsicum annuum</i>	70
III.1.4. Spectre d'hôte et répartition géographique des carpophages.....	77
III.1.5. Interactions trophiques déprédateurs/plantes hôtes.....	84
III.1.6. Dynamique des populations des déprédateurs qui ont acquis le statut de ravageurs.....	89
III.1.7. Effet de quelques facteurs écologiques sur la dynamique des populations.....	92
III.2. Discussion.....	105
III.2.1. Structuration de la faune associée aux fruits de <i>L. esculentum</i> et de <i>C. annuum</i>	105
III.2.2. Impact et statut agronomique des carpophages associés à <i>L. esculentum</i> et à <i>C. annuum</i>	107
III.2.3. Spectre d'hôtes et répartition géographique des carpophages.....	110
III.2.4. Interactions trophiques déprédateurs/plantes hôtes.....	113
III.2.5. Dynamique des populations des déprédateurs qui ont acquis le statut de ravageurs.....	115
III.2.6. Influence des facteurs de l'environnement physique et biotique sur les taux d'infestations des ravageurs.....	115
CONCLUSION, RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES.....	120
REFERENCES.....	124
ANNEXES.....	139

LISTE DES FIGURES

Figure 1 :	Carte de répartition de <i>Dacus punctatifrons</i> déprédateur de tomate tirée de fruit fly/taxononinfo id =247 Belgian Biodiversity Information Faculty, Modifié le 16 mars 2010.....	27
Figure 2 :	Distribution mondiale de <i>Ceratitis capitata</i> principal déprédateur de piment d'après Gasperi et al., 2002.....	28
Figure 3 :	Distribution mondiale de <i>Helicoverpa armigera</i> tirée de (EPPO, 2006)...	28
Figure 4 :	Carte de Distribution de <i>Cryptophlebia leucotreta</i> tirée de (EPPO, 2006).	29
Figure 5 :	Sites d'étude et points de récolte des différents échantillons.	38
Figure 6 :	Moyennes mensuelles interannuelles des données climatiques prises à partir de deux stations	41
Figure 7 :	Végétation des différentes zones d'études.	43
Figure 8 :	Différentes variétés de <i>Lycopersicon esculentum</i> présentant les fruits matures	44
Figure 9 :	Différentes variétés de <i>Capsicum annum</i> présentant les fruits matures..	45
Figure 10 :	Quelques étapes du développement embryonnaire des larves de mouches sur différents substrats alimentaires	511
Figure 11 :	Diversité des ressources alimentaires	52
Figure 12 :	Dispositif d'incubation des fruits infestés par les carpophages et leurs parasitoïdes (laboratoire de Zoologie de l'Université de Yaoundé, août 2010).....	54
Figure 13 :	Courbes de raréfaction montrant la variation de la richesse spécifique des déprédateurs de la tomate et du piment en fonction des mois d'échantillonnage sur les sites d'Okola et de Koutaba.....	61
Figure 14 :	Analyse en Composantes Principales (ACP) montrant les trois groupes de substrats alimentaires formés sur la base de la similarité de leurs effets sur les paramètres biologiques de <i>Dacus punctatifrons</i>	86
Figure 15 :	Analyse en Composantes Principales (ACP) montrant les trois groupes de substrats alimentaires formés sur la base de la similarité de leurs effets sur les paramètres biologiques de <i>C. capitata</i>	88
Figure 16 :	Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par <i>Helicoverpa armigera</i> à Koutaba entre mars 2010 et février 2011	90

Figure 17 :	Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par <i>Helicoverpa armigera</i> à Okola entre mars 2010 et février 2011.....	90
Figure 18 :	Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par <i>Dacus punctatifrons</i> à Koutaba entre mars 2010 et janvier 2012	91
Figure 19 :	Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par <i>Dacus punctatifrons</i> à Okola entre mars 2010 et décembre 2011	91
Figure 20 :	Évolution journalière des pontes de <i>Dacus punctatifrons</i> et <i>Ceratitis capitata</i> sur la base des observations directes faites en champs en journée ensoleillée (Okola, juillet 2010).	95
Figure 21 :	Fluctuation saisonnières et triple chevauchements des infestations de <i>D. punctatifrons</i> et <i>H. armigera</i> sur la tomate à Koutaba Cameroun 2010-2011.	98
Figure 22 :	Quelques prédateurs rencontrés au cours de l'étude.....	99
Figure 23 :	Quelques prédateurs identifiés au cours du travail	100
Figure 24 :	Effets de la prédation : larve de <i>H. armigera</i> mimant la couleur de leurs support	101
Figure 25 :	Quelques parasitoïdes de Lepidoptera	102
Figure 26 :	Effets des parasitoïdes sur les Lepidoptera	102
Figure 27 :	Quelques parasitoïdes de Diptera	104
Figure 28 :	Pupes de Diptera présentant une pupa formée à partir d'une larve parasitée.....	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I :	Superficie et production de tomate au Cameroun (2009-2010)	10
Tableau II :	Superficie et production de piment au Cameroun (2009-2010).....	18
Tableau III :	Composition approximative de <i>Capsicum annuum</i> par 100 g de partie comestible	19
Tableau IV :	Les Les principaux constituants qualitatifs des fruits utilisés et leurs concentration dans 100 g de fruit.....	52
Tableau V :	Variation des richesses spécifiques observées et théoriques dans les sites d'Okala et de Koutaba sur piments et tomates.....	60
Tableau VI :	Variation de la richesse et de la diversité spécifique des déprédateurs de tomate et de piment à Koutaba et à Okola	62
Tableau VII :	Variation de la richesse et de la diversité spécifique des déprédateurs de tomate et de piment à Koutaba et à Okola	62
Tableau VIII :	Diversité et variation de l'abondance des principaux déprédateurs de fruit de <i>Lycopersicon esculentum</i> en fonction des variétés à Okola.....	64
Tableau IX :	Diversité et variation de l'abondance des principaux déprédateurs de fruit de <i>Lycopersicon esculentum</i> en fonction des variétés à Okola.....	65
Tableau X :	Diversité et variation de l'abondance des principaux déprédateurs de fruit de <i>Capsicum annuum</i> en fonction des variétés à Okola	66
Tableau XI :	Diversité et variation de l'abondance des principaux déprédateurs de fruit de <i>Capsicum annuum</i> en fonction des variétés à Koutaba.....	67
Tableau XII :	Variation de l'abondance des parasitoïdes obtenus après incubation des fruits de tomate et de piment parasités au laboratoire Cameroun (mars 2010 à janvier 2012)	69
Tableau XIII :	Diversité biologique et variation des abondances des prédateurs identifiés dans les jardins de piment et de tomate à Okola et Koutaba (mars 2010 à juillet 2011)	70
Tableau XIV :	Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur différentes les variétés exotiques et les variétés locales de <i>Lycopersicon esculentum</i> à Koutaba et à Okola	72
Tableau XV :	Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur les différentes variétés de <i>Lycopersicon esculentum</i> à Okola et à Koutaba.....	73

Tableau XVI :	Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur les variétés exotiques et les variétés locales de <i>Capsicum annuum</i> à Koutaba et à Okola.....	75
Tableau XVII :	Variation des taux d'attaques des différents déprédateurs sur les différents variétés à Okola et à Koutaba	76
Tableau XVIII :	Plantes hôtes des déprédateurs de tomate et piment au Cameroun 2009-2012.....	77
Tableau XIX :	Plantes hôtes de <i>Dacus punctatifrons</i> au Cameroun 2009-2012	77
Tableau XX :	Plantes hôtes de <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) au Cameroun 2009-2012	78
Tableau XXI :	Distribution des larves de <i>D. punctatifrons</i> et de <i>H. armigera</i> sur les plantes hôtes à Okola et Koutaba dans les quadrats de 1m ² chacun.....	79
Tableau XXII :	Plantes hôtes de <i>Ceratitis capitata</i> au Cameroun 2009-2012.....	80
Tableau XXIII :	Plantes hôtes de <i>Cryptophlebia leucotreta</i> recensées au Cameroun 2009-2012.....	81
Tableau XXIV :	Plantes hôtes de <i>Spodoptera littoralis</i> recensées au Cameroun 2009-2012.....	81
Tableau XXV :	Déprédateurs de fruits non spécifiques à <i>Lycopersicon esculentum</i> et <i>Capsicum annuum</i> sur le site d'étude Cameroun 2009-2012	83
Tableau XXVI :	Plante à fruit ne présentant aucune trace d'infestation au Cameroun 2009-2012.....	83
Tableau XXVII :	Effet des traitements alimentaires sur la durée de développement en jours de <i>Dacus punctatifrons</i> à une température moyenne de 23±0,3°C ..	83
Tableau XXVIII :	Effet des traitements alimentaires sur la durée de développement en jours de <i>Ceratitis capitata</i> à une température moyenne de 23±0,3°C.....	87
Tableau XXIX :	Influence du type d'alimentation des larves sur la structuration des sexes de <i>D. punctatifrons</i> et <i>C. capitata</i>	89
Tableau XXX :	Influence des facteurs climatiques sur les insectes ravageurs à Koutaba Cameroun entre 2010 et 2011	93
Tableau XXXI :	Influence des facteurs climatiques sur l'abondance des ravageurs à Okola Cameroun entre 2010 et 2011.....	93
Tableau XXXII :	Impact des familles et espèces de parasitoides sur <i>Ceratitis capitata</i>	103

LISTE DES ABREVIATIONS

- ACP** : Analyses en Composantes Principales
- ANOVA** : Analyse des variances
- CBC** : Conservation Biological Control
- DESA** : Direction des Enquêtes et des Statistiques Agricoles
- DDT** : Diclorodiphényltrichloroéthane
- OEPP/EPPO** : Organisation Europeen pour la protection des Plantes
- FAO** : Food and Agriculture Organisation
- GPS** : Global Positional System
- IITA** : International Institute of Tropical Agriculture
- MINADER** : Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural
- PAST** : Paleontological Statistics
- SCF** : Scientific committee of food
- SCAN** : Société de Conserverie Alimentaire du Noun
- SPSS** : Statistical Package for Social Science
- RH** : Relative Humidity
- GLM** : Model Linaire Généralisé
- TCS** : Tomate cerise de savane
- TCF** : Tomate cerise de forêt
- HMF1** : Hybride Mongal F1
- RG** : Rio-Grande
- Gpc** : Gros piment commun
- Ppc** : Petit piment court
- Ppl** : Petit piment long

RESUME

L'activité des insectes déprédateurs des cultures est l'une des principales contraintes qui réduit la production dans les bassins maraîchers du Cameroun. Du fait de leur niche écologique particulière, la mise en œuvre des programmes de lutte intégrée efficace contre ces insectes nécessitent une connaissance profonde de leur mode de vie. Il a d'abord été question de caractériser les communautés d'insectes déprédateurs des fruits de deux solanacées (*Lycopersicon esculentum* et *Capsicum annum*) et d'identifier leurs ennemis naturels. Ensuite, d'étudier le model de distribution et le spectre d'hôtes des principaux déprédateurs dans la zone d'étude, puis d'étudier les relations trophiques entre les plantes hôtes et leurs ravageurs et enfin, la dynamique de leurs populations dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun et sur le plateau Sud-camerounais.

De mars 2009 à décembre 2011, la dynamique des populations des insectes ayant acquis le statut de ravageurs a été suivie dans 14 localités de la région forestière du Sud-Cameroun, principalement à Okola et à Koutaba. Pour ce faire, l'activité des insectes a été observée en champ; les taux d'attaque des carpophages ont été évalués en fonction des variétés étudiées. Ensuite, les fruits présentant les traces d'oviposition et contenant les stades immatures d'insectes ont été ramenés au laboratoire où ils ont été incubés jusqu'à l'émersion des insectes adultes indispensables à l'identification morphologique et au dénombrement. En outre, la variation dans le temps de l'impact des déprédateurs et leurs interactions avec les facteurs météorologiques ont été étudiées. Enfin, les fruits des plantes environnantes (cultivées et sauvages) ont été incubés pour déterminer les plantes hôtes de substitution des déprédateurs et leur répartition géographique.

Sur la tomate, un total de 11 espèces appartenant à 09 genres, 08 familles et 04 ordres d'insectes ont été identifiés à Koutaba. De même, un total de 10 espèces appartenant à neuf genres, six familles et quatre ordres ont été identifiés à Okola. Dans ces deux sites, les déprédateurs qui ont acquis le statut de ravageurs sont *Dacus punctatifrons* (Karsch, 1887) et *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805).

Sur le piment, un total de 09 espèces appartenant à 07 familles et à 03 ordres d'insectes a été identifié à Okola et à Koutaba respectivement. Parmi ces déprédateurs, trois espèces ont acquis le statut de ravageurs. Il s'agit de : *Ceratitis capitata* (Weidemann, 1824), *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick, 1913) et de *Leucinodes orbonalis* (Guénée, 1854). Sur la tomate, les communautés des déprédateurs d'Okola ($H' = 1,02$; $E = 0,42$) et Koutaba ($H' = 1,61$; $E = 0,73$) sont modérément diversifiées avec les individus équitablement répartis dans

les espèces présentes. La différence de diversité a été non significative sur les deux sites. De même, la communauté des prédateurs du piment est diversifiée avec une légère dominance de quelques espèces à Okola ($H' = 0,73$; $E = 0,36$) et à Koutaba ($H' = 0,99$; $E = 0,45$).

Une importante communauté d'ennemis naturels des différents prédateurs a été identifiée. Au cours de l'étude, 14 espèces de parasitoïdes appartenant à 05 familles et 09 espèces de 03 familles de prédateurs ont été identifiées. Le test de comparaison multiple du GLM montre une différence très hautement significative entre les taux d'attaque des prédateurs entre les variétés de tomate et de piment.

La plupart des prédateurs de la tomate et du piment ont été trouvés dans toutes les localités prospectées et s'attaquent à plusieurs familles de plantes cultivées ou non qu'ils utilisent soit comme hôtes principaux, soit comme hôtes de substitution. Les facteurs de répartition sont d'origines naturelles ou anthropiques. Par ailleurs, sur ces plantes, les larves de prédateurs ne sont pas uniformément distribuées, elles sont amassées en petits groupes, probablement à cause du fait que les fruits de tomate et de piment se forment en grappes.

L'analyse des relations trophiques entre prédateurs et plantes hôtes montre que le type d'aliment influence significativement les paramètres biologiques des insectes. Ceci se confirme avec l'Analyse en Composantes Principales (ACP) qui a permis de regrouper les traitements alimentaires en fonction de la similarité de leurs effets sur des insectes et les paramètres biologiques les plus affectés par ces traitements.

Les résultats ont montré aussi que la fluctuation des attaques des prédateurs est liée d'une part aux facteurs météorologiques tels la pluviométrie, la température, d'autre part, elle serait due aux interactions entre les espèces en présence. Les tests de Spearman montrent des corrélations fortes et significatives entre ces paramètres et les taux d'attaques des ravageurs. Ensuite, les relations de prédation, de camouflage et de compétition ont été observées avec pour effets le décalage dans le temps de la période d'exploitation des fruits et de la spécialisation alimentaire. Bien qu'un important complexe de parasitoïdes soit identifié, le parasitisme naturel n'était généralement pas suffisant pour maintenir les ravageurs étudiés à un niveau en dessous du seuil économique. Excepté *Tetrastichus dacicida* et *Copidosoma floridanum* qui sont respectivement parasitoïdes de *C. capitata* et de *Chrysodeixis chalcites*. Ces connaissances regroupées ensemble pourraient permettre d'affiner les stratégies de lutte intégrée contre les insectes ravageurs de ces deux cultures.

Mots-clés : prédateurs, ravageurs, ennemis naturels, taux d'attaque, dynamique des populations, lutte intégrée.

ABSTRACT

Insects are amongst other pests, one of the main constraints that reduce the yield in the market gardening in Cameroon. Due to the particularities of their ecological niche, the implementation of an Integrated Pest Management Program requires a deep knowledge of their ecology. The aims of this study was to characterize the various pests communities and the natural enemies complex associated to two Solanaceae fruits (*Lycopersicon esculentum* and *Capsucum annuum*), study of their geographical distribution and their hosts plants spectrum, then trophic relationship pest-host plant were study and finally, to study the populations dynamic of these pests western Highland and the Southern Plateau of Cameroon.

This study was undertaken between March 2009 and December 2011 in 14 localities of four Regions (Center, West, Nord-west, and Littoral). We proceeded by direct observations of the activities of insects present on the field, and then we compared the rate of pests attack according to the varieties of fruits. Then, the fruits presenting the traces of oviposition and containing immature stages of the insects were collected and transported to the laboratory where they were breed up in order to obtain imagoes essential for identification. Moreover fruits attacked by various pests were counted each month to evaluate the fluctuation of their activities within a period and consequently that of their populations. These data were correlated with the climatological data in order to evaluate their influences on these dynamics. Finally, all the fruit species of the crop and wild plants present on and around the sites of sampling were systematically collected and incubated in other to know not only the host spectrum of these pests, but also their geographical distribution.

As results, 11 species of nine genus and eight families belonging to four orders were identified as tomato pests in Koutaba. Also 10 species of nine genus and six families belonging to four orders were identified in Okola. On these two sites, the pests with and economic incidence are *Dacus punctatifrons* (Karsch, 1887) and *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805). On pepper, nine species and seven Families belonging to tree orders were identified in the both sites. Amongst these pests, 3 species can be considered as fruits pests of economic importance, namely *Ceratitis capitata* (Weidemann, 1824) *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick, 1913) et de *Leucinodes orbonalis* (Guénée, 1854). The community of tomato pests of Okola ($H' = 1.02$; $E = 0.42$) and Koutaba ($H' = 1.61$; $E = 0.73$) are moderately diversified with individuals almost equitably in the species, the diversity was not significantly different on the two sites. Also, the community of pepper pests showed a moderate diversity index with light dominance of some species at Okola ($H' = 0.73$; $E = 0.36$)

and in Koutaba ($H' = 0.99$; $E = 0.45$). Moreover an abundant fauna of natural enemy was identified. After incubation, 14 species of parasitoids from five families (potential agent of biological control) was identified. The multi-regression test of GLM shows a high significative difference between the infestation rate of the different pest of tomato and pepper within the varieties.

The majority of tomato and pepper pests are polyphagious; they attack several families of cultivated and wild plants whom they use either as principal hosts or as substitutional host. The factors of distribution are natural and anthropic. Moreover, within the gardens, pest larvae were not uniformly distributed; they presented a clumped dispersion certainly because the fruit also were presenting bunch distribution.

The analysis of the trophic relations between pest and plants shows that the type of food influences significaly the biological parameters of insects. Furthermore the Principal Component Analysis (PCA) allowed us to gather food treatments according to the similarity of their effects on insects biological parameters, and discriminate the live history parameters that are influenced by the food treatments.

Results also revealed that fluctuation of pest's attacks was directly linked on own hand to meteorological factors such as rainfall, temperature. The Spearman test shows strong significant correlations between these parameters and pests attack rates. On the other hand, the fluctuation of attacks was due to the interactions among the species involved. Then, predation, cryptic coloration and competition were observed with effect like influenced the period of fruits exploitation; for example the switch during the time of exploitation and food specialization were observed. Although a significant complex of parasitoids was identified, natural parasitism was not generally sufficient to maintain the studied pests at critical levels injurious from the economic point of view. With the Exception of *Tetrastichus dacicida* and *Copidosoma floridanum* which are respectifly parasitoids of *C. capitata* and *Chrysodexis chalcites*. Put together, this knowledge could permit to refine the strategies of Integrated Pests Management of tomato and pepper.

Keywords: Fruit feeding insects, pests, natural ennemies, attack rate, population dynamics, Integrated Pests Management.



INTRODUCTION

Au Cameroun, la crise économique mondiale de la fin des années 1980 a causé la chute drastique du coût des produits de rente traditionnels qui étaient le café, le cacao, le coton, etc. Cette situation de crise a été aggravée par le désengagement de l'Etat tant dans le suivi des producteurs que dans les circuits de commercialisation de ces produits. Ainsi le pouvoir d'achat des populations a été fortement affecté tant en zones urbaines que rurales. Dans les zones rurales, de vastes plantations de cacaoyers et surtout de caféiers ont été progressivement remplacées par les cultures alimentaires (vivrières et maraîchères) dans le grand Sud du pays. Une bonne frange de ces agriculteurs, généralement non initiée, s'est alors reconvertie à la production des cultures maraîchères, dans les zones urbaines et périurbaines (Nguegang *et al.*, 2005). L'effet positif de cette reconversion est qu'elle a non seulement permis de pourvoir aux besoins alimentaires immédiats et sans cesse croissante des populations urbaines mais aussi, a comblé le déficit causé par la mévente du cacao et du café. Pour de nombreuses populations, le maraîchage est même devenu la principale activité (Kengne Fodouop & De Jong, 2002 ; Moustier, 2007), et la production des fruits et légumes est passée d'une activité de survie à une activité de rente. Dans la pratique du maraîchage, la culture des légumes fruits (tomates, piments, gombos, aubergines etc...) occupe une place prépondérante. Que ce soit pour la tomate que pour le piment, la production nationale est sans cesse croissante. Elle est passée de 666 607 tonnes en 2009 à 795 327 tonnes en 2010 pour la tomate et de 25 987 tonnes en 2009 à 29 910 tonnes l'année suivante pour le piment (MINADER, 2012). Cette activité montante qui fait vivre désormais de nombreuses familles dans les bassins de production et dans les grandes villes fait face à de nombreuses contraintes notamment : l'appauvrissement des sols, le coût élevé des intrants agricoles, la mauvaise connaissance des pratiques culturales, la pression des maladies cryptogamiques et surtout celles des insectes déprédateurs qui amenuisent les récoltes dans les exploitations agricoles (Dongmo *et al.*, 2005).

Le caractère intensif et surtout permanent des systèmes de production des cultures maraîchères est à l'origine de l'émergence et de la pullulation de divers insectes déprédateurs dans les jardins (Lavabre, 1992 ; Bordat & Daly, 1995 ; Novotny & Basset, 2005). En effet, ces insectes, de plus en plus abondants se disséminent très facilement sur les vastes étendus tout en conquérant les niches trophiques nouvelles. Pour faire face à la pression des déprédateurs, les producteurs font recours à l'usage massif des pesticides. L'utilisation des pesticides de synthèse largement répandus dans le monde depuis les années 1940 a permis de réduire les dégâts causés par de nombreux déprédateurs. Mais ces derniers continuent de peser lourdement sur la production maraîchère ; en particulier les insectes carophages qui

sont souvent insensibles à ces traitements, puisque leurs œufs et/ou leurs larves ont un développement endophyte, qui les mettent à l'abri des insecticides de contact, qui sont les plus recommandés. Quand bien même ces pesticides de contact atteignent les insectes, ils développent de plus en plus des résistances du fait d'une utilisation inadéquate (Mehta *et al.*, 2010). De plus, ces pesticides représentent une menace réelle que ce soit sur la santé des humains (les manipulateurs des pesticides comme les consommateurs des produits), sur les insectes utiles que sur l'environnement (Erdal & Clive, 1997). Selon un rapport publié en 2008 par la FAO, 80 % de produits sanitaires utilisés pour la protection des cultures devront être retirés du marché à l'horizon 2022. Pour une production agricole répondant aux normes sanitaires recommandées en matière de résidus pesticides d'une part et pour répondre à la demande de certains consommateurs qui raffolent de plus en plus des produits de l'agriculture biologique qui bannit tout intrant de synthèse d'autre part (Boisclair & Estevez, 2006). Il est urgent de développer des méthodes alternatives dans la pratique de la protection de ces cultures qui tout en restant efficaces seraient plus respectueuses de l'environnement. C'est pour ces raisons multiples qu'il était nécessaire de maîtriser la diversité et l'écologie des prédateurs dans les différents agrosystèmes impliqués dans la production. Ceci ne sera possible que si la connaissance profonde de l'écologie du système prédateurs-plante hôte-enneemis naturels est un acquis.

La plupart des travaux disponibles sur les ravageurs des cultures au Cameroun impliquent principalement les cultures de rente (caféier, cacaoyer, colatier, les agrumes etc.) (Bruneau de Miré, 1969,1970 ; Steck *et al.*, 1986 ; Tamesse *et al.*, 1999 ; Babin, 2009 ; Yede, 2015 ; Mahob, 2013). Sur les cultures maraichères, existent quelques travaux préliminaires qui donnent des informations sur la diversité des prédateurs de piment et de tomate au Cameroun (Lavabre, 1992 ; Tindo & Tamo, 1999 ; Djiéto-Lordon & Aléné, 2002, 2006 ; Elono Azang, 2008). Quelques informations sur la biologie de ces prédateurs ont aussi été apportées par les travaux de Ntonifor & Okolle (2005) et Heumou (2008). Ainsi, les données sur l'écologie de ces ravageurs, fondamentales pour tout programme de gestion intégrée, manquent cruellement dans le contexte environnemental du Cameroun. Dans la recherche des solutions durables pour la protection des cultures maraichères dans les différentes zones agroécologiques du Sud Cameroun, il a semblé indispensable de dépasser les simples recensements des prédateurs sur ces cultures pour s'intéresser plus à l'étude de leur écologie encore mal connue.

Le présent travail vise globalement à rechercher les informations de base sur la Biologie et l'Écologie des insectes prédateurs de fruits. Ce qui pourrait permettre la

conception des stratégies de lutte intégrée dans les agrosystèmes maraîchers à base de tomate et piment dans le Sud du Cameroun.

Au regard des limites au stade actuel des connaissances sur l'écologie des déprédateurs des fruits, les hypothèses suivantes ont été formulées : (1) la composition faunistique et la variation de la taille des populations des déprédateurs des fruits seraient influencées par la diversité des zones agroécologiques du Cameroun ; (2) l'existence des plantes hôtes alternatives entretiendrait les foyers permanents des déprédateurs à partir desquelles se font les infestations en champs ; (3) les attaques seraient influencées par les femelles de ravageurs qui sélectionnent préférentiellement comme sites de ponte, les fruits qui optimisent leur valeur sélective ; (4) la variation de la taille des populations de déprédateurs serait influencée par les facteurs biotiques et abiotiques du milieu.

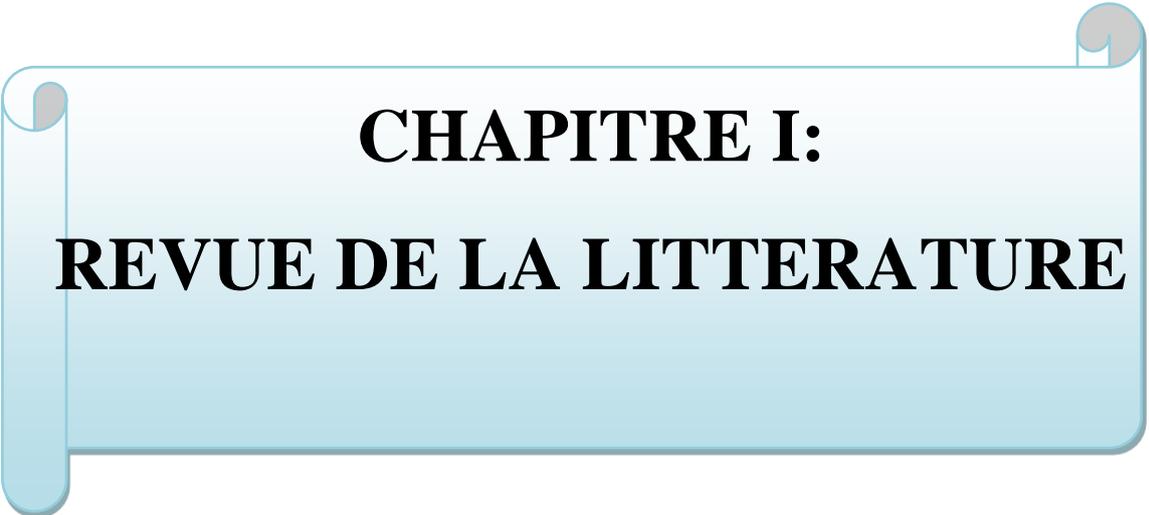
Le présent travail s'inscrit dans le cadre de l'étude de l'écologie des insectes déprédateurs des fruits de tomate et de piment dans les agrosystèmes maraîchers en région forestière du Sud Cameroun. Plus spécifiquement il est question de :

- 1- faire un inventaire de la faune et de déterminer l'importance agronomique des insectes déprédateurs de fruits de tomates et de piments ;
- 2- déterminer le spectre des plantes hôtes potentielles des principaux carpophages ;
- 3- étudier le modèle de distribution spatiale des insectes carpophages dans les agrosystèmes ;
- 4- rechercher les relations trophiques entre les plantes hôtes et les principaux carpophages afin de déterminer l'influence des espèces de fruits sur la durée du développement et la survie de ces carpophages ;
- 5- étudier la dynamique des populations des principaux déprédateurs de fruits de tomate et de piment.

Ce manuscrit comporte une introduction, suivie de trois chapitres et une conclusion. L'introduction présente d'une part les mobiles qui ont milité en faveur de l'essor de l'agriculture maraîchère au Cameroun et la place de cette agriculture dans l'économie locale, d'autre part elle relève les problèmes de la culture de la tomate et du piment. Enfin, elle présente la nécessité de mener des recherches sur l'écologie des insectes qui pourraient à terme contribuer à la protection de ces cultures. Au regard des articulations ci-après, les objectifs et la structure de la thèse peuvent être présentés ainsi.

Le chapitre I présente l'état des travaux entomologiques qui ont été effectués sur les cultures de tomate et piment et indique pourquoi les études ont été centrées sur le groupe des carpophages. Le chapitre II présente les caractéristiques physiques des sites d'étude ainsi que

le matériel et les méthodes utilisés au cours de cette étude. Le Chapitre III présente les principaux résultats obtenus, suivis de leurs interprétations et discussion. Le document se termine avec une conclusion assortie des recommandations et de quelques perspectives.



CHAPITRE I:
REVUE DE LA LITTERATURE

I.1. Généralités sur *Lycopersicon esculentum* Miller Karst (1882).

I.1.1. Position systématique

La position systématique de la tomate et celle du piment ci-dessous présentées sont essentiellement tirées des travaux de Nabors (2009). Ainsi la tomate appartient à :

- **Règne** : Plantae (êtres vivants autotrophes, à cellules pourvues de paroi cellulosique, à cellules contenant des chloroplastes) ;
- **Embranchement** : Anthophytes (plante à fleurs qui ont les ovules contenues dans un ovaire) ;
- **Classe** : Eudicotyledones (plante produisant des graines à deux cotylédons et les embryons possédant deux cotylédons) ;
- **Ordre** : Solanales (fleurs à symétrie radiale avec des pétales disposés en éventail) ;
- **Famille** : Solanaceae (plantes capables de capter l'azote atmosphérique grâce aux rhizomes qu'elles portent sur leurs racines, feuilles alternes et baies contenant de nombreuses graines, produisant souvent des composés toxiques) ;
- **Genre** : *Lycopersicon* ("pêche de loup") fait référence au caractère toxique attribué initialement aux fruits de la tomate.
- **Espèce** : *Lycopersicon esculentum* ("sous-entendu que cette espèce serait comestible).

Les synonymes de cette espèce sont : *Solanum lycopersicon* L. (1753), *Lycopersicon lycopersicon* Karst (1882). Les recherches sur les relations phylogénétiques, utilisant aussi bien les caractères morphologiques que les marqueurs moléculaires, indiquent que l'espèce *L. esculentum* devrait être incluse dans le genre *Solanum*, et qu'elle est très proche de la pomme de terre et des espèces sauvages apparentées (Van der Vossen *et al.*, 2004). La classification de la tomate dans le genre *Solanum* est très controversée. Son maintien dans le Genre *Lycopersicon* se justifierait par le besoin d'assurer la stabilité de la nomenclature d'une plante d'aussi grande importance économique (Nabors, 2009). En français, l'espèce *L. esculentum* est appelée tomate et en anglais « tomato » en Beti « Ngoro » en Medumba « Tomatou ».

Les variétés de tomate, dont la plupart provient des espèces sauvages sont classées suivant le mode de croissance, la taille, la forme et la couleur du fruit mûr (Philouze & Laterrot, 1992). Les variétés « Roma VF » et « Rio Grande » sont les plus cultivées en Afrique tropicale (Van der Vossen *et al.*, 2004) et au Cameroun en particulier (Temple, 1999). En Afrique de l'Ouest, l'hybride Mongal F1 prend de l'importance car elle est plus productive.

I.1.2. Origine et répartition géographique

Le genre *Lycopersicon*, qui comprend 9 espèces, est originaire des Andes d'Amérique du Sud et du Centre (Pinner *et al.*, 1997). Les variétés sauvages de *L. esculentum* ont une répartition plus large et ont peut-être été introduites plus récemment dans d'autres régions d'Amérique du Sud et du Mexique. Peu après la conquête du Mexique par les Espagnols en 1521, la tomate cultivée a été importée en Europe. Ses fruits n'ont pas d'emblée été considérés comme comestibles, ceci en raison de l'idée erronée selon laquelle ils étaient vénéneux comme de nombreuses autres Solanaceae. Cette supposition aura même influencé la dénomination de la tomate. La tomate fut introduite en Asie du Sud et de l'Est au XVII^e siècle et plus tard aux Etats-Unis, en Afrique et au Moyen-Orient (Laterrot, 1995). Dans le monde entier, la tomate est devenue un légume-fruit très consommé (Shankara *et al.*, 2005).

I.1.3. Biologie et phénologie

L'espèce *L. esculentum*, est une plante herbacée annuelle, monoïque à garniture chromosomique $2n = 24$ chromosomes, la tige est érigée ou prostrée, peut atteindre 2 à 4 m de hauteur ; elle présente une forte racine pivotante pouvant aller à 0,5 m de profondeur ou plus, et un système racinaire latéral dense (Van der Vossen *et al.*, 2004). Les feuilles sont composées et imparipennées (folioles impaires). Les fleurs sont étoilées, régulières, bisexuées et de couleur jaune (Nabors, 2009). Chaque inflorescence porte de 6 à 12 fleurs. Le fruit est une baie globuleuse ou ovale dont la taille varie grandement en fonction des variétés. Ces fruits sont verts et poilus à l'état immature, puis glabres et brillants, et enfin de couleur rouge, jaune, rose ou orange à maturité. Chaque fruit contient de nombreuses graines ovoïdes et aplaties (Philouze & Laterrot, 1992 ; Van der Vossen *et al.*, 2004).

Le cycle de développement de la tomate comprend quatre périodes phénologiques distinctes.

- **La phase de germination** : la germination des graines de la tomate a lieu en pépinière ou non. Du fait des exigences écologiques des plantules, il est conseillé de réaliser la pépinière dans un espace protégé (Van der Vossen *et al.*, 2004). La graine a une germination épigée ; elle donne une plantule au bout de 2 à 6 jours après le semis. À ce stade, la plantule comprend une tigelle, une radicule et deux feuilles cotylédonaire simples et opposées.

- **La phase de croissance** : la croissance correspond à la phase de vie située entre la germination et le début de la floraison. Elle débute par l'apparition des premières feuilles vraies au-dessus des feuilles cotylédonaire. Ceci a lieu à partir du 11^{ème} jour après le semis.

Au bout de 25 à 30 jours après le semis, les plants atteignent 15 à 20 cm de hauteur et avec 3-5 feuilles vraies, ils sont alors prêts pour le repiquage. Cette phase de croissance se poursuit jusqu'au début de la floraison.

- **La phase de floraison** : les inflorescences sont des grappes composées de 4 à 12 fleurs de couleur jaune. La floraison débute 50 à 65 jours après le semis (Messiaen, 1989) et la floraison s'échelonne sur environ 60 jours. L'espèce *L. esculentum* est autogame, mais on peut observer jusqu'à 47% de fécondation croisée en condition naturelle (Van der Vossen *et al.*, 2004). Dans ce dernier cas, les abeilles et les bourdons sont les plus importants pollinisateurs car, ils stimulent la déhiscence des anthères (Van der Vossen *et al.*, 2004).

- **La phase de fructification-maturation**: elle commence par la nouaison. Elle part des inflorescences de la base et se poursuit par les inflorescences supérieures (Messiaen, 1989). Les fruits se développent, grossissent, atteignent leur taille définitive et mûrissent en moyenne 45 à 55 jours après l'épanouissement d'une fleur. Le mûrissement est caractérisé par la perte progressive de la coloration verte au profit d'autres colorations qui varient du jaune au rouge en fonction des variétés. Le mûrissement se termine par la perte de la pubescence. Ce changement de coloration est dû à la variation de la teneur en pigment de la chair du fruit mûr qui contient 13 fois plus de lycopène que de bêta-carotène (Messiaen, 1989). Par conséquent, 90 à 120 jours s'écoulent entre les semis et la première récolte (Messiaen, 1989).

I.1.4. Ecologie et distribution des zones de production de la tomate au Cameroun

Pour fournir une récolte abondante et de bonne qualité, la tomate demande un climat relativement frais et sec (Shankara *et al.*, 2005). Cependant, elle s'accommode à un spectre très étendu de conditions climatiques, allant du climat tempéré au climat tropical chaud et humide (Fontem *et al.*, 1999). Les productions les plus faibles ont été observées en régions tropicales humides, car les climats qui y sévissent sont favorables au développement des maladies cryptogamiques, principalement fongiques telle que le Mildiou (Fontem *et al.*, 1999). Les températures optimales pour la croissance et le développement sont comprises entre 20 et 27°C. Une exposition prolongée à des températures inférieures à 10°C peut causer des stress thermiques et en dessous de 6°C elles provoquent la mort des plantes (Van der Vossen *et al.*, 2004). En général, la nouaison est peu satisfaisante si la température nocturne dépasse 20°C pendant quelques jours avant et après l'anthère. Les vents chauds et secs peuvent aussi causer l'avortement des fleurs et des fruits. La floraison peut également être

affectée lorsque les températures sont trop basses ou trop élevées, voire même complètement inhibée en dessous de 13°C ou au-dessus de 38°C (Messiaen, 1989).

La tomate peut être cultivée sur divers types de sols, depuis les limons sableux jusqu'aux limons argileux, riches en matières organiques. Elle est sensible à l'asphyxie racinaire et préfère les sols bien drainés. Les pH des sols non acides compris entre 6,0 et 7,0 sont les mieux adaptés à sa croissance (Hanson *et al.*, 2001). Les sols acides sont identifiés par la présence des fougères, des *Imperata cylindrica* et *Chromoleana*. La connaissance des pratiques culturales telles que les destructions des résidus après un cycle de culture, le choix des variétés, le choix des dates de semis, le sarclage régulier et surtout la rotation des cultures augmentent les rendements par réduction de la pression des maladies cryptogamiques et des déprédateurs. Les conditions idéales pour obtenir de fortes productions comprennent des rotations de culture par alternance des cycles de tomate avec ceux des plantes botaniquement très éloignées comme les légumineuses qui seraient l'un des moyens de fertilisation (Nyabyenda, 2005). Cette alternance peut contribuer à stopper la propagation des microorganismes résiduels du sol (champignons, bactéries et virus) qui ont une influence négative sur le développement de cette plante (Nyabyenda, 2005). Au Cameroun la production de tomate s'effectue dans 9 des 10 Régions (MINADER, 2012), les Régions de l'Ouest du Centre et du Nord-Ouest ont été les leaders respectivement en termes de superficies cultivées et de production au cours des années 2009 et 2010 (tableau I). Les sites de production sont généralement situés dans les bas-fonds, sur les terrains plats ou sur les flancs de montagnes. Sur tous ces différents sites, les sols sont bien drainés, en milieux non ombrageux, bien éclairés et situés préférentiellement non loin d'un point d'eau.

Tableau I : Superficie et production de tomate au Cameroun (2009-2010)

Région	Superficies 2009 (ha)	Production 2009 (t)	Superficies 2010 (ha)	Production 2010 (t)
Adamaoua	437	50 667	523	56 110
Centre	9 332	126 043	11 682	119 195
Est	475	5 203	499	4 557
Extreme-Nord	377	1 342	414	1 202
Littoral	487	867	515	762
Nord-Ouest	3 568	39 902	4 367	36 808
Ouest	37 516	433 206	46 744	568 369
Sud	883	7 088	1 107	6 281
Sud-Ouest	138	2 290	148	2 043
Cameroun	53 213	666 607	65 999	795 327

Source: MINADER, 2012

I.1.5. Usages

La tomate est un légume fruit à usages multiples ; elle peut être utilisée à des fins nutritionnelles dans diverses cuissons, à des fins thérapeutiques ou comme source de revenus pour certains agriculteurs dont la production dépasse le niveau de l'autoconsommation familiale.

I.1.5.1. Usage nutritionnel

Les fruits de tomate sont consommés crus en salade ; ils peuvent également être utilisés comme assaisonnement dans diverses recettes de soupes de ratatouille, des plats de viande ou poisson. Les graines contiennent 24% d'une huile comestible semi-siccative (Van der Vossen *et al.*, 2004). Les fruits frais de tomate mûres contiennent pour 100 g : 93,1g d'eau ; 73 KJ (17 Kcal) d'énergie ; 0,7 g de protéine ; 0,3 g de lipides ; 3,1 g de glucides ; 7mg de calcium ; 7 mg de magnésium; 24 mg de potassium ; 0,5 mg de fer ; 0,1 mg de zinc; 0,64 mg de carotène ; 0,09 mg de thiamine ; 0,01 mg de riboflavine ; 1,0 mg de niacine ; 17 mg d'acide folique ; 17 mg d'acide ascorbique (Holland *et al.*, 1991). Bien que la tomate ait une valeur nutritionnelle faible en comparaison à d'autres légumes, elle les dépasse toutes par les quantités utilisées dans l'alimentation humaine (Van der Vossen *et al.*, 2004).

I.1.5.2. Usage médicinal

Les fruits de tomate mûrs contiennent du lycopène (Messiaen, 1989). Le lycopène est une substance nutritive que l'on retrouve également dans les fruits tels que : le melon, la papaye, la goyave. C'est un caroténoïde primaire qui après absorption s'accumule dans les tissus tels que la prostate et les fluides corporels tels que le sérum sanguin (Brown *et al.*, 2002). Des études épidémiologiques ont montré que la suppression du lycopène dans l'alimentation d'un individu l'exposerait à diverses pathologies telles que les cancers, les maladies de la prostate et les maladies cardiovasculaires (Arab & Steck, 2000). Le lycopène, grâce à ses propriétés antioxydantes (Zhao, 2002), aurait aussi un effet protecteur contre les diabètes, l'ostéoporose et l'infertilité masculine et même certains cancers (Brown *et al.*, 2002, Ntonifor *et al.*, 2013). Le lycopène induit la communication cellule-à-cellule, empêche la prolifération des cellules de tumeur, améliore l'immuno-réaction anti-tumorale, ceci fait ainsi de la tomate un aliment fonctionnel vital (Frohlich *et al.*, 2006). En plus, les graines contiennent 24% d'une huile comestible semi-siccative qui aurait un rôle dans la cicatrisation (Brown *et al.*, 2002).

I.1.5.3. Usage économique

La moyenne des rendements mondiaux en 2001 était de 27 tonnes/ha. Cependant, en Afrique tropicale, en moyenne ces rendements sont estimés à seulement 8 tonnes/ha sur des tomates cultivées en plein champ. Avec 72.000 tonnes, la tomate a été érigée en légume le plus important au Cameroun en terme de production (Temple, 1999). Une quantité importante est destinée au marché sous régional et commercialisée en particulier au Gabon, en Guinée Équatoriale, en République Centrafricaine et au Tchad (Kengne Fodouop & De Jong A., 2002). Sur le plan local, une partie est également utilisée pour la production de jus. Les produits transformés tels que les concentrés (le ketchup, les tomates en boîtes) ont également une grande importance économique. La Société de Conserverie Alimentaire du Noun (SCAN) a, dans les années 2000, transformé la tomate pour exportation, mais son activité est de nos jours suspendue, faute de matière première.

I.2. Généralités sur les notions de déprédateurs et ravageurs

En entomologie agricole, on considère comme déprédateur un organisme animal qui commet des dégâts sur une plante ou sur des denrées, le plus souvent dans le but de se nourrir (Appert & Deuse, 1988). Un déprédateur peut formellement devenir ravageur lorsqu'en s'alimentant, il peut infliger les dégâts supérieurs à 10% (Navarajan, 2007). En fonction du mode de prélèvement alimentaire sur les plantes et/ou des organes affectés, quatre groupes trophiques de déprédateurs sont connus (Scientific Committee on Food SCF, 2003). Il s'agit des piqueurs-suceurs, phyllophages, carpophages, et des organismes à régime alimentaire non spécialisé (ces derniers se nourrissent indifféremment aux dépens des feuilles, fleurs, fruits et racines). Les carpophages et les piqueurs-suceurs sont, d'un point de vue agronomique, les deux groupes de déprédateur les plus préjudiciables à la culture de tomate (Djiéto-Lordon & Aléné, 2006), car s'attaquent directement aux fruits. L'impact des autres déprédateurs est plus difficile à évaluer et peu de travaux ont été réalisés sur leur bio écologie.

I.2.1. Piqueurs-suceurs

Les piqueurs-suceurs sont des organismes animaux se nourrissant de la sève circulante dans les vaisseaux ou des fluides naturels des différents organes de la plante. Cette activité nourricière peut causer deux catégories de dégâts aux plantes:

- les dégâts directs résultants de l'action mécanique d'innombrables piqûres qui détériorent les divers organes de la plante (Appert & Deusse, 1988). On peut citer les

crispations ou recroquevillement des feuilles, la déformation des fruits, la chute précoce des fleurs et l'altération de la qualité des fruits par les toxines qu'ils y injectent (Mokam, 2007). En cas de forte pullulation du déprédateur, cette action peut entraîner la fanaison, voire la mort des plantes (Appert & Deuse, 1988);

- les dégâts indirects résultent de l'action vectrice de divers germes qu'ils injectent dans les vaisseaux de la plante (Betbeder-Matibet, 1989). Dans ce groupe, les pucerons les punaises et les thrips sont les seuls incriminés dans l'attaque des fleurs et des fruits.

I.2.1.1. Pucerons

Les pucerons (Hemiptera : Sternorrhyncha) appartiennent à la famille des Aphidae, caractérisée par la présence de cornicules bien distinctes à l'extrémité postérieure de l'abdomen (Delvare & Aberlenc, 1989). L'espèce *Macrosiphum euphorbiae* (Thomas, 1878) est l'un des principaux déprédateurs de la tomate (Blackman & Eastop, 2000; Djiéto-Lordon & Aléné, 2006). Les populations de ce déprédateur peuvent atteindre des niveaux très élevés d'abondance, causant ainsi des dégâts économiques très importants (El Habi *et al.*, 2000 ; Djiéto-Lordon & Aléné, 2002, 2006). Les dégâts directs causés par ces déprédateurs résultent du prélèvement d'importantes quantités de sève qui épuise la plante (Betbeder-Matibet, 1987). Les dégâts indirects causés sont la transmission de nombreuses viroses aux plantes. *M. euphorbiae* peut aussi transmettre plus de 40 espèces de virus différents aux plantes (Blackman & Eastop, 2000). L'état nymphal n'existe pas chez les Hémiptères comme beaucoup d'autres insectes hétérométaboles (Ryckewaert & Fabre, 2001). *M. euphorbiae* est originaire d'Amérique du nord d'où il a colonisé presque tout le monde entier (Blackman & Eastop, 2000). Primitivement, il est connu comme étant un ravageur de la pomme de terre, d'où son nom « potato aphid ». A l'heure actuelle, *M. euphorbiae* colonise plus de 200 espèces de plantes appartenant à 20 familles, dont les solanacées sont ses hôtes de prédilection.

I.2.1.2. Punaises

Les punaises (Hemiptera-Heteroptera) sont des piqueurs suceurs dont les stades larvaires et les adultes piquent les fleurs et les jeunes fruits de la tomate. Il en résulte nombreux dégâts, c'est le cas de *Leptoglossus australis* (F.) (Hemiptera-Coreidae) et de *Nezara viridula* (Hemiptera-Pentatomidae) (Bordat & Daly, 1995). Les fleurs ainsi attaquées chutent précocement. Sur la cuticule du fruit piqué, il apparaît des taches de nécrose qui vont

évoluer dans la pulpe du fruit, les fruits sont alors rendus impropres à la consommation et surtout à la commercialisation (Bordat & Arvanitakis, 2004).

I.2.1.3. Thrips

Les thrips (Thysanoptera), sont des espèces polyphages dont les larves et les adultes, en suçant la sève et en détruisant la chlorophylle, affaiblissent le végétal et diminuent son rendement (Appert & Deusse, 1988). A la limite, les jeunes plants peuvent mourir. Sur les plantes adultes, ils déforment les bourgeons terminaux. Les dégâts peuvent être très importants sur certaines cultures telles l'oignon et le poireau. Les labours, l'irrigation et l'arrosage entraînent la mort des nymphes dans le sol et peuvent par conséquent réduire le niveau de densité des populations (Appert & Deusse, 1988).

I.2.2. Carpophages

Les carpophages sont des organismes animaux qui se nourrissent exclusivement aux dépens des fruits de plantes (SCF; 2003). Les principaux insectes qui s'attaquent aux fruits de la tomate se recrutent dans les ordres des Lepidoptera et des Diptera (Reckhaus, 1997; Messiean, 1989; Djiéto-Lordon & Aléné, 2006).

I.2.2.1. Lepidoptera

Les espèces de lépidoptères les plus nuisibles aux fruits de tomate ont été signalées dans la famille des Noctuidae ou papillons de nuit (Bordat & Arvanitakis, 2004). Il s'agit de *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Spodoptera littoralis* (Boisduval) et de *Chrysodeixis chalcites* (Esper). Les Noctuidae sont des insectes ovipares et holométaboles. Les femelles pondent leurs œufs en grappes sur les jeunes organes de la plante. Ces œufs, après éclosion, passent par trois phases de développement (Scotti, 1978): la phase larvaire, la phase nymphale, et enfin la phase adulte. Dès l'éclosion, les larves dévorent le parenchyme des feuilles par la face inférieure puis finissent par dévorer toute la feuille à l'exception de la nervure principale (Appert & Deusse, 1988). Ces larves ravagent également les fleurs (Appert & Deusse, 1988). Les jeunes chenilles perforent le fruit, et le dévorent de l'intérieur (Djiéto-Lordon & Aléné, 2006). Elles peuvent se déplacer d'une plante à une autre, tout en provoquant des dégâts énormes (Bordat & Goudegnon, 1991). Ces noctuelles sont cosmopolites : les adultes peuvent se déplacer sur de grandes distances, véhiculées par le vent. L'espèce *H. armigera* a été recensée en Europe, en Afrique et en Asie centrale et du

Sud-Est (James, 2002). Il est très polyphage puisqu'on le retrouve aussi bien sur le pois, l'aubergine, le haricot, la pomme de terre, le maïs que sur la tomate, le tabac ou le cotonnier, sur lequel son incidence économique est majeure (Betbeder-Matibet, 1988). Quant à *S. littoralis*, on la retrouve dans le bassin méditerranéen, au Moyen-Orient et en Afrique. Elle se retrouve sur la plupart des plantes cultivées notamment l'arachide, le soja, le haricot le niébé la Corète potagère. Les herbes ou les arbustes sont également victimes de ses attaques (Betbeder-Matibet, 1988). *Chrysodeixis chalcites*, communément rencontrée dans la zone tropicale sur de nombreux adventices se retrouve quelques fois sur les plantes cultivées telles que la calebasse et le persil dans la région du Moungo où les fortes pullulations ont été observées en 1966 (Nonveiller, 1984).

I.2.2.2. Diptera

Les Diptera les plus nuisibles aux fruits de tomate se trouvent dans la famille des Tephritidae, vulgairement appelés mouches de fruits (Delvare & Aberlinc, 1989). Tout comme les Lepidoptera, les Diptera sont des insectes holométaboles. Les femelles insèrent les œufs sous la cuticule du fruit. Les œufs sont blanchâtres et arqués. Les larves qui en sont issues se nourrissent de la pulpe des fruits, provoquant des décompositions précoces des fruits attaqués. Ces larves passent par trois stades de développement bien distincts reconnaissable par leurs morphologies. La différence fondamentale entre ces stades larvaires réside au niveau de la taille et de la couleur qui passe du blanc (larves de stade 1 et 2) au jaune (larve de stade 3). Seules les larves sont nuisibles pour les plantes car elles se nourrissent aux dépens de la partie charnue du fruit. À la maturité larvaire (au terme du stade 3), elles gagnent le sol où aura lieu la nymphose. Des nymphes sortiront des insectes adultes et ailés capables d'infester de nombreux autres fruits après la fécondation (Bordat & Arvanatakis, 2004).

Plus de 520 espèces de Dacinae sont identifiées (Coperland, 2002), la grande majorité est rencontrée en Asie, dans le Pacifique et en Australie. Onze espèces seulement sont natives d'Afrique. L'espèce *Dacus (Dacus) bivittatus* (Bigot) encore connue sous le nom de *Dacus bipartitus* (Graham) ou encore *Dacus cucumarius* (Sack) est un déprédateur des Cucurbitaceae dans les zones de forêt humide, et n'est qu'un déprédateur secondaire de tomate (Hancock, 1989). Il a été retrouvé sur les plantes telles que *Cucumis melon*, *Cucumis sativus*, *Citrullus lanatus* et *Cucumeropsis mannii* au Cameroun par Fomekon *et al.*, 2008; Mokam *et al.*, 2014. *Dacus (Dacus) bivittatus* est localisé en Afrique subsaharienne (Coperland, 2002). L'espèce *Dacus (Dacus) punctatifrons* est très répandue en Afrique

tropicale (Coperland, 2002). Elle est connue au Cameroun comme déprédateur potentiel de la tomate (Okolle & Ntonifor, 2013, Tindo & Tamo, 1999). Les dégâts imputables à ce déprédateur ont été très importants au point que, quelquefois, certains agriculteurs ont abandonné des plantations entières (Tindo & Tamo, 1999).

I.3. Généralités sur *Capsicum annuum* L. 1753

I.3.1. Position systématique

La position de *Capsicum annuum* dans la systématique selon Grubben & El Tahir (2004) est :

- Règne** : Plantae (êtres vivants pluricellulaire, à cellules pourvues de paroi pectocellulosique);
- Embranchement** : Anthophytes (plantes à fleurs avec ovules contenue dans un ovaire) ;
- Classe** : Eudicotylédones (plantes produisant des graines à deux cotylédons et les embryons possèdent deux cotylédons) ;
- Ordre** : Solanales (fleurs à symétrie radiale avec des pétales disposés en éventail) ;
- Famille** : Solanaceae (feuilles alternes et des baies contenant de nombreuses graines, produisant souvent des composés toxiques) ;
- Genre** : *Capsicum* (piment contenant des alcaloïdes actifs appelés capsaïnes) ;
- Espèce**: *Capsicum annuum* (Grubben & El Tahir, 2004).

I.3.2. Origine et répartition géographique

L'espèce *C. annuum* est originaire d'Amérique tropicale (Grubben & El Tahir, 2004). Les formes cultivées ont été domestiquées aux temps préhistoriques. La différence principale entre les espèces domestiquées et sauvages tient au fait que les fruits sont peu déhiscent (Grubben & El Tahir, 2004). La variété de piment à fruits piquants «Hot pepper» en anglais considérée comme condiment traditionnel. Elle est largement répandue et vendue dans tous les marchés en Afrique tropicale. La variété poivron à fruits doux «Sweet pepper» en anglais est par contre un légume exotique, récemment introduit dans la sous-région Afrique centrale (Grubben & El Tahir, 2004).

I.3.3. Biologie et phénologie

Les piments sont des arbrisseaux branchus vivaces ou pérennes à tige érigée pouvant atteindre 1 à 1,5 m de haut (Dupriez & de Leener, 1987 ; Pinnars *et al.*, 1997). D'autres

variétés notamment les piments doux, pouvant atteindre 0,3 m à 1,20 m (Reckhaus, 1997). Dans les quatre variétés étudiées dans ce travail (Gros piment commun, Petit piment rond, Petit piment long, piment chili), les feuilles sont simples, alternées, glabres et de dimensions variables (Messiaen, 1989 ; Pinnars *et al.*, 1997 ; Grubben & El Tahir, 2004). Les fleurs sont blanches et mesurent de 1 à 2 cm de diamètre. La corolle est gamopétale et présente cinq lobes. L'ovaire est surmonté d'un style court. Les fleurs peuvent être seules ou groupées par 2 ou 3 à l'aisselle des feuilles (Dupriez & de Leener, 1987 ; Messiaen, 1989 ; Grubben & El Tahir, 2004). Les fruits sont creux, de couleur verte à l'état immature et rouge ou jaune à maturité (Pinnars *et al.*, 1997). Les fruits du piment sont beaucoup plus petits que ceux du poivron. Les graines sont aplaties et de couleur blanche (Dupriez & de Leener, 1987). Tout comme pour la tomate, la croissance et le développement de ces plantes se font en 4 phases phénologiques bien distinctes :

- **la phase de germination** : elle est analogue à celle de la tomate (Messiaen, 1989). Le semis est réalisé dans une pépinière et les graines germent mieux entre 25 et 30°C (Grubben & El Tahir, 2004) ;
- **La phase de croissance** : dans de bonnes conditions, les premières feuilles apparaissent au bout de 5 jours après la levée germinative. Les plantules obtenues en pépinière peuvent être repiquées 21 jours après quand les plantes ont alors 5 feuilles environ et celles-ci évoluent progressivement en de robustes plantes (Messiaen, 1989) ;
- **La phase de floraison** : elle débute 60 à 90 jours après le semis et est continue (Van der Vossen *et al.*, 2004). Les fleurs s'ouvrent 3 heures après la levée du soleil et restent ouvertes pendant 1 à 3 jours ;
- **La phase de fructification-maturation** : en conditions normales, 40 à 50 % des fleurs donnent des fruits qui atteignent leur maturité 4 à 5 semaines après la floraison, et peuvent être récoltés tous les 5 à 7 jours (Grubben & El Tahir, 2004). Les fruits sont récoltés à la main à l'état vert ou à maturité complète, selon la demande ou l'utilisation qui en est faite. Les récoltes de fruits à l'état vert stimulent la fructification et donnent un rendement supérieur à celui d'une récolte à maturité complète (Grubben & El Tahir, 2004).

I.3.4. Écologie et distribution des zones de production de piment au Cameroun

Les piments et les poivrons sont des plantes qui poussent aussi bien en plein soleil qu'à l'ombre. Ils sont cultivés dans les cours d'habitation, les jardins ou les grands champs (Dupriez & de Leener, 1987). Ils préfèrent des sols légers, profonds, riches en matières

organiques, neutres (pH 6,5 à 7) et bien irrigués (Van der Vossen *et al.*, 2004). La saturation en eau provoque une nouaison médiocre, favorise le développement des maladies cryptogamiques et la pourriture des fruits (Grubben & El Tahir, 2004). Les températures optimales de croissance et de production se situent entre 18 °C et 30 °C. Les fruits frais peuvent être entreposés jusqu'à 5 semaines à 4 °C (Grubben & El Tahir, 2004). Lorsque les températures diurnes tombent en dessous de 25 °C, la floraison est retardée. Par contre les températures nocturnes trop élevées (au-dessus de 32 °C) favorisent l'avortement des boutons floraux. Le poivron a besoin de nuits plus fraîches et est clairement mieux adapté à des conditions de culture plus froides que le piment (Messiaen, 1989 ; Grubben & El Tahir, 2004). Certaines variétés de piments à saveur douce en terrain calcaire peuvent devenir piquantes en terrain acide (Messiaen, 1989).

Contrairement à la tomate, le piment se cultive dans toutes les Régions du Cameroun (MINADER, 2012). Les Régions du Centre et de l'Ouest restent toujours leaders au cours des années 2009 et 2010 (Tableau II). Les sites de production sont généralement situés dans les bas-fonds, sur les terrains plats ou sur les flancs de montagnes. Le piment tout comme la tomate appartient à la famille des Solanaceae qui ont sensiblement les mêmes exigences pour leurs croissances bien que la tomate soit plus exigeante en eau et lumière que le piment.

Tableau II : Superficie et production de piment au Cameroun (2009-2010)

Région	Superficies 2009 (ha)	Production 2009 (t)	Superficies 2010 (ha)	Production 2010 (t)
Adamaoua	181	235	209	282
Centre	4 240	6 423	4 082	6 423
Est	306	468	289	459
Extreme-Nord	498	1 813	475	1 795
Littoral	225	468	217	468
Nord	46	60	49	67
Nord-Ouest	1 230	3 309	1 220	3 408
Ouest	3 490	9 484	4 704	13 278
Sud	555	722	536	725
Sud-Ouest	2 312	3 005	2 226	3 005
Cameroun	13 083	25 987	14 007	29 910

Source: MINADER, 2012

I.3.5. Usages

I.3.5.1. Usages nutritionnels

Les piments sont utilisés comme condiments (en très petite quantité) ou épices dans la préparation de nombreuses sauces pour l'assaisonnement et la stimulation de l'appétit (Reckhaus, 1997 ; Grubben & El Tahir, 2004). On les consomme en poudre sèche associée aux grillades de viande ; en macération dans l'eau ou sous forme de pâte humide ou huileuse (Dupriez & de Leener, 1987 ; Reckhaus, 1997). En revanche, les poivrons sont consommés comme légumes crus en salades, mais généralement cuits, frits, ou transformés en mélange avec d'autres aliments et relèvent la valeur nutritionnelle du met (Messiaen, 1989 ; Reckhaus, 1997 ; Grubben & El Tahir, 2004). La composition approximative du piment frais, du poivron frais, du piment séché par 100 g de partie comestible est contenue dans le Tableau III.

Tableau III : Composition approximative de *Capsicum annuum* par 100 g de partie comestible

Variétés	Piment frais	Piment séché	Poivron frais
Eau	74 g	10 g	86 g
Energie	395 KJ	1453 KJ	220 KJ
Protéines	4,1 g	12,5 g	2,0 g
Lipides	2,3 g	11,5 g	0,8 g
Glucides	18 g	61,5 g	10,3 g
Fibres	6,0 g	23,3 g	2,6 g
Calcium	58 mg	187 mg	29 mg
Phosphore	101 mg	330 mg	61 mg
Fer	2,9 mg	16,7 mg	2,6 mg
β – carotène	7140 μ g	14300 μ g	180 μ g (fruits murs : 2760 μ g)
Thiamine	0,25 mg	0,38 mg	0,12 mg
Riboflavine	0,20 mg	0,68 mg	0,15 mg
Niacine	2,4 mg	7,2 mg	2,2 mg
Acide ascorbique	121 mg	12 mg	140 mg

Source : Leung *et al.*, 1968

I.3.5.2. Usages médicaux

Le piment est très sollicité en médecine traditionnelle (Grubben & El Tahir, 2004). Il est utilisé par voie orale et par application externe. Le piment accroît le péristaltisme intestinal ; il stimule à faible dose la production d'acide gastrique mais l'inhibe à forte dose. La poudre de piment désinfecte les muqueuses buccales et gastriques et détruit les bactéries

pathogènes dans l'intestin. Le piment frais, mélangé au savon est utilisé en cas de constipation et de « douleur abdominales ». Une infusion de fruits mûrs arrêterait les vomissements et est utilisée pour traiter la dysenterie. En Afrique de l'Est, le piment sert d'antidote en cas d'empoisonnement (Grubben & El Tahir, 2004). Les feuilles sont utilisées à usage externe contre la peste bubonique et comme pansement pour les blessures et les plaies (Grubben & El Tahir, 2004). En Afrique de l'Ouest, un mélange contenant de la poudre de piment est utilisé comme insecticide traditionnel dans la lutte contre le charançon du cocotier (Van der Vossen *et al.*, 2004). Le piment est utilisé en application externe comme rubéfiant, laxatif et analgésique pour les douleurs dorsales, le rhumatisme, les douleurs articulaires et musculaires (Dupriez & de Leener, 1987 ; Grubben & El Tahir, 2004).

I.3.5.3. Usages économiques

La culture du piment constitue une source de revenus pour de nombreux producteurs (Dongmo *et al.*, 2005) et pour l'État à travers les taxes (Belinga, 2000). Les fruits frais de piment et de poivron sont vendus et la commercialisation dans les grandes villes passe par les marchés de gros et de détail. Néanmoins, une grande partie est également vendue dans les petits secteurs à travers les canaux de distributions plus informelles telles que les marchés périodiques des campagnes (Grubben & El Tahir, 2004). Les statistiques de la « Foods Alimentation Organisation » évaluent la production mondiale de piment à 21,3 millions de tonnes en 2001 pour une superficie récoltée de 1,6 millions d'hectares. Les données restent incomplètes ou manquent de fiabilité en ce qui concerne les pays africains (production estimée à 1 million de tonnes) (Grubben & El Tahir, 2004). Les méthodes de culture extensive donnent des niveaux de rendement très faibles. Du piment antillais est exporté de l'Ouganda et de l'Afrique de l'Ouest vers l'Europe (Paris, Londres, Bruxelles) principalement en hiver. Au Sénégal et en Côte-d'Ivoire, on cultive un peu de poivron pour l'exportation vers la France (Grubben & El Tahir, 2004). Certaines variétés de piment (Pili-pili) sont beaucoup plus commercialisées (Dupriez & De Leener, 1987). Au Cameroun les variétés les plus exportées sont le gros piment commun et les petits piments rouges.

I.4. Généralités sur les déprédateurs de *Capsicum annum*

En fonction de l'organe de la plante attaqué, il existe plusieurs groupes de déprédateurs. Ces déprédateurs varient des piqueurs suceurs de sève aux mangeurs de fruits en passant par les mangeurs de feuilles.

I.4.1. Piqueurs - suceurs

Les piqûres de ces insectes causent des déformations et des avortements des graines (Betbeder-Matibet, 1989 ; Messiaen, 1989 ; Delvare & Aberlenc, 1989), et détériorent les divers organes de la plante; elles induisent également des crispations ou des recroquevillements des feuilles, des déformations de fruits, la chute précoce des fleurs et la fanaison des bourgeons (Appert & Deuse, 1988). Lors de la piqûre, ces insectes transmettent divers agents pathogènes, champignons, bactéries et surtout virus qui provoquent sur la plante des maladies souvent très graves telles la chlorose, la mosaïque, la panachure et le rabougrissement sur feuilles (Betbeder-Matibet, 1987; Appert & Deuse, 1988; Lavabre, 1992). Parmi les piqueurs-suceurs de piment, on peut citer :

-les pucerons dont les espèces *Aphis gossypii* (Glover, 1877) et *Aulachortum solani* Kaltenback sont les plus nocifs (Reckhaus, 1997 ; Appert & Deuse, 1988 ; Youdeowei, 2004 ; Djiéto-Lordon & Aléné, 2006) ;

-les Aleurodes dont les espèces *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) et *Trialeurode vaporarium* West wood sont les déprédateurs phytophages qui s'attaquent à la plupart des cultures maraîchères (Vayssières & Cauquil, 2000 ; Stoll, 2002 ; Youdeowei, 2004a ; Bordat & Arvanitakis, 2004) ;

-les Cochenilles dont les espèces *Pinnaspis strachani* Cooley et *Pseudococcus citri* risso s'attaquent aux fruits de *C. annuum* et à diverses espèces de plantes cultivées et sauvages respectivement (Lavabre, 1992 ; Reckhaus, 1997) ;

-les Punaises avec pour espèce *Leptoglossus australis* F. déprédateur de Cucurbitaceae (Mokam, 2007 dont les attaques ne surviennent que sporadiquement sur *C. annuum* (Reckhaus, 1997) ;

-les Thrips qui sont des insectes de la famille des Thripidae très polyphages avec des espèces qui causent des dégâts importants sur *C. annuum* à l'exemple de *Frankliniella occidentalis* Pergande et *Thrips tabaci* qui sont polyphages (Appert & Deuse, 1988 ; OEPP/EPPO, 2006 ; Gélinas, 2000, Djiéto-Lordon & Aléné, 2006) et les Cicadelles (Hemiptera-cicadoorphes) représentées par l'espèce *Jacobiasca hybrida* (Cauquil, 1993 ; Bordat & Arvanitakis, 2004).

I.4.2. Phyllophages

Les phyllophages sont des animaux qui se nourrissent des feuilles de plantes (Delvare & Aberlenc, 1989 ; Michel & Bournier, 1997). Ainsi, les insectes pouvant détruire

d'importantes quantités de feuilles se recrutent parmi les Orthoptera (Betbeder – Matibet, 1988). Les jeunes larves de *Zonocerus variegatus* Linné, criquet coloré de vert et jaune de la famille des Pyrgomorphidae (Kékeunou, 2007), dévorent les feuilles en restant grégaires et peuvent occasionner des dégâts très graves aux cultures (Lavabre, 1992 ; Cauquil, 1993 ; Bordat & Arvanitakis, 2004). Les attaques des Coleoptera sur le feuillage se traduisent par de nombreuses perforations (Appert & Deuse, 1988 ; Bordat & Arvanitakis, 2004). Les Diptera appartenant à la famille des Agromyzidae sont également de grande importance et assez fréquents. Les espèces du genre *Liriomyza* sont cosmopolites et polyphages (OEPP/EPPO, 2006) ; elles causent de nombreux dégâts. Les larves de *Liriomyza trifolii* Burgess et de *Liriomyza huidobrensis* Blanchard se nourrissent du parenchyme des feuilles, entraînant des pertes de rendement importantes sur certaines cultures (Nguimdo *et al.*, 2014).

I.4.3. Carpophages

Les carpophages sont des déprédateurs se nourrissant aux dépens du carpelle (organe femelle de la fleur) et par extension des fruits (Cauquil, 1993). Comme pour la tomate, ce groupe trophique comprend des Diptera-Tephritidae, des Lepidoptera-Noctuidae, Tortricidae et Pyralidae.

I.4.3.1. Lepidoptera

Les Lepidoptera représentent également une menace majeure pour les fruits de *C. annuum*. En effet, les larves de *Cryptophlebia leucotreta* Meyr (Tortricidae) de teinte rose (Lavabre, 1992 ; Cauquil, 1993 ; Bordat & Arvanitakis, 2004) font pourrir les fruits en se nourrissant de la pulpe et des graines ; ils sont considérés comme des vecteurs des microorganismes pathogènes (Appert & Deuse, 1988 ; Lavabre, 1992). Les adultes sont de petits papillons de 15 mm d'envergure, de couleur grisâtre et de mœurs nocturnes. Les femelles pondent des œufs très aplatis sous l'épiderme des fruits. Les chenilles, de couleur rose, dévorent l'intérieur du fruit. Ce déprédateur, répandu sur l'ensemble du continent africain est très polyphage (Lavabre, 1992 ; Cauquil, 1993 ; Vayssières & Cauquil, 2000 ; Bordat & Arvanitakis, 2004). Parmi les Noctuidae, les espèces telles *Spodoptera littoralis* (Boisduval, 1833), *Helicoverpa armigera*, *Chrysodeixis chalcites*, également polyphages sont aussi des déprédateurs de piment et de poivron. Elles influencent significativement le rendement de ces variétés (Djiéto-Lordon *et al.*, 2007, 2014).

I.4.3.2. Diptera

Les Diptera Tephritidae constituent un groupe de déprédateurs de grand intérêt économique pour diverses cultures fruitières dont le piment et le poivron (White & Elson - Harris, 1994). Les adultes sont attirés par les substances sucrées, les acides organiques ou les matières végétales en fermentation (White & Elson -Harris, 1994). Ainsi, *Ceratitis capitata* est le principal responsable de la chute précoce des fruits de *C. annuum* (Bordat & Arvanitakis, 2004 ; Djiéto-Lordon & Aléné, 2006). Ce Tephritidae de 4 à 5 mm de long, est une mouche polyphage et multivoltine très répandue dans les régions intertropicales (White & Elson -Harris, 1994). Les adultes sont caractérisés par la présence des zones enfumées sur les ailes. Leur corps est brun rougeâtre et la tête jaune (Bordat & Arvanitakis, 2004). La femelle enfonce ses œufs sous l'épiderme à l'aide de sa tarière. Les asticots qui naissent de ces œufs se nourrissent de la chair des fruits de piment et poivron, occasionnant leur pourriture et leur chute précoce. Avant la nymphose, les larves quittent le fruit et s'enfoncent à quelques centimètres dans le sol (Appert & Deuse, 1988 ; Lavabre, 1992 ; Bordat & Arvanitakis, 2004).

I.5. Insectes utiles aux cultures de *Capsicum annuum* et de *Lycopersicon esculentum*

I.5.1. Auxiliaires ou ennemis naturels

Les auxiliaires tels que définis par Michel & Bournier (1997) sont des organismes qui s'attaquent à un ou plusieurs déprédateurs de culture. Ils contribuent à maintenir ce que l'on appelle équilibre écologique dans les agroécosystèmes (Appert & Deuse, 1988). Ils sont ainsi appelés auxiliaires parce que les hommes les utilisent pour lutter contre les autres insectes. Un auxiliaire peut présenter une spécificité stricte en s'attaquant uniquement soit aux œufs, soit aux larves ou aux nymphes, ou bien une spécificité large lorsqu'il s'attaque à tous les stades de développement des déprédateurs sans distinction (Bordat & Daly, 1995). Ces ennemis naturels, sont habituellement les parasites, les prédateurs ou les agents pathogènes nuisibles (Kumar, 1991).

Les prédateurs sont des organismes qui capturent des proies vivantes (Anonyme, 2002) ; ceci pour s'alimenter directement ou alors pour nourrir leurs larves (Michel & Bournier, 1997). Parmi les groupes composés d'insectes prédateurs, on peut citer les Syrphidae (Diptera), les Coccinellidae et les Carabidae (Coleoptera), les Reduviidae (Heteroptera), les Chrysopidae et les Hemerobidae (Neuroptera), les Forficulidae

(Dermaptera), les Mantidae comme la *Mantis religiosa* (Dictyoptera), (Kumar, 1991 ; Youdeowei, 2004).

Les parasites souvent dénommés « parasitoïdes » pondent leurs œufs à l'intérieur ou sur le corps d'autres Arthropodes et s'y développent aux dépens de leur hôte, finissant par le tuer (Kumar, 1991). Le développement larvaire chez certaines espèces se déroule sur le corps de l'hôte (ectoparasitoïdes) alors que chez d'autres, la larve croît à l'intérieur de l'hôte (endoparasitoïdes). La plupart des parasitoïdes s'attaquent à des prédateurs et ont alors un effet bénéfique. Les parasitoïdes sont souvent spécifiques d'un stade de développement (œuf, larve, nymphe) de l'hôte dont ils se nourrissent (Youdeowei, 2004 ; Pennachio & Strand cités par Nguimdo, 2007). Ce groupe fera l'objet de plus d'attention dans ce travail. Certains parasitoïdes sont dit idiobiontes car ils tuent leurs hôtes avant de déposer leurs œufs sur le cadavre de celui-ci, ils sont généralement les ectoparasites. Les oophages, les endoparasitoïdes pupaux et les parasitoïdes de certaines chenilles relèvent de ce type. D'autres, par contre, sont dit konobiontes car ils maintiennent leurs hôtes en vie le long de leur développement jusqu'à leur propre nymphose. Ils sont généralement endoparasites des œufs et des asticots des diptères. Ces endoparasitoïdes sont souvent monophages (parasitoïdes spécialistes), et sont les meilleurs auxiliaires de la lutte biologique. En revanche, certains ennemis naturels se développent aux dépens des prédateurs ou d'autres parasitoïdes déjà en développement sur des prédateurs, on parle d'hyper-parasitoïdes pour ce dernier cas (Michel & Bournier, 1997). Dans certains cas où les agents de contrôle des prédateurs sont introduits, les hyper-parasitoïdes interfèrent sérieusement sur le résultat escompté. C'est le cas de *Diatora* sp. de *Paraphylax* sp. ; deux Ichneumonidea hyper-parasitoïdes qui ont été introduites en Nouvelle-Zélande et dont l'action interfère avec le parasitisme naturel du Lepidoptera *Uraba lugens* Walker (Jocelyn & Sarah, 2006). D'autres agents pathogènes des insectes se recrutent parmi les virus, les bactéries, les champignons, les protozoaires et les nématodes. Ils peuvent être à l'origine d'épizooties susceptibles de réguler les populations de prédateurs (Michel & Bournier, 1997 ; Lavabre, 1992 ; Bijlmaker & Verchoek, 1995). Les maladies induites par ces derniers affectent les insectes. Ils ont alors un effet bénéfique pour l'agriculture biologique lorsqu'ils s'attaquent aux prédateurs (Michel & Bournier, 1997).

I.5.2. Pollinisateurs

Ces insectes sont essentiellement des floricoles qui jouent un rôle majeur dans la pollinisation de la grande majorité de plantes en plus du vent. Ces insectes participent activement ou passivement à la fécondation des organes femelles d'une fleur par un grain de

pollen qu'ils transportent. Parmi eux, les Hymenoptera, les Diptera, les Lepidoptera et les Coleoptera sont principalement représentés (Azo'o, 2003). Ainsi, les abeilles qui sont pollinivores (pollinisateurs actifs) jouent le rôle le plus important en raison de leur comportement de butinage (Azo'o, 2003 ; Tchuengeum Fohouo, 2005 ; Otiobo Atibita, 2007), et augmentent de façon significative les rendements des cultures. Ce rôle des abeilles est plus important chez les plantes dioïques et même les plantes monoïques qui comme la tomate ont la fécondation croisée accentuée. Chez certaines plantes du Genre *Ficus*, leurs inflorescences inhabituelles sont constituées d'une centaine de petites fleurs contenues dans une sphère appelée syconium. Le transport des grains de pollen de la fleur mâle jusqu'à la fleur femelle se fait uniquement par les minuscules Hymenoptera de la famille des Agaonidae. La presque totalité des espèces de figuiers possède leurs pollinisateurs propres à elles (Futuyma, 2005). Chez cette famille de plante, sans les Hymenoptera, la pollinisation deviendrait impossible puisque leurs fleurs à allure de fruits sont fermées et les autres agents de la pollinisation tels que le vent et l'eau ne peuvent agir pour sa pollinisation. Il s'agit ici d'un cas de coévolution entre ces plantes et leurs pollinisateurs.

I.6. Généralités sur le spectre d'hôte et biogéographie des déprédateurs de *Capsicum annuum* et de *Lycopersicon esculentum*

La différence du spectre d'hôte permet souvent la coexistence des insectes phytophages dans le même habitat (Duyck *et al.*, 2008). Les déprédateurs de cultures sont capables d'attaquer une large gamme de cultures parmi lesquelles les fruits cultivés (White & Elson-Harris, 1994). White & Elson-Harris (1994) ont classifié les espèces ravageuses de fruits en fonction de la diversité des aliments : certains sont spécifiques à une espèce d'hôte ils sont dit monophages comme la mouche des olives *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Aluja & Mangan, 2008). D'autres exploitent plusieurs espèces de plantes appartenant au même genre ; ils sont dits sténophages. D'autres encore s'attaquent à une famille de plante et sont dits oligophages, pendant que certains sont généralistes et peuvent se développer sur plusieurs familles d'hôtes (polyphages). Cette polyphagie peut-être extrêmement large ; Liquido *et al.*, 1991 cité par Duyck (2008) notent 67 familles d'hôte sur lesquelles *C. capitata* (Wiedermann) se développe. Dans les plantations, beaucoup d'espèces de mouches de fruit coexistent souvent. Certaines parmi elles sont introduites à travers les échanges internationaux des denrées (White & Elson-Harris, 1994). Ces nouvelles espèces introduites deviennent souvent invasives puisqu'elles rentrent en compétition avec les espèces natives ou précédemment introduites dans cette aire géographique. Dans certains cas, les modifications

du spectre d'hôte des déprédateurs les moins compétitifs peuvent survenir. Ceci apparaît souvent quand il y'a la préférence relative marquée pour un hôte donné (Duyck *et al.*, 2008). Plusieurs cas d'invasion font actuellement l'objet d'étude au Cameroun, c'est le cas de *Bactrocera invadens* déprédateur des mangues et des agrumes (Rwomushana *et al.*, 2008) et celui de la petite fourmi de feu (Tindo *et al.*, 2011). Ces espèces repoussent dans toutes les zones où elles se retrouvent les espèces natives. La compétition infligée aux espèces natives ou antérieurement installées par des invasions impose à certaines espèces une restriction de leurs niches et leurs refuges dans certains hôtes particuliers (Reitz & Trumble, 2002).

I.6.1. Répartition géographique de *Dacus Dacus punctatifrons*

Cette espèce qui serait native d'Afrique est présente en Afrique au Sud du Sahara : Angola, Cameroun, Ghana, Nigeria, Kenya, Sierra Leone, Afrique du Sud, Tanzanie, Uganda, Zambie, Zimbabwe (White & Elson-Harris, 1994). Des contributions plus récentes ont confirmé la présence de ce déprédateur au Cameroun (Tindo & Tamo, 1999 ; Okolle & Ntonifor, 2005 ; Djiéto-Lordon & Aléné, 2006) et se prolonge en Afrique du Sud. La carte de répartition globale de ce déprédateur est présentée sur la Figure 1. *D. punctatifrons* Krasch et *D. ciliatus* Loew sont les deux espèces de mouches de fruits qui ont été identifiées au Cameroun sur les Cucurbitaceae, sur le haricot *Phaseolus* spp. sur le cotonnier, *Gossypium hirsutum* sur le gombo, *Abelmoschus esculentum* L. Moench, la tomate, *Lycopersicon esculentum* Mill. et enfin le piment, *Capsicum* spp. (Hancock, 1989 cités par Okolle & Ntonifor, 2005). Ce déprédateur n'a pas été signalé par Nonveiller (1984) sur la tomate ; cette niche était uniquement occupée par les noctuelles. Selon les paysans de la Lékié, *D. punctatifrons* appelé localement « mouche grise » a été observée pour la première fois en 1987, et serait devenu le principal déprédateur de tomate au Cameroun dans les années 1990 (Tindo & Tamo, 1999). D'autres études menées par Balagawi *et al.*, (2005) montrent qu'en Australie la niche tomate est plutôt exploitée par *Bactrocera tryoni*. L'espèce *D. punctatifrons* était primitivement connue comme étant un déprédateur de Cucurbitaceae (Hancock, 1989). Cet auteur a en plus apporté des précisions sur quelques espèces de plante de la famille des Cucurbitaceae attaquées par cette mouche : il s'agit entre autres du Concombre (*Cucumis sativus*), la chayotte, (*Sechium edule*).

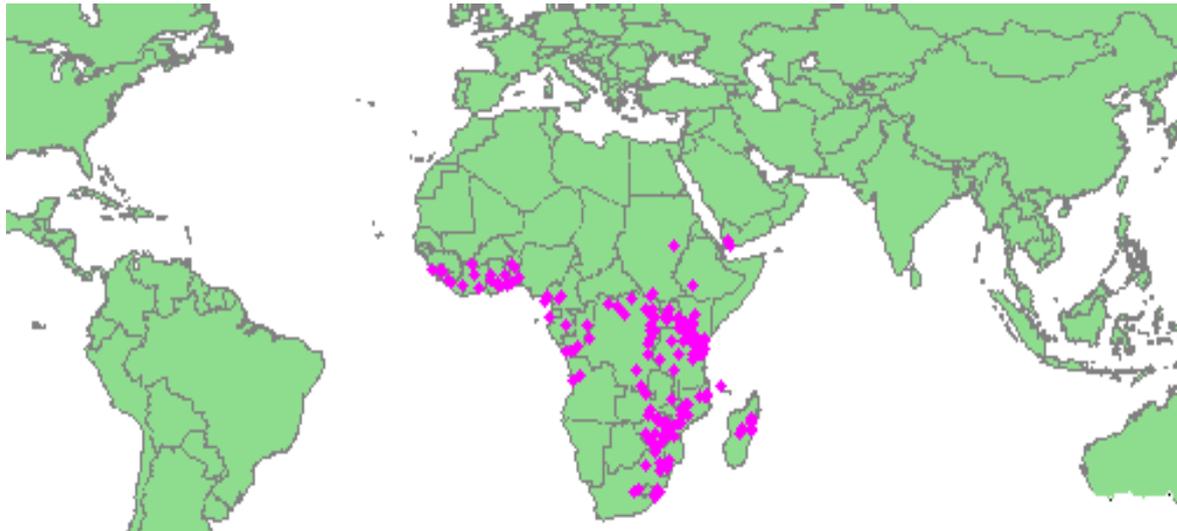


Figure 1 : Carte de répartition de *Dacus punctatifrons* déprédateur de tomate tirée de fruit fly/taxononinfo id =247 Belgian Biodiversity Information Faculty, Modifié le 16 mars 2010.

I.6.2. Répartition géographique de *Ceratitis capitata*

Cette espèce est native de l’Afrique du nord, elle a un grand succès écologique (Gasperi *et al.*, 2002). Son aire de distribution s’étend actuellement sur tout le continent africain, une petite partie de l’Europe de l’Ouest (Martínez-Ferrer *et al.*, 2008 ; Rigamonti, 2004), et en Amérique centrale et du Nord (Grubben & El Tahir, 2004) et a été signalée dans les travaux récents au Brésil (Joachim -Bravo & Zucoloto, 1998 ; Joachim-Bravo *et al.*, 2001). La carte de répartition globale de ce déprédateur est présentée sur la figure 2. Au Cameroun, elle a été signalée en 1984 par Nonveiller comme étant un déprédateur des mandarines, de piment, des oranges et des mangues selon cet auteur, cette niche était occupée par un autre Tephritidae *Bistrispinaria fortis* (Speiser, 1913). Dès les années 2000, cette mouche est identifiée comme principal responsable de la chute précoce des fruits du piment (Djiéto-lordon & Aléné, 2006).

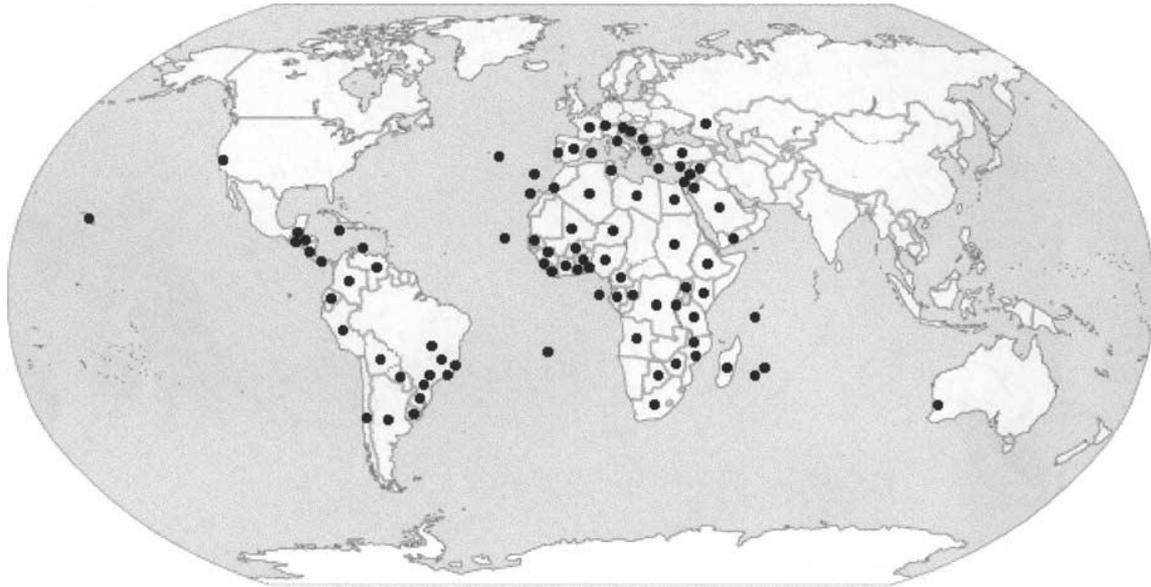


Figure 2 : Distribution mondiale de *Ceratitis capitata* principal déprédateur de piment d'après de Gasperi *et al.*, 2002.

I.6.3. Répartition géographique de *Helicoverpa armigera*

Le papillon *Helicoverpa armigera* (Hübner, 1805) est cosmopolite. Il a été trouvé en Europe, en Australie, en Asie et Amérique (EPPO, 2006 ; Ravi *et al.*, 2008 ; Mehta *et al.*, 2010) et en Afrique. Au Cameroun, ce déprédateur est cité sur de nombreuses cultures notamment le maïs, la tomate le gombo et le cotonnier (Nonveiller, 1984). Extrêmement polyphage, ce papillon est nuisible à de nombreuses plantes cultivées. Ainsi, *H. armigera* serait l'un des plus anciens déprédateurs de tomate dans le monde (Figure 3).

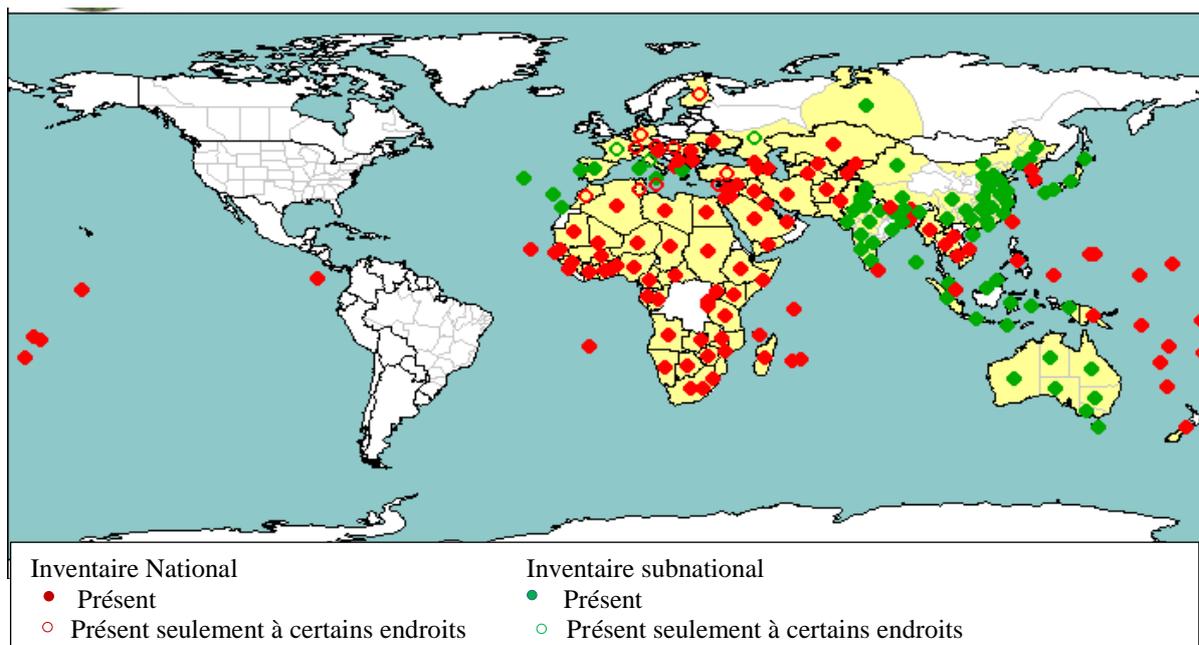


Figure 3 : Distribution mondiale de *Helicoverpa armigera* (EPPO, 2006).

I.6.4. Répartition géographique de *Cryptophlebia leucotreta*

Le papillon *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick, 1913) est un papillon très répandu dans toute l'Afrique au Sud du Sahara (Figure 4). Ses chenilles Polyphages se développent dans les fruits de nombreuses plantes. Elles ont été observées par Nonveiller (1984), à Nkolbison sur le poivron, à Nanga Eboko dans les aubergines, et à l'Extrême Nord du Cameroun dans les capsules de cotonnier.

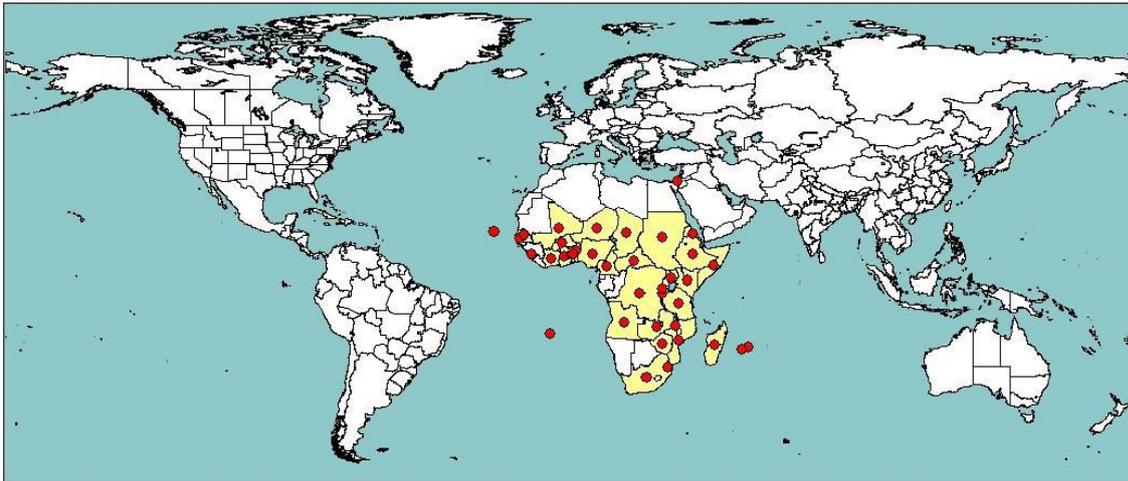


Figure 4 : Carte de Distribution de *Cryptophlebia leucotreta* tirée de (EPPO, 2006).

I.6.5. Généralités sur la distribution spatiale des déprédateurs sur leurs plantes hôtes

Les populations d'insectes varient aussi très souvent par la distribution spéciale des individus dans l'aire d'étude. Les écologistes définissent trois modèles de distribution théorique : le modèle agrégé, le modèle uniforme et le modèle au hasard (Russel *et al.*, 2008). Pour le modèle agrégé, les individus sont groupés ensemble, il est extrêmement fréquent dans la nature parce que les conditions favorables ont très souvent une distribution agrégée dans l'espace (Russel *et al.*, 2008). Dans la distribution uniforme, les individus se repoussent les uns les autres à cause de l'insuffisance des ressources alimentaires. Ce modèle de distribution est très fréquent chez les animaux territorialistes. Le modèle de distribution au hasard est dû au fait que dans l'aire d'étude les conditions ne diffèrent pas d'un point à l'autre. Ici les individus ne s'attirent pas et ne se repoussent pas non plus. Ce modèle est le modèle mathématique de base qui permet d'étudier si une distribution est agrégée ou uniforme.

I.7. Généralités sur les interactions plante hôte/déprédateur

Les insectes phyllophages se nourrissent souvent de plusieurs espèces hôtes ; les interrogations sur la nature des relations entre ces insectes et leurs hôtes restent entières. De

nombreux auteurs ont montré que l'alimentation des insectes pouvait influencer leur biologie. Ces auteurs pensent que les insectes choisissent leurs plantes préférentiellement en fonction des avantages alimentaires que cette plante hôte peut avoir dans la croissance de leurs larves (Balagawi *et al.*, 2005, Burrack & Zalom, 2008). Christenson & Foote (1960) ont montré l'effet de l'alimentation sur la longévité de quelques espèces de mouche de fruits. Ils ont montré qu'à une température de 60°C, les mouches succombaient trois jours après. Pour les mouches de fruits particulièrement, beaucoup de travaux ont démontré que la qualité de l'aliment augmentait la longévité des individus (Balagawi *et al.*, 2005, Medeiros & Zucoloto, 2006). D'autres travaux encore ont montrés que l'alimentation augmentait la production des œufs chez *C. capitata*. Cresoni-Pereira & Zucoloto (2001) ont observé que les femelles de *Anastrepha obliqua* (Tephritidae) étaient capables de sélectionner les aliments à apport nutritif optimal pour le développement de leurs larves. En observant que pendant longtemps les auteurs se sont penchés sur le critère trophique dans le choix des plantes hôtes par les phytophages en général et les mouches de fruits en particulier, bien d'autres observations nous ramènent à plus d'interrogation sur cette question. Par exemple, plusieurs espèces d'insectes tels *C. capitata* ont des préférences trophiques différentes en fonction des localités où elles se trouvent. Ali Ahmed *et al.* (2007) ont mentionné que *C. capitata* attaque plus de 260 espèces de plantes et les hôtes favoris varient en fonction des localités. Par ailleurs, Burrack Hannah & Zalom (2008) n'ont trouvé aucune corrélation entre la préférence trophique et l'oviposition des femelles de *Bactrocera oleae* mouche de l'olive en Californie. Pour cette mouche par exemple, le facteur qui oriente le choix des plantes hôtes est encore mal connu, bien qu'il semble très logique que les femelles de mouches de fruits sélectionnent l'hôte le plus favorable pour le développement de leurs larves. Il serait précipité de conclure immédiatement sur les raisons de cette préférence trophique. Analyser les relations plante hôte/déprédateur seulement sous l'angle trophique serait insuffisant, l'analyse des interactions entre insectes, et entre insectes et facteurs environnementaux apporterait plus d'informations dans la compréhension des rapports plantes hôtes/déprédateurs.

I.8. Généralités sur la dynamique des populations

De nombreux entomologistes ont suggéré que la meilleure méthode de gestion des populations de déprédateurs doit se reposer, avant tout, sur la connaissance solide de l'écologie des espèces en cause (Andrewartha, 1960 ; Bateman, 1972 ; Hasyim *et al.*, 2008). L'objectif de cette gestion étant de maintenir la densité des populations en dessous du seuil

critique déterminé par son impact économique (Barbault, 1997). L'étude de la variation de l'abondance des populations d'insectes est une étape extrêmement importante de la dynamique (Hasyim *et al.*, 2008). Elle permet de détecter les périodes de fortes pullulations des insectes et les périodes de faibles pullulations. Cette connaissance peut être exploitée pour trouver des stratégies de lutte plus rentables et plus économiques pouvant servir d'alternatives à la lutte chimique. La connaissance de ces périodes de pullulation si elle ne peut permettre de remplacer totalement la lutte chimique, peut tout au moins permettre de réduire l'utilisation des produits chimiques dans les programmes de lutte intégrée (Aléné *et al.*, 2008). C'est en partant de ces données qu'il est possible de lutter plus efficacement contre ces parasites. Les populations d'insectes sont difficilement monotones. Ce sont des populations dynamiques qui présentent très souvent des périodes de fortes pullulations, des périodes de faible pullulation et des périodes où elles sont rares (Heumou, 2008). La répartition de ces périodes de pullulations peut être influencée par plusieurs facteurs écologiques. Parmi eux, on peut considérer les facteurs résultant des interactions biotiques tels : la variation de la densité du couvert végétal (Kékeunou, 2007) ; la présence permanente de la plante hôte ; l'abondance des différentes communautés ; la présence ou non des compétiteurs (Reuven *et al.*, 2001) ; la présence des prédateurs (Sarah *et al.*, 2003) et surtout la présence des parasitoïdes. Pour ce qui est de la compétition chez les insectes, elle peut se situer à plusieurs niveaux et en fonction de la ressource : (i) la compétition pour le site de ponte chez les femelles gravides de la même espèce très fréquente chez les Diptera (Ntonifor & Okolle, 2005), (ii) la compétition trophique chez les larves du même fruit. Cette compétition se produit aussi entre les espèces différentes dont les larves s'alimentent sur le même fruit. Un autre facteur important pouvant influencer la variation la densité des populations de déprédateurs est la présence des parasitoïdes qui en raison de leur spécificité d'action peuvent s'attaquer aux œufs, aux larves, (Takashi Matsumoto *et al.*, 2003 ; Vayssières *et al.*, 2002 ; Straub *et al.*, 2007 ; Costa *et al.*, 2009) et même aux cocons, arrêtant ainsi le cycle de développement des insectes. La fluctuation des populations d'insectes peut aussi être influencée par les facteurs résultant des interactions abiotiques tels que : l'éclairement, la température, la pluviométrie, l'hygrométrie et l'altitude (Khan *et al.*, 2005 ; Moral Garcia, 2006 ; Hasyim *et al.*, 2008). Le degré d'éclairement est un stimulus essentiel qui régule les comportements au niveau des périodes d'activité des insectes. Certains sont attirés par la lumière pendant que d'autres sont luminophobes (Heumou, 2008). Pour la température, plusieurs auteurs ont démontré qu'elle peut soit accélérer, soit ralentir la croissance d'un insecte (Rigamonti, 2004). Toutefois, quand les conditions de température

changent brusquement, certains insectes développent des comportements adaptatifs qui les permettent de franchir les périodes défavorables, soit en s'enfouissant dans le sol, accompagnés ou non de ralentissements physiologiques (hibernation vraie), soit en formant les stades de résistance (œufs, cocons, pupes) en état de diapause ou de dormance (Barbault, 1997). De plus, la pluviométrie, l'hygrométrie associée à la température peuvent influencer la fluctuation de ces populations (Vayssières, 2008).

I.9. Généralités sur la gestion des ravageurs dans les systèmes maraîchers

La lutte anti-ravageur au plan économique nécessite la disposition d'informations fiables concernant les pertes de rendement causées par les déprédateurs (Kumar, 1991). Ainsi, pour protéger les cultures, Kumar (1991) propose six (06) méthodes de lutte : prévision et surveillance, les pratiques culturales, la lutte physique, la lutte chimique, la lutte biologique, et la lutte intégrée. Ces mesures de lutte ne sont applicables pour un déprédateur que si et seulement si les densités de l'infestation ainsi que son incidence sur la culture atteignent le seuil économique (Kumar, 1991).

I.9.1. Lutttes prévisionnelles (prévision et surveillance des attaques de ravageurs)

Cette méthode consiste à poser des hypothèses antérieures aux attaques de déprédateurs qui permettront de détecter et de prévoir le déclenchement d'attaques ultérieures. La prévision peut permettre aux organismes responsables ainsi qu'aux agriculteurs de mettre en œuvre les mesures de lutte (Kumar, 1991). Dans la pratique, une bonne prévision n'est possible qu'après avoir répété l'étude de la dynamique des populations sur plusieurs années. La prévision n'est pas toujours aisée, puisque parfois, les fluctuations imprévisibles des paramètres climatiques influent sur la dynamique des populations de déprédateurs.

I.9.2. Pratiques culturales

C'est l'ensemble des méthodes culturales défavorisant les déprédateurs des cultures et permettant de lutter contre les mauvaises herbes ou les adventices des cultures (Nyabyenda, 2005). Les pratiques culturales sont aussi vieilles que l'agriculture. Elles évoluent avec le temps. Il existe une multitude de pratiques culturales qui permettent de réduire les dégâts dus aux déprédateurs il s'agit de :

La rotation des cultures qui est efficace pour les insectes à faible capacité de dispersion et ayant un spectre d'hôte restreint (Boisclair & Estevez, 2006), la destruction des résidus, des hôtes de substitution et des repousses des plantes, le choix des dates de semis et de récolte (cas de la noctuelle du maïs *Busseola fusca* qui fait des ravages énormes quand les récoltes sont tardives), la sélection des variétés résistantes. Certaines variétés de tomates, par exemple les variétés hybrides, sont moins susceptibles aux attaques fongiques (Kumar, 1991), les méthodes de labour des sols permettent de contrôler les larves qui hibernent dans les sols en les exposant aux prédateurs tels que les fourmis, la disposition des cultures sur la surface cultivée peut aussi être utilisée pour défavoriser les déprédateurs sur les insectes très spécialistes comme la teigne du poireau (Boisclair & Estevez, 2006). Les cultures pièges, ici les cultures plus attirantes sont plantées dans le pourtour de la plante cultivée de tomate par exemple pour attirer les déprédateurs.

Selon Altieri (1999), les polycultures favorisent moins les déprédateurs que les monocultures. Il est important de noter que toutes ces méthodes sont utilisables en fonction du type de plante cultivée et du type de déprédateur donné.

I.9.3. Lutte physique

La lutte physique signifie détérioration physique de l'environnement de manière à le rendre inhospitalier ou inaccessible au ravageur (Kumar, 1991). Cette méthode regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique, biochimique ou toxicologique (Kumar, 1991). Entre autres on peut citer le ramassage manuel des masses d'œufs et des larves. La destruction des repousses des plantes, élimination progressive des organes, des fruits parasités (sanitation) qui sont ensuite enterrés profondément pour rompre le cycle de développement des ravageurs à la génération suivante (Hasyim *et al.*, 2008). Pour les ravageurs de fruits, les pièges à phéromone sont souvent utilisés pour réduire la densité des ravageurs dans les jardins (Ekesi *et al.*, 2016). Si ces méthodes physiques ne présentent pas les inconvénients rencontrés avec l'usage des pesticides, elles ne peuvent pas être applicables aux grandes superficies.

I.9.4. Lutte chimique

La lutte chimique est l'utilisation des insecticides de synthèse pour lutter contre les insectes. Cette méthode a connu un essor particulier à la fin de la deuxième guerre mondiale avec la fabrication du DDT (Dichlorodiphényltrichloroéthane). Cet insecticide puissant était utilisé pour lutter contre les insectes qui s'attaquaient à l'homme, mais très rapidement, il

était adapté aux déprédateurs des cultures. Il sera montré dès les années 1960 que certains insecticides (le DDT en particulier) ont des effets néfastes pour la faune, à long terme, très loin du site d'épandage.

Bien que l'effet néfaste des insecticides en agriculture soit de plus en plus décrié, la lutte chimique reste de loin la plus utilisée. Une enquête menée récemment par l'IITA montre plus de 13 résidus chimiques dans les tomates cultivées au Cameroun. Ces résidus trouvés dans les tomates seraient la conséquence de l'utilisation de plusieurs insecticides différents pour tuer les insectes ravageurs qui deviennent de plus en plus résistants aux traitements.

En 2012 par exemple, l'Union Européenne a décidé de retirer certains insecticides à base de néonicotinoïdes sur leur marché. En effet, il a été démontré que ces substances étaient à l'origine de la diminution dramatique des populations d'abeilles. Ces néonicotinoïdes agissent sur le système nerveux des abeilles en les empêchant de retrouver leur ruche. Actuellement au Cameroun, les insecticides utilisés dans le maraîchage sont pour la majorité destinés à la culture de cacao à l'origine. Ainsi, des enquêtes récentes, il ressort que le Pyriforme et le Mocap sont utilisés spécifiquement pour lutter contre *Helicoverpa armigera*, *Spodoptera littoralis*; Nurelle D est utilisé contre *H. armigera*, *S. littoralis* et autres mouches de fruits; le Callidim est utilisé spécifiquement pour lutter contre *Macrosiphum euphorbiae*; le Cyperdim 25 est spécifiquement utilisé contre *M. euphorbiae* et *Myrmecaria opaciventris*. Certains de ces insecticides sont utilisés pour lutter contre *Sahlbergella singularis* Haglund 1985, mirides du cacao (Mabob, 2013). Erdarl & Clive (1997) ont montré les limites de la lutte chimique sur la tomate qui serait devenue en partie inefficace et dangereuse pour les auxiliaires. La prise de conscience de ces nouveaux problèmes et dangers impose l'utilisation d'une méthode de lutte plus écologique, laquelle s'appuierait plus sur la lutte biologique. Cette éveil de conscience se reprend dans les milieux de consommateurs qui raffolent de plus en plus les produits de l'agriculture biologique (agriculture qui bannit tout intrant de synthèse).

I.9.5. Lutte biologique

En entomologie agricole, on entend par lutte biologique toute forme d'utilisation d'organismes vivants ayant pour but de limiter la pullulation et/ou la nocivité des divers ennemis des cultures (Kumar, 1991; Michel & Bournier, 1997; Nyabyenda, 2005). L'utilisation des insectes entomophages est le socle de cette méthode qui est basée sur des relations naturelles entre individus ou entre espèces, mises à profit par l'Homme de diverses manières. L'organisme vivant utilisé comme agent de lutte est un « auxiliaire » de l'Homme.

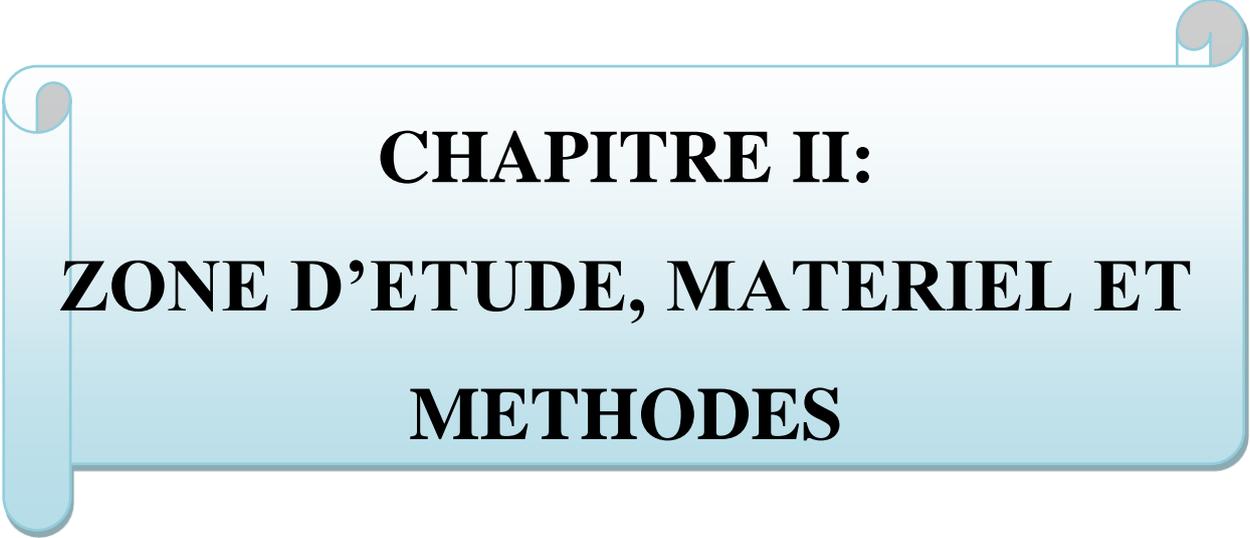
Les prémisses de cette méthode de lutte ont été lancées au 20^e par C.V. Riley, jeune entomologiste américain autodidacte. Il utilisa avec succès pour la première fois un insecte pour lutter contre un insecte.

En effet, il a utilisé un entomophage, la Coccinelle *Rodolia (novius) cardinalis* (Mulsant, 1850) nommée (Vedalia beetle en Amérique) comme agent de lutte biologique contre une cochenille, *Icerya purchasi*, introduite accidentellement d'Australie en 1868 dans les vergers d'agrumes en Californie. Convaincu que l'innocuité de la Cochenille dans son pays d'origine était due à des antagonistes, Riley envoya une mission en Australie, d'où furent rapportés divers entomophages, dont la Coccinelle *Novius cardinalis*. Multiplié en élevage, cet auxiliaire fut distribué aux agrumiculteurs. Il fallut moins de deux ans pour que les effectifs de la Cochenille fussent réduits au point que les dégâts devinssent insignifiants. Au Cameroun, un exemple de lutte biologique réussie était celle expérimentée sur la cochenille du manioc par IITA. En effet, les chercheurs de cette institution ont identifié les nématodes entomopathogènes qui peuvent être utilisés pour contrer la cochenille farineuse du manioc. Le rôle des diverses espèces d'araignées dans les agrosystèmes est non négligeable (Ntonifor *et al.*, 2012). Certains cas de luttes biologiques utilisent les biopesticides (Ravi *et al.*, 2008) par exemple l'utilisation des extraits de plante pour contrôler les populations de ravageur. Ntonifor *et al.*, (2013) ont utilisé l'extrait aqueux de *Piper guineense* pour lutter contre *D. punctatifrons* avec des résultats très prometteurs dans le Sud-Ouest du Cameroun. Cependant, la lutte biologique est souvent très coûteuse à cause de la difficulté de produire les parasitoïdes en laboratoire. De nos jours dans les agrosystèmes maraîchères, on utilise le Conservation Biological Control (CBC) dont les objectifs sont d'accroître l'efficacité des ennemis naturels afin qu'ils contribuent mieux au contrôle biologique des ravageurs (Martínez-Ferrer *et al.*, 2008). C'est ainsi que la lutte biologique a donné lieu à la lutte intégrée.

I.9.6. Lutte intégrée

Dans sa publication intitulée *integrated pest Management*, parue en novembre 1972, le Conseil pour la Qualité de l'Environnement des États-Unis définit la lutte intégrée comme « une approche faisant appel à l'association de diverses techniques pour lutter contre une grande diversité de ravageurs potentiels pouvant menacer les cultures ». Cette méthode implique une gestion durable des populations d'Arthropodes et de leurs ennemis naturels au sein des exploitations agricoles, tout en évitant les dégâts économiques importants et en préservant l'environnement et la santé humaine (Ryckewaert & Fabre, 2001). La mise en quarantaine, la sélection des variétés, la lutte biologique, la lutte physique, la lutte chimique,

les méthodes culturales sont des techniques utilisées en lutte intégrée. La lutte intégrée peut aussi faire appel à la combinaison entre deux ou plusieurs méthodes de luttés ci-dessus décrites. On peut avoir lutte chimique plus lutte physique (Boucher *et al.*, 2003), on peut combiner la lutte biologique et la lutte chimique (Ryckewaert & Fabre, 2001) et bien d'autres combinaisons. C'est à ce niveau que se situe l'importance de ce travail qui non seulement apporte des informations sur les ravageurs de ces cultures et leurs ennemis naturels, mais aussi apporte des informations sur les périodes de leur pullulation. Ce sont des informations utiles qui pourront permettre de réduire progressivement l'application des pesticides qui sont encore de nos jours le moyen de lutte le plus utilisé.



CHAPITRE II:
ZONE D'ETUDE, MATERIEL ET
METHODES

II.1. Sites d'étude

II.1.1. Situation géographique

La zone forestière du grand Sud-Cameroun ou zone humide du Cameroun représente la partie du pays comprise entre les 8° et 16° degrés de longitude Est et entre les 2° et 6° degrés de latitude Nord (Neba, 1991, Amiet, 2012). Dans cette zone, la collecte des données, pour ce qui est de l'étude sur la diversité des insectes associées aux plantes étudiées d'une part, et la répartition géographique des principaux prédateurs d'autre part, a été menée dans 14 localités choisies dans et autour des principaux bassins de production maraîchère. Ces localités sont situées dans les Régions du Centre, de l'Ouest, du Littoral et du Nord-Ouest (Figure 5). Il s'agit des hautes terres de l'Ouest Cameroun et du plateau Sud-camerounais. L'étude sur la dynamique des populations des deux principaux prédateurs pour chaque espèce végétale a été réalisée dans des jardins expérimentaux aménagés dans les deux grands bassins de production. Il s'agit respectivement de Okola (04°01'39,0''N ; 011°23'00,1''E, altitude: 604 m), dans le Département de la Lékié, Région du Centre et de Koutaba (05°38'47,9''N; 010°48'22,2''E, altitude: 1186 m) dans le Département du Noun, Région de l'Ouest. Dans ces deux Régions, les cultures maraîchères se sont progressivement intégrées dans les habitudes agricoles des populations locales et sont passées progressivement du statut de cultures de consommation familiale au statut de cultures de rentes (MINADER, 2012).

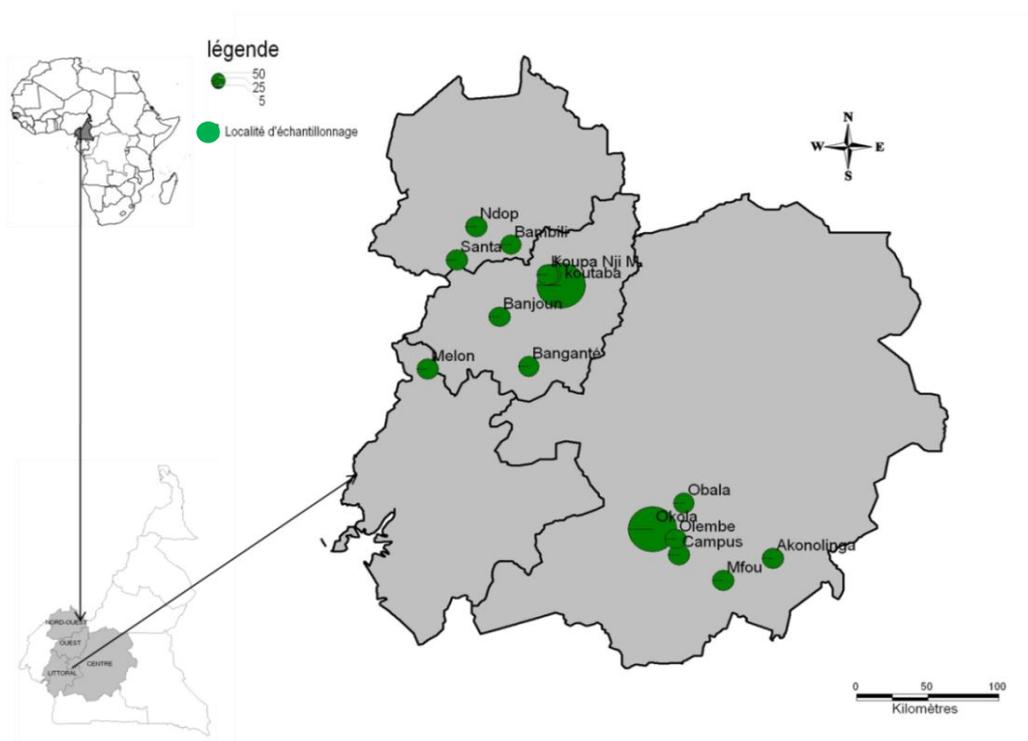


Figure 5 : Sites d'étude et points de récolte des différents échantillons.

Les raisons de la priorité donnée à ces zones du pays sont multiples. Westphal (1981) relève que les Départements du Noun et de la Lékié étaient pionniers dans la pratique des cultures maraîchères au Cameroun. Bien que de nos jours l'activité de maraîchage soit pratiquée dans différents autres Départements du pays, le Noun et la Lékié restent les principaux bassins de ravitaillement des principaux marchés nationaux et sous régionaux (MINADER/DESA, 2012). Les productions de ces deux départements ont grandement contribué à ériger l'Ouest et le Centre au premier rang national pour la production des produits maraîchers (INS, 2013). D'un point de vue biogéographique, la situation des deux sites est aussi d'un avantage certain dans la mesure où ils sont localisés dans les zones agro-écologiques fortement contrastées. Sur la base des caractéristiques pluviométriques et pédologiques, le Cameroun peut être divisé en cinq zones agro-écologiques distinctes (zone I : Soudano-sahélienne, zone II : hautes savanes guinéennes, zone III : hauts plateaux de l'Ouest, zone IV : forêt humide à pluviométrie monomodale, et enfin zone V : forêt humide à pluviométrie bimodale). Koutaba appartient à la zone III des hauts plateaux de l'Ouest caractérisée par la pluviométrie monomodale avec les terres noires fertiles et enrichies de matériaux volcaniques et Okola appartient à la zone V de la forêt humide à pluviométrie bimodale possédant les sols ferrallitiques, argileux et acides (MINRESI/IRAD, 2005).

II.1.2. Facteurs climatologiques

II.1.2.1. Relief

La partie Sud du territoire camerounais est caractérisée par une diversité de reliefs très étendues qui peuvent être réparties en trois grands ensembles : la plaine côtière, le plateau Sud-camerounais et les hautes terres de l'Ouest (Neba, 1991, Amiet, 2012). L'altitude du plateau Sud-camerounais oscille entre 600 et 700 m avec les sommets culminants à environ 1100 m (Holland *et al.*, 1992) ; les hautes terres de l'Ouest sont représentées par les plateaux Bamiléké et Bamoun dont l'altitude moyenne oscille entre 1100 et 1300 m) et une série de massifs volcaniques ou non qui culminent avec le mont Bamboutos à 2740 m d'altitude. Les massifs volcaniques se prolongent dans la Région du Nord-Ouest où ils culminent avec le mont Oku à 3008 m d'altitude (Neba, 1991, Amiet, 2012). Enfin, la plaine littorale d'altitude inférieure à 300 m, en particulier le bassin sédimentaire de Douala, isole le massif volcanique du Mont Cameroun (4100 m) dont les plaines sont enrichies de cendres volcaniques provenant des éruptions. Ces massifs montagneux (Mont Cameroun, Mont Koupé, les Monts Manengoumba, les Monts Nlonako, les Monts Bamboutos, le Monts Oku) appartiennent à un grand ensemble appelé la « dorsale camerounaise » (Suchel, 1988).

II.1.2.2. Climat

Le climat équatorial règne au Sud du Cameroun jusqu'à la latitude 6°N (Neba, 1991). Cependant, du fait de sa situation entre le 2° et 6° degré de latitude nord, ce climat présente des variations progressives vers le climat tropical. Dans ce gradient climatique, la région d'Okola se situe dans la zone du climat subéquatorial de transition décrit par Suchel (1988) comme étant le climat de type « Yaoundéen » avec quatre saisons différentes (Figure 6a) :

- petite saison des pluies mi-mars à mi-juin ;
- petite saison sèche mi-juin à août ;
- grande saison des pluies début septembre à mi-novembre avec octobre comme le mois le plus humide et ;
- une grande saison sèche de mi-novembre à mi-mars avec janvier comme le mois le plus sec.

Dans la Région de l'Ouest par contre, les massifs montagneux et la mousson y ont créé un climat pseudo-tropical avec deux saisons (Suchel, 1988) (Figure 6b) :

- une longue saison des pluies de 9 mois, de mi-mars à mi-novembre ;
- une courte saison sèche de 3 mois de mi-novembre à mi-mars.

Ces modifications apportées par la mousson dans la région de l'Ouest portent essentiellement sur le régime des pluies, avec la suppression de la petite saison sèche qui, à cette latitude devrait exister entre juillet et août. Ainsi, sur la courbe de répartition annuelle des pluies, le déficit de pluies qui devrait exister au cours de ces deux mois est masqué (Figure 6b) de sorte que les moyennes mensuelles de la pluviométrie présentent une courbe uni-modale. De plus, on a une baisse globale des températures moyennes liées à l'altitude. C'est l'allure de la courbe pluviométrique et les températures basses qui ont amené Suchel (1988) à qualifier ce climat de « pseudo-tropical ». Ce constat est toutefois nuancé respectivement par Pelletier (1969) et Kuété (1987) qui affirment que les saisons classiques ont des durées variables d'une année à une autre et ont une importance inégale en fonction des années. Un climatogramme actualisé qui prend en compte le cumul mensuel des précipitations et la moyenne mensuelle des températures sur cinq ans a été construit (Figure 6). Cette construction a respecté le principe de $P = 2T$, c'est-à-dire 10°C équivalent à 20 mm de précipitation. Théoriquement, les saisons humides se situent dans les zones où les précipitations sont au-dessus de la courbe de température et inversement les saisons sèches quand les précipitations sont en dessous du double de la courbe de température. À défaut d'avoir sur les sites d'échantillonnages des stations météorologiques, les données météorologiques obtenues respectivement à 35 et 5 Km du site d'Okola et Koutaba ont été considérées dans ce travail.

Les données climatologiques, fournies par le service régional de la météorologie d'Ékounou à Yaoundé et celui du service de météorologie de l'aéroport militaire de Koutaba ont permis de construire le diagramme ombrothermique de 2007 à 2011 (janvier à décembre) (Figures 6a et 6b). Conformément à ces données, la température de Yaoundé a pendant ces cinq dernières années fluctué entre 23 et 25,5°C soit une moyenne journalière de 24,49°C avec le mois de février comme étant le plus chaud (25,16°C) et celui de septembre comme étant le mois le plus froid (23,8°C). Janvier est le mois le plus sec avec une moyenne de 34,84 mm de pluies ; le mois le plus pluvieux est septembre avec 279,07 mm soit une moyenne annuelle de 162,30 mm (Figure 6).

L'hygrométrie moyenne est de 74,8 %. Le mois d'août a été le mois le plus humide et celui de janvier le plus sec. Il ressort des diagrammes ombrothermiques que ces dernières années ont été bien plus pluvieuses et plus chaudes. Les moyennes de pluie et température récemment enregistrées sont plus élevées que les moyennes établies par Suchel (1988) qui sont respectivement de 1596 mm d'eau et 23,4°C. Par contre, ces années apparaissent plus sèches par rapport à ce repère qui indique une hygrométrie moyenne annuelle de 79,45 %.

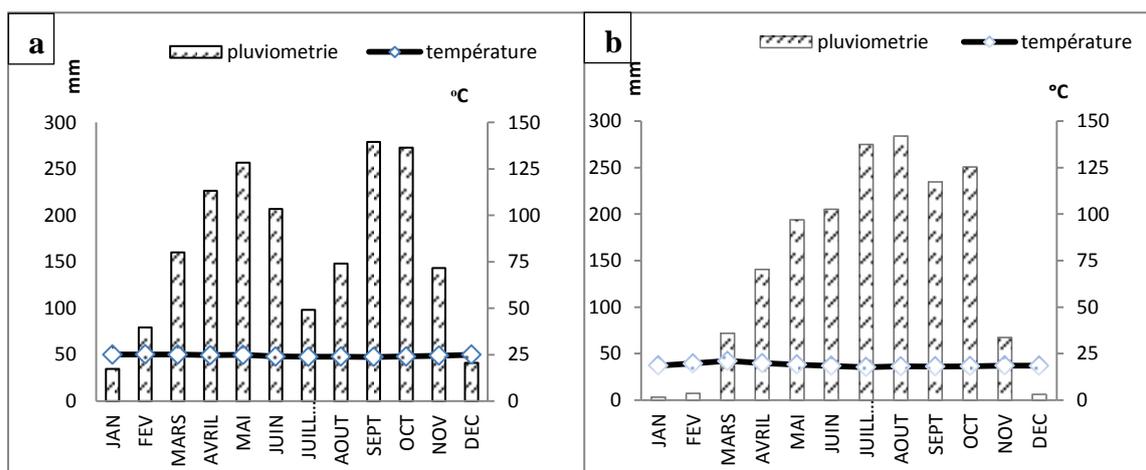


Figure 6 : Moyennes mensuelles des données climatiques prises à partir de deux stations : (a) station régionale de la météorologie ville de Yaoundé Région du Centre et (b) station de l'aéroport militaire de Koutaba Région de l'Ouest (Cameroun) entre 2007-2011.

II.1.2.3. Végétation

Comme le climat dont elle est souvent le reflet, la végétation du site d'Okola de même que celle de la Région du Centre est une mosaïque de reliques de forêts semi-caduques peu perturbées, de formation secondaire et constitué de plantation de cacaoyer et de savane. On y trouve aussi des clairières provenant de l'agriculture itinérante sur brûlis telle que définies par Baud *et al.* (2001) comme étant les friches incendiées et ainsi fertilisées qui sont cultivées plusieurs années jusqu'à

épuisement du sol. On rencontre aussi les champs de cultures vivrières telles que le manioc, *Manihot esculenta* (Klotzsch ex pax, 1910) le maïs, *Zea mays* (L.1753), l'arachide, *Arachis hypogaea* (L.1753), les bananes douce et plantain, *Musa* sp., des parcelles de culture maraîchères telles que le piment, *Capsicum annuum* (L.1753), la tomate *Lycopersicon esculentum* Karst (1882) et beaucoup d'arbres fruitiers comme le manguier *Mangifera indica* (L.1753) et le safoutier *Dacryodes edulis*. Cette végétation est parsemée de poches de savane vers Obala qui s'élargissent au fur et à mesure que l'on avance vers le nord dans le département du Mbam. Selon Letouzey (1985), la vue générale de cette végétation au niveau d'Okola ne présente pas une modification globale importante de la végétation par l'activité humaine (Figure 7a).

La végétation de Koutaba tout comme celle de la Région de l'Ouest en général est dominée par la savane. On y trouve d'abord une savane à *Pennisetum purpureum* L. Schumach qui, selon les paysans, caractérise les sols à fertilité élevée ; on les rencontre sur les sols récemment défrichés. Ensuite, une savane à *Imperata cylindrica* (Linné, 1753) qui représente les sols les plus pauvres, ces sols sont rencontrés surtout sur les parties supérieures des interfluves (Dongmo, 1981). Cette végétation aurait subi une double action de l'Homme. Cette action est d'abord destructive, en effet, la pratique des feux de brousse et l'agriculture ont contribué à la destruction de la forêt semi-décidue originelle de toute la Région de l'Ouest. Les résidus de cette végétation originelle sont encore observables dans la partie Sud de la Région qui couvre les Départements du Ndé, du Haut Nkam et la plaine du Noun. Cette action est ensuite constructive, le reboisement intense avec les arbres fruitiers notamment les manguiers *Mangifera indica* (Linné, 1753), les avocatiers *Persia americana* Mill., les goyaviers *Pysidium goyava* (Linné, 1753), les colatiers *Cola nitida* L., les eucalyptus *Eucalyptus* spp. et les haies vives modifient la physionomie de la végétation. Cette double action anthropique sur la végétation de l'Ouest donne finalement une vue de savane avec des bocages autour des zones habitées (Figure 7b).



Figure 7 : Végétation des différentes zones d'études. (a) jachère à Okola en zone forestière du Centre, (b) savane de Koutaba présentant les arbres autour des habitations région de l'Ouest (Cameroun) août 2010.

II.2. Période d'étude

Cette étude a été réalisée en deux phases dont l'une sur le terrain et l'autre au laboratoire. Les échantillonnages (observations directes sur le terrain) sur les sites ont commencé le 15 mars 2009 et se sont achevés en décembre 2011 ; les prospections dans les autres localités ont eu lieu en 2012. L'étude de la bioécologie des insectes au laboratoire a été effectuée en 2012.

II.3. Matériel biologique

➤ Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude était constitué d'une part, de deux variétés de tomate et de deux variétés de piment dont les semences sont issues des fruits locaux retrouvés dans les villages du Cameroun et d'autre part des variétés améliorées de tomate et piment d'origine exotique produites et conditionnées par la firme française « Technisem », puis commercialisées au Cameroun par la société « Tropicasem ».

Pour ce qui est des tomates, au total quatre variétés ont ainsi été sélectionnées dont deux de tomate exotique : « Hybride Mongal F1 » et « Rio Grande » (Figures 8 a, c) et deux de tomates locales : tomate cerise « f » collectée à Matomb dans le Nyong-Ekelle (Figure 8b) et une tomate cerise « s » (Figure 8d) récoltée à Koutaba dans la zone de savane à l'Ouest du Cameroun.



Figure 8: Différentes variétés de *Lycopersicon esculentum* présentant les fruits matures : (a) Hybride Mongal F1, (b) tomate cerise « f », (c) Rio grande, (d) tomate cerise « s ».

Pour le piment, quatre variétés ont également été sélectionnées, deux variétés exotiques : le gros piment commun retrouvé sur le territoire camerounais (Figure 9a) et le piment doux encore appelé chili (Figure 9d) et deux variétés locales de piment piquant à savoir le petit piment rond (Figure 9b), petit piment long (Figure 9c) .

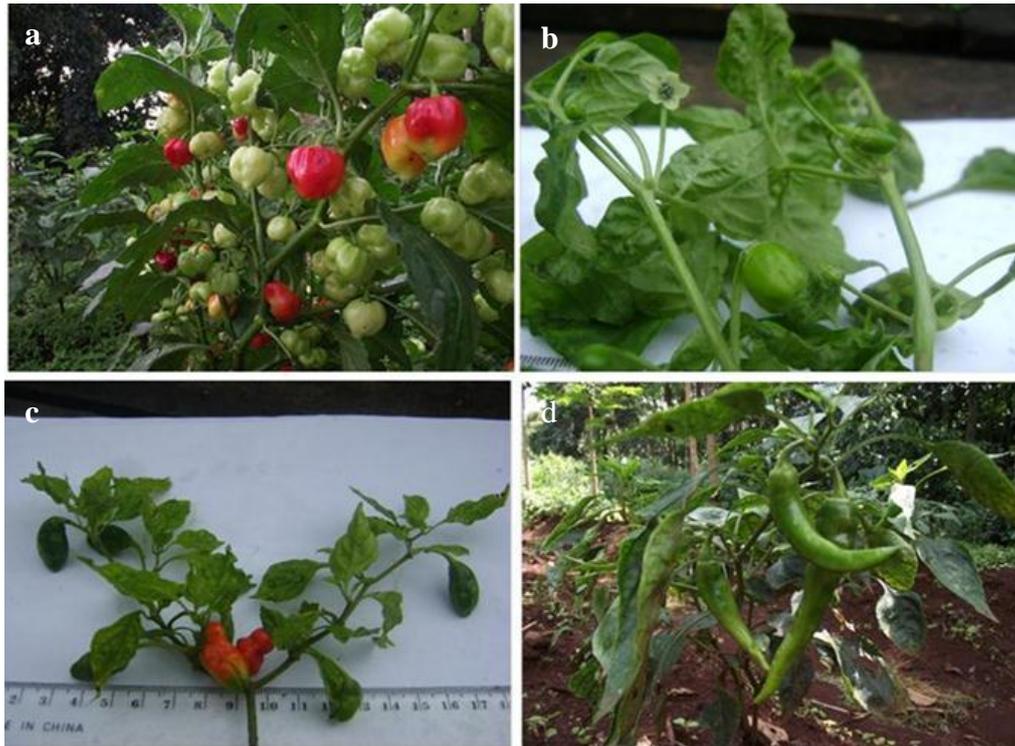


Figure 9 : Différentes variétés de *Capsicum annum* présentant les fruits matures : (a) gros piment commun, (b) petit piment rond, (c) petit piment long, (d) piment chili.

➤ **Matériel animal**

Le matériel animal quant à lui était constitué d'une part d'insectes adultes issus des fruits attaqués prélevés dans les jardins et d'autre part, des œufs/larves qui étaient prélevés sur les fruits attaqués récoltés. Au laboratoire, les jus extraits de fruit ont été utilisés pour alimenter les insectes.

II.4. Méthodologie

II.4.1. Réalisation des pépinières

La terre servant à la réalisation des pépinières a été enrichie avec de la fiente de poules achetée chez les fermiers. Dans un coin du jardin, les pépinières ont été aménagées. Cette opération était reprise tous les deux mois pour permettre d'avoir continuellement les plants pour le renouvellement des parcelles ; surtout pour ce qui est des variétés de tomate dont les cycles de production sont bouclés après 4 mois. Pour les variétés de piment qui sont les cultures pérennes (vivent plusieurs années) une seule pépinière suffisait pour une année.

II.4.2. Dispositif expérimental

Les plants sélectionnés ont été mis en terre jusqu'à la base des feuilles cotylédonaires. Ces plants ont été disposés sur 16 planches larges de 1 à 1,2 m en lignes uniques pour les plantules de

piment, avec un écart de 0,8 m entre deux plantules de la même ligne, et en lignes doubles pour les plantules de tomate avec un écart de 0,9 m entre deux plantules de la même ligne. Chaque cultivar de piment ou de tomate occupait 2 billons, soit un total de 25 plantules de piment et 50 de tomate par billons respectant alors la technique de Mbareck Ben & Boujelben (2004). Sur la parcelle expérimentale, les billons de tomate et de piment étaient disposés de façon randomisée et s'alternaient l'un après l'autre. Cette disposition des planches présentait non seulement l'avantage de permettre de comprendre les préférences trophiques de chaque déprédateur, mais aussi, offrait la diversité des micro-habitats propices à la diversification des parasitoïdes (Murphy *et al.*, 1998). Il est important de noter que l'opération de repiquage était effectuée tous les deux mois pour les tomates qui bouclent leurs cycles de développement en quatre mois seulement, et une seule fois par année pour le piment qui est une plante pérennes. Cette opération de repiquage permanent assurait la présence des fruits sur toutes les saisons de l'année.

II.4.3. Entretien du jardin

L'arrosage du jardin a été fait tous les matins pendant les périodes sèches. Pendant l'arrosage, les précautions ont été prises pour ne pas mouiller les feuilles des plantes afin de les mettre à l'abri des attaques des champignons et des bactéries. Pour le repiquage qui était fait pendant les saisons sèches, particulièrement, les billons ont été paillés aussitôt. Le paillage consistait à recouvrir les billons des pailles sèches, ce qui présentait l'avantage de retarder la germination des plantes adventices et d'assurer l'économie de l'eau d'arrosage en limitant l'évaporation.

Le sarclage quant à lui s'effectuait manuellement toutes les trois semaines afin de protéger les plantes contre d'éventuelles concurrentes. En effet, le sol héberge de nombreuses graines en attente notamment celles des espèces végétales propres de la localité, qui, profitant du défrichage accompli, germent et croissent rapidement. Le sarclage consistait à remuer superficiellement la terre à l'aide d'une houe pour éliminer la végétation adventice. Pour éviter la propagation des maladies fongiques et bactériennes (suite au contact des fruits et des feuilles avec le sol) et la cassure des branches sous le poids des fruits, toutes les plantes ont été tuteurées avant le début de la fructification.

II.4.4. Collecte des données

Dès l'apparition des fruits plusieurs méthodes complémentaires ont été utilisées pour : inventorier l'entomofaune des fruits de tomate et de piment, évaluer les pertes de rendement, déterminer le spectre d'hôte, la répartition géographique des déprédateurs, étudier les interactions plantes hôtes/déprédateurs et la dynamique des populations. Ces méthodes étaient choisies en fonction de l'expérience menée.

II.4.4.1. Inventaire de la faune associée aux cultures de *Lycopersicon esculentum* et *Capsicum annuum*

Cet inventaire concerne d'abord les déprédateurs des fruits ; il a été étendu ensuite aux ennemis naturels (prédateurs et parasitoïdes). Les résultats ont été présentés en tenant compte des variétés et des sites d'études.

Habituellement la collecte des données sur la diversité des insectes se fait par les méthodes de capture en masse, grâce à l'utilisation des pièges à appâts alimentaires, à base de para-phéromone ou phéromone (Tindo & Tamo, 1999 ; Drew, 2004 ; Hasyim *et al.*, 2008). Ces méthodes ne permettent pas de connaître l'activité précise de l'insecte qui est piégé, ni sa plante hôte. Dans cette thèse, une approche plus complète et inclusive est utilisée. Bien que fastidieuse, cette méthode s'appuie sur les observations et le suivi de l'activité des insectes sur le terrain et l'incubation de fruits endommagés (Novotny & Basset, 2005 ; Diamantidis *et al.*, 2009 ; N'Depo *et al.*, 2010). Cette méthode offre non seulement l'avantage d'étudier la diversité des insectes des deux agrosystèmes, mais également, de spécifier les espèces végétales sur lesquelles ces derniers se nourrissent, en plus elle permet de connaître leurs parasitoïdes. Avec cette méthode, systématiquement tous les fruits endommagés de nos jardins et des jardins paysans ont été récoltés, emballés individuellement et ramenés au Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I où les stades larvaires des Diptera et Lepidoptera contenus dans les fruits récoltés ont été élevés. Après la mue imaginale des insectes, ils ont été identifiés, rassemblés par sexe et comptés pour déterminer la diversité et l'abondance des espèces. Les insectes attrapés ont été eux aussi conservés dans des piluliers contenant de l'alcool (Ethanol) dilué à 70 %.

Ensuite, pour inventorier les ennemis naturels, le filet fauchoir (filet de capture en toile à mailles fines de 1 mm de maille et de 25 cm d'ouverture tenue par un manche de 2 m de longueur) a été utilisé pour la capture des insectes volants (prédateurs en particulier) dans un rayon d'un mètre autour de chaque plante. Pour les fourmis et araignées, les abondances étaient évaluées sur le site pendant deux heures. Enfin, pendant les observations, les individus des stades larvaires comme les chenilles ont été prélevés à l'aide de pince souple et placés dans des boîtes de Pétri ou alors dans des boîtes en plastique et immédiatement étiquetées pour élevage au laboratoire. Les informations recueillies sur le terrain ont été enregistrées sur des fiches de collecte préalablement établies (Annexe 2) portant chacune des indications suivantes :

- le site, la date d'échantillonnage, la plante hôte et la variété ;
- le numéro du fruit récolté, la nature de l'attaque, et parfois l'organe cible sur la plante ;
- autres remarques observées sur le terrain.

Une fois par mois, ces opérations étaient reprises sur chacun des sites d'études.

II.4.4.2. Évaluation des pertes de récolte

L'observation visuelle des fruits a permis d'évaluer les pertes de récolte. Ainsi, les dégâts causés par les insectes et particulièrement par les carpophages ont été appréciés à chaque récolte, à partir du ratio nombre de fruits attaqués par une espèce de déprédateur sur nombre de fruits récoltés sur une variété donnée. À partir de la date de maturation des premiers fruits, les récoltes ont été faites une fois toutes les deux semaines, jusqu'à la fin de la fructification. Après chaque récolte, les fruits ont été comptés et classés en fruits sains et fruits attaqués. Sur les tomates, les fruits attaqués par les Diptera (*Dacus* sp.) étaient reconnaissables par des taches noires laissées par l'oviposition des femelles ; ceux attaqués par les Lepidoptera (*H. armigera*, *Chrysodeixis chalcites*, *Spodoptera littoralis*) étaient reconnaissables par des trous laissés par la pénétration des chenilles dans les fruits. Sur les variétés sauvages, dont les fruits sont le plus souvent très petits, les lépidoptères consommaient les fruits de l'extérieur en consommant le péricarpe et l'endocarpe des fruits. Enfin, ceux des Hemiptera étaient reconnaissables à partir des taches noires laissées par les piqûres des insectes. Sur les fruits de piment, les traces de piqûre de Diptera étaient reconnaissables par les taches noires sur la surface des fruits ; et celles attaquées par les Lepidoptera présentaient des traces brunes et parfois des taches transparentes sur les fruits marquant les endroits où l'endocarpe du fruit a été consommé par le déprédateur. Pour les insectes qui s'attaquaient aux fruits particulièrement, leurs statuts pouvaient varier en fonction des variétés et des sites. Un déprédateur était considéré comme ravageur quand le taux d'attaque infligée aux fruits d'une variété était supérieur ou égale à 10%. Un déprédateur était considéré comme secondaire quand son taux d'attaque était inférieur à 10%.

II.4.4.3. Spectre d'hôte des carpophages : répartition des déprédateurs sur leurs hôtes

Pour avoir une idée sur les espèces végétales actuelles colonisées par les principaux déprédateurs, un total de 36 espèces de plantes cultivées et cinq espèces de plantes sauvages disponibles sur et autour des sites d'études pendant toute la période d'échantillonnage ont été collectées et incubées. À l'aide d'un échantillonnage randomisé les arbres et plantes à fruits ont été examinés. Il s'agit: de l'aubergine (*Solanum aethiopicum* L., 1753), du melon (*Cucumis melo* L., 1753), de la pastèque (*Citrullus vulgaris* Schrad), du concombre (*Cucumis sativus* L.), du gombo (*Hibiscus esculentus* L.), de la morelle noir (*Solanum nigrum* L., 1753), de la laitue (*Lactuca sativa* L., 1753), du chou (*Brassica oleracea* L., 1753), du maïs (*Zea mays* L., 1753), de la carambole

(*Averrhoa carambola* L., 1753), de l'avocatier (*Persea americana* Mill.), du manguier (*Mangifera indica* L., 1753), du goyavier (*Psidium guajava* L.), du caféier (*Coffea* spp.), des capsules de cotonnier (*Gossypium hirsutum* L., 1753), du corossolier (*Annona muricata* L., 1753), du cerisier (*Eugene uniflora* L., 1753), du mandarinier (*Citrus reticulata* Blanco), de l'oranger (*Citrus sinensis* Osb.) du pamplemoussier (*Citrus paradisi* Macf.), du papayer (*Carica papaya* L., 1753), du haricot (*Phaseolus vulgaris* L., 1753, du soja (*Glycine max* Merr.), du haricot dolique (*Vigna* spp.), du poivron (*Capsicum annuum* L., 1753) et du corossolier (*Annona muricata* L. 1753) pour les plantes cultivées. Pour les plantes sauvages, les fruits des plantes suivantes ont été examinés : les figuiers *Ficus* sp., de *Physalis* sp., *Annona senegalensis*, du Karité (*Vitellaria paradoxia*), d'*Oxallis balereri*, du Mango (*Irvingia gabonensis*), *Grewia coriacea* Mast. Ensuite, le nom des déprédateurs obtenu des élevages a été relevé ainsi que le nom de la plante hôte, le nom des plantes qui étaient indemnes des attaques d'insectes était aussi noté.

Pour avoir une idée complète de la répartition de ces déprédateurs, quelques 14 localités situées globalement dans 2 zones agro-écologiques ont été visitées pour observer et détecter les insectes dans les fruits des arbres cultivés ou non. Les coordonnées géographiques des emplacements, (latitudes et longitudes) ont été prises par un GPS (Global Positional System). Les collectes ont été effectuées sur nos parcelles expérimentales, dans les jardins paysans et dans les forêts et savanes environnantes. Les fruits mûrs ou présentant les traces d'attaques ont été récoltés ou ramassés. Certains fruits présentant les traces d'attaque ont été achetés sur les marchés pour les sites où il n'était pas possible d'accéder à des plantations. Pour les fruits achetés sur le marché, leurs sites d'origine ont été établis grâce aux informations obtenues des vendeurs. Les fruits de toutes les origines ont été incubés au laboratoire suivant le protocole décrit à la page 53.

Pour étudier la distribution spatiale des individus dans les jardins expérimentaux nous avons utilisé la méthode de (Hubbell et Johnson, 1977). Ainsi, le jardin a été divisé en 12 quadrats de 1 m²; chaque quadrat contenant quatre plants de tomates. Le nombre de fruits infestés dans un quadrat a été noté pendant une durée de quinze jours. Le rapport du carré de la variance (S) sur moyenne (\bar{X}) a été utilisé pour évaluer l'indice de distribution (ID) des fruits infectés dans un quadrat.

$$ID = S^2 / \bar{X}$$

Quand la Variance est supérieure à la moyenne ou $ID > 1$, les dégâts sont agrégés ; Par contre quand la variance est égale à la moyenne ou $ID = 1$, on a une distribution aléatoire ; et enfin quand la variance inférieure à la moyenne ou $ID < 1$ les dégâts sont distribués de manière régulière.

II.4.4.4. Étude de l'influence du substrat alimentaire sur le cycle biologique des déprédateurs (Diptera)

Cette étude a été menée au laboratoire du « Higher Teacher Training Collage » de Bambili. Grâce à un thermo hygromètre de marque Mtech modèle BL-3108, la température et l'hygrométrie ambiantes ont été enregistrées. Ainsi, la température moyenne du Laboratoire, pendant la période de l'étude a été de $19,5 \pm 2^\circ\text{C}$ ($76,9^\circ\text{F}$), l'humidité relative (RH) moyenne de $57 \pm 8\%$. L'étude a concerné les larves de mouches de fruits uniquement (*D. punctatifrons* et *C. capitata*) car leurs interactions sont plus étroites et plus importantes en raison du fait que les larves se développent obligatoirement dans les fruits où leurs œufs ont été pondus. Les substrats d'élevage des larves étaient des fruits hôtes de l'environnement d'étude habituellement attaqués par les Tephritidae. Il s'agit de : la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), le piment (*Capsicum annum* L.), la goyave (*Psidium guayava* L.), la mangue (*Mangifera indica* L.), l'orange (*Citrus sinensis*) et la pastèque (*Citrillus vulgaris* Schrad).

Pour l'étude de l'effet des traitements alimentaires sur *Dacus punctatifrons*, la tomate était considérée comme le traitement témoin noté (T0), la pastèque (T1), l'orange (T2), la mangue (T3), goyave (T4), et enfin le poivron (T5). Sur *Ceratitis capitata* par contre, le traitement témoin est le piment (T0), l'orange (T2) la pastèque (T3), la goyave (T4), la mangue (T5). La tomate et le piment sont considérés ici comme les traitements témoins puisqu'étant respectivement les plantes hôtes par excellence de *D. punctatifrons* et de *C. capitata* dans cet environnement.

Les visites des jardins, pendant les périodes de fortes activités de ponte, nous ont permis d'observer les insectes en activité de ponte sur les fruits et d'observer les fruits présentant l'exsudat decoulant des points d'oviposition. Ces deux catégories de fruits ont été récoltées moins de 3 heures de temps après la ponte et ramenés au laboratoire. Ensuite, les fruits ont été délicatement disséqués pour prélever les œufs. Entre 250-300 œufs de chaque espèce de mouches fraîchement pondus ont été récupérés sur les fruits parasités en champs. Les lamelles de 100g des différents types de fruits ont été taillés et déposés dans des boîtes de Pétris (Figure 10a). Elles ont ensuite été infestées par les œufs de chaque espèce de mouche, 10 œufs de chaque espèce de déprédateur ont été introduits sur chacun des 6 types de fruit, chaque boîte avait 5 répétitions. Soit un total de 50 larves d'une espèce élevée sur le substrat d'un type de fruits.

Au total, 600 œufs a été incubés et suivis à partir de l'éclosion, puis des adultes jusqu'à la mort. Dans chaque boîte de Pétri, un papier absorbant était introduit dans le but d'absorber le jus qui s'écoulait du fruit en décomposition pour éviter la noyade et la mort prématurée des larves. La taille et la couleur des larves ont permis de distinguer 3 stades développement. Les larves L1 ont varié de

0,1 à 0,2 cm de longueur et sont de couleur blanche, les larves L2 entre 0,2 et 0,5 cm de couleur jaune et les L3 enfin de taille > 0,5 cm de couleur jaune avec la capacité de faire des bonds en se contractant. L'intervalle entre l'oviposition et les dates d'éclosion était considéré comme période d'incubation. L'intervalle de temps entre la date d'éclosion et la pupa a été considéré comme étant la durée du développement larvaire. Les pupes étaient placées séparément dans les récipients en plastique transparent (10 × 5 cm de profondeur et de diamètre) contenant du sable humide et recouvert d'une toile à gaze à maille fine (0,05 mm) attaché avec des bandes élastiques. L'intervalle de temps entre la pupaison et l'apparition des adultes a été enregistré comme durée de pupaison. Les substrats alimentaires ont été renouvelés tous les deux jours jusqu'à l'apparition des insectes adultes. À l'aide des pinces molles, les larves étaient déportées des restes de l'ancien repas pour les ramener sur le substrat alimentaire nouvellement introduit.



Figure 10 : Quelques étapes du développement embryonnaire des larves de mouches sur différents substrats alimentaires : (a) mise en élevage des larves de *C. capitata* et de *D. punctatifrons* dans des boîtes de Pétri, b) Cocon de Tephritidae, (c) balance ultrasensible au laboratoire.

Les pupes, les adultes ont été pesés à l'aide d'une balance de marque Mtech modèle BL-3108, sensible au millième (Figure 10 b,c). À la mue imaginale, les adultes ont été classés par sexe et immédiatement pesés. Les insectes ont été nourris à partir du jus extrait des fruits deux fois par jour (Figure 11a) en imbibant les mailles couvrants les boîtes d'élevage (Figure 11b). L'intervalle de temps entre la date de l'émergence et la mort de l'insecte a été considéré comme sa durée de vie (longévité). La mortalité des insectes a été enregistrée quotidiennement. Le taux d'émergence a été calculé comme suit :

$$TE = \frac{NIE}{NCI} * 100 \quad \left\{ \begin{array}{l} TE : \text{Taux d'Emergence ; NIE : Nombre d'Imago Emergé ;} \\ NCI : \text{Nombre de Chrysalide Initial} \end{array} \right.$$

Les adultes qui émergent ont été identifiés selon leur sexe ; le rapport de sexe a été calculé en utilisant la formule :

$$SR = \frac{nM}{nF} \quad (SR: \text{Sex-ratio ; nM: nombre de Male ; nF = nombre de Femelle})$$

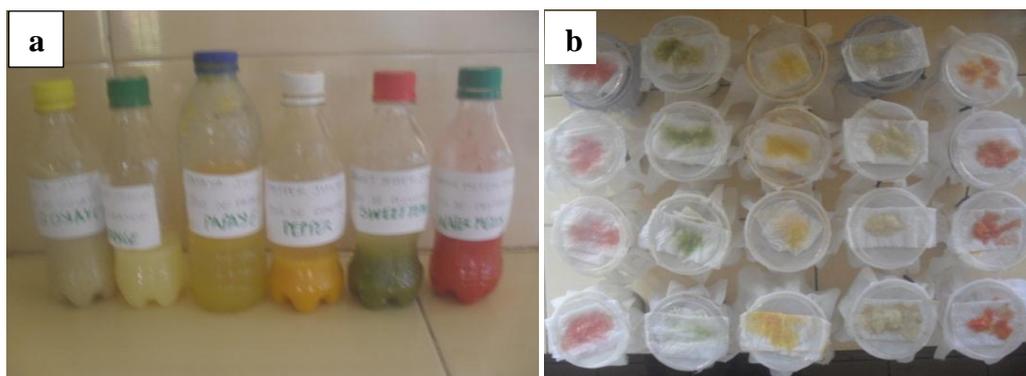


Figure 11: Diversité des ressources alimentaires : a) bouteilles contenant des jus de fruit utilisés pour l'alimentation des adultes b) boîtes d'élevage contenant les insectes adultes soumis aux différents traitements alimentaires.

Le tableau ci-dessous présente les valeurs nutritives contenues dans les fruits utilisés pour l'alimentation des insectes. Les principaux constituants de ces aliments sont les protéines, les lipides, les hydrates de carbone, l'énergie et l'eau sont les constituants retenus.

Tableau IV : Les principaux constituants qualitatifs des fruits utilisés et leurs concentration dans 100g de fruit

Composition nutritionnelle	Piment	Tomate	Orange	Poivron	Pastèque	Goyave	Papaye
Eau (%)	74	93,1	-	86	91,51	-	-
Énergie (Kcal)	94,5	17	47	51,2	32	-	-
Protéine (g)	4,1	0,7	0,94	2	0,62	2,55	0,4
Lipides (g)	2,3	0,3	0,12	0,8	0,43	0,95	0,53
Hydrates de carbone (g)	18	3,1	11,75	10,3	7,18	8,92	7,46

Source: USDA 2003 National nutrient base, (Leung *et al.*, 1968)

II.4.4.5. Etude de la dynamique des populations des ravageurs et de leurs ennemis naturels

Les entomologistes étudient la dynamique des populations pour plusieurs raisons : soit pour protéger les espèces utiles, soit pour contrôler les populations de déprédateurs. Bien que la lutte contre les déprédateurs est encore assurée essentiellement par les traitements chimiques, le contrôle des populations de déprédateurs ne peut être efficace que si l'occurrence et ou les pics d'activité d'un déprédateur donné peuvent être prédits. Parker cité par Futuyma (2005), considère l'étude de l'écologie et de la dynamique des populations des systèmes déprédateurs-parasitoïdes comme étant la base essentielle d'une bonne gestion des ressources naturelles. L'étude de la dynamique des populations des ravageurs majeurs a été réalisée uniquement dans des parcelles de piégeage mises en place dans les localités d'études. Ceci a été fait afin d'éviter toute interférence entre les populations

d'insectes et les pesticides utilisés en milieu paysans. L'étude de la dynamique des populations des insectes de ces communautés a été limitée aux populations de déprédateurs qui avaient été érigé au statut de ravageur. Cette étude a également été étendue aux ennemis naturels des ravageurs.

Entre 2010 et 2012, les déprédateurs et les ennemis naturels obtenus après incubation ou capturés à vue en champ mensuellement étaient regroupés sur la base des ressemblances morphologiques et comptés. Ensuite, les courbes de variation des abondances des déprédateurs ont été tracées. Une autre question fondamentale à laquelle il fallait répondre était de comprendre quels sont les facteurs qui contrôlent la diversité, l'abondance relative, l'expansion, le déclin ou la maintenance des populations d'insectes de ces communautés. Pour mieux comprendre l'évolution numérique de ces populations, l'abondance des déprédateurs a été corrélée à celles des ennemis naturels.

L'élevage des carpophages et des parasitoïdes avait pour objectifs d'obtenir à partir des larves récoltées en champs, des individus adultes indispensables pour des identifications fiables d'une part, et d'étudier la dynamique du parasitisme des fruits et quelques paramètres du cycle de développement des différents carpophages d'autre part. À cet effet, les fruits attaqués par les Diptera Tephritidae ont été incubés dans des boîtes en plastique transparentes de 15 cm de profondeur sur 10 cm de diamètre et dont l'ouverture était protégée par une toile de gaz à mailles fines (0,5 mm). Le fond de chaque boîte était recouvert sur une épaisseur de 5 cm de terre friable pour offrir un site de pupaison approprié aux larves (Duyck *et al.*, 2008) (Figure 12). Cette terre a été constamment humidifiée pour empêcher la déshydratation des cocons. Les adultes après la mue imaginale ont été fixés.

Les larves de Lepidoptera, de la famille des Noctuidae et Pyralidae, s'alimentent sur les fleurs, pour les premiers stades de développement, et par la suite sur les fruits et dans une moindre mesure, sur les feuilles et dans les tiges. Au laboratoire, ces larves ont été élevées dans les mêmes conditions que les larves de Diptera, mais ici, pour certaines chenilles comme les Noctuidae des tomates, les boîtes étaient nettoyées et les ressources alimentaires renouvelées tous les jours. Après la mue imaginale, les adultes ont été fixés à l'aide d'un flacon à cyanure et conservés à sec. Pour les pupes et chrysalides parasitées, les parasitoïdes qui en émergeaient après incubation ont été placées dans un réfrigérateur pendant trente minutes pour affaiblir les insectes avant de les collecter. Ces insectes étaient collectés à l'aide des pinces, classés par sexe et identifiés. Les individus étaient

concernés dans la collection de référence du Laboratoire de Zoologie de l'Université de Yaoundé I.



Figure 12 : Dispositif d'incubation des fruits infestés par les carpophages et leurs parasitoïdes (laboratoire de Zoologie de l'Université de Yaoundé, août 2010).

Les compétitions (trophiques et site de ponte) entre les frugivores ont été étudiées d'une part, en observant sur le terrain les interférences entre les différents compétiteurs dans leurs stratégies de monopolisation de la ressource (interaction biotique) ; d'autre part, la variation des abondances mensuelles des principaux prédateurs et de leurs parasitoïdes a été corrélée à celle des facteurs abiotiques (pluviométrie, température et hygrométrie) pris au cours de la même période. Les données climatiques issues des stations météorologiques de Yaoundé et de l'aéroport militaire de Koutaba ont, comme les données sur la population, été groupées par mois.

II.4.5. Dépouillement, tri et identification des échantillons

Les identifications préliminaires ont été faites par notre équipe de recherche sur la base des guides d'identification de Bezzi (1915), Goureau (1974), Borror *et al.* (1976), Delvare & Aberlenc (1989). Les guides de terrains de Betbeder-Matibet (1984-1989), les catalogues des principaux Arthropodes présents sur les cultures légumières de Nouvelle-Calédonie (Bordat & Goudegnon, 1991), les catalogues des Arthropodes des cultures d'Afrique de l'Ouest, Centrale, Mayotte et de la Réunion (Bordat & Avanitakis, 2004) ont également été utilisés. Pour limiter des risques d'erreurs, la collection de référence du laboratoire de Zoologie de l'Université de Yaoundé I a été régulièrement consultée. La clé dichotomique d'identification de White & Elson-Harris (1994) a été utilisée pour l'identification des Diptera Tephritidae. Les Hymenoptera parasitoïdes et prédateurs ont été identifiés

grâce à (Anonyme, 1998). Ensuite, les taxa dont les identifications étaient douteuses ou ceux qui n'ont pu être identifiés ont été faits identifier au laboratoire d'Entomologie du CIRAD à Montpellier en France. Les taxa qui, malgré tout, n'ont pas pu être identifiés ont été codifiés (par exemple Fm.n pour les Familles, Gen.n pour les genres et sp.n pour les espèces), n représentant l'ordre d'arrivée des spécimens dans la collection. Une partie des échantillons a été soigneusement conservée pour des contrôles ultérieurs ou pour l'ajout à la collection de référence du Laboratoire de Zoologie de l'Université de Yaoundé I.

II.4.6. Détermination du cycle de développement des principaux carpophages

Les phases de développement sont différentes pour les Diptera et les Lepidoptera de l'œuf à l'adulte ; les Lepidoptera passent par 7 phases de développement différent alors que les Diptera passent par 5 phases. La durée de développement des différentes phases a été mesurée essentiellement à partir des spécimens récoltés en champ. Les œufs et les larves de différents stades ont été mis en élevage et suivis jusqu'à la mue imaginale. L'évaluation de l'intervalle de temps qui sépare deux mues consécutives a permis de déterminer la durée de développement des différents stades larvaires. À la mue imaginale, les individus ont été comptés selon le sexe et l'espèce. Le nombre d'œufs pondus par une femelle au cours d'un cycle de ponte a pu être déterminé, ceci à partir des fruits présentant un seul point d'oviposition. Le rapport nombre de mâles sur nombre de femelles a permis de déterminer pour chaque espèce le sex-ratio, ceci à partir des individus issus des élevages. Enfin, l'élevage des adultes soumis à divers régimes alimentaires a permis d'estimer la longévité des adultes au laboratoire.

II.5. Méthodes d'analyse des données

II.5.1. Richesse et diversité spécifique

Les données chiffrées obtenues sur le terrain ont été reportées dans un tableur Excel. Pour apprécier l'efficacité de prélèvement des espèces dans les sites d'études, la richesse spécifique a été estimée à l'aide des estimateurs non paramétriques de la richesse spécifiques contenus du logiciel Estimate S 9.1.0 (Colwell, 2013 ; Magurran, 2004 ; Magurran & McGill, 2011). Les estimateurs non paramétriques suivants ont été utilisés : ACE (Abundance based Cover Estimator), ICE (Incidence based Cover Estimator), Chao 1 et 2, Jack1 et 2 (first and second order Jackknife), Bootstrap estimator, et MMM (moyen de Michaelis Menten). En l'absence d'un estimateur idéal identifié dans la littérature, la moyenne des estimateurs a été calculée pour les différents sites. Pour déterminer la diversité des espèces dans les sites (diversité alpha) l'indice classique de diversité de Shannon-

Wiener et d'équitabilité E ont été utilisés (Barbault, 1997). Les analyses ont été effectuées grâce aux PAST (Palaeontological Statistics), logiciel spécialisé pour les sciences de la nature.

II.5.2. Evaluation du taux d'attaque

Dans le but d'orienter la suite de ce travail, il serait nécessaire de connaître l'incidence des insectes dans la perte des récoltes. Ainsi une perte de récolte représente une diminution directement mesurable sur une récolte (Appert & Deuse, 1998). Les pertes de rendement occasionnées par les carpophages spécifiques (espèces se nourrissant uniquement de fruits) sur la production de la tomate et du piment ont été évaluées à partir de la proportion de fruits ayant subi des attaques.

En effet, les récoltes ont régulièrement été effectuées en champ, après chaque récolte, les fruits ont été dénombrés et séparés en fruits sains et fruits attaqués. Les fruits attaqués par les Diptères présentaient des taches noires marquant les points d'oviposition sur la face externe des fruits respectivement sur les fruits de tomate et piment. Par contre, les attaques de Lépidoptères, principalement les Noctuidae étaient reconnaissables par les trous correspondant aux points de pénétration des larves pour les deux types de fruits. Pour les Tortricidae du piment en particulier, les fruits présentaient des taches brunes. En outre, certains fruits portaient des marques des bios agresseurs autres. Les fruits dits sains étaient ceux qui ne portaient aucune lésion ni piqûre engendrée par un insecte.

Le taux d'attaque (T_{xi}) dû à un déprédateur donné a été calculé à partir du rapport nombre de fruits attaqués par un déprédateur (n_i) sur le nombre total de fruits obtenus à chaque récolte (N). La formule suivante a été utilisée:

$$T_{xi} = n_i / N \times 100$$

(T_{xi} = taux d'attaque, n_i = Nombre de fruits attaqués, N = Nombre total de fruits récoltés)

Enfin les taux d'attaques sur différentes variétés ont été comparés en utilisant une analyse des variances (ANOVA) contenue dans la procédure GLM, suivie d'une comparaison des moyennes 2 à 2 par un test HSD de Tukey en cas de différences significatives.

II.5.3. Spectre d'hôte et répartition des insectes déprédateurs

Pour déterminer le spectre d'hôtes des principaux déprédateurs, les fruits des autres plantes cultivées et sauvages présentes sur et autour des sites d'études ont été prospectés. Pour chaque plante et ou fruit qui était récolté, les coordonnées géographiques étaient notées et un échantillon de la plante et son fruit était prélevé pour faciliter les identifications par les spécialistes de l'Herbier Nationale du Cameroun. A partir des fruits incubés, une liste des déprédateurs autre que ceux recherchés a été établie. Ensuite des indications sur l'organe attaqué et le lieu de récolte ont été

notés. En plus, les informations sur les hôtes anciens (quand ils sont connus) ont été tirées de la littérature et des collections disponibles au Cameroun.

Ensuite sur tous les sites où les plantes hôtes ont été observées, leurs fruits ont été récoltés et incubés au laboratoire. Ces récoltes se sont faites dans des localités de 4 Régions différentes à savoir Centre, Ouest, Nord-Ouest, Littoral. Les coordonnées de ces sites, latitude et longitude et l'altitude ont été prises à l'aide d'un appareil GPS de marque Gemen, les données ont ensuite été analysées grâce au logiciel de Map info 8.4.

II.5.4. Interactions plante hôte/déprédateur

Pour comprendre l'effet du type d'alimentation (traitement) sur la fitness des insectes, le type d'aliment était considéré comme étant une variable indépendante/explicative. La durée moyenne de l'incubation, de développement, le poids moyen des pupes et des adultes, la longévité des adultes sur les 6 types de fruits étaient des variables dépendantes/à expliquer. Ce qui a rendu possible la comparaison multiple des moyennes grâce au test non paramétrique de Kruskal-wallis du Logiciel SPSS 17.5. Ensuite à l'aide d'une analyse multi-variée tel que les ACP (Analyses en Composantes Principales) nous avons apprécié la similitude entre les effets des traitements alimentaires sur les paramètres biologiques des insectes adultes. En plus, les ACP nous ont permis de préciser les traits de vie des insectes sur lesquels le facteur alimentation est le plus déterminant. Ceci a été effectué grâce au logiciel PAST,

II.5.5. Dynamique des infestations

Les variables étant numériques, elles ont été reportées dans un tableur Excel. L'abondance relative et les fluctuations des infestations ont été appréciées à partir de l'analyse descriptive. L'échantillonnage étant en plus séparé dans le temps et dans l'espace, l'analyse des variances (ANOVA) avec le logiciel SPSS 17,5 (Statistical Package Social Science) a été utilisée pour apprécier les variations de la moyenne des abondances des fruits attaqués entre les saisons. Ici, la variable indépendante était les saisons et la variable dépendante l'abondance des fruits attaqués. Les tests de Student et de Fisher ont été utilisés pour comparer la variation du taux d'attaque entre les différentes saisons d'études. Le test de Kruskal-Wallis a été utilisé quand les données ne suivaient par une distribution normale. Ici, les abondances des insectes étaient les variables dépendantes, alors que la pluviométrie était considérée comme variable indépendante.

Les relations plausibles entre le taux d'infestation et les facteurs abiotiques (température, hygrométrie, pluviométrie) ont été testés à l'aide du coefficient de corrélation. Les « Relationship tests » ont constamment été utilisés. En présence de deux variables continues qui n'étaient pas liées

par les relations de cause à effet, les tests de corrélations ont été utilisés. Il s'agit ici du test de Spearman ou de Pearson qui ont constamment été utilisés pour apprécier les relations possibles entre le taux d'infestation des déprédateurs et les facteurs abiotiques (température, hygrométrie, pluviométrie). En présence de deux variables continues liées entre elles par une liaison de cause à effet, le test de régression logistique (test de prédiction) a été utilisé. Toutes les probabilités utilisées dans ce travail ont été appréciées au seuil de 5%.



**CHAPITRE III:
RESULTATS ET DISCUSSION**

III.1. Résultats

III.1.1. Evaluation de l'effort d'échantillonnage

III.1.1.1. Estimateurs non-paramétriques de la richesse spécifique

L'efficacité de l'échantillonnage a varié entre 63 et 100 % pour tous les estimateurs. La moyenne des estimateurs est située entre 91,31 % sur le piment à Koutaba et 99,08 % sur la tomate à Okola. Dans l'ensemble, le taux de succès de capture enregistré par les différents estimateurs est supérieur à 50 % (Tableau V).

Tableau V: Variation des richesses spécifiques observées et théoriques dans les sites d'Okala et de Koutaba sur piments et tomates

Paramètres	Sites			
	Koutaba		Okola	
	Piment	Tomate	Piment	Tomate
Nb. Ech.	10	10	10	10
S.obs.	11	9	9	10
ACE	11(100)	9(100)	9(100)	10(100)
ICE	12(85,49)	9(100)	9(100)	10(100)
Chao 1	12(100)	9(100)	9(100)	10(100)
Chao 2	11(98,48)	9(100)	9(100)	10(100)
Jack 1	12(92,44)	9(100)	9(100)	9(100)
Jack 2	11(100)	8(100)	9(100)	9(100)
Bootstrap	12(93,54)	9(98,15)	9(99,01)	10(98,81)
MMMean	12(63,00)	10(87,29)	11(82,95)	11(88,25)
Mean	12(91,31)	9(98,94)	9(97,38)	10(99,08)

Légende : Les valeurs mises entre les parenthèses représentent le succès d'échantillonnage exprimé en pourcentage, la valeur en gras représente le succès d'échantillonnage minimal et maximal, Nb. Ech=nombre d'échantillonnages, S.obs=nombre d'espèces observées

Les courbes de l'accroissement de la richesse spécifique cumulée en fonction du nombre de mois d'échantillonnage révèlent une augmentation croissante de celle-ci pendant les six premiers mois d'échantillonnages soit une richesse spécifique comprise entre 8 et 10 en fonction de la plante hôte. Au-delà du sixième mois les courbes décrivent une asymptote qui correspond à une faible variation de la richesse spécifique avec l'augmentation de l'effort d'échantillonnage (Figure 13).

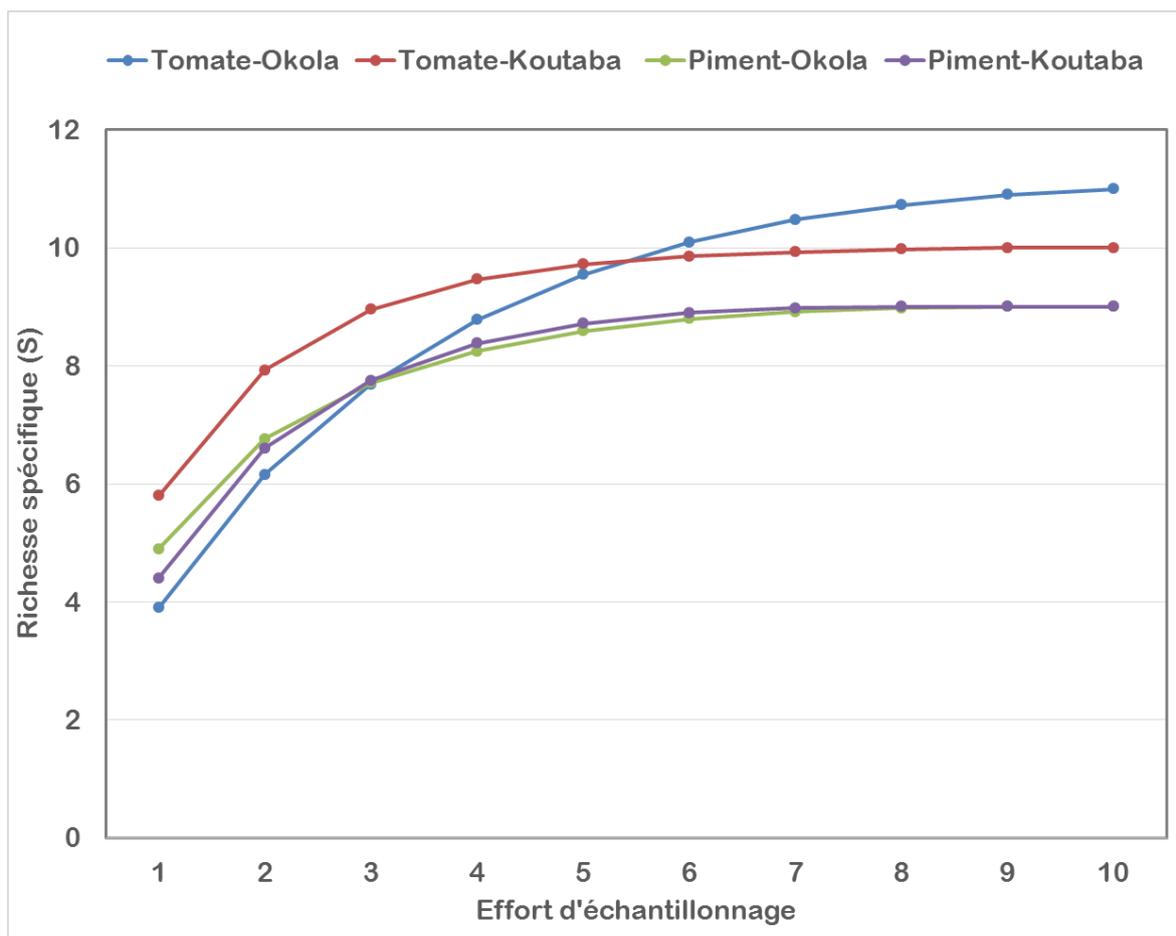


Figure 13 : Courbes de raréfaction montrant la variation de la richesse spécifique des déprédateurs de la tomate et du piment en fonction des mois d'échantillonnage sur les sites d'Okola et de Koutaba.

III.1.2. Diversité spécifique des communautés de déprédateurs de tomate et de piment sur les sites d'Okola et de Koutaba

Ainsi sur la tomate, la richesse spécifique à Okola ($S = 11$) est supérieure à la richesse spécifique à Koutaba ($S = 9$). Le test T de Student montre que la différence de richesse spécifique entre les deux sites n'est pas significative ($t = 0,53$). L'indice de diversité de Shannon est $H' = 1,02$ à Okola et $H' = 1,61$ à Koutaba. Cet indice varie entre les deux communautés mais le test T de Student montre une différence non significative ($t > 0,05$). Bien que *D. punctatifrons* et *H. armigera* présentent des individus plus abondants. L'indice de dominance montre que les individus sont plus ou moins également répartis dans les groupes de déprédateurs de tomate, que ce soit à Okola ($D = 0,53$) ou à Koutaba ($D = 0,62$) ce qui se confirme d'ailleurs par l'indice d'équitabilité qui présente un équilibre entre les différentes familles. Sur la communauté de déprédateurs de tomate d'Okola, l'indice d'équitabilité ($J = 0,44$) est encore plus faible dans la seconde communauté de Koutaba ($J = 0,37$).

Sur le piment, la richesse spécifique S est respectivement de 8 à Okola et de 9 à Koutaba. L'indice de diversité H' est de 0,73 à Okola et de 0,99 à Koutaba. Le test de Student montre une différence non significative $t > 0,05$. Ceci se confirme par l'indice de dominance qui montre l'équilibre entre les individus de différentes communautés. L'indice de dominance est respectivement de $D = 0,63$ à Okola et de $D = 0,56$ à Koutaba. De façon générale, les déprédateurs sont spécialisés sur l'une des plantes hôtes ; seule l'espèce *H. armigera* exploite les deux types d'aliments (tomate et piment) pour le développement de leurs larves (Tableau VI).

Tableau VI : Variation de la richesse et de la diversité spécifique des déprédateurs de tomate et de piment à Koutaba et à Okola

Paramètres	Espèces végétales			
	Tomate		Piment	
	Okola	Koutaba	Okola	Koutaba
Richesse spécifique (S)	11	9	8	9
Indice de Shannon (H')	1,02	1,61	0,73	0,99
Equitabilité (J)	0,42	0,73	0,36	0,45
Dominance (D)	0,53	0,26	0,63	0,56

L'indice de Shannon H' varie de 0 à $\log_2 S$, l'indice de dominance D et d'équitabilité J varient de 0 à 1.

➤ Evaluation de la similarité entre les communautés des sites et plantes hôtes

Les communautés sont similaires les unes les autres, que ce soit sur les plantes hôtes ou sur les sites, les taux de similarités sont $> 50\%$ (Tableau VII).

Tableau VII : Variation de l'indice de similarité des déprédateurs de tomate et de piment à Koutaba et à Okola

	T. Okola	T. Koutaba	P. Okola	P. Koutaba
T. Okola	1			
T. Koutaba	56,421	1		
P. Okola	55,186	50,388	1	
P. Koutaba	70,673	53,072	61,423	1

T=tomate; P=piment.

III.1.2.2. Diversité biologique et variation des abondances des déprédateurs des fruits de *Lycopersicon esculentum* et de *Capsicum annum* à Okola et à Koutaba

Dans l'ensemble des deux sites d'études, il a été recensé un total de 11 espèces appartenant à 10 genres, 08 familles et 04 ordres. L'ordre des Diptera a été numériquement dominant avec un effectif de 1104 individus (soit 78,5 %), suivi de l'ordre des Lepidoptera avec 256 individus (18,2

%). L'ordre le moins représenté a été celui des Homoptera avec 11 individus (0,78 %). Les familles des Tephritidae et des Noctuidae ont dominé sur les autres familles identifiées avec des effectifs respectifs de 1059 individus (soit 75,32 %) et de 252 individus (soit 17,92 %) de l'effectif total (N = 1406) (Tableau VIII et IX).

III.1.2.2.1. Diversité et variation des abondances des déprédateurs de fruits de *Lycopersicon esculentum*

i. Cas d'Okola

Sur le site d'Okola, les déprédateurs de la tomate sont riches et varient sur les différentes variétés. Ainsi, 598 individus appartenant à 04 ordres, 08 familles, 09 genres et 11 espèces ont été collectées et identifiées sur l'ensemble des variétés. Sur la variété Rio-grande, 06 espèces appartenant à 06 familles et à 03 ordres ont été recensées sur un total de 194 individus collectés (Tableau VIII). La faune a été largement dominée par 02 ordres et 02 familles qui sont respectivement : la famille des Tephritidae représentée par *D. punctatifrons* avec 84,44 % de l'effectif global (soit 158 individus) et la famille des Noctuidae représentée par *H. armigera* avec 10,3 % de l'effectif (soit 20 individus). Sur la variété Hybride F1 Mongal, 310 individus appartenant à 9 espèces, 8 familles et à 4 ordres ont été récoltés (Tableau VIII). Les deux familles ci-dessus citées dominent toujours la faune. Il s'agit de : *Dacus punctatifrons* qui représente 67,71 % de l'effectif global (soit 208 individus) suivie de 25,81 % soit 80 individus pour *H. armigera*.

Pour les variétés locales, les mêmes familles sont les plus abondantes de la communauté. Ainsi sur la Tomate cerise « f », un total de 37 individus appartenant à 05 espèces, 05 familles et 03 ordres ont été collectés. *Dacus punctatifrons* est représentée par 26 individus soit 70,27 % de la faune globale. Enfin sur la variété Tomate cerise « s », 57 individus appartenant à 08 espèces de 07 familles et 03 ordres ont été identifiés. Les espèces les plus représentatives que sont *Dacus punctatifrons*, *H. armigera*, *Cletus* sp. occupent respectivement 56,14% ; 8,77 %, et 7,18 % de la faune globale. *Neosilba* sp. a quelque fois des abondances élevées (10,53 %) sur la tomate cerise « s ». De même, en dehors de *H. armigera*, les autres Lepidoptera ont présenté une occurrence variable en fonction des variétés.

Tableau VIII : Diversité et variation de l'abondance des principaux déprédateurs des fruits de *Lycopersicon esculentum* en fonction des variétés à Okola

Ordres	Familles	Espèces	Rio-grande	Hybride F1 Mongal	Tomate cerise « f »	Tomate cerise « s »
			Ni (ni%)	Ni (ni%)	Ni (ni%)	Ni (ni%)
Diptera	Tephritidae	<i>Dacus D. punctatifrons</i> (Karsch)	158 (84,44)	208(67,1)	26(70,27)	32(56,14)
		<i>Dacus D. bivittatus</i> (Bigot)	0(00)	3(0,96)	0(00)	2(3,5)
	Lonchaeidae	<i>Neosilba</i> sp.	2(1,03)	9(2,9)	5(13,51)	6(10,53)
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	20(10,3)	80(25,81)	0(00)	5(8,77)
		<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	0(0)	0(00)	0(00)	2(3,51)
		<i>Chrysodeixis chalcites</i> (Esper)	0(00)	0(0)	2(5,4)	0(0)
Heteroptera	Coreidae	<i>Cletus</i> sp.	7(3,6)	2(0,64)	0(00)	4(7,18)
	Lygaeidae	<i>Spilothetus</i> sp.	6(3,1)	1(0,32)	0(00)	2(3,51)
	Pyrrocoïdæ	<i>Dysdercus</i> sp.	1(0,51)	1(0,32)	2(5,4)	4(7,18)
	Cicadellidae	<i>Penthimia</i> sp.	0(0)	1(0,32)	2(5,4)	0(0)
Homoptera	Aphididae	<i>Macrosiphum eurphorbiae</i> (Thomas)	0(0)	5(1,61)	0(00)	0(0)
Total			194	310	37	57

Ni=abundance absolue. Les valeurs entre parenthèses représentent les abondances relatives

ii. Cas de Koutaba

De même que sur le site d'Okola, la faune des déprédateurs de tomate a été riche et variée entre les variétés. Sur la variété Rio-grande, 719 individus appartenant à 04 ordres et à 06 familles et 10 espèces ont été obtenus. Cette faune a été largement dominée par *D. punctatifrons* soit 602 individus représentant 83,72 % de la faune totale, suivie de *H. armigera* avec 99 individus représentant 13,77 % de la faune totale. Sur la variété hybride F1 mongal, sur un total de 31 individus de 03 espèces et 02 familles et 02 ordres ont été recensés, 21 individus appartiennent à l'espèce *D. punctatifrons*, soit 67,74 % des individus recensés, suivis de 07 individus de l'espèce *H. armigera* soit 22,58 % de la faune totale. Sur les variétés tomate cerise « f » 70 individus de 07 espèces, 04 familles et 04 ordres ont été récoltés, soit 10 individus de l'espèce *D. punctatifrons* qui représentent 14,28 % de faune des déprédateurs et 41 individus de l'espèce *H. armigera* soit 58,57 % de la faune totale de cette espèce variétale. Pour la variété Tomate cerise « s » plus de 96% des fruits incubés n'ont pas produit des insectes. Seuls 04 individus appartenant à 02 espèces, à 02 familles et à

02 ordres ont été trouvés. Cette variété de tomate attire moins de déprédateurs sur ce site. Il faut noter que ce cultivar est nouvellement introduit sur le site de montagne ; il serait alors possible que les déprédateurs ne se soient pas encore adaptés. De plus, la très petite taille de ces fruits n'offrirait pas suffisamment de ressources alimentaires aux jeunes larves (Tableau IX).

Tableau IX : Diversité et variation de l'abondance des principaux déprédateurs des fruits de *Lycopersicon esculentum* en fonction des variétés à Koutaba

Ordres	Familles	Espèces	Rio-	Hybride F1	Tomate cerise	Tomate
			grande	Mongal	« f »	cerise
			Ni (ni%)	Ni (ni%)	Ni (ni%)	« S » Ni (ni%)
Diptera	Tephritidae	<i>Dacus punctatifrons</i> (Karsch)	602 (83,72)	21 (67,4)	10 (14,28)	1 (25)
		<i>Dacus bivittatus</i> (Birgot)	0 (0,0)	3 (9,68)	0 (0,0)	0(0,0)
		<i>Neosilba</i> sp.	7 (0,97)	0(0,0)	9 (12,86)	0(0,0)
Lepidoptera	Noctuideae	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	99 (13,77)	7 (22,58)	41 (58,57)	0(0,0)
		<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	4 (0,57)	0(0,0)	3 (4,29)	0(0,0)
		<i>Chrysodeixis chalcites</i> (Esper)	0(0,0)	0(0,0)	1 (1,43)	3 (75)
Heteroptera	Coreidae	<i>Cletus</i> sp.	0(0,0)	0 (0,0)	0(0,0)	0 (0,0)
	Lygaeidae	<i>Spilothetus</i> sp.	0(0,0)	0 (0,0)	0(0,0)	0 (0,0)
	Lonchaeidae	<i>Neosilba</i> sp.	3(0,41)	0 (0,0)	1(1,42)	0 (0,0)
Homoptera	Aphididae	<i>Macrosiphum</i> <i>eurphorbiae</i> (Thomas)	4(0,42)	0 (0,0)	2(2,85)	0 (0,0)
Total			719	31	70	4

Ni=abundance absolue. Les valeurs entre parenthèses représentent les abondances relatives

III.1.2.2. Diversité et variation des abondances des déprédateurs de fruits de *Capsicum annum*

Dans l'ensemble des deux sites d'études, il a été recensé un total de 09 espèces appartenant à 09 genres, 07 familles et à 03 ordres. L'ordre des Diptera a été numériquement dominant avec un effectif de 666 individus soit 76,28 % suivi de l'ordre des Lepidoptera (14,20 %). L'ordre le moins représenté a été celui des Hemiptera. La famille des Tephritidae avec son unique représentant *C. capitata* a dominé sur les autres familles identifiées avec un effectif de 574 soit 65,75 %. Vient ensuite la famille des Tortricidae avec 214 individus (soit 14,2 %). L'espèce *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) a été la plus représentée dans la communauté.

i. Cas d'Okola

Sur le site d'Okola, les déprédateurs du piment ont été nombreux et variables d'une variété à l'autre. Un total de 201 individus appartenant à 03 ordres, 07 familles, 09 genres et à 09 espèces a été

dénombré sur les 3 variétés. L'espèce *Ceratitidis capitata* est globalement la plus abondante sur les variétés "petit piment rond" et "gros piment commun" tandis que *L. orbonalis* l'a été sur la variété "piment chili" uniquement (Tableau X). Elle est suivie de *Cryptophlebia leucotreta*.

Sur la variété "petit piment rond", des 17 mouches issues des incubations, 13 individus étaient de l'espèce *C. capitata*, 4 de l'espèce *Neosilba* sp. Sur la variété exotique "piment Chili", le prédateur le plus abondant était *Leucinodes orbonalis* avec 32,26 % de la faune totale de prédateur, soit 10 individus sur les 31 récoltés. Venaient ensuite de *Neosilba* sp. avec 22,68 % et enfin *C. capitata* avec 19,36 %; soit un nombre de 6 sur 31 individus. Enfin, sur la variété "gros piment commun", la faune des prédateurs était largement dominée par *C. capitata*, sur les 153 insectes récoltés, 69 appartiennent à cette espèce, soit 45,1 % de la faune des prédateurs, suivie par *C. leucotreta* avec 31 individus dénombrés, soit une abondance relative de 20,26 % de la faune des prédateurs ensuite 28 individus de *Neosilba* sp. soit 18 % et enfin 10 individus de l'espèce *Aphis gossypii* 6,53 % (Tableau X).

Tableau X : Diversité et variation de l'abondance des principaux prédateurs des fruits de *Capsicum annum* en fonction des variétés à Okola

Ordres	Familles	Espèces	Petit piment rond	Piment Chili	Gros piment commun
			Ni	Ni	Ni
Diptera	Tephritidae	<i>Ceratitidis capitata</i> (weiderman)	13 (76,48)	6 (19,36)	69 (45,08)
	Lonchaeidae	<i>Neosilba</i> sp.	4 (23,52)	7 (22,58)	28 (18,3)
Lepidoptera	Noctuideae	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
		<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	0 (0,0)	0 (0,0)	2(0,01)
	Tortricidae	<i>Leucinodes orbonalis</i> (Guénée)	0 (0,0)	10 (32,26)	0 (0,0)
		<i>Cryptophlebia leucotreta</i> (Meyrick)	0 (0,0)	2 (6,45)	31 (20,26)
Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover)	0 (0,0)	0 (0,0)	10 (6,5)
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	0 (0,0)	4 (12,9)	6 (3,9)
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i> sp.	0 (0,0)	2 (6,45)	7 (4,5)
Total			17	31	153

Ni=abundance absolue. Les valeurs entre parenthèses représentent les abondances relatives

ii. Cas de Koutaba

Sur le site de Koutaba, les prédateurs de piment ont été peu diversifiés dans les variétés et sont pratiquement restés les mêmes espèces, genres, familles et ordres que ceux retrouvés à Okola. Les différences se trouvaient au niveau des abondances des insectes. Globalement, un total de 664 individus appartenant à 03 ordres et 07 familles ont été obtenus. Sur la variété « petit piment rond »

moins attractive, seuls 5 individus ont été obtenus et tous appartenait à l'espèce *C. capitata*, les autres espèces de prédateurs n'ayant pas été trouvées. Sur la variété exotique piment Chili, le prédateur le plus abondant était *C. capitata* avec une abondance relative de 60,6 % de la faune totale soit une abondance absolue de 40 individus sur les 66 dénombrés. Ensuite de *L. orbonalis* a contribué de 7,56 % de la faune totale de prédateur, soit 5 individus seulement sur les 66 récoltés. *C. leucotreta* a contribué avec 02 individus c'est-à-dire 3,03 % de la faune. Les Lonchaeidae et les autres mouches ont également été abondant ; mais ces espèces ont été placées en seconde position dans ce travail en raison de leurs rôles encore controversés sur la perte des récoltes telles que signalées antérieurement. Enfin, sur la variété "Gros piment commun" la faune des prédateurs a largement été dominée, une fois de plus, par *C. capitata*. Sur les 593 insectes récoltés, 448 appartiennent à cette espèce soit 75,55 % de la faune des prédateurs, suivie par *C. leucotreta* avec 62 individus soit 10,45 % de la faune totale. Les Lonchaeidae et les autres insectes obtenus étaient abondants mais leur implication dans les pertes de fruits reste mal connue (Tableau XI).

Tableau XI : Diversité et variation de l'abondance des principaux prédateurs de fruit de *Capsicum annum* en fonction des variétés à Koutaba

Ordres	Familles	Espèces	Petit piment	Piment	Gros piment
			rond	Chili	commun
			Ni	Ni	Ni
Diptera	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i> (weiderman)	0(0,0)	40(60,6)	448(75,55)
	Lonchaeidae	<i>Neosilba</i> sp.	0(0,0)	5(7,56)	48(8,1)
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cryptophlebia leucotreta</i> (Meyrick)	5(100)	2(3,03)	62(10,45)
		<i>Leucinodes orbonalis</i> (Guenée)	0(0,0)	5(7,56)	0(0,0)
	Noctuideae	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	0(0,0)	0(0,0)	3(0,51)
		<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	0(0,0)	0(0,0)	2(0,34)
Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover)	0 (0,0)	0(0,0)	20(3,37)
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	0 (0,0)	10(15,15)	4(0,67)
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i> sp.	0(0,0)	4(6,06)	6(1,01)
Total			5	66	593

Ni=abundance absolue. Les valeurs entre parenthèses représentent les abondances relatives

III.1.2.4. Faune des ennemis naturels associés aux ravageurs de la tomate et du piment

Dans la communauté des insectes inventoriés sur les fruits de tomate et de piment, une partie non moins importante était constituée des parasitoïdes et des prédateurs qui étaient pour la plupart des auxiliaires potentiels de la lutte contre les prédateurs des cultures. Dans l'ensemble des deux

sites la faune des parasitoïdes étaient représentée par 14 espèces appartenant à 11 genres et à 07 familles alors que celle des prédateurs était constituée de 11 espèces appartenant à 03 familles (Tableau XII et XIII).

➤ **Cas de la faune des parasitoïdes**

Un total de 14 espèces de parasitoïdes appartenant à 07 familles et 08 espèces appartenant à 07 familles ont été identifiées respectivement à Okola et à Koutaba. La faune des parasitoïdes de Koutaba après élevage au laboratoire des larves et des cocons parasités a permis l'identification de sept espèces appartenant à huit genres et six familles. Parmi les principaux déprédateurs de piments, *C. capitata* a fourni une cohorte de parasitoïdes très importante, soit 6 espèces parmi lesquelles 5 de la famille des Braconidae et une de la famille des Eulophidae. Sur *L. orbonalis* 3 espèces de parasitoïdes ont été obtenues : deux Braconidae et un Sphecidae. Sur la tomate, le principal déprédateur *D. punctatifrons* a fourni une cohorte de 3 espèces de parasitoïdes a été obtenue deux Sphecidae et un Ichneumonidae. Toutes ces espèces de parasitoïdes sont des endoparasitoïdes qui pondent dans les œufs et/ou dans les jeunes larves de leurs hôtes. Que ce soit à Okola ou à Koutaba, deux espèces de parasitoïdes ont présenté des effectifs particulièrement élevés. Il s'agit d'une part de *Copidosoma floridanum* (avec respectivement 366 et 238 individus obtenus respectivement à Okola et à Koutaba) et *Tetrastichus dacicida* (128 et 82 individus). D'autres parasitoïdes comme *Fopuis ceratitivorus*, *Diascasmimorpha* sp. et *Probles* sp. ont eux aussi des effectifs assez représentatifs.

Tableau XII : Variation de l'abondance des parasitoïdes obtenus après incubation des fruits de tomate et de piment parasités au laboratoire (de mars 2010 à janvier 2012)

Plante hôtes	Déprédateurs	Parasitoïdes	Familles	Sous Familles	Effectifs Okola	Effectifs Koutaba
Piment	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Fopuis ceratitivorus</i> (Whaton)	Braconidae	Opiinae	46 (17,42)	63 (28,50)
		<i>Diacasmimorpha</i> sp.1	Braconidae	Braconinae	63 (23,86)	76 (34,38)
		<i>Diacasmimorpha</i> sp.2	Braconidae	Braconinae	12 (4,54)	0(0,0)
		<i>Tetrastichus dacicida</i> (Sylvestri)	Eulophidae	Tetrastichinae	128(48,30)	82 (37,10)
		<i>Triichopiia</i> sp.			4 (1,51)	0(0,0)
		<i>Fopuis pyknothorax</i>	Braconidae	Opiinae	11(4,16)	0(0,0)
Total				264	221	
Tomate	<i>Dacus punctatifrons</i>	<i>Probles</i> sp.	Ichneumonidae	Tersilochinae	23(79,31)	42 (100)
		Gen.1 sp.1	Sphecidae		3(10,34)	0
		Gen.1 sp.2	Sphecidae		3(10,34)	0
Total				29	42	
Piment	<i>Leucinodes orbonalis</i>	<i>Ascogaster</i> sp.	Braconidae	Cheloninae	24(82,75)	17 (51,55)
		<i>Chelomus</i> sp.			3(10,34)	0
		Gen.1 sp. 3	Sphecidae		2(6,89)	16(48,48)
Total				29	33	
Tomate	<i>Chrysodeixis chalcites</i>	<i>Copidosoma floridanum</i> (Ashed)	Encyrtidae		366(100)	238 (100)
Tomate, piment	Lepidoptera	<i>Diapridae</i> <i>Trichoprina</i>	Diapridae	Diaprinae	13(100)	8(100)

Ni=abundance absolue. Les valeurs entre parenthèses représentent les abondances relatives

➤ Cas de la faune des prédateurs

Parmi les prédateurs 13246 individus appartenant à trois familles et deux ordres ont été recensés : les Hymenoptera représentés par deux familles (les Formicidae et les Vespidae). Celui des Aranea constitué uniquement de la famille des Arachnidae. Les activités de la famille des Formicidae se situaient à deux niveaux ; ils capturaient et consommaient des larves de Diptera et à l'émergence les jeunes imagos. En effet, au terme du développement larvaire de ces mouches (endocarpophages),

les larves de stade 3 sortaient des fruits pour effectuer la pupaison dans le sol. Ainsi à l'émergence des imagos, ils prennent un temps pour étaler leurs ailes avant de s'envoler. C'est au cours de ces deux transits que ces insectes s'exposent à la prédation. Les fourmis telles *Pheidole megacephala*, *Myrmicaria opaciventris* et *Crematogaster* sp. sont particulièrement voraces en saison sèche. Ces fourmis ont été les prédateurs les plus représentatifs dans les jardins, elles ont eu les effectifs les plus élevés notamment *Pheidole megacephala* (89,32%) et (30,15%) et *Myrmicaria opaciventris* (7,06%) (59,75%) respectivement à Okola et à Koutaba (Tableau XII). Les Vespidae ont été très voraces : elles chassaient les chenilles qui se déplaçaient sur les feuilles et sur les fruits, ça été le cas de la guêpe *Belenogaster junceus junceus*. L'espèce *Synagris (paragris)* sp. quant à elle transportait les chenilles jusqu'au nid pour y pondre des œufs. Les abondances de cette espèce étaient souvent très réduites et généralement inférieures à 1% sur les deux sites. Ensuite, les Aranae ont été actifs à l'aide de pièges collants (les toiles) qu'ils construisaient entre les plantes capturaient ainsi les espèces diverses qui voltigeaient dans les jardins. En outre 2 ordres de prédateurs de pucerons ont été identifiés : les Coleoptera et des Diptera.

Tableau XIII : Diversité biologique et variation des abondances des prédateurs identifiés dans les jardins de piment et de tomate à Okola et Koutaba (mars 2010 à juillet 2011)

Ordres	Familles	Espèces	Sites		Total
			Okola	Koutaba	
Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmicaria opaciventris</i>	798 (7,06)	1296 (59,75)	2094
		<i>Pheidole megacephala</i>	10100 (89,34)	654 (30,15)	10754
		<i>Crematogaster</i> sp.	124 (1,10)	87 (4,01)	211
	Vespidae	<i>Pachychondyla</i> sp.	67 (0,59)	0 (0,0)	67
		<i>Belenogaster junceus</i>	53 (0,47)	40 (1,84)	93
		<i>Belenogaster</i> sp.	19 (0,17)	0 (0,0)	19
		<i>Synagris paragris</i>	23 (0,20)	16 (0,73)	39
Arachnide	Arachnidae	Gn.1 sp.1	88 (0,78)	61 (2,81)	149
		Gn.1 sp.2	36 (0,32)	0 (0,0)	36
		Gn.2 sp.1	0 (0,0)	15 (0,69)	15
Total			11308	2169	13246

Les valeurs hors et entre les parenthèses représentent respectivement les abondances absolues et relatives

III.1.3. Impact et statut agronomique des carpophages sur la production fruitière de *Lycopersicum esculentum* et *Capsicum annum*

Les pertes de récolte enregistrées dans les jardins de tomate et de piment sont le fait de plusieurs espèces d'insectes. Elles varient grandement en fonction du type de déprédateurs, de la variété de culture et du site de l'échantillonnage. Les résultats montrent que, aussi bien sur la tomate

que sur le piment, les taux d'attaques des fruits par les insectes sont très importants que ce soit entre les variétés de piment ou entre les variétés de tomate (Tableau XIV-XVII).

III.1.3.1. Impact et statut agronomique des carpophages sur la production fruitière des variétés de tomate

➤ Variation de l'impact des carpophages en fonction de l'origine de la variété de tomate

Les Variétés de tomate, introduites (exotiques) sont plus attaquées par les insectes carpophages que les variétés locales. Le test de comparaison du GLM montre que, à l'intérieure des variétés de même origine, la différence du taux d'attaque n'est pas significative ($\chi^2 = 2,31$; $p < 0,13$), mais entre les variétés d'origine diverse, une différence très hautement significative est observée entre les taux d'attaques ($\chi^2 = 63,10$; $df = 5$; $p < 0,0001$). À Koutaba par exemple sur un total de 3536 fruits récoltés sur les variétés introduites, 2008 ont été attaqués, soit un taux d'attaque de 56,79%. Par contre sur 805 fruits des variétés locales, 252 ont été attaqués, soit 31,30% de fruits (Tableau XIV).

➤ Impact des carpophages sur les variétés de Tomate

Plusieurs espèces de déprédateurs ont été responsables de la perte de récolte des fruits de tomate, ces espèces étaient impliquées à des degrés divers. Sur le site de Koutaba par exemple, le test de comparaison du GLM montre une différence très hautement significative entre le taux d'attaque des différents déprédateurs sur la variété HMF1 $\chi^2 = 25,48$; $df = 5$; $p < 0,0001$. Il ressort que seules deux espèces *D. punctatifrons* et *H. armigera* ont acquis le statut de ravageur. Le premier a été trouvé sur toutes les 4 variétés HMF1, RG, TCF, TCS, tandis que le second a été trouvé sur les trois premières variétés. Ces taux d'attaques varient entre 18,9 % et 60,27 % sur ces différentes variétés. Enfin les autres déprédateurs comme *Chrysodeixis chalcites*, *Spodoptera littoralis* et *Neosilba* sp. ont des taux d'attaques inférieurs à 3% (Tableau XV).

Tableau XIV : Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur différentes variétés exotiques et les variétés locales de *Lycopersicon esculentum* à Koutaba et à Okola

Site	variétés	Espèces de ravageurs							χ^2
		<i>D. punctatifrons</i>	<i>H. armigera</i>	<i>C. chalcites</i>	<i>S. litoralis</i>	Autres	<i>Neosilba</i> sp.	Total	
Koutaba	Introduites	1106 (31,28) ^a	867 (24,52) ^{a,b}	10 (0,28) ^{b,c}	11 (0,31) ^{b,c}	0 (0,00) ^{b,c}	14 (0,40) ^{b,c}	2008 (56,79)	$\chi^2 = 63,10$; df=5;p<0,0001***
	Locales	115 (14,29) ^a	100 (12,42) ^{b,b}	4 (0,50) ^{b,b}	23 (2,56) ^{b,b}	10 (1,24) ^{b,b}	0(0,00) ^{b,b}	252 (31,30)	$\chi^2 = 24,40$; df=5;p<0,0001***
	χ^2	$\chi^2 = 0,23$; p=0,63	$\chi^2 = 5,75$; p=0,02	$\chi^2 = 1,22$; p=0,27	$\chi^2 = 1,34$; p=0,25	$\chi^2 = 1,11$; p=0,29	$\chi^2 = 2,07$; p=0,15	$\chi^2 = 2,31$; p=0,13	
Okola	Introduites	159 (28,14) ^a	99 (17,52) ^{a,b}	2 (0,35) ^{b,c}	9 (1,59) ^{b,c}	7 (1,24) ^{b,c}	5 (0,88) ^{b,c}	281 (49,73)	$\chi^2 = 100,19$; df=5;p<0,0001***
	Locales	981 (12,45) ^a	668 (8,48) ^{b,b}	168 (2,13) ^{b,c}	3 (0,04) ^{b,c}	20 (0,25) ^{b,c}	15 (0,19) ^{b,c}	1855 (23,54)	$\chi^2 = 134,31$; df=5;p<0,0001***
	χ^2	$\chi^2 = 0,88$; p=0,35	$\chi^2 = 7,20$; p=0,007	$\chi^2 = 0,78$; p=0,38	$\chi^2 = 2,16$; p=0,14	$\chi^2 = 1,26$; p=0,26	$\chi^2 = 0,0002$; p=0,99	$\chi^2 = 5,83$; p=0,015	

Les valeurs mises entre parenthèses représentent le taux d'infestation. Les lettres différentes indiquent les différences significatives à la suite des comparaisons par paire entre les variétés. p>0,5= non significatif ; p<0,5 = significatif ;*** indique les différences hautement significatives au seuil de 5%.

Tableau XV: Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur les différentes variétés de *Lycopersicon esculentum* à Okola et à Koutaba

Sites	Origines variétés	Espèce de ravageurs						Total	χ^2 (GLM/proc)	
		<i>D. punctatifrons</i>	<i>H. armigera</i>	<i>C. chalcites</i>	<i>S. litoralis</i>	Autre	<i>Neosilba</i> sp.			
Koutaba	Introduites	HF1M	98 (33,56) ^a	67 (22,95) ^{a,b}	6 (2,05) ^{b,b}	5 (1,71) ^{b,b}	0 (0,00) ^{b,b}	0 (0,0) ^{b,b}	176 (60,27)	$\chi^2 = 25,48$; df=5;p<0.0001***
		RG	1008 (31,07) ^a	800 (24,66) ^{a,b}	4 (0,12) ^{b,c}	6 (0,18) ^{b,c}	0 (0,00) ^{b,c}	14 (0,43) ^{b,c}	1832 (56,47)	$\chi^2 = 43,11$; df=5;p<0.0001***
		χ^2	$\chi^2 = 2,43$; p=0,12	$\chi^2 = 1,84$; p=0,18	$\chi^2 = 1,24$; p=0,27	$\chi^2 = 1,91$; p=0,17		$\chi^2 = 2,14$; p=0,14	$\chi^2 = 6,71$; p<0,001	
	Locales	TCF	3 (0,96)	3(0,96)	3 (0,96)	0(0,00)	0 (0,00)	0(0,00)	9 (2,87)	$\chi^2 = 3,36$;df=5;p=0.64
		TCS	112 (22,81) ^a	97 (19,76) ^{b,b}	1 (0,20) ^{b,b}	23 (4,68) ^{b,b}	10 (2,04) ^{b,b}	0 (0,00) ^{b,b}	243 (49,49)	$\chi^2 =$ 29,47;df=5;p<0.0001***
		χ^2	$\chi^2 = 6,42$; p=0,01	$\chi^2 = 3,43$; p=0,06	$\chi^2 = 2,74$; p=0,09	$\chi^2 = 1,41$; p=0,23	$\chi^2 = 0,85$; p=0,36		$\chi^2 = 12,93$; p<0,0001	
Okola	Introduites	HF1M	85 (33,46) ^a	52 (20,47) ^{a,b}	0 (0,00) ^{b,c}	2 (0,79) ^{b,c}	4 (1,57) ^{b,c}	0 (0,00) ^{b,c}	143 (56,30)	$\chi^2 = 56,36$; df=5;p<0.0001***
		RG	74 (23,79) ^a	47 (15,11) ^{a,b}	2 (0,64) ^{b,b}	7 (2,25) ^{b,c}	3 (0,96) ^{b,b}	5 (1,61) ^{b,c}	138 (44,37)	$\chi^2 = 42,92$; df=5;p<0.0001***
		χ^2	$\chi^2 = 0,031$;	$\chi^2 = 0,09$;	$\chi^2 = 2,16$;	$\chi^2 = 0,34$;	$\chi^2 = 0,49$;	$\chi^2 = 1,16$;	$\chi^2 = 0,053$; p= 0,81	
	Locales	TCF	535 (9,19) ^a	405 (6,96) ^{a,b}	145 (1,12) ^{b,c}	0 (0,00) ^{b,c}	0 (0,97) ^{b,c}	15 (0,26) ^{b,c}	1100 (18,90)	$\chi^2 =$ 36,53;df=5;p<0.0001***
		TCS	446 (21,66) ^a	263 (12,77) ^{b,b}	23 (2,01) ^{b,c}	3 (0,15) ^{b,c}	20 (0,32) ^{b,c}	0 (0,00) ^{b,c}	755 (36,67)	$\chi^2 =$ 103,64;df=5;p<0.0001***
		χ^2	$\chi^2 = 6,21$; p=0,0013	$\chi^2 = 0,0002$; p=0,99	$\chi^2 = 1,2$; p=0,27	$\chi^2 = 0,99$; p=0,32	$\chi^2 = 11,68$; p=0,2	$\chi^2 = 1,37$; p=0,24	$\chi^2 = 4,27$; p= 0,041	

Les valeurs mises entre parenthèses représentent le taux d'infestation. Les lettres différentes indiquent les différences significatives à la suite des comparaisons par paire entre les variétés. p>0,5= non significatif ; p<0,5 = significatif ;*** indique les différences hautement significatives au seuil de 5%.

III.1.3.2. Impact et statut agronomique des carpophages sur la production fruitière des variétés de *Capsicum annuum*

- **Variation de l'impact des carpophages en fonction de l'origine de la variété de *Capsicum annuum***

De même que sur les variétés de tomate, les variétés de piment introduites sont plus attaquées que les variétés locales. Le test de comparaison du GLM montre que à l'intérieur des variétés de piment de même origine, la différence du taux d'attaque n'est pas significative ($\chi^2 = 2,31$; $p < 0,13$), mais entre les variétés d'origine différentes, une différence très hautement significative est observée entre les taux d'attaque de différents déprédateurs ($\chi^2 = 28,23$; $df = 5$; $p < 0,0001$). À Koutaba par exemple sur un total de 1651 fruits des variétés introduites récoltés, 1134 ont été attaqués soit un taux d'attaque (68,69%) par contre sur 138 fruits des variétés locales 37 ont été attaqués soit (26,81%) (Tableau XVI).

- **Impact des carpophages sur les variétés de *Capsicum annuum***

Plusieurs espèces de déprédateurs sont responsables de la perte des fruits de piment, ces espèces sont impliquées à des degrés divers. Le test de comparaison du GLM montre une différence très hautement significative $\chi^2 = 28,23$; $df = 5$; $p < 0,0001$ dans les taux d'attaques causées par les différents déprédateurs. Il ressort que seules deux espèces *C. capitata*, *C. leucotreta* ont acquis le statut de ravageur. Le premier *C. capitata* qui est une espèce invasive est ravageur sur toutes les variétés de piment (Gpc, Ch, Ppr et Ppl) tandis que *C. leucotreta* a acquis le statut de ravageur uniquement sur la variété Gpc. Les taux d'attaque de ces deux ravageurs varient de 16,60 % et 63,93 %. Enfin les autres déprédateurs comme *L. orbonalis*, *H. armigera* et *S. litoralis* ont des taux d'attaques inférieurs à 3% (Tableau XVII).

Tableau XVI : Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur les variétés exotiques et les variétés locales de *Capsicum annuum* à Koutaba et à Okola

Sites	Variétés	Espèce de ravageurs						Nb. fruit récolté	Total	χ^2 (GLM/proc)
		<i>Ceratitidis capitata</i>	<i>Cryptophlebia leucotreta</i>	<i>Leucinodes orbonalis</i>	<i>Helicoverpa armigera</i>	<i>Spodoptera litoralis</i>	Autres			
Koutaba	Introduites	823 (49,85) ^a	244 (14,78) ^{a,b}	9 (0,55) ^{a,b}	20 (1,21) ^{b,c}	5 (0,30) ^{b,c}	33 (2,0) ^{a,c}	1651	1134 (68,69)	$\chi^2 = 28,23$; df=5;p<0.0001***
	Locales	37 (26,81) ^a	0 (0,0) ^b	0 (0,0) ^b	0 (0,0) ^b	0 (0,0) ^b	0 (0,0) ^b	138	37 (26,81)	$\chi^2 = 149,77$; df=5;p<0.0001***
	χ^2	$\chi^2 = 0,061$; ;p=0,81	$\chi^2 = 7,45$; ;p=0,006							$\chi^2 = 7,09$; ;p=0,008
Okola	Introduites	322 (14,49) ^a	247 (11,12) ^{b,b}	2 (0,09) ^{b,b}	18 (0,81) ^{b,b}	1 (0,05) ^{b,b}	38(1,71) ^b	2222	628 (28,26)	$\chi^2 = 74,68$; df=5;p<0.0001***
	Locales	299 (24,61) ^a	58 (4,77) ^{b,b}	0 (0,0) ^{b,b}	0 (0,0) ^{b,b}	0 (0,0) ^{b,b}	0 (0,0) ^{b,b}	1215	357 (29,38)	$\chi^2 = 75,02$; df=5;p<0.0001***
	χ^2	$\chi^2 = 0,006$; p=0,94	$\chi^2 = 0,52$; p=0,47	$\chi^2 = 1,06$; p=0,3	$\chi^2 = 1,65$; p=0,2	$\chi^2 = 1,06$; p=0,3	$\chi^2 = 2,16$; p=0,14			$\chi^2 = 0004$; p=0,95

Les valeurs mises entre parenthèses représentent le taux d'infestation. Les lettres différentes indiquent les différences significatives à la suite des comparaisons par paire entre les variétés. p>0,5= non significatif ; p<0,5 = significatif *** indique les différences très hautement significatives au seuil de 5%

Tableau XVII : Variation des taux d'attaques des déprédateurs sur les différentes variétés de piment à d'Okola et à Koutaba

Sites	origines	Varieties	Espèces de ravageurs						Nb total recolte	Total	χ^2 (GLM/proc)
			<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Cryptophlebia leucotreta</i>	<i>Leucinodes orbonalis</i>	<i>Helicoverpa armigera</i>	<i>Sodoptera litoralis</i>	Autres			
Koutaba	Introduites	Gpc	761 (54,20) ^a	233 (16,60) ^{a,b}	0 (0,0) ^{a,c}	20 (1,42) ^{a,c}	5 (0,36) ^{a,c}	33 (2,35) ^{a,c}	1404	1052 (74,93)	$\chi^2 = 26,03$; df=5;p<0,0001***
		Ch	62 (25,10)	11 (4,45)	9 (3,64)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	247	82 (33,20)	$\chi^2 = 8,28$; df=0,14;p<0,0001***
		χ^2	$\chi^2 = 0,49$; p=0,49	$\chi^2 = 1,22$; p=0,23	$\chi^2 = 5,24$; p=0,02	$\chi^2 = 0,61$; p=0,43	$\chi^2 = 0,61$; p=0,43	$\chi^2 = 17$; p=0,28	$\chi^2 = 0,022$; p=0,88		
	Locales	Ppr	22 (28,21) ^a	0 (0,00) ^b	0 (0,0) ^b	0 (0,0) ^b	0 (0,00) ^b	0 (0,00) ^b	78	23 (28,21)	$\chi^2 = 69,82$; df=5;p<0,0001***
		Ppl	15 (25,00) ^a	0 (0,00) ^b	0 (0,00) ^b	0 (0,00) ^{b,b}	0 (0,00) ^b	0 (0,00) ^b	60	15 (19,22)	$\chi^2 = 123,97$; df=5;p<0,0001***
		χ^2	$\chi^2 = 0,0008$; p=0,98	$\chi^2 = 1$; p=0,23					$\chi^2 = 0,0009$; p=0,98		
Okola	Introduites	Gpc	233 (15,94)	211 (14,44)	0 (0,0)	18 (1,23)	1 (0,06)	38 (2,6)	1461	501 (33,97)	$\chi^2 = 3,24$; df=5;p<0,0001***
		Ch	89 (11,69)	36 (4,73)	2 (0,26)	0 (0,00)	0 (0,00)	0 (0,00)	761	127 (16,68)	$\chi^2 = 12,2$; df=5;p<0,0001***
		χ^2	$\chi^2 = 4,51$; p=0,03	$\chi^2 = 0,09$; p=0,76	$\chi^2 = 2,28$; p=0,13	$\chi^2 = 0,78$; p=0,38	$\chi^2 = 0,50$; p=0,48	$\chi^2 = 1,03$; p=0,31	$\chi^2 = 7,32$; p=0,007		
	Locales	Ppr	196 (30,2)	27 (4,1)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	649	223 (34,3)	$\chi^2 = 27,82$;df=5; p<0.0001***
		Ppl	103 (18,19)	31 (5,47)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	566	134 (23,66)	$\chi^2 = 14,04$; df=5;p<0,0001***
		χ^2	$\chi^2 = 0,43$; p=0,51	$\chi^2 = 0,0048$; p=0,94					$\chi^2 = 0,38$; p=0,54		

Les valeurs mises entre parenthèses représentent le taux d'infestation. Les lettres différentes indiquent les différences significatives à la suite des comparaisons par paire entre les variétés. p<0,5 = significatif ;*** indique les différences très hautement significatives au seuil de 5%.

III.1.4. Spectre d'hôte et répartition géographique des carpophages

Dans le but d'étudier l'étendue de la niche trophique des déprédateurs, c'est-à-dire la typologie des micro-habitats (plantes hôtes) sur lesquels ils effectuent leur développement, les plantes hôtes potentielles sur lesquelles les larves de déprédateurs se nourrissent, ainsi que leur distribution locale ont été étudiées. Tous ces déprédateurs s'attaquant à plus d'une famille de plante, ils sont des polyphages exceptés *L. orbonalis* qui s'attaque aux Solanaceae uniquement et à plus d'un genre dont elle est la seule espèce Olygophage (Tableau XVIII).

Tableau XVIII : Plantes hôtes des déprédateurs de tomate et piment au Cameroun 2009-2011

Espèces d'insecte	nbr. Famille	nbr. Genre	nbr. Espèce	statut trophique
<i>Helicoverpa armigera</i>	8	11	25	Polyphage
<i>Spodoptera littoralis</i>	4	6	6	Polyphage
<i>Chrysodeixis chalcites</i>	3	3	3	Polyphage
<i>Leucinodes orbonalis</i>	1	2	2	Olygophage
<i>Dacus punctatifrons</i>	2	4	4	Polyphage
<i>Dacus bivittatus</i>	2	4	4	Polyphage
<i>Ceratitis capitata</i>	2	3	5	Polyphage
<i>Chryptophlebia leucotraeta</i>	2	3	4	Polyphage

Nbr=nombre

III.1.4.1. Spectre d'hôte des carpophages et répartition géographique des principaux déprédateurs de tomate

i. Cas de *Dacus punctatifrons*

Ce déprédateur peu polyphage se développe sur deux familles de culture à savoir, les Solanaceae et les Cucurbitaceae, sur lesquelles les larves se nourrissent de la pulpe des fruits. Ce déprédateur est resté sur ses espèces d'hôtes bien que son principal hôte est l'espèce *L. esculentum* (Tableau XIX).

Tableau XIX : Plantes hôtes de *Dacus punctatifrons* au Cameroun 2009-2011

Famille	Nom des Plantes	Organe
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i>	A
Cucurbitaceae	<i>Cucumis sativus</i>	A
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita moschata</i>	A
Cucurbitaceae	<i>Cucumis melo</i>	A
Cucurbitaceae	<i>Cucumeropsis mannii</i>	A

La lettre indique l'organe de la plante cible des attaques. A=fruit

Cette espèce de mouche a été trouvée dans toutes les 14 localités des 4 Régions explorées. Elle serait native de l'Afrique centrale où elle exploite les variétés de Cucurbitaceae et de tomate sauvages (Nonveiller, 1984). Cette espèce de mouche à ce jour semble abandonner les variétés de Cucurbitaceae et de tomates sauvages pour exploiter de plus en plus les variétés de tomates améliorées telles que la « Rio-grande ».

ii. Cas de *Helicoverpa armigera*

Le papillon *H. armigera* est un déprédateur très polyphage qui s'attaque à 11 Familles de plantes différentes et plus de 23 espèces végétales. C'est un déprédateur majeur du cotonnier, bien que ces attaques soient importantes sur les Solanaceae. La tomate subit particulièrement ses dégâts. *H. armigera* s'attaque majoritairement aux plantes cultivées. Cependant, seules 2 espèces de plantes sauvages leur servent de ressources alimentaires (Tableau XX).

Tableau XX : Plantes hôtes de *Helicoverpa armigera* (Hübner) au Cameroun 2009-2011

Familles	Nom des Plantes	organes attaqués
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i>	A,B
	<i>Capsicum annum</i>	A
	<i>Salanum macrocarpon</i>	A
	<i>Phisalis sp.</i>	A
Cucurbitaceae	<i>Cuccumis sativus</i>	C
	<i>Cucurbita mouchata</i>	C
	<i>Cucumis melo</i>	C
	<i>Cucumeropsis mani</i>	C
Malvaceae	<i>Abelmonchus esculentus</i>	A
	<i>Corchorus olitorius</i>	A
	<i>Gossipium (cotonnier)</i>	A
Lauraceae	<i>Amaranthus viridis</i>	A
	<i>Amaranthus esculentus</i>	A
Fabaceae	<i>Phaseolus vulgaris</i>	A
	<i>Glycine max</i>	B
Bracicaceae	<i>Bracica oleracea</i>	B
Lactucaceae	<i>Lactuca sativa</i>	BC
Liliaceae	<i>Alluim ampeloprasum</i>	B
Poiceae	<i>Zea Maiis</i>	A,B,C
Oxalidaceae	<i>Oxallis balereri</i>	B
Lamiaceae	<i>Ocimum basilicum</i>	C

ABC : organes de la plante cible des attaques A=fruit, B=feuille, C=fleur

Le papillon *Helicoverpa armigera* a un moyen de dissémination naturel il se déplace par vol sur plus de 1000km, son déplacement est orienté par le vent. La dissémination par l'homme se fait de deux manières : soit sur des courtes distances par la transplantation des plants infestés de jeunes

chenilles, soit sur de longues distances par le transport des fruits infectés des zones de production intense vers les zones de faible production ou vers les marchés.

iii Modèle de distribution de *D. punctatifrons* et de *H. armigera*

Cette étude montre le mode d'occupation de l'espace et par conséquent d'utilisation des ressources par ces deux ravageurs concurrents dans les deux agroécosystèmes. Que ce soit pour la zone de forêt humide ou pour la zone des hautes terres de l'Ouest, le rapport de Variance/Moyenne > 1. La valeur de l'indice de dispersion étant $D = 27,31$ pour des larves de *D. punctatifrons* et $D = 22,5$ pour des larves de *H. armigera* à Okola et $D = 24,65$ et $D = 11,73$ à Koutaba pour des larves de *D. punctatifrons* et de *H. armigera* respectivement (Tableau XXI). Ces résultats montrent que les larves des deux parasites ont une distribution agrégée sur leurs plantes hôtes dans les deux sites.

Tableau XXI : Distribution des larves de *D. punctatifrons* et de *H. armigera* sur les plantes hôtes à Okola et Koutaba dans les quadrats de 1m² chacun

Sites Quadrats	Site1: Okola		Site 2: Koutaba	
	<i>D. Punctatifrons</i>	<i>H. armigera</i>	<i>D.punctatifrons</i>	<i>H. armigera</i>
A	83	9	12	3
B	57	12	20	3
C	57	0	33	4
E	33	0	44	19
F	6	0	42	24
G	66	0	73	11
H	10	40	75	12
I	82	35	75	12
J	50	50	5	33
K	0	66	16	44
L	0	25	2	36
M	7	38	1	44
X	37,58	22,92	33,17	20,42
S ²	1026,45	515,72	817,97	239,54
S ² /X=DI	27,31	22,5	24,65	11,73
P-value	0,004	0,006	0,006	0,001

Les lettres de A à M représentent les différents quadrats, X=moyenne, S²=variance, DI=incice de dispersion, P-value=valeur de probabilité.

III.1.4.2. Spectre d'hôte des carpophages et répartition géographique des déprédateurs de piment

i. cas de *Ceratitis capitata*

Ce déprédateur est polyphage et s'attaque à plus de 4 familles de plantes dans cette aire d'étude (Tableau XXII): les Solanaceae, les Rutaceae, les Annonaceae, le Rubiaceae. Bien que leur activité sur le genre *Coffeae* sp. ne soit pas clairement définie.

Tableau XXII : Plantes hôtes de *Ceratitis capitata* au Cameroun 2009-2011

Famille de plante	Espèce plante hôte	organes consommés
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	A
	<i>Capsicum frutescens</i>	A
	<i>Solanum macrocarpon</i>	A
Rutaceae	<i>Citrus sinensis</i>	A
	<i>Citrus grandis</i>	A
Annonaceae	<i>Annona senegalensis</i>	A
Rubiaceae	<i>Coffeae arabica</i>	A

La lettre A représente l'organe fruit.

Ce déprédateur a été rencontré sur tous les sites visités. Il est originaire de la région méditerranéenne et serait actuellement installé sur toute l'Afrique. Sa grande polyphagie, sa grande capacité de vol sont des atouts qui pourront expliquer son succès écologique. Puisque *C. capitata* a la possibilité de changer ses plantes hôtes en l'absence des plantes hôtes principales, ou de se déplacer sur les grandes distances à la recherche de nouvelles source d'aliment. Bien que plusieurs parasitoïdes des œufs et larves de *C. capitata* ont été identifiés, aucun d'entre eux ne réussit à stabiliser ses populations. Il a été signalé dans le centre Sud du Cameroun sur les mandariniers, les orangers et les manguiers dans les années 1984. Cette espèce « invasive », est pour la première fois retrouvée comme déprédateur majeur des fruits de piment au Cameroun que ce soit dans les Régions du Centre, du Sud, de l'Ouest et du Nord-Ouest. Ce déprédateur est en plein expansion actuellement ; cette expansion se manifeste par l'augmentation de son spectre d'hôtes.

ii. cas de *Cryptophlebia leucotreta*

Ce papillon représente l'un des principaux déprédateur du piment après *C. capitata*. Il a été rencontré sur 4 familles de plantes : Solanaceae, Poiceae, Malvaceae. Les larves de *C. leucotreta* se développent aussi sur les graines en stock (Tableau XXIII).

Tableau XXIII : Plantes hôtes de *Cryptophlebia leucotreta* recensées au Cameroun 2009-2011

Famille	Espèces	Indication
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	A
Solanaceae	<i>Capsicum frutescens</i>	A
Solanaceae	<i>Solanum macrocarpon</i>	A,E
Solanaceae	<i>Solanum aethiopicum</i>	A,E
Solanaceae	<i>Solanum tuberosum</i>	D
Poiceae	<i>Zea mais</i>	A,C
Myrtaceae	<i>Psidium gojava</i>	A
Malvaceae	<i>Gossypum sp.</i>	A

ACDE organe de la plante parasité. A=fruit, C=fleur, D=tubercule, E=tige

Le papillon *C. leucotreta* serait natif de la zone tropicale au Sud du Sahara. L'augmentation de son spectre d'hôtes serait due à une modification de l'environnement du papillon ceci par l'introduction de nouvelles plantes hôtes qui constituent des nouvelles sources de nourriture pour le développement de ses larves.

iii. Cas de *Spodoptera littoralis*

La larve de ce *S. littoralis* est rencontrée dans tous les sites, sur les plantes cultivées et même sur les adventices. Sur les plantes cultivées, elle a été rencontrée sur quatre familles de plantes : Solanaceae, Brasicaceae, Lactucaceae, Liliaceae (Tableau XXIV). Les pullulations de *S. littoralis* sont généralement rares. Bien qu'au cours de la présente étude leurs impacts sur les fruits de tomate étaient important en raison de la grande voracité de leurs larves, car une larve seule à elle peut détruire plus de six fruits pour achever sa croissance.

Tableau XXIV : Plantes hôtes de *Spodoptera littoralis* recensées au Cameroun 2009-2011

Famille	Espèces	organes consommés
Solanaceae	<i>Lycopersicon esculentum</i>	A, B
Solanaceae	<i>Capsicum annuum</i>	A
Brasicaceae	<i>Brassica oleracea</i>	B
Lactucaceae	<i>Lactuca sativa (laitue)</i>	B
Liliaceae	<i>Allium porrum (poireau)</i>	B
Liliaceae	<i>Allium cepa (oignon)</i>	B

Les lettres représentent l'organe attaqué par les déprédateurs sur la plante A=fruit, B=feuille.

Ce papillon qui est pourtant dans son ère d'origine n'a pas présenté de période de pullulation au cours de cette étude. Ceci peut s'expliquer par le fait que ce papillon aurait subi une coévolution avec ses ennemis naturels qui ont réussi à maintenir leurs populations en deçà du seuil de nuisibilité.

iv. Cas de *Chrysodeixis chalcites*

Les larves de ce papillon polyphage sont rencontrées sur de nombreuses plantes spontanées. Quelques rares individus ont été rencontrés sur les fruits de tomate. Leur impact est négligeable et leurs pullulations n'ont pas été observées au cours de cette période d'étude. Ce déprédateur comme le précédent, est natif de l'Afrique tropicale. Il a été observé sur tous les sites prospectés ; mais sur les grandes altitudes à partir de 1200 m, aucun individu de cette espèce n'a été observé bien que leurs plantes hôtes fussent présentes.

v. Cas de *Leucinodes orbonalis*

Les chenilles de ce papillon ont été trouvées uniquement sur la variété « piment chili » qui est nouvellement introduite en Afrique. Ces chenilles sont habituellement des foreurs de bourgeons terminaux des tiges et les fruits des Aubergines : *Solanum aethiopicum*, *Solanum gilo*. Ce déprédateur est secondaire sur la variété de piment. Il a été trouvé dans les Régions du Centre et de l'Ouest. Il aurait juste étendu son spectre d'hôte en raison de l'introduction de cette nouvelle variété de piment et peut être aussi à cause de la proximité des cultures d'autres Solanaceae qui se trouvaient sur les mêmes sites.

III.1.4.3. Faune des déprédateurs autres rencontrés sur les plantes non ciblées par cette étude

Pendant la recherche des plantes hôtes potentielles de *D. punctatifrons* et *C. capitata*, d'autres insectes non attendus ont émergé des fruits incubés. Il s'agit de *Bactrocera invadens* dont les attaques sont particulièrement importantes sur les goyaves, les mangues et sur les aubergines. Quelques individus de cette espèce ont été rencontrés sur les mandarines et sur les pamplemousses. *Ceratitis anonae* a été obtenue des élevages, elle était abondante dans les mangues et les aubergines. Le tableau XXV présente ces déprédateurs non spécifiques à nos plantes ainsi que les espèces de plantes hôtes classées dans leurs familles respectives.

Tableau XXV: Déprédateurs de fruits non spécifiques à *Lycopersicon esculentum* et *Capsicum annuum* sur le site d'étude Cameroun 2009-2011

Esp. déprédatrice	Esp. plante hôte	Famille de plante	organes consommés
<i>Bactrocera invadens</i>	<i>Citrus sinensis</i>	Rutaceae	A
	<i>Citrus grandis</i>	Rutaceae	A
	<i>Psidium goyava</i>	Myrtaceae	A
	<i>Manguifera indica</i>	Anacardiaceae	A
	<i>Solanum macrocarpon</i>	Solanaceae	A
	<i>Solanum aethiopicum</i>	Solanaceae	A
<i>Ceratitis anonea</i>	<i>Manguifera indica</i>	Anacardiaceae	A
	<i>Solanum macrocarpon</i>	Solanaceae	A
	<i>Solanum aethiopicum</i>	Solanaceae	A
	<i>Annona senegalensis</i>	Annonaceae	A

La lettre représente l'organe attaqué par les déprédateurs sur la plante. A=fruit

III.1.4.4. Plantes à fruit non parasité par une espèce de déprédateur

Un nombre important de plantes dont les fruits ont été incubés n'ont pas présentés des traces de déprédateur (Tableau XXVI), bien qu'elles étaient situées sur ou dans la périphérie des jardins expérimentaux. Ces fruits peuvent être considérés comme des "niches vacantes" (non encore occupés par une espèce dans cette aire d'étude), bien que dans d'autres régions des espèces de Tephritidae exploitent ces niches.

Tableau XXVI : Plante à fruit ne présentant aucune trace d'infestation au Cameroun 2009-2012

Espèce de plante	Famille
<i>Carica papaya</i>	Caricaceae
<i>Averrhoa carumbola</i>	Oxalidaceae
<i>Irvingia gabonensis</i>	Irvingiaceae
<i>Vitellaria paradoxia</i>	Sapotaceae
<i>Musa</i> sp.	Musaceae
<i>Ananas comosus</i>	Bromeliaceae
<i>Ficus</i> sp.	Moraceae
<i>Spondias dulcis</i>	Anacardiaceae

III.1.5. Interactions trophiques déprédateurs/plantes hôtes

Cette étude s'est limitée à l'évaluation des performances (poids, longévité) et des durées des différentes phases de développement des principaux déprédateurs sur différents extraits de plante. Elle a été menée uniquement sur les ravageurs chez lesquels les larves se développaient uniquement sur les plantes hôtes où elles avaient éclos et dont la possibilité de changer les plantes hôtes n'était pas possible. Il s'agissait des Diptera particulièrement qui se développent en se nourrissant uniquement sur la plante hôte choisie par leurs ascendants.

III.1.5.1. Effet des types d'alimentations sur le cycle biologique de *Dacus punctatifrons*

La durée de l'incubation des œufs, la durée de développement larvaire, la durée de pupaison et même la longévité des adultes de *D. punctatifrons* est influencée par les traitements alimentaires. Le test de Kruskal-Wallis montre une variation très hautement significative : $N = 280$, $ddl = 4$, $P < 0,001$ (Tableau XXVII). Les durées de l'incubation des œufs et de passage des larves de stades 3 à la pupa sont invariables quel que soit le type de traitement alimentaire ($N = 280$, $ddl = 5$, $P > 0,05$). Par contre, le type de traitement alimentaire influence significativement la durée de développement larvaire ($N = 280$, $ddl = 4$, $P < 0,001$). Cette durée varie très significativement entre le passage de la larve L2 à L3 et se situe entre $7,22 \pm 0,41$ et $14,4 \pm 3,98$ jours. Ce tableau montre aussi que la durée de développement totale c'est-à-dire de l'œuf à l'adulte est plus courte sur les fruits de tomate $31,24 \pm 4,38$ et bien plus long sur les Mangues $38,63 \pm 4,68$. Pour ce qui est de la longévité des adultes, le traitement alimentaire l'influence significativement ($N = 280$, $ddl = 5$, $P < 0,001$). Sur les 6 traitements, seul l'orange n'a pas permis le développement jusqu'à terme de cette mouche.

Tableau XXVII : Effet des traitements alimentaires sur la durée de développement en jours de *Dacus punctatifrons* à une température moyenne de $23 \pm 0,3^\circ\text{C}$.

Traitements	Incubation	L1-L2	L2-L3	L3-pupe	pupe-adulte	Durée total	Longévité
Pastèque (T1)	2	$5,22 \pm 0,41$	$7,22 \pm 0,41$	3	$14,8 \pm 0,88$	$32,24 \pm 1,71$	$16,8 \pm 3,29$
Mangue (T3)	2	5	$14,4 \pm 3,98$	3	$14,23 \pm 0,69$	$38,63 \pm 4,68$	$13,2 \pm 2,26$
Goyave (T4)	2	$5,31 \pm 0,41$	$7,63 \pm 0,94$	3	$14,23 \pm 0,75$	$32,18 \pm 2,16$	$11,47 \pm 2,52$
Poivron (T5)	2	5	$8,91 \pm 0,41$	3	$14,04 \pm 1,81$	$32,95 \pm 2,2$	$16,97 \pm 2,77$
Tomate (T0)	2	$5,33 \pm 0,477$	$7,33 \pm 0,47$	3	$13,33 \pm 3,43$	$31,24 \pm 4,38$	$18,19 \pm 2,53$
Orange (T2)	2	5	/	/	/	/	$9,57 \pm 2,28$

L1=larve de stade 1; L2=larve de stade 2; L3=larve de stade 3. N= nombre d'individus :T0=42 ;T1=45 ;T2=38 ;T3=48 ; T4=38 T5=68

En outre, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été utilisée pour évaluer les similitudes entre les traitements et préciser les traits de vie des insectes sur lesquels le facteur alimentation est le plus déterminant. Seules les composantes 1 et 2 ont été prises en compte, les composantes 3 et 4 sont négligées puisque leur valeur propre est très inférieure au seuil 16,30 qui est la valeur à partir de laquelle on peut considérer qu'une composante a de l'importance. La première composante donne la majorité de l'information (68,34 %), la seconde donne aussi un peu d'information (20,23 %). Ainsi trois groupes distincts se sont formés sur diverses régions du graphe. Le premier formé de tomate (T0), pastèque (T1), poivron (T5) ; le second formé de la mangue (T3) et la goyave (T4) ; enfin un troisième groupe est formé uniquement de l'orange (T2). Le premier groupe montre que les trois traitements (pastèque, poivron et tomate) influencent significativement les paramètres biologiques tels que la longévité et la durée de passage de la pupa à l'adulte. Le second groupe composé de la mangue et la goyave influence le passage de la phase L₂ à L₃ et la durée totale de développement des larves. Le troisième groupe qui est constitué de l'orange uniquement ne permet pas le développement à terme des œufs puisque juste après l'éclosion, les larves meurent au stade de L1.

Ce graphique montre aussi que la pastèque et le poivron, qui ont les mêmes effets sur la croissance des larves, peuvent servir de plantes de substitutions en cas d'absence de la tomate qui est l'hôte principal de *D. punctatifrons* et qui est considéré dans cette analyse comme la plante hôte témoin. Le deuxième groupe montre que les larves de *D. punctatifrons* peuvent aussi se développer sur la mangue et la goyave, mais ceci ne pourrait arriver que dans les cas extrêmes d'absence des hôtes des précédentes plantes hôtes ci-dessus citées. Puis la durée plus ou moins longue du temps de développement total prouve la difficulté de ces larves à se développer sur les plantes du groupe 2. Enfin, un troisième groupe formé de l'orange qui ne permet pas le développement complet de la larve *D. punctatifrons*. Les ACP nous montrent aussi que, la longévité des insectes, la durée du développement de L₂ à L₃, pupa-adulte et durée de développement total sont les traits de vie qui sont les plus influencés par le traitement alimentaire. Par contre, les paramètres comme la durée de l'incubation, la durée de pupaison dont les flèches sont restées autour du centre de symétrie ne sont pas influencées par le type de traitement (Figure 14).

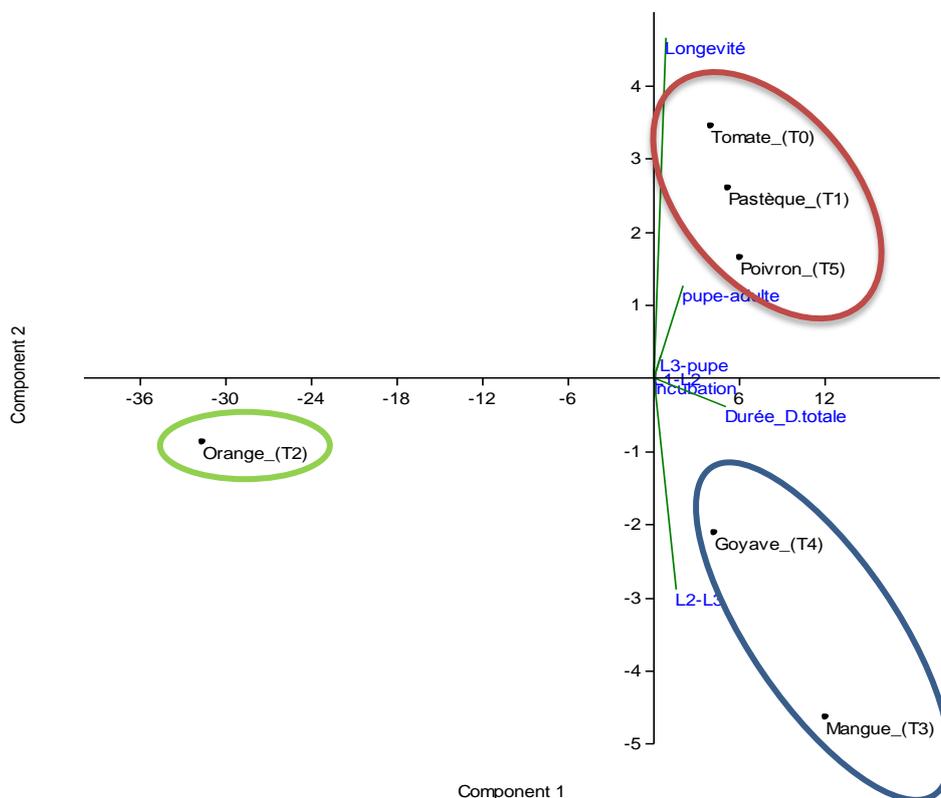


Figure 14 : Analyse en Composantes Principales (ACP) montrant les trois groupes de substrats alimentaires formés sur la base de la similarité de leurs effets sur les paramètres biologiques de *Dacus punctatifrons* et les traits de vie les plus influencés par les traitements.

III.1.5.2. Effet des types d'alimentation sur le cycle biologique de *Ceratitis Capitata*

Sur les 6 traitements, seuls 4 types ont permis le développement jusqu'à terme des larves de cette mouche. Les durées de l'incubation des œufs et de passage des larves de stades 3 à la pupe sont invariables quel que soit le type de traitement alimentaire ($N = 200$, $ddl = 3$, $P > 0,05$). La durée de développement larvaire subit une variation non significative. Par contre, le type de traitement alimentaire influence significativement la durée de pupaison et la longévité des adultes ($N = 200$, $ddl = 3$; $P < 0,001$). Le tableau XXVIII montre que ces insectes vivent plus longtemps quand ils se nourrissent sur l'orange ou la pastèque. La goyave et la mangue par contre stoppent très précocement le développement de ces larves (Tableau XXVIII).

Tableau XXVIII: Effet des traitements alimentaires sur la durée de développement en jours de *Ceratitis capitata* à une température moyenne de $23\pm 0,3^{\circ}\text{C}$

Traitements	Incubation	L1-L2	L2-L3	L3- Pupae	pupe- adulte	Longévité	oeuf –mort
Piment (T0)	3	2	2,09±0,29	1	13	12,42±1,95	50,9±3,44
Orange (T1)	2	2,12±0,33	2	1	12,08±0,39	15,46±3,96	53,40±5,75
Pastèque (T2)	3	2	2	1	13,31±0,46	15,93±4,17	54,96±5,08
Papaye (T3)	3	2	2	1	12,83±0,36	11,29±1,48	47,87±3,18
Goyave (T4)	0	/	/	/	/	/	/
Mangue(T5)	0	/	/	/	/	/	/

L1=larve de stade 1; L2=larve de stade 2; L3=larve de stade 3. N= nombre d'individu :T0=40 ;T1=40 ;T2=40 ;T3=40 ; T4=20 T5=20

De même, une analyse en composantes principales (ACP) a été utilisée pour examiner les similitudes entre les traitements effectués sur les larves de *C. capitata*. Ici, la valeur propre de l'analyse est (0,98 %) seule la composante 1 dont la contribution est de (98,198) et la composante 2 dont la contribution est (1,47 %) ont été gardées. Ainsi, trois groupes se sont distingués sur diverses régions du graphe. Le premier formé de piment (T0) et papaye (T3) ; le second formé d'orange (T1) et pastèque (T2), enfin, la mangue (T5) et la goyave (T4) appartiennent au troisième groupe. Ce premier groupe montre que ces deux traitements influencent plus précisément la période d'incubation, la durée de développement et de passage L2 à L3, la durée de pupaison. Le deuxième groupe formé de pastèque et d'orange influence plus la longévité. Enfin le troisième groupe composé de la mangue et de la goyave stoppe carrément le développement des larves avant maturation (Figure 15).

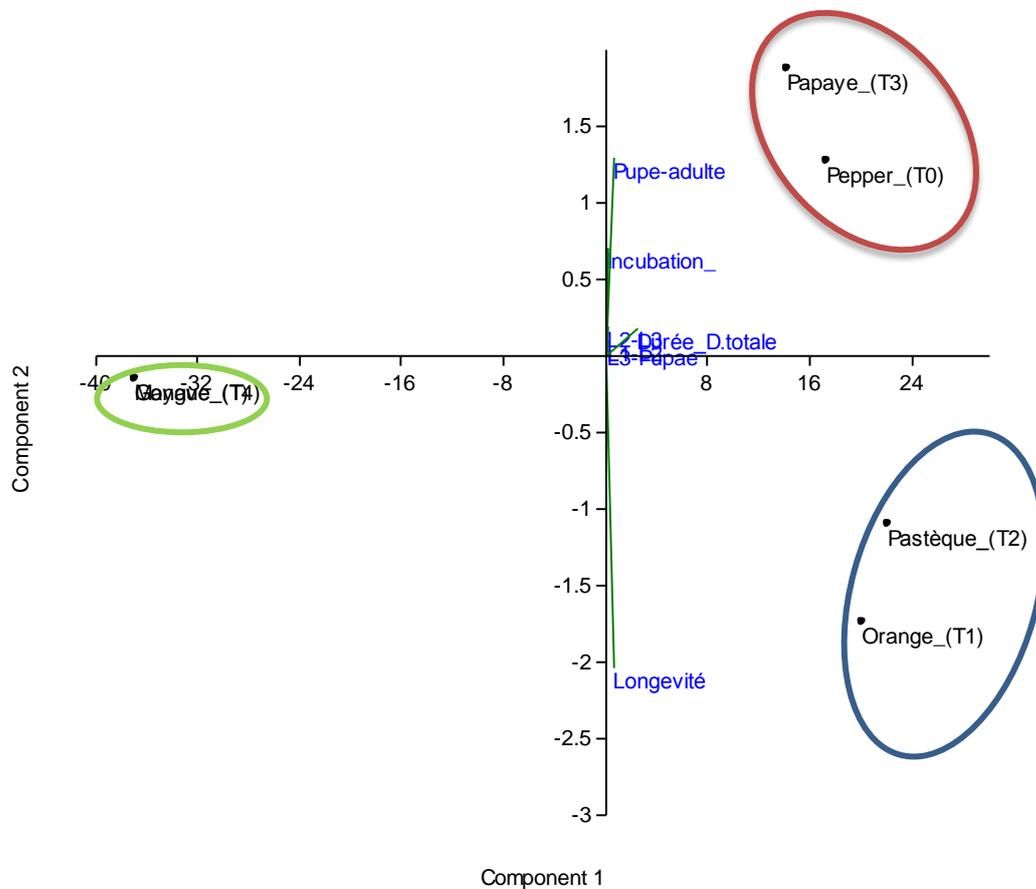


Figure 15 : Analyse en Composantes Principales (ACP) montrant les trois groupes de substrats alimentaires formés sur la base de la similarité de leurs effets sur les paramètres biologiques de *C. capitata* et les traits de vie les plus influencés par ces traitements.

III.1.5.3. Effet des types d'alimentation sur la structuration des sexes de *D. punctatifrons* et *C. capitata*

Le rapport nombre de mâle sur nombre de femelles est < 1 sur tous les traitements alimentaires, que ce soit chez *D. punctatifrons* ou *C. capitata*. Ce rapport montre clairement un biais en faveur des femelles. Le pourcentage des femelles est toujours plus élevé que celui des mâles ; ce qui peut être d'un avantage certain pour ces insectes dont seules les femelles peuvent s'attaquer aux fruits. On note aussi que les pourcentages de femelles les plus élevés sont obtenus sur les plantes hôtes sur lesquelles les mouches pondent habituellement dans la nature. Par exemple, les larves *D. punctatifrons* nourries à base de fruits de tomate et pastèque donnent le plus grand pourcentage de femelle, soit respectivement 75,6 % et 71 %. De même, on observe que les larves de *C. capitata*

nourries à base de fruit d'orange et de piment donnent le plus grand nombre de femelles soit 64,51 et 60,6 (Tableau XXIX).

Tableau XXIX : Influence du type d'alimentation des larves sur la structuration des sexes de *D. punctatifrons* et *C. capitata*

Espèce de prédateur	Traitements	Mâle (M)	Femelle (F)	M+F	SR=M/F	Pourcentage de femelle (%)
<i>D. punctatifrons</i>	Poivron	25	42	67	0,59	62,69
	Pastèque	13	32	45	0,4	71
	Tomate	10	31	41	0,32	75,6
	Goyave	17	20	37	0,85	54
<i>C. capitata</i>	Piment	13	20	33	0,65	60,6
	Orange	11	20	31	0,55	64,51
	Pastèque	12	16	28	0,75	57,14
	Papaye	14	16	30	0,87	53,33

M=mâles, F=femelle, M+F=mâles + femelles, SR=sex-ratio

III.1.6. Dynamique des populations des prédateurs qui ont acquis le statut de ravageurs

Les populations de ravageurs et ennemis naturels ne sont pas statiques ; celles-ci varient dans le temps.

III.1.6.1. Fluctuations saisonnière des dégâts de *Helicoverpa armigera* sur la tomate variété Rio grande

Les pertes de rendement dues à *H. armigera* évaluées dans les deux sites, Koutaba et Okola, indiquent qu'au cours des années 2010 et 2011 consécutivement, deux pics d'infestation (pullulation) ont été observés pour ce ravageur site. Ces pics se situaient respectivement autour des mois de janvier-février pour le premier et novembre-décembre pour le second et le plus important. Par contre à Okola, les taux d'infestation élevés sont aussi observables au cours des mois d'août et de septembre. Si les dégâts de cet insecte sont observables tout le long de l'année à Koutaba, il ne l'est pas par contre à Okola car pendant certains mois de l'année comme juin et juillet, le taux d'infestation de ce ravageur a été négligeable voir même nul. Par ailleurs les taux d'infestation de *H. armigera* ont été plus importants la deuxième année par rapport à la première (Figure 16 et 17).

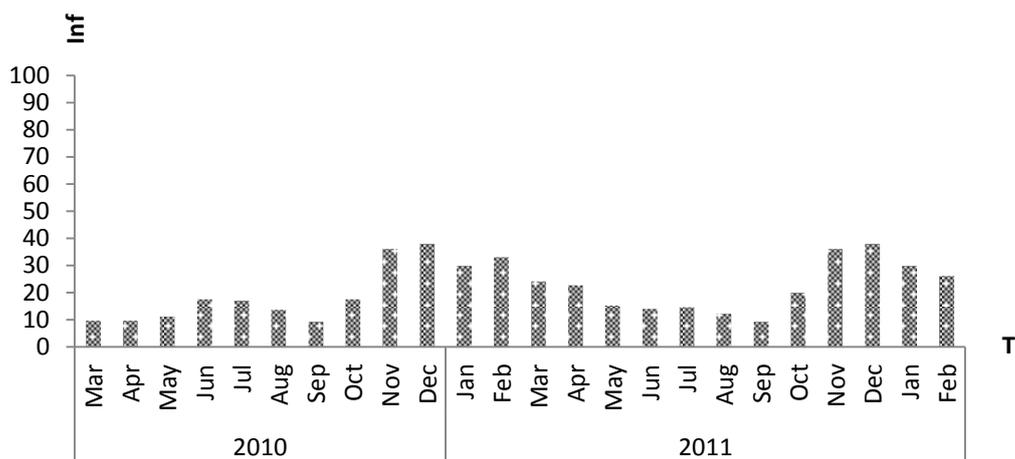


Figure 16 : Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par *Helicoverpa armigera* à Koutaba entre mars 2010 et février 2011 (inf=pourcentage d'infestation, T=temps en mois).

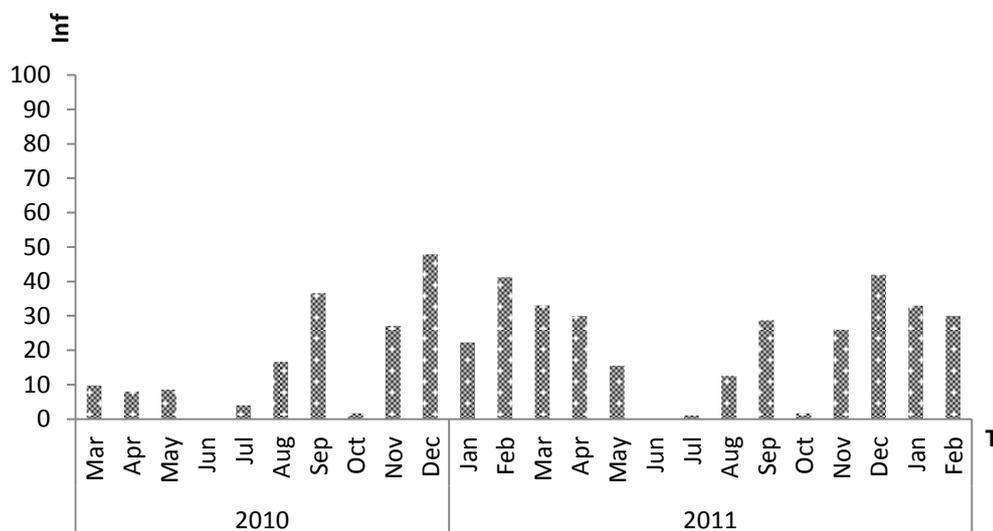


Figure 17 : Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par *Helicoverpa armigera* à Okola entre mars 2010 et février 2011 (inf=pourcentage d'infestation, T=temps en mois).

III.1.6.2. Fluctuations saisonnières des dégâts de *Dacus punctatifrons* sur les fruits de tomates variété Rio grande

Pour ce ravageur, les pics d'infestation étaient observés une fois par année sur le site de Koutaba que ce soit en 2010 ou en 2011. Les périodes de fortes infestations se situaient entre les mois de mai et octobre pour la première année et entre les mois de juin et octobre pour la seconde année. Sur le site d'Okola par contre, deux pics de pullulations ont été nettement observés par année,

avec le premier entre avril et juin et le second entre septembre et novembre pour la première année. Pour la seconde année, la première phase de pullulation toujours entre avril et juin et la seconde entre août et novembre. Les mois d'octobre, décembre, janvier, et même février, leur effet est faible ou nul (Figure 18 et 19).

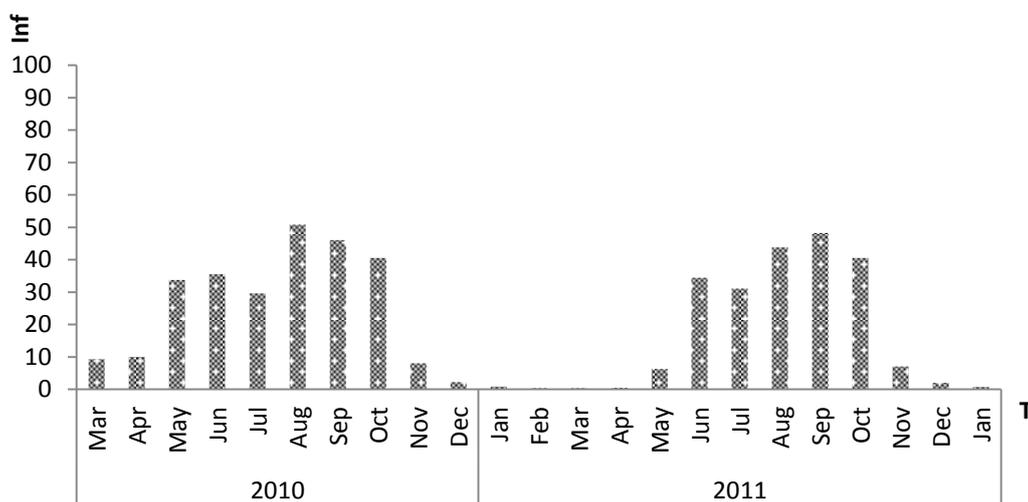


Figure 18: Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par *Dacus punctatifrons* à Koutaba entre mars 2010 et janvier 2012 (Inf=pourcentage d'infestation, T=temps en mois).

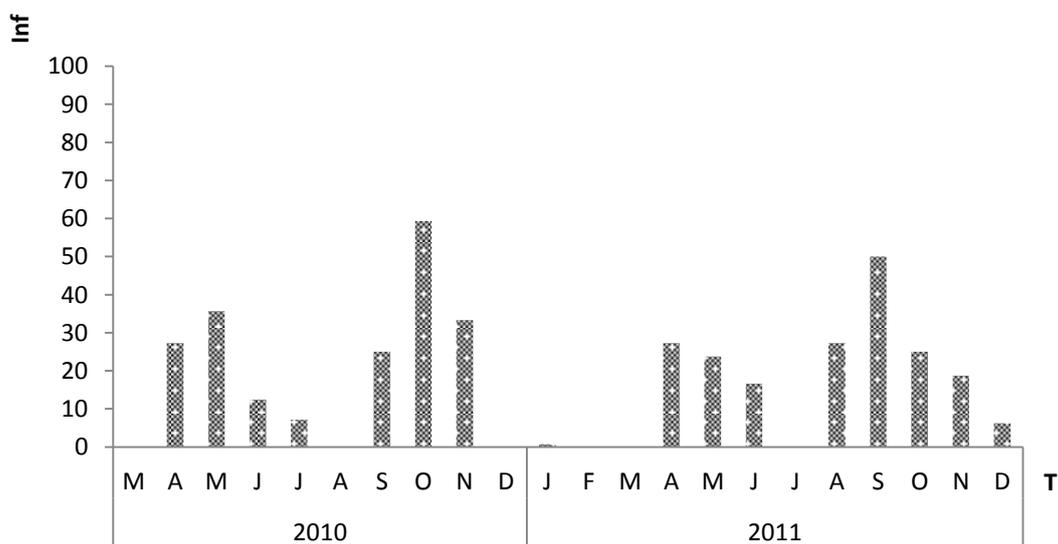


Figure 19 : Variation du taux d'infestation des fruits de tomate par *Dacus punctatifrons* à Okola entre mars 2010 et décembre 2011(Inf=pourcentage d'infestation, T=temps en mois).

III.1.6.3. Fluctuations saisonnières des dégâts de *Ceratitis capitata* sur les fruits de piment

Le pic d'infestation est observé une seule fois dans l'année et se situe en pleine saison sèche, c'est-à-dire entre les mois de décembre, janvier et février. Quelques individus sont observés tout le long de l'année mais avec un seul véritable pic.

III.1.6.4. Corrélation entre les dégâts des ravageurs et l'abondance de leurs larves

De cette étude, il ressort que les périodes de grandes pullulations correspondent pour tous ces ravageurs aux périodes de grandes destructions des fruits. Le nombre moyen de larves par fruit croît avec le nombre de fruits attaqués pour les quatre ravageurs. La corrélation obtenue par exemple entre le nombre moyen de larves par fruit de tomate et le nombre total de fruits attaqués était très forte et très hautement significative avec $r = 0,853$; $P = 0,0001$.

III.1.7. Effet de quelques facteurs écologiques sur la dynamique des populations

III.1.7.1. Effet de l'environnement physique sur les taux d'infestations des ravageurs

III.1.7.1.1. Effet des précipitations et de la température

Les espèces de ravageurs qui causent les dommages que l'on pouvait considérer comme d'importance économique, c'est à dire $>10\%$ ont été choisies pour analyser les relations linéaires avec les facteurs climatiques (précipitations, température et éclairage). Les corrélations de Spearman ont montré une relation forte entre la variation de ces facteurs et la perte des fruits due aux insectes.

- Le taux d'attaque due à *Cryptophlebia leucotreta* a montré une corrélation positive non significative avec les précipitations que ce soit à Koutaba où à Okola. Avec $r = 0,474$; $P = 0,166$ dans le premier site et $r = 0,125$; $P = 0,699$ dans le second. Ceci signifie que la perte de récolte due à ces ravageurs augmente avec les précipitations abondantes. La température a présenté une corrélation négative et significative avec les dégâts causés par *C. leucotreta* à Koutaba ($r = -0,681$; $P = 0,03$); mais à Okola cette relation était plutôt positive mais non significative ($r = 0,142$; $P = 0,662$).

- Les dégâts dus à *Ceratitis capitata* ont eu une corrélation négative et non significative avec les précipitations sur les deux sites ($r = -0,366$; $P = 0,298$ et $r = -0,210$; $P = 0,513$). Le même résultat a été obtenu avec la température à Koutaba ($r = -0,065$; $P = 0,854$); mais pas à Okola où une corrélation positive et non significative a été obtenue $r = 0,067$; $P = 0,837$.

- Les dégâts de *D. punctatifrons* ont montré une corrélation forte positive et significative avec les précipitations ($r = 0,835$; $P = 0,003$) et ($r = 0,853$; $P = 0,0001$) sur les deux sites. Ceci signifie que, quand les précipitations sont abondantes, les dégâts de ces insectes augmentent. La température a une corrélation négative et non significative avec les dégâts de *D. punctatifrons* à Koutaba ($r = -0,219$; $P = 0,544$) alors que cette corrélation est positive et non significative à Okola ($r = 0,130$; $P = 0,688$).

- Les dégâts causés par *H. armigera* sur les fruits de tomates ont une corrélation négative et non significative avec les précipitations sur les deux sites ($r = -0,553$; $P = 0,097$) et ($r = -0,245$; $P = 0,442$). C'est-à-dire que quand les précipitations sont abondantes, les attaques de *H. armigera* ont tendance de diminuer. Inversement, quand les précipitations baissent, les attaques de *H. armigera* augmentent. La température présente une corrélation négative et non significative avec les dégâts causés par *H. armigera* que ce soit à Kouaba $r = -0,139$; $P = 0,710$; ou à Okola $r = -0,067$; $P = 0,836$ (Tableau XXX et XXXI).

Tableau XXX: Influence des facteurs climatiques sur les insectes ravageurs à Koutaba Cameroun entre 2010 et 2011

		<i>Cryptophlebia leucotreta</i>	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Dacus punctatifrons</i>	<i>Helicoverpa armera</i>
	corrélacion coef.	0,474	-0,366	0,835**	-0,553
Précipitation	P (value)	0,166	0,298	0,003	0,097
	N	20	20	20	20
	corrélacion coef.	-0,681*	-0,067	-0,219	-0,139
Température	P (value)	0,030	0,854	0,544	0,701
	N	20	20	20	20

* La corrélation est significative à 0,05 ;** La corrélation est significative à 0,01.

Tableau XXXI: Influence des facteurs climatiques sur l'abondance des ravageurs à Okola Cameroun entre 2010 et 2011

		<i>Cryptophlebia leucotreta</i>	<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Dacus punctatifrons</i>	<i>Helicoverpa armera</i>
	corrélacion coef.	0,125	-0,210	0,853**	-0,245
Précipitation	P (value)	0,699	0,513	0,000	0,442
	N	21	21	21	21
	corrélacion coef.	0,141	0,067	0,130	-0,067
Température	P (value)	0,662	0,837	0,687	0,836
	N	21	21	21	21

* Corrélation significative au niveau 0,05; ** La corrélation est significative au niveau 0,01

Les pertes de rendement causées par *S. littoralis*, *C. chalcites*, *D. bivittatus*, *L. orbonalis* n'ont pas été prises en considération car elles étaient considérées, sur la base de leurs taux d'infestation très faible, avec moins de 1%, comme déprédateurs secondaires.

III.1.7.1.2. Influence de la lumière sur l'activité de quelques déprédateurs

- Influence de la lumière sur les Lepidoptera

La luminosité a négativement influencé les Noctuidae qui représentaient la plupart des Lepidoptera actifs sur nos plantes. Les adultes ne sont actifs que dans la nuit et l'observation de leur activité est ainsi rendue très difficile puisque même au crépuscule à l'éclairement d'un faisceau lumineux, ils s'envolent. Cependant, quelques individus peuvent être rencontrés accidentellement dans les touffes d'herbes obscurcies lors du désherbage. D'autres individus peuvent être observés en vol entre 18h et 18h30. Les activités d'alimentation, de reproduction et surtout d'oviposition n'ont pas été observées chez ces papillons. Les larves de *S. littoralis* consomment leurs aliments dans la nuit et quand la lumière du jour apparaît, elles redescendent s'enfouir dans le sol pour se protéger de la lumière du jour. D'autres larves de *S. littoralis*, de *H. armigera* et de *C. chalcites* s'enfouissent dans les fruits ou alors s'abritent à la face inférieure des feuilles pendant la journée. C'est sans doute ce comportement luminophobe (nocturne) qui aurait amené les systématiciens à classer tous ces papillons dans la famille des Noctuidae. Quant à la Pyralidae *L. orbonalis* et la Tortricidea *C. leucotreta*, les adultes sont toujours à activité nocturne et leurs larves se développent totalement enfouies à l'intérieur des fruits à l'abri de tout rayonnement lumineux. Elles n'y ressortent que pour former leurs chrysalides.

- Influence de la lumière sur les Diptera

Par contre la luminosité a influencé positivement les Diptera, particulièrement leur période de reproduction. En effet, la luminescence favorise le rapprochement des sexes, l'accouplement, l'oviposition des femelles, la nutrition des Diptera se déroulent toujours en journée. Ils utilisent la vue et leur support d'accouplement est généralement la plante hôte. De l'étude de la variation journalière des périodes d'activités, il ressort que *D. punctatifrons* a montré deux pics d'activités sur la base du nombre d'insectes observés en champ : le premier pic a eu lieu autour de 11 heures tandis que le second a eu lieu autour de 15 heures pendant les journées normalement ensoleillées. L'existence de deux pics de pullulations pourrait s'expliquer par le fait que, pendant les périodes de

fort ensoleillement qui coïncident avec les périodes de fortes températures, l'activité d'oviposition est ralentie. *C. capitata* quant à lui a présenté un pic principal entre 10 et 14 heures et baisse d'activité entre 15 et 18 heures. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les principaux parasitoïdes de *C. capitata* rentrent en activité dans la soirée. Ainsi pour « protéger » leurs œufs du parasitisme, les femelles de ces mouches ont préféré réduire leur période de ponte (Figure 20).

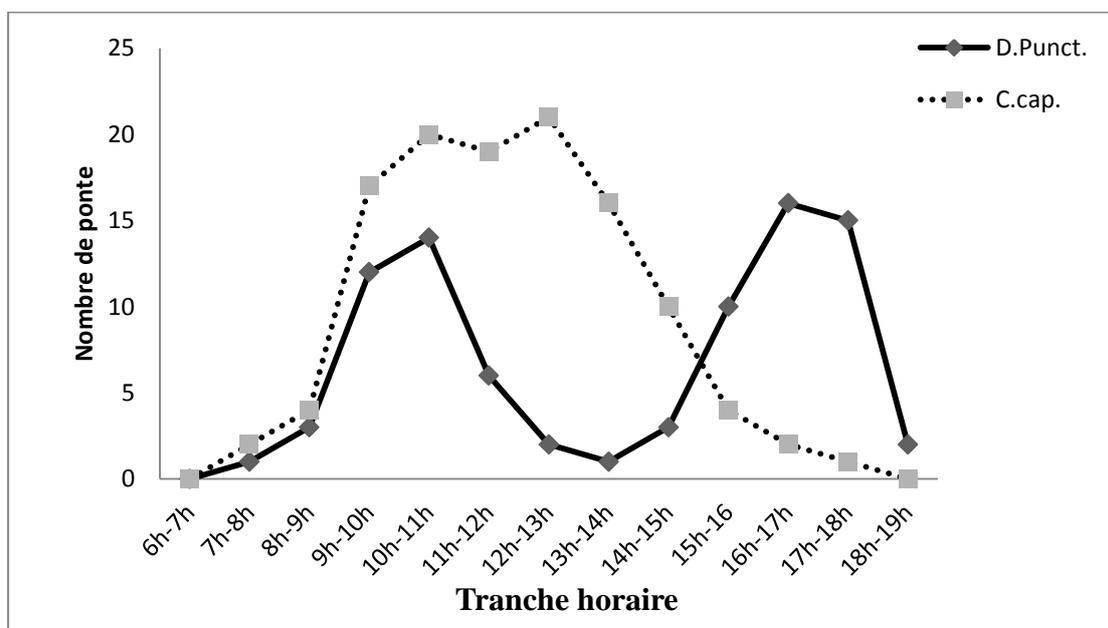


Figure 20 : Évolution journalière des pontes de *Dacus punctatifrons* et *Ceratitidis capitata* sur la base des observations directes faites en champs en journée ensoleillée (Okola, juillet 2010).

III.1.7.2. Effet de l'environnement biotique sur les populations de prédateurs

III.1.7.2.1. Effet de la compétition intra-spécifique

- Effet densité/dépendance chez les larves de Lepidoptera

Pour les larves de la noctuelle, *H. armigera* l'effet de la compétition intra-spécifique est tout à fait particulier ; il amène les larves au cannibalisme. En effet, quand elles se trouvaient sur le même fruit de tomate ou même sur la même grappe avec les plus jeunes, les larves les plus âgées infligeaient aux plus jeunes des blessures mortelles, ou alors les plus jeunes quittaient tout simplement le fruit pour aller sur un autre. Au laboratoire, particulièrement quand les chenilles étaient élevées ensemble dans le même insectarium, les plus jeunes larves étaient consommées parfois de moitié, parfois jusqu'à la base de la capsule céphalique par les larves âgées. Ces deux observations suggèrent qu'en cas de diminution importante de la ressource alimentaire, les larves peuvent arriver au cannibalisme.

-Effet de la densité dépendance chez les larves de Diptera

Une compétition intra-spécifique causée par la densité/dépendance est observée entre les larves de Diptera quand elles se trouvaient en nombre élevé dans le même fruit. C'est le cas pour les larves de *D. punctatifrons* et de *C. capitata* : quand une mouche pondait dans les fruits de petite taille, au cours du développement, certaines larves moins compétitives mouraient par manque de nutriment et d'espace. Quand les larves de plusieurs générations se trouvaient dans les mêmes fruits, les plus jeunes subissaient particulièrement ces effets de densité. D'autres larves encore plus compétitrices continuaient d'exploiter le jus de fruit en décomposition après sa chute sur le sol. Ceci dans le but d'accumuler la quantité de substances suffisantes pour permettre la traversée de la période de pupes. Pendant cette période de séjour à la surface du sol, beaucoup de ces larves s'exposaient en plus à l'action prédatrice des fourmis. D'autres larves encore ont pu réduire leurs durées de développement larvaire et former leurs pupes précocement. Ceci a pu être un avantage de l'effet de compétition larvaire chez ces Tephritidea dans la mesure où elle contraint les larves à réduire la durée de leurs cycles de vie et par conséquent pourrait diminuer la durée du cycle général des individus.

-Effet de la compétition pour le site de ponte chez les femelles gravides

Les interactions compétitives ont été observées chez les adultes de *D. punctatifrons* et *C. capitata*. Les mouches femelles gravides rentraient souvent en affrontement physique quand leur nombre devenaient important et que le nombre de fruit était limité. Cette compétition s'est fait aussi souvent par interférence ; c'est ainsi que les femelles de *D. punctatifrons* et *D. bivittatus* après avoir déposé leurs œufs sous l'épiderme des jeunes fruits verts ne s'envolaient pas de sitôt. Elles effectuaient plusieurs mouvements rotatifs autour du point de ponte puis s'envolaient. Au cours de ces mouvements que les femelles effectuaient autour du point d'oviposition, elles y laisseraient une substance, une phéromone dont le but était de repousser la ponte d'une autre mouche concurrente. Cette substance déposée par les femelles n'aurait d'effet que sur la surface du fruit où elle aura été déposée car dans plusieurs fruits, notamment les plus volumineux les larves de générations différentes ont été obtenues. Ce qui laisse entendre que plus d'une ponte a eu lieu dans ce fruit.

III.1.7.2.2. Effets de la compétition inter-spécifique sur les populations de déprédateurs

-Spécialisation alimentaire chez les larves de *C. leucotreta* et de *C. capitata* sur le fruit de piment

Les cas de compétitions inter-spécifiques ont été observés quand les insectes d'espèces différentes se nourrissaient sur le même organe de la plante hôte. Un effet de la compétition a été observé entre les chenilles de *C. leucotreta* et les asticots de *C. capitata* qui sont les deux principaux déprédateurs de piment identifiés dans ce travail. Cette compétition serait à l'origine de la spécialisation alimentaire observée chez ces larves quand elles arrivent à se trouver dans le même fruit. En effet, les asticots de *C. capitata* se nourrissent uniquement de la puppe alors que les chenilles *C. leucotreta* se nourrissent à la fois de la puppe et des graines contenues dans les fruits. Pour cohabiter dans le fruit, les chenilles se nourrissent en priorité sur les graines, abandonnant la puppe aux asticots. Cette spécialisation alimentaire éviterait les deux de s'affronter quand il arrive que dans un fruit de piment, les individus des deux espèces se rencontrent. De même, cette spécialisation alimentaire rendrait la cohabitation des deux déprédateurs possible.

-Séparation dans le temps de la période d'exploitation des fruits

Il existe par ailleurs une autre forme de compétition inter-spécifique entre les larves de *D. punctatifrons* et *H. armigera* sur le fruit de tomate. Sur un fruit déjà exploité par une chenille de *H. armigera*, il est difficile de voir une mouche pondre sur le même fruit. Les mouches examinent le plus souvent bien le fruit avant d'y pondre leurs œufs; les perforations laissées par les chenilles sur le fruit de tomate les rendaient impropres à la ponte des mouches. Il serait possible qu'une coévolution entre les deux espèces de déprédateurs ait amené les deux à séparer le temps d'exploitation de la ressource. C'est ainsi qu'à Koutaba en 2010, les attaques de *D. punctatifrons* ont été plus importantes pendant la saison des pluies (mars à mi-novembre), ces attaques ont brusquement baissé pendant la saison sèche (mi-novembre à la mi-mars), pendant que les attaques de *H. armigera* se sont accrues. Le même phénomène s'est reproduit sur l'année 2011 où en mars, les attaques de *H. armigera* ont grandement baissé pendant que celles de *D. punctatifrons* se sont accrues (Figure 21). Cette inversion de la dominance numérique peut être soit, le produit d'une compétition inter-spécifique. Dans ce cas, on pourrait penser que *H. armigera* qui est une espèce nouvellement installée sur la tomate aurait utilisé quelques avantages de ses traits de vie pour se frayer un espace dans les fruits de tomate. Chez *H. armigera*, deux principaux traits sont remarquables il s'agit de : la grande taille de ses larves qui sont capables de rentrer dans les fruits même quand ils sont nouvellement parasités par

les mouches. De plus, les larves de *H. armigera* sont capables d'abandonner un fruit quand la pulpe est entièrement consommée pour se nourrir sur un nouveau fruit. Ce chevauchement de la courbe de fluctuation des dégâts pourrait aussi bien s'expliquer par l'effet des facteurs climatiques. Cette dernière explication semble la plus plausible car le chevauchement des taux d'attaques à toujours coïncidé avec les périodes de transitions entre les saisons, que ce soit au cours de l'année 2010 ou de l'année 2011. Ceci a bien été observé sur le site de Koutaba où les deux saisons étaient nettement bien séparées (Figure 21). Alors que sur le site de à 4 saisons et où la séparation entre les saisons n'a pas été très nette, ce chevauchement entre les taux d'attaques n'a pas aussi nettement été observé. Les facteurs climatiques (la pluviométrie en particulier) seraient plus responsables du chevauchement des attaques de ces déprédateurs qu'un effet dû à la compétition.

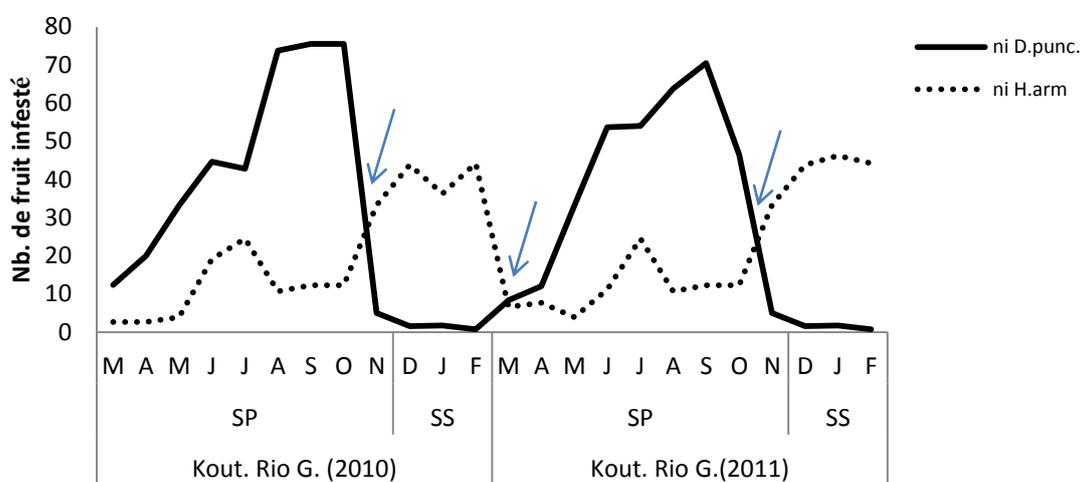


Figure 21 : Fluctuation saisonnières et triple chevauchements des infestations de *D. punctatifrons* et *H. armigera* sur la tomate à Koutaba Cameroun 2010-2011 (ni=abondance de fruit attaqués par ; SP=saison des pluies ; SS=saison sèche).

III.1.7.2.4. Effet de la prédation sur les populations de déprédateurs

-Diminution de la taille des populations des déprédateurs

Les prédateurs des chenilles peuvent influencer les populations des papillons. Ils sont généralement des oiseaux insectivores, et surtout plusieurs espèces de guêpes (4) dont l'une des plus fréquentes est *Belonogaster juncea juncea*. Cette guêpe s'attaque très souvent aux chenilles de *H. armigera*, de *C. leucotreta* et de *L. orbonalis*. Les guêpes capturent activement ces larves soit pour leurs propres alimentations, soit pour alimenter leurs phases immatures dans leurs nids (Figure 22). Ces guêpes font leurs nids généralement aux alentours des jardins à côté des murs ou sous les branches d'arbres à l'abri de la pluie (Figures 22 a,d,e,f), pendant que deux autres espèces (Figures 22 b,c) font leurs nids dans des terriers creusés dans les jardins. Un autre prédateur tout aussi

remarquable des chenilles est *Paragris synagris* (Figure 22 b). C'est une grosse guêpe solitaire qui transporte les chenilles pour nourrir ses petits ou y pondre des œufs. Elle est efficace en raison de sa grande voracité ; elle s'attaque à toutes les chenilles, ses populations ne sont jamais aussi importantes pour être capables de maintenir les populations de *H. armigera* en dessous du seuil de nuisibilité.

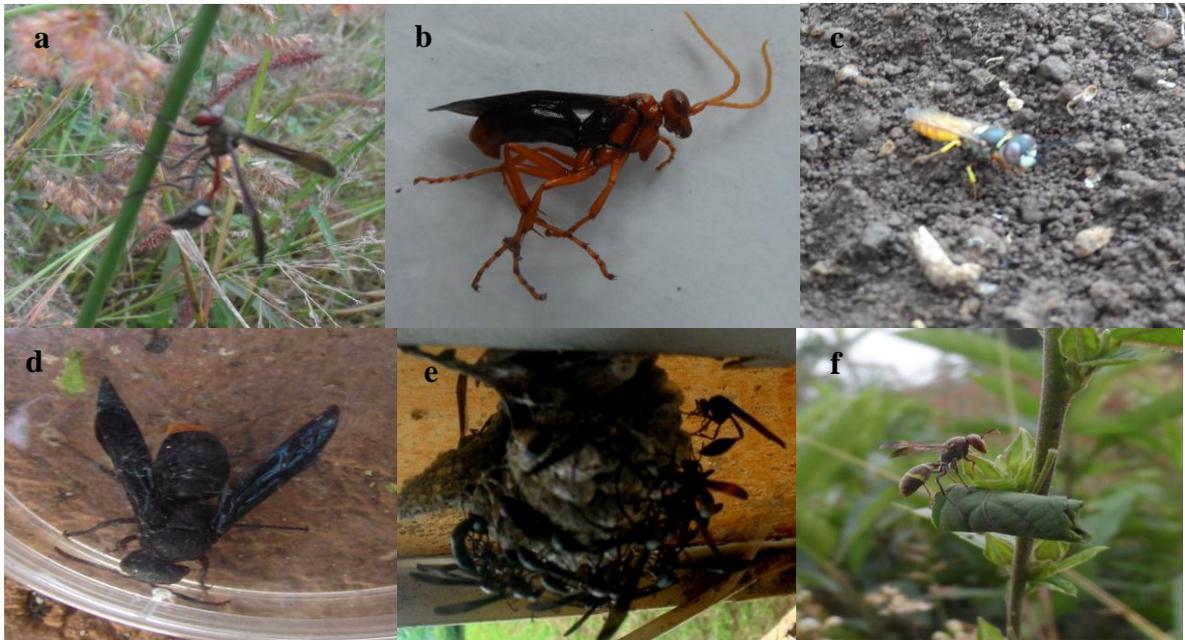


Figure 22: Quelques prédateurs rencontrés au cours de l'étude : (a) *Belenogaster* sp., (b) guêpe prédatrice non identifiée, (c) guêpe non identifiée patrouillant sur le sol, (d) grosse guêpe vorace prédatrice de *H. armigera*, (e) guêpier, (f) guêpe prédatrice tentant d'extirper une chenille cachée dans une feuille.

Pour les asticots, larves des diptères, ils ont surtout été les proies des fourmis au moment où ils effectuent à la fin du développement larvaire le passage de l'asticot à la puppe. Au cours de cette transition, les asticots sortaient des fruits déjà en début de détérioration pour rentrer dans le sol. Certains rentraient directement dans le sol sous le fruit tombé profitant de l'humidification de cette partie du sol par le jus du fruit en décomposition. D'autres, effectuaient les déplacements par des sauts (larve de stade 3) et pouvaient même aller à quelques mètres de la plante dans le but de trouver le meilleur endroit pour effectuer leurs enfouissements.

Les agrosystèmes à base de piment et tomate attirent souvent beaucoup d'espèces d'Aphides. Parmi les plus rencontrées on peut citer : *Macrosiphum euphorbiae* et *Aphis gossypii* qui pour se nourrir, pompent d'énormes quantités de sève sur les plantes et par conséquent produisent beaucoup d'excréments appelés miellat. Ce miellat est en fait constitué de résidus glucidiques issus de la digestion des celluloses par les Aphides. Beaucoup d'espèces de fourmis utilisent ce miellat comme source d'alimentation glucidique (hydrates de carbone). *Pheidole* spp. et *Myrmecaria opaciventris* sont deux espèces de fourmis particulièrement attirées par ce miellat. Ces espèces de fourmis qui à l'

origine viennent pour le miellat disponible souvent dès la troisième semaine après le repiquage des plantules, profitent en période de production des fruits pour compléter leur alimentation protéique avec les asticots et les chenilles diverses. Certaines fourmis tels que *Pheidole megacephala* et autres qui ne sont pas seulement prédatrices des chenilles repèrent et capturent même les jeunes imagos de papillon juste au moment de leur émergence (Figure 23 b).

D'autres prédateurs remarquables dans les jardins étaient des mantes religieuses et des araignées. Ils constituaient un groupe de prédateurs très diversifié en espèces et même dans les types de proies. Si les mantes attrapent leurs proies à la chasse à l'affût, les araignées établissent les toiles entre les feuilles, les tiges et même les fruits de tomate, piégeant ainsi les insectes qui s'envolent dans les agrosystèmes. Les insectes qui tombent accidentellement sur les toiles d'araignées sont immédiatement injectés par leurs dards venimeux et/ou attachés par les soies qu'elles utilisent habituellement pour tisser leurs toiles. Le venin ainsi injecté dans l'abdomen de la proie est constitué d'enzymes qui digèrent son contenu abdominal. Ce liquide sera ensuite ingéré par l'araignée. Les mantes religieuses patrouillent aussi très souvent les jardins, elles sont de véritables chasseuses à l'affût des mouches adultes. Elles se camouflent dans les feuillages de tomate prenant parfois la couleur verte des feuilles et sautant sur les mouches femelles qui se rapprochent des fruits au moment de l'oviposition (Figures 23 a, c).



Figure 23: Quelques prédateurs identifiés au cours du travail : (a) araignée saisissant un adulte de *Dacus* sp., (b) fourmis prédatrices capturant un jeune imago à l'émergence du cocon, (c) un couple de *Mantis religiosa* en copulation.

-Autre effet de la prédation : la coloration cryptique

La coloration cryptique est une sorte de camouflage qui se manifeste par le fait qu'un insecte mime la couleur de son environnement ou de son support pour éviter d'être vu par un autre animal qui peut être soit un prédateur ou au contraire une proie. Ce type de camouflage est utilisé par les larves de *H. armigera* qui changent les couleurs en fonction de l'état et de la couleur du fruit qu'ils

consommant. C'est ainsi que leur couleur passe du vert au marron en fonction de l'état du fruit (Figures 24 a,b). Ce changement de coloration met ainsi les chenilles à l'abri des oiseaux et même des guêpes qui ne les distinguent pas de vue de leurs supports quand ils sont à une certaine distance. Si des chenilles se camouflent pour se protéger des prédateurs, la mante religieuse par contre mime la coloration verte des feuilles pour se mettre à l'affût et ne pas se faire reconnaître par ses proies qui se livreront accidentellement à elle (Figure 24 c).



Figure 24: Effets de la prédation : larve de *H. armigera* mimant la couleur de leurs support respectivement sur (a) un fruit de tomate bien mûr, et sur (b) une gousse de haricot verte, (c) *Mantis religiosa* à l'affût sur feuilles dans le jardin Koutaba.

III.1.7.2.5. Effets du parasitoïdisme sur les populations de déprédateurs

- Effet sur les Lepidoptera

- Le microhymenoptera *Copidosoma floridanum* est apparu comme le parasitoïde le plus efficace identifié dans cette étude (Figure 25 a). Sur les 37 larves de *Chrysodeixis chalcites* qui ont été obtenues sur les deux sites, 22 larves étaient parasitées par ce microhymenoptera soit 59,45%. Il serait le principal responsable de la non pullulation de *Chrysodeixis chalcites* au cours de cette période d'étude. Un trait de vie particulier (la polyembryonie) utilisé par cet insecte serait à l'origine de ce grand succès écologique. En effet, à partir d'un œuf pondu dans la chenille, l'embryon effectue plusieurs mitoses. Ce qui fait qu'à partir d'une chenille parasitée, plus de 500 individus du parasitoïdes émergent soit un ratio de 1/500. Ces 500 nouveaux parasitoïdes qui émergent sont capables de parasiter les nouvelles chenilles de *C. chalcites* pour effectuer leur cycle biologique. Ceci augmente la pression des parasitoïdes qui voudront à leurs tours pondre leurs œufs sur les chenilles de papillon. C'est cette grande capacité de reproduction qui serait à l'origine du maintien de la population de *C. chalcites* à un niveau non préjudiciable aux cultures. Les larves de *C. chalcites* victimes de ce microhymenoptera sont transformées en momie d'où émergeront après quelques temps de nombreux parasitoïdes adultes (Figure 25 a). Les figures 25 b et 25 c montrent des

parasitoïdes des chenilles de *C. leucotreta* et de *L. orbonalis* respectivement. La figure 26 quant à elle présente quelques larves momifiées de papillons. À la figure 26 a, on observe l'émergence des jeunes parasitoïdes d'une larve momifiée de *Chrydeixis chalcites*. Les figures 26 b et 26 c présentent respectivement une momie à parasitoïde solitaire et une momie de chenille présentant sur son dos une trentaine de cocons de parasitoïdes grégaires.

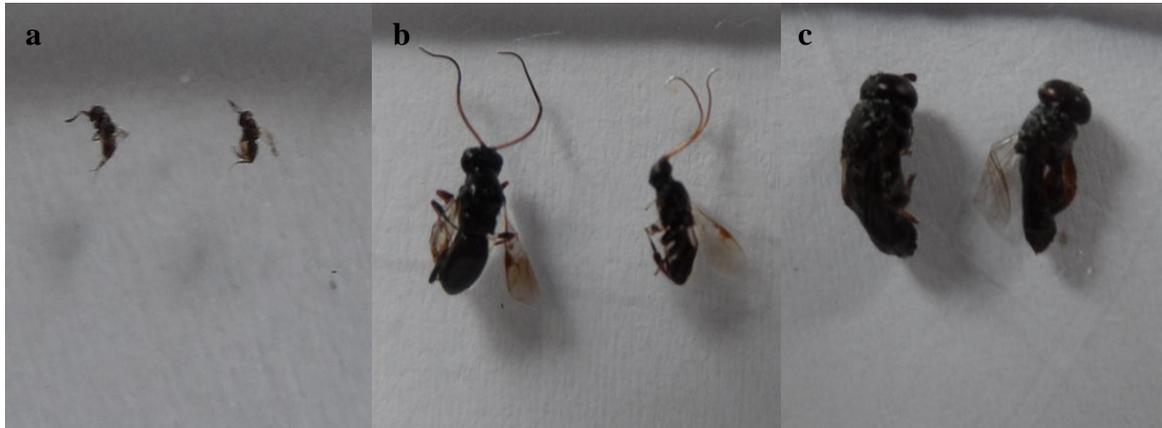


Figure 25: Quelques parasitoïdes de Lepidoptera: (a) *Copidosoma floridanum* microhymenoptera polyembrionaire, (b) parasitoïdes de *Chrysodeixis chalcites* *Ascogaster* sp. Parasitoïdes *Leucinodes orbonalis*, (c) parasitoïdes indéterminé de *Leucinodes orbonalis*



Figure 26: Effets des parasitoïdes sur les Lepidoptera : (a) momie de *Chrydeixis chalcites* laissant émerger des centaines de parasitoïdes *Copidosoma floridanum*, (b) autre type de momie de papillon, (c) chenille parasitée présentant une trentaine cocons.

- Effet sur les Diptera

Les Diptera présentent de loin le nombre de parasitoïdes le plus élevé. Sur *C. capitata* l'impact des infestations a été évalué à partir N = 160 pupes collectées à Okola et 210 pupes collectées à Koutaba (nymphe des mouches). Globalement le taux de parasitisme est de 33,75 et 25,23 respectivement à Okola et à Koutaba. La famille des Braconidae est la plus représentée avec

un total de plus de 5 espèces. Alors que la famille des Eulophidae est représentée par une seule espèce mais avec des taux de parasitisme importants sur les deux sites. Cette dernière espèce peut être un potentiel agent de lutte biologique efficace contre *C. capitata* (Tableau XXXII).

Tableau XXXII: Impact des familles et espèces de parasitoïdes sur *Ceratitis capitata*

Familles	Sous Familles	Espèces	Nb pupe parasité à Okola	Nb pupe parasité à Koutaba	% parasitisme Koutaba	% parasitisme Koutaba
Braconidae	Opiinae	<i>Fopius pyknothorax</i>	3	0	1,875	0
		<i>Fopius ceratitivorus</i> (Wharton)	7	13	4,37	6,19
	Opiinae	<i>Diacasmimorpha</i> sp.1	9	8	5,62	3,80
	Opiinae	<i>Diacasmimorpha</i> sp. 2	6	0	3,75	0
		<i>Triichopiia</i> sp.	6	4	3,75	1,9
Eulophidae	Tetrastinae	<i>Tetrastichus dacicida</i> (Silvestri)	23	28	14,37	13,33
Total			54	53	33,75	25,23

Par contre sur l'espèce *Dacus punctatifrons* deux parasitoïdes seulement ont été identifiés il s'agit d'un Ichneumonidae Tersilochinae, *Probles* sp. et d'un Tetrastinae, *Tetrastichus* sp. avec les taux de parasitisme très faibles 1,27% et 5% sur 438 pupes examinées.

Ces petites guêpes pondent dans les œufs et les larves, soit directement à travers l'ouverture laissées sur le fruit par l'oviposition des mouches déprédatrices, soit à travers l'épicarpe qui protège le fruit. Les femelles de ces guêpes possèdent une structure particulière, l'ovipositeur ou oviscapte qui leurs permet de transpercer le péricarpe du fruit et de pondre dans les larves à travers le fruit (Figure 27).

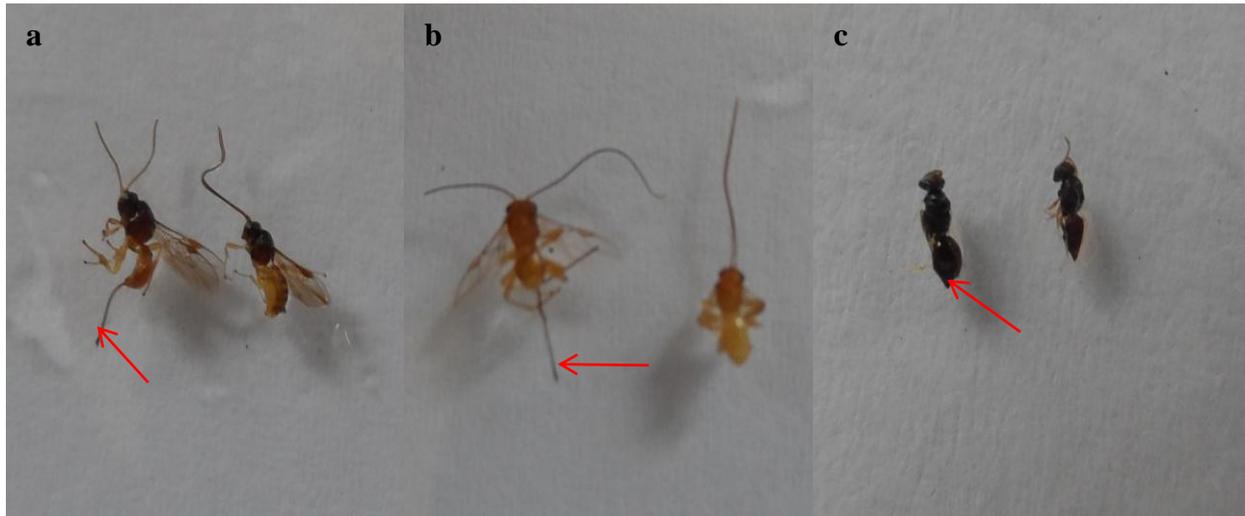


Figure 27 : Quelques parasitoïdes de Diptera: (a) *Diacasmimorpha* sp., (b) *Fopius ceratitivorus*, parasitoïdes de *Ceratitis capitata* (c) *Tetrastichus dacicida*, parasitoïdes de *Ceratitis capitata* et *Dacus punctatifrons*. Dimorphisme sexuel marqué par ovipositeur ou par le ballonnement de l'abdomen chez les femelles.

L'effet des parasitoïdes est aussi observable sur certaines pupes ; généralement, les pupes parasitées prennent la coloration noire (Figure 28).



Figure 28 : Pupes de Diptera présentant une pupa formée à partir d'une larve parasitée.

D'une manière générale, que ce soit chez les Diptera que chez les Lepidoptera, les larves ou les cocons parasités présentent quelques perturbations. Chez les chenilles par exemple, un trouble de comportement est observé, notamment le comportement alimentaire. Quand une chenille est parasitée elle s'alimente beaucoup au début de son infestation et après cesse de s'alimenter et se stabilise sur une branche. Certaines chenilles parasitées semblaient présenter un trouble du système nerveux car elles quittaient souvent leurs plantes hôtes et se baladaient sans direction dans les champs. Sur les larves de Diptera, les seuls changements perçus étaient sur la couleur des pupes qui prenaient une pigmentation noire.

III.2. Discussion

III.2.1. Structuration de la faune associée aux fruits de *L. esculentum* et de *C. annuum*

La richesse spécifique des insectes qui se nourrissent de la tomate et du piment est importante. Plus de 11 espèces appartenant à 08 familles et à 04 ordres ont été repertoriées sur la tomate et 09 espèces appartenant à 07 familles et à 03 ordres sur le piment. Cette richesse n'a pas significativement varié d'un site à l'autre. Que ce soit sur le piment ou sur la tomate, quelques espèces ont dominé les communautés. Ces insectes qui peuvent être considérés comme déprédateurs d'importance économique (ravageurs). Il s'agit de *D. punctatifrons* et *H. armigera* sur la tomate et de *C. capitata*, *C. leucotreta* et *L. orbonalis* sur le piment (Mbanye, 2000 ; Mokam, 2007). Ces ravageurs seraient la résultante d'un changement de comportement car il a d'ailleurs été longtemps considéré que les Solanaceae étaient des plantes possédant des toxines et par conséquent à l'abri des attaques d'insectes (Duyck *et al.*, 2008). Ces toxines seraient être la cause de la réduction du nombre de ravageurs car elles constitueraient une barrière défensive contre certains insectes. Les Diptera et les Lepidoptera identifiés comme exploitant ou même dévastant ces Solanaceae se seraient adaptés au fil du temps. Barbault (1997) a montré que les plantes possédaient généralement des substances non métabolisables par les phytophages, il s'agit des alcaloïdes et des glucosinolates qui ont des effets toxiques tandis que d'autres substances comme les tanins ont la propriété de réduire la digestibilité de la plante pour l'organisme qui la consomme. En plus, certaines Solanaceae comme le tabac (*Solanum tabaci*) sont utilisées comme plantes insecticides. Il serait important de noter que 9 seulement des 29 ordres d'insectes décrits sont capables d'utiliser des plantes comme source principale de nourriture (Delvare & Aberlenc, 1989). Par ailleurs, les interactions inter-spécifiques (particulièrement la compétition) auraient aussi participé à la réduction des déprédateurs potentiels de ces Solanaceae. La présence des Hemiptera du genre *Cletus* et *Spilothetus* sur les tomates seraient due à la présence sur nos sites d'étude des légumes du Genre *Amarenthus*. En effet, Novotny & Basset (2005) ont noté que la diversification des cultures sur le même site favorisait la circulation des pestes sur les différentes cultures présentes.

Bien que nos différents sites d'échantillonnages aient été choisis dans les zones à climat, à pluviosité et à végétations différents, les communautés sont similaires : la richesse spécifique des déprédateurs de fruits de tomate et piment sur les deux sites est identique, seule leur abondance relative varie. Ce qui signifie que ces insectes peuvent tolérer une gamme de conditions climatiques qui va de la zone équatoriale de forêt à la zone tropicale de savane, à la seule condition que leurs plantes hôtes y soient présentes. Il est aussi important de noter que parmi les déprédateurs des deux Solanaceae, seuls *H. armigera* et *Noesilba* sp. sont les déprédateurs des deux espèces plantes à la

fois. Cependant, la seconde espèce *Neosilba* sp. reste placée en seconde position dans ce travail en raison de son rôle encore controversé sur la perte des récoltes. Certains auteurs tels que Pedro & Angelo (2006) pensent que majoritairement, ces Lonchaeidae pondent dans les fissures préalablement existantes sur les fruits et leurs actions seraient très souvent secondaires à d'autres attaques. Pendant que *D. punctatifrons* reste fidèle à la tomate, *C. capitata* l'est au piment. La circulation (déplacement) des espèces entre les cultures du même site telle que notée par Novotny & Basset (2005) n'est pas observée chez ces Diptera, bien que leurs plantes hôtes ont toujours été observées sur le même site au cours de notre étude. En plus, la présence des hémiptères piqueurs-suceurs de sèves tels que *Cletus* sp. et *Spilothetus* sp. sur les fruits de tomate est justifiée par la présence à proximité du site d'observation des légumes feuilles, notamment *Amaranthus* sp. qui représentent les plantes hôtes préférentielles de ces derniers.

Les ennemis naturels de ces déprédateurs sont divisés en deux grands groupes et influencent différemment la structuration de la communauté des déprédateurs. L'effet de la prédation est très faible sur les populations de proies. Expérimentalement, moins de 5% des larves exposées en champs ont été capturées par les fourmis. Bien que Bateman (1972) eût estimé que les fourmis contribuaient à hauteur de plus de 10 % à la diminution des larves de *Bactrocera dorsalis*. Le caractère généraliste des prédateurs tels que *Pheidole megacephala*, *Myrmecaria opaciventris*, *Crematogaster* sp., *Belenogaster junceus* et les araignées minimise leur action utilitaire contre les déprédateurs. Leurs types de proies varient des cadavres d'animaux jusqu'aux divers arthropodes capturés en passant par les larves de phytophages. Cette diversité de proies comble les besoins protéiques des fourmis, réduisant ainsi leur pression de prédation sur les larves des Diptera. L'hypothèse énoncée par Barbault (1997) à partir de l'observation des grands vertébrés selon laquelle « les prédateurs ne peuvent pas être utilisés pour contrôler les populations de proie », semble se vérifier sur les populations d'insectes de cette communauté, mais à la différence ici que les prédateurs ne prélèvent pas que l'excédent de la population tel qu'énoncé par Barbault, mais plutôt parce que les insectes prédateurs se nourrissent sur plusieurs variétés de proies.

Le second groupe d'ennemis naturels est représenté par les parasitoïdes. Toutes les espèces de déprédateurs rencontrées au cours de cette étude ont au moins un parasitoïde spécialiste mais seules *H. armigera* et *S. littoralis* n'ont pas de parasitoïdes identifiés dans notre étude. *Ceratitis capitata* qui est pourtant une espèce invasive présente la plus grande cohorte de parasitoïdes avec 06 espèces identifiées. Bien que les parasitoïdes, en raison de leur grande spécialisation soient plus efficaces que les prédateurs (Vayssières *et al.*, 2002), *C. capitata* reste le plus abondant et le plus redoutable des déprédateurs du piment. *Dacus punctatifrons* qui est pourtant un déprédateur natif de la région équatoriale, possède un seul type de parasitoïde en l'occurrence *Tetrastichus dacicida*. Les

femelles de ce parasitoïde ont un ovipositeur qui perfore le tégument de la plante avant de pondre leurs œufs dans les larves qui se trouvent à l'intérieur du fruit. L'effet de ces parasitoïdes sur les larves de *D. punctatifrons* est très important, notamment sur les larves pondues dans les variétés indigènes (qui ont de petit fruit à endocarpe très réduit). L'introduction des fruits améliorés à endocarpe très charnue favoriserait le développement de *D. punctatifrons* en les permettant de se développer au centre de gros fruits charnus, se mettant ainsi à l'abri de certaines espèces de parasitoïde dont le très court ovipositeur ne peut atteindre que les larves qui sont restées à la périphérie du fruit.

Pour ce qui est des Lepidoptera, un seul parasitoïde *Copidosoma floridanum* (Braconidae), parasitoïde de *Chrysodeixis chalcites*, s'est montré très efficace sur son hôte. L'efficacité de ce dernier viendrait du fait qu'il effectue la polyembryonie qui est l'aptitude à effectuer à partir d'un œuf, plusieurs divisions (mitoses) donnant ainsi plusieurs individus à l'émergence. Ce trait de vie du parasitoïde serait une des raisons de la non pullulation de *C. chalcites* au cours de nos travaux. Plus de $\frac{3}{4}$ des larves de ce papillon retrouvées en champ étaient parasitées. En effet, les parasitoïdes Braconidae sont connus pour leur efficacité contre les chenilles foreuses de fruits, comme cela a été noté par Thanavedan & Jeyarani (2010).

III.2.2. Impact et statut agronomique des carphages associés à *L. esculentum* et à *C. annuum*

Globalement, les variétés locales, que ce soit celles de la tomate ou celles du piment, sont moins susceptibles aux attaques des insectes que les variétés améliorées ou exotiques. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que, les variétés locales ont des fruits de très petites tailles qui offrent moins de ressources alimentaires aux déprédateurs par rapport aux fruits exotiques ou améliorés qui sont très charnus. L'explication peut aussi tenir du fait que les variétés locales auraient développé des mécanismes de résistance suite au contact permanent avec leurs ravageurs (Erbout, 2010).

Dans nos résultats, les pertes de rendement de tomate varient significativement en fonction des variétés et des sites. Ces pertes sont principalement le fait de deux insectes qui ont d'ailleurs acquis le statut de ravageurs en raison de leurs taux d'infestation très élevée, supérieur à 10 % (Navarajan, 2007). Il s'agit de *D. punctatifrons* d'abord et ensuite de *H. armigera*. D'autres déprédateurs comme *C. chalcites*, *S. litoralis* sont considérés comme les déprédateurs secondaires qui s'alimentent sur la tomate, sans toutefois lui infliger des dégâts préjudiciables (Navarajan, 2007). En effet, il est dit de *D. punctatifrons* qu'il était un déprédateur de Cucurbitaceae et des variétés de tomates sauvages (Nonveiller, 1984).

Il se trouve aussi que dans la zone de savane, les fruits sont plus susceptibles aux attaques de déprédateurs que dans la zone forestière. Ceci s'expliquerait par l'agrégation des déprédateurs sur les espaces cultivés qui, pour les insectes seraient les seuls lieux de reproduction car les autres végétaux des environs sont constitués de Poaceae qui ne peuvent servir ni de nourriture, ni de site de ponte. Pendant les saisons sèches qui sont par ailleurs les saisons de grandes productions de tomate, les feux de brousses dans les savanes environnantes favorisent davantage l'agrégation des insectes sur les parcelles cultivées. L'espèce *H. armigera*, était connue comme causant plus de ravages sur les capsules de cotonnier ; il est observé sur la tomate la première fois au Cameroun par (Djiéto & Aléné, 2006). Ce ravageur qui est très vorace semble concentrer sa reproduction plutôt sur les fruits de tomates qui seraient plus nutritives que les capsules de cotonniers. Nos résultats se rapprochent des modèles classiques du système plantes hôte–ravageur établi par (Barbault, 1997). Selon ces modèles, « les insectes qui se nourrissent de façon naturelle sur une plante deviennent difficilement des ravageurs de cette plante » en ce sens que ces insectes prélèvent bien leurs aliments sur les plantes sans que les taux d'infestations n'atteignent les seuils de nuisibilité. Par contre sur les variétés de tomate améliorées introduites, ces insectes deviennent de véritables ravageurs avec des taux d'infestations pouvant atteindre 40 % de fruits endommagés. Ce résultat confirme les résultats de sondages effectués auprès des maraîchers qui avaient signalé les attaques de plus en plus croissantes d'une « mouche brune » et d'une chenille foreuse de fruit sur la tomate. Cette même «mouche brune» avait aussi été signalée par Tindo & Tamo (1999) comme responsable de l'abandon des jardins par certains agriculteurs dans le centre du Cameroun.

De même que sur la tomate, deux insectes ont acquis le statut de ravageurs sur le piment. Il s'agit de *C. capitata* et de *C. leucotreta* dont les taux d'infestation peuvent atteindre 50% pendant les saisons de fortes pullulations, ce qui est très supérieure au seuil de 10% (Navarajan, 2007). En Amérique du Nord, Boucher *et al.* (2005) signalent que le principal ravageur de *C. annuum* est *Zonosemata electa* et que leur taux d'infestation se situe entre 8 et 36% sur les parcelles n'ayant subi aucun traitement.

Contrairement aux observations de Riley qui notent que les déprédateurs de plantes ne sont généralement pas un danger dans leurs aires d'origine à cause de la présence de leurs ennemis naturels. Nos travaux révèlent de fortes pullulations des espèces comme *D. punctatifrons*, *C. chalcites* et *C. leucotreta* qui sont pourtant dans leur aire d'origine. Ceci pourrait s'expliquer par l'introduction des sources d'alimentation bien plus abondantes et plus nutritives qui sont ici les variétés de tomate et de piment améliorées ; ce qui créent une modification importante au niveau de la qualité et même de la quantité de leur alimentation. Au Cameroun, *D. punctatifrons* serait devenu

un problème quelques années après le début de l'essor de l'activité maraîchère, c'est-à-dire vers les années 1987 (Tindo & Tamo, 1999). Pourtant, cette mouche vivait bien avant sur les variétés de tomates sauvages. Il est important de noter que l'endocarpe des variétés de tomates sauvages est peu charnu (moins de 1 cm d'épaisseur) ; or, les larves de Dacinae affectionnent cette partie charnue du fruit et évitent d'aller dans la partie centrale du fruit qui est souvent gorgée d'eau de peur de se noyer. C'est ce comportement de la larve des Dacinae qui donne un avantage certain aux parasitoïdes qui réussissent à transpercer l'épiderme et la pulpe des fruits pour pondre dans les œufs et/ou les jeunes larves de ces mouches. Or, avec les nouvelles variétés, notamment la variété Rio grande, qui ont des fruits à mésocarpe très charnu et contenant moins d'eau, les larves se déplacent profondément à l'intérieur du fruit, échappant ainsi à l'action du parasitoïde dont l'ovipositeur ne pourra plus les repérer. Cette modification de l'environnement de ponte aurait favorisé la pullulation de *D. punctatifrons* bien qu'il soit dans son milieu originel. Ainsi à la remarque de Riley, il faudra ajouter que ceci n'est vrai que lorsque les conditions environnementales, notamment, trophiques restent stables.

En plus, il ressort aussi de nos travaux que les taux d'attaques sont plus élevés dans les zones de savanes que dans les zones de forêts. Plusieurs paramètres du système végétation/déprédateurs/ennemis naturels pourraient expliquer cela. On peut par exemple penser que l'hétérogénéité des niches trophiques qu'offre la grande diversité de la végétation forestière offrirait plus de variétés d'aliments aux déprédateurs dans la zone de forêt que dans la zone de savane où la végétation est presque homogène et constituée majoritairement de Poiceae. En outre, la grande diversité végétale favoriserait non pas seulement la diversité des niches trophiques mais aussi des ennemis naturels, en particulier des Hymenoptera parasitoïdes dont le nectar des fleurs de ces essences végétales leur sert très souvent d'aliments (Altieri, 1997). Tews *et al.* (2004) ont montré qu'il existe une corrélation positive entre l'hétérogénéité de l'habitat et la diversité des espèces animales. Ces deux phénomènes mis ensemble augmenteraient la complexification, la structuration et l'organisation des communautés dans la zone de forêt. Cette richesse spécifique accroît les interactions biotiques entre les espèces. Ces interactions multiples favoriseraient le développement des mécanismes de stabilisation dans les populations et dans les communautés d'insectes. Par contre, la complexité des interactions biotiques serait limitée en zone de savane.

Beaucoup d'organismes phytophages, du fait de la pauvreté de leurs plantes hôtes en protéines, doivent consacrer la majeure partie de leur existence à se nourrir pour croître normalement. Cette disposition biologique pèse malheureusement sur les fruits des plantes surtout

quand leur ravageur est spécialiste. Par exemple, une seule chenille de *H. armigera* détruit à elle seule 07 fruits avant d'achever son développement larvaire.

III.2.3. Spectre d'hôtes et répartition géographique des carpophages

L'espèce *Ceratitis capitata* est identifiée dans ce travail comme déprédateur de plus de 4 familles de plantes. Christenson & Foote (1960) signalent qu'il est déprédateur de plus de 200 espèces de plantes. Le succès écologique de ce Diptère serait dû à ses facteurs intrinsèques telsques sa grande capacité de reproduction et sa mobilité. En effet, cet insecte est multivoltine avec plusieurs générations par an et est doté d'une grande capacité de déplacement des individus. Ce déprédateur peut se déplacer sur des distances entre 50-100 Km comme beaucoup d'espèces de Tephritidae (Christenson & Foote, 1960). En plus, la grande gamme de ses plantes hôtes contribue à son succès. L'espèce est pour la première fois signalée comme étant le principal déprédateur de piment au Cameroun. Ce résultat est en contradiction avec l'observation de Duyck *et al.* (2008) qui pensaient que les plantes du genre *Capsicum* spp., en raison de la toxicité des matabolites secondaires qu'ils produisent, ne pouvaient pas servir de plante hôte pour *C. capitata*. Ce déprédateur a été retrouvé sur tous les sites prospectés. Il est antérieurement signalé par Nonveiller (1984) dans le Centre Cameroun comme déprédateur *Citrus* spp. (le citronnier, le pamplemoussier et l'oranger). Il est important de signaler qu'au Cameroun, actuellement l'espèce de mouche rencontrée pendant la période d'échantillonnage sur les *Citrus* spp c'est plutôt *Bactocera invadens*. Cette espèce invasive est actuellement en train d'envahir le Cameroun puisqu'elle colonise les goyaves et les mangues (Ndzana Abanda *et al.*, 2006). L'effet « switching » c'est-à-dire changement de plante hôte par *C. capitata* serait due à la compétition. L'espèce nouvellement introduite serait plus compétitive et aurait obligé son rival à changer d'hôte. *C. capitata*, bien qu'elle soit aussi une espèce invasive, aurait modifié sa préférence sous la pression de compétition pour se rabattre sur le piment, qui lui-même est un biotope de ponte occupé depuis longtemps par *C. leucotreta* qui, contrairement aux deux espèces précédentes, était une espèce native. *C. capitata* est une espèce cosmopolite et on la retrouve actuellement en Afrique du Nord (Drew, 2004), d'où elle serait native, jusqu'à La Réunion (Duyck *et al.*, 2008). Elle se retrouve aussi en Europe du Sud et Centrale (Rigamonti, 2004), où elle est reconnue comme principal déprédateur du pommier ; elle est retrouvée également en Asie (Kapsi *et al.*, 2002). Par ailleurs, elle est également signalée en Amérique du Nord, Hawaii par Reuven *et al.* (2001) sur les graines de caféier. En Amérique du Sud, elle est connue comme étant un déprédateur principal des papayes (Joachim- Bravo *et al.*, 2001 ; Fernandes-da-Silva & Zucoloto, 1993).

Si *D. punctatifrons* était précédemment signalée par Hannock (1989) comme déprédateur de Cucurbitaceae, de tomate sauvage et des fruits de mangues, il semble aujourd'hui restreindre ses

hôtes à la tomate et aux Cucurbitaceae. La rude compétition que lui imposent les nouvelles espèces invasives telles que *B. invadens* et *H. armigera* aurait contribué à la restriction de son spectre d'hôtes. Contrairement à l'observation de Drew (2004), selon laquelle la majorité des insectes déprédateurs de la zone forestière où ils sont natifs se développent très souvent sur une large gamme de plantes appartenant à plusieurs familles, le présent travail, comme celui de Ntonifor & Okolle (2005), montre plutôt un spectre d'hôtes très étroit. Deux familles de plantes seulement (les Solanaceae et Cucurbitaceae) sont parasitées par cette mouche. Ce ravageur semble être resté confiné dans son aire de répartition originelle puisqu'il n'a jamais été signalé dans d'autres aires géographiques autres que la zone de forêt équatoriale humide. *D. punctatifrons* serait endémique de la zone équatoriale forestière car elle est très sensible aux variations de l'environnement physique, notamment la température.

De façon générale, la compétition inter-spécifique serait l'une des causes du choix des plantes hôtes chez les diptère téphritidés. Les préférences trophiques chez ces mouches qui ont longtemps été explorées par des écologistes ne seraient pas la seule cause qui oriente le choix de la plante hôte dans le milieu naturel, car plusieurs expériences d'élevage ont montré que les larves de certains Tephritidae se développaient mieux sur les fruits dont ils ne sont pas naturellement les déprédateurs. De plus, le fait que la préférence trophique des déprédateurs change en fonction du site, montre bien que la constitution nutritionnelle des fruits ne serait pas le premier facteur responsable du choix des plantes hôtes par les déprédateurs. Ces différentes observations montrent que les espèces natives sont souvent moins compétitives car affaiblies par le manque de compétitions.

La polyphagie de ces déprédateurs serait due en partie à la présence dans les sites d'étude de plusieurs autres plantes hôtes. En effet, Novotny & Basset (2005) pensent que la diversité des ressources alimentaires sur un site favoriserait la circulation des déprédateurs entre les plantes hôtes en présence. En réalité, aucun être vivant ne peut tolérer toutes les conditions environnementales. Chaque espèce sélectionne un ensemble de conditions climatiques convenables à son épanouissement (Molles, 2008). Donc les facteurs trophiques et physiques seraient à la base respectivement du choix de la plante hôte et ensuite de l'aire géographique qui les convient.

Le lépidoptère *H. armigera* est déprédateur de plus de 12 familles végétales et la compétition trophique qui l'oppose à la mouche *D. punctatifrons* ne semble pas constituer un frein pour son développement et son épanouissement sur la tomate. Ce papillon pourrait devenir encore plus dangereux si des efforts d'importation de leurs ennemis naturels ne sont pas faits ; car au cours de ce travail, aucune espèce de parasitoïde ne s'est attaquée à ses larves. De plus, la grande taille des chenilles et leurs voracités leur donnent un avantage sur les Diptera avec lesquels ils rentrent souvent en compétition sur la tomate. Cette compétition serait sans doute à l'origine de la séparation

dans le temps, de la période d'exploitation des plantes hôtes par les deux déprédateurs. Duyck *et al.* (2008) pensent que le climat peut être la cause première de la coexistence des déprédateurs sur le même fruit. Déprédateur primitivement connu en Afrique sur le cotonnier, *H. armigera* est récemment devenu un ravageur économiquement important pour les fruits de tomate (Djiéto-Lordon & Aléné, 2006). Ce ravageur est originaire de l'Europe et est aujourd'hui cosmopolite ; il est trouvé sur presque tous les continents, sa grande capacité de vol, la grande taille de ses larves, la capacité des larves à se mouvoir et à se nourrir sur plusieurs types de fruits leurs donnent certainement beaucoup d'atouts qu'ils utilisent pour s'adapter aux environnements les plus divers.

Le lépidoptère *Chrysodeixis chalcites* ou chenille arpenreuse est un déprédateur très polyphage. Il se nourrit à la fois sur les plantes cultivées et les plantes sauvages. En plus, il a été rencontré sur tous les sites prospectés au cours de notre étude. Cette polyphagie serait une des causes de sa non pullulation sur la tomate. De plus, le fait que cet insecte soit dans son milieu naturel, laisse penser qu'il posséderait des ennemis naturels avec qui il aurait subi une coévolution dans le temps. Ceci crée une stabilisation dans les populations de déprédateurs, d'où la non pullulation. L'action synergique des deux parasitoïdes dont la guêpe *Synagris (Paragris) sp.* et surtout un micro-hyménoptère, *Copidosoma floridanum*, contribuerait à réguler sa population. Plus de la moitié des chenilles élevées étaient parasitées par cette guêpe. En plus, l'aptitude à la polyembryonie de ce parasitoïde le rend hautement efficace car à partir d'une chenille parasitée, plus de 300 individus du micro-hyménoptère émergeront grâce aux mitoses répétées de l'œuf principal. Cette capacité biologique exceptionnelle de ces parasitoïdes aurait renforcé leurs aptitudes au parasitisme.

La répartition géographique des espèces de déprédateurs peut avoir trois explications possibles : les explications historiques, anthropiques et écologiques. Sur le plan historique, une partie des déprédateurs est pour la plupart constituée des espèces autochtones de la zone équatoriale qui ont co-évolué avec la flore locale et d'autres espèces exogènes introduites par le commerce intercontinental ou par la grande capacité de déplacement de certains. La répartition locale des espèces trouverait son explication beaucoup plus dans les facteurs écologiques ; dans ce cas, surtout les facteurs biotiques tels que la compétition et la prédation seraient les premières causes de cette répartition. Le fait d'avoir rencontré ces 04 insectes déprédateurs sur tous les sites prospectés et de proche en proche amènerait à penser que les populations de ces différentes espèces de déprédateurs seraient chacune, une sous-population des métapopulations réparties dans l'espace. Ces sous-populations gardent cependant des connections entre elles avec les échanges d'individus notamment au cours du commerce interurbain. Les facteurs abiotiques, ici, ne semblent pas avoir joué un grand rôle puisque de la zone de forêt du Centre (650 m d'altitude) à la zone de savane de l'Ouest (1200m),

ces déprédateurs ont été observés. C'est dire clairement que la vaste gamme de températures, pluviométries et même d'altitudes dans ces deux zones d'étude est tolérée par ces insectes.

III.2.4. Interactions trophiques déprédateurs/plantes hôtes

Les insectes subissent, eux aussi, les effets des plantes hôtes sur lesquelles ils se développent. Ces effets se manifestent sur certains paramètres biologiques. Par exemple la durée d'incubation des œufs et la durée de pupaison ne varient pas en fonction des traitements que ce soit pour *D. punctatifrons* ou pour *C. capitata*. Par contre les paramètres biologiques tels que la durée de développement larvaire, la longévité varient très significativement sur *D. punctatifrons* avec le type de traitement alimentaire. En effet, selon Christenson & Foote (1960) et Zucoloto (2001), le type d'alimentation est le premier facteur qui explique la croissance et le développement chez les Tephritidae. Le développement des larves de ces insectes est carrément stoppé sur l'orange et ceci pourrait être dû au fait que certaines substances contenues dans les oranges ne sont pas métabolisées par ces insectes. Sur *C. capitata* par exemple, l'effet des traitements alimentaires ne se manifeste pas sur le même caractère. Seule la longévité des insectes présente une variation significative en fonction des traitements alimentaires. L'orange qui a stoppé le développement de *D. punctatifrons* est par contre le substrat de prédilection de *C. capitata*. De Meyer (2001) confirme que les espèces polyphages comme *C. capitata* possèdent très souvent les mécanismes de contournement qui les rendent capables de métaboliser plusieurs espèces de fruits. En réalité, que ce soit pour *D. punctatifrons* ou pour *C. capitata*, dans les relations plantes hôtes-insectes, les plantes ne produisent pas seulement de la nourriture aux insectes, mais aussi des substances pouvant influencer leurs physiologies et même leurs comportements (Dicke & Huiler, 2003). Mabblerly (1997) cité par Erbout (2010) a montré que certaines plantes hôtes qui hébergent les déprédateurs contiennent très souvent les métabolites secondaires toxiques qui pourraient soit directement stopper ou ralentir le développement des larves en l'absence de mécanismes de tolérances, soit indirectement augmenter la performance des insectes carnivores en fournissant par exemple des refuges ou des substances chimiques tels que les phéromones (Vet Lem, 1999).

Les résultats obtenus à partir des tests alimentaires effectués en laboratoire confirment les observations sur le terrain selon lesquelles les femelles de Tephritidae sélectionnent minutieusement les meilleurs hôtes pour leur oviposition. Les deux résultats mis ensemble montrent que les femelles de ces mouches sélectionnent les substrats qui assureraient au mieux le développement de leurs descendances. Les traitements témoins de piment et de tomate (les hôtes naturels de ces insectes) offrent à leurs déprédateurs respectifs le temps de développement le plus court. En plus, quand les

insectes adultes sont élevés sur ces différents fruits, ils vivent plus longtemps sur la tomate que sur le piment, ceci confirme une fois de plus que cette dernière est la meilleure plante hôte. En effet, Christenson & Foote (1960), Zucoloto (2001) ont montré que le type d'alimentation (c'est à dire les constituants nutritionnels de base tels que les protéines, les glucides et les lipides) est le premier facteur qui explique la croissance et le développement chez les Tephritidae. La teneur en eau de trois fruits (tomate, pastèque et poivron) est semblable et le résultat des traitements à base de ces fruits est identique sur le développement des insectes. C'est dire que la quantité d'eau dans les fruits serait le constituant le plus important, car cela pourrait faciliter l'ingestion des nutriments à ces insectes. Christenson & Foote (1960) ont observé que les mouches laissées sans nourriture ni eau ont succombé dans les trois jours qui suivaient leur émergence. Ces auteurs ont ensuite noté qu'en présence d'eau, *C. capitata* vivait environ deux fois plus longtemps. Le développement des larves de *D. punctatifrons* est ralenti ou même simplement stoppé sur l'orange pendant que le développement de *C. capitata* est stoppé sur la mangue. Ainsi, le choix des plantes hôtes par *D. punctatifrons* et *C. capitata* serait la résultante d'un long processus de coévolution dans le temps. Whitham *et al.* (2006) pensent que les associations insectes/plantes gouvernent les processus écologiques et de l'évolution qui aboutissent à la naissance et disparition des espèces.

Cependant, si la qualité de l'alimentation était le premier facteur qui explique la croissance et le développement chez les Tephritidae tels qu'observé par Zucoloto (2001) au Brésil, Joachim-Bravo *et al.* (2001) par contre n'ont trouvé aucune relation entre la préférence d'oviposition des femelles et la performance larvaire chez *C. capitata* sur la papaye. De plus, Fernandes-da-Silva & Zucoloto (1993) ont aussi noté que les femelles de *C. capitata* ne pondaient pas préférentiellement sur les parties des fruits les plus nutritives. Si *C. capitata* est connue au Brésil comme principal ravageur du papayer, il est plutôt ravageur des fruits du pommier dans la région méditerranéenne et ravageur des citrus en Europe centrale (Rigamonti, 2004). Au Cameroun, il est ravageur principal du piment. Toutes ces observations sur l'historique des plantes hôtes indiqueraient que ces préférences alimentaires varient dans le temps et dans l'espace, ce qui conforte l'analyse selon laquelle le choix de l'hôte par un déprédateur ne serait pas seulement le fait d'une préférence alimentaire, mais beaucoup plus le résultat des interactions biotiques entre les espèces d'insectes et de plantes hôtes en présence sur le site.

Les ACP rapprochent les traitements alimentaires en fonction de l'effet qu'ils ont sur les paramètres biologiques des insectes. Ainsi pour la longévité, la durée de développement de L3 à la pupa et de la pupa à adulte, les larves de *D. punctatifrons* se comportent de la même façon sur la

tomate, la pastèque et le poivron. C'est dire qu'en cas d'absence de l'hôte préférentiel qui est la tomate, *D. punctatifrons* peut prioritairement se développer sur la pastèque, ou sur le poivron.

III.2.5. Dynamique des populations des déprédateurs qui ont acquis le statut de ravageurs

Les infestations des ravageurs sont observées tout le long de l'année, mais les taux d'infestations diffèrent selon les ravageurs, les sites d'étude, les mois et même d'une année à l'autre. Sur la tomate par exemple, les taux d'infestations dus à *D. punctatifrons* sont très importants pendant les mois d'avril, mai, juin, juillet, août, septembre, octobre sur le site de Koutaba ; mais sur le site d'Okola, ces taux d'infestation diminuent pendant les mois de juillet et août. Ces variations sont étroitement liées aux variations climatiques notamment la pluviométrie ; car la variation de l'infestation de ce ravageur semble suivre très fidèlement la variation de la pluviométrie, que ce soit sur le site à pluviométrie bimodale d'Okola ou sur le site à pluviométrie unimodale de Koutaba. La baisse de la population pendant les mois correspondant à la saison sèche serait aussi due à une baisse de la fécondité chez les femelles adultes, et surtout à la mortalité des imagos au cours de leurs émergences, due à l'assèchement du sol qui rend l'accès à la surface du sol impossible. Cette baisse de la population peut également être due à la dessiccation des pupes. Ce résultat corrobore celui de Aléné *et al.* (2008) qui ont montré que les variations climatiques étaient le principal facteur responsable de la fluctuation des populations du principal ravageur du *Ricinodendron heudelotii*, produit forestier non ligneux dont les fruits sont utilisés comme épices. L'autre ravageur de la tomate, *H. armigera* présente ses plus forts taux d'attaques pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février qui correspondent aux mois d'absence de *D. punctatifrons*. Cette variation du taux d'infestation dans le temps serait aussi liée à la présence ou l'absence d'espèces compétitrices sur les fruits qui possèdent deux ou plusieurs ravageurs. Reitz & Trumble (2002) ont montré que les compétitions inters-spécifiques pouvaient conduire au « déplacement compétitif » chez les insectes et arachnides. Ce déplacement tel que décrit par Barbault (1997) peut se faire dans l'espace ou dans le temps (Martínez-Ferrer *et al.*, 2008).

III.2.6. Influence des facteurs de l'environnement physique et biotique sur les taux d'infestations des ravageurs

La corrélation de Spearman montre que les attaques de *C. leucotreta* et *D. punctatifrons* sont positivement corrélées à la quantité de pluie. Cette corrélation est même très hautement significative avec le second ravageur. Par contre, la corrélation entre la quantité de pluie et les taux de déprédation de *H. armigera* et *C. capitata* est négative et non significative. Pour d'autres ravageurs tels que *C. chalcites*, leurs taux d'infestations ne semblent pas obéir strictement à la variation des pluies. La

température présente elle aussi une corrélation négative et non significative avec les taux de déprédation de *D. punctatifrons*, *H. armigera* et de *C. capitata*. Cette corrélation est négative et significative avec *C. leucotreta*. Le taux d'infestation des ravageurs n'est pas statique au cours de l'année ; il semble dicté par le rythme des saisons. Ces résultats corroborent celui de Khan *et al.* (2005) qui ont montré que les facteurs climatiques, quand ils agissent en synergie, ont un effet maximal sur la fluctuation des populations de Tephritidae et leurs taux d'infestation. Ces auteurs précisent enfin que la pluviométrie a la contribution majeure dans cette fluctuation. Un autre résultat similaire était obtenu par Hasyim *et al.* (2008) qui ont trouvé une corrélation positive entre la quantité de pluie et l'abondance de *Bactrocera tau*.

La photopériode influence aussi les activités de ces insectes, notamment le repérage de la plante hôte et le rapprochement sexuel. Nos résultats montrent que les pics d'activités notamment l'oviposition de *D. punctatifrons* et de *C. capitata* sont observés pendant les périodes d'éclairage et de température moyenne. Cet effet positif de la lumière sur ces deux Diptera s'inverse sur une famille de Lepidoptera dont la plupart des individus ont une activité nocturne, d'où le nom de Noctuidae donné à cette Famille. La photopériode est le facteur qui influence le plus l'oviposition chez *D. punctatifrons* et *C. capitata*. Vayssières *et al.* (2008) ont démontré pour beaucoup d'espèces de Tephritidae tels *Dacus dorsalis*, *Dacus tryoni*, *Dacus ciliatus* et *Dacus cucurbitae* que la luminosité était le principal stimulus de l'activité sexuelle.

D'autres facteurs dits biotiques influencent aussi la dynamique des populations. Les effets densité-dépendants dus à la compétition intra-spécifique observée chez les larves de Diptera quand elles sont nombreuses dans un fruit, conduisent à des changements quantitatifs tels la mort des larves due à la réduction de la quantité de nourriture. Cet effet négatif (pour la fitness de l'insecte) de la compétition intra-spécifique des larves a été observé par Reuven *et al.* (2001) sur la mouche Méditerranéenne. Barbault (1997) et Molles (2008) pensent que l'effet ultime de la compétition intra-spécifique est logiquement le changement qualitatif qui affecte la descendance par l'affaiblissement physiologique des individus qui en sont issus. Les observations faites dans ce travail ne semblent pas confirmer cette diminution automatique de la contribution des individus affectés à la génération suivante. Il est observé que les femelles gravides de *D. punctatifrons* en concurrence pour les sites de pontes, sous la pression de leurs congénères, sélectionnent le meilleur substrat de ponte. Elles développent des comportements de protection de leurs œufs qui vont jusqu'à la production des substances chimiques qu'elles déposent autour du point d'oviposition en faisant de multiples déplacements rotatifs. Ntonifor & Okolle (2006) ont observé ce phénomène sur *D. punctatifrons* et pensent que la substance chimique en question serait une phéromone qui aurait effectivement pour rôle d'éloigner ses congénères du point d'oviposition. Cette compétition entre les

femelles gravides de *D. punctatifrons* est une illustration de l'effet positif de la densité-dépendance. Vue sous cet angle, la protection des femelles apportées à leurs œufs pourrait augmenter les chances des larves qui en naîtront en les évitant de la compétition avec les larves provenant d'une autre femelle. Ces effets positifs de la densité-dépendance se rapprochent de ce que Courchamp *et al.* (2008) ont appelé « Effet Allee » baptisé du nom du premier écologiste Warder C. Allee qui a défini pour la première fois les effets positifs de la densité des populations sur les invasions des Tephritidae. Les effets, cet auteur a montré qu'un individu d'une espèce qui est sujet à cet effet souffrirait d'une diminution de certains paramètres de sa fitness quand la densité de ses conspécifiques est faible. En plus, l'étude menée par Reuven *et al.* (2001) sur *C. capitata*, un autre Tephritidae, a montré que, l'effet de la densité des larves ne s'était pas fait ressentir ni sur la vitesse de croissance des larves, ni sur le poids.

Le cannibalisme comme effet de la compétition intra-spécifique est pour la première fois observé chez les larves de *H. armigera* élevées au laboratoire. Ce cannibalisme serait ainsi la conséquence la plus grave de la compétition intra-spécifique chez les chenilles de ce papillon. Certainement, en conditions naturelles, ceci n'aurait pas été possible en raison de la capacité pour la larve la plus jeune d'éviter ou de s'enfuir en cas d'attaque par les larves les plus âgées. C'est sans aucun doute ce qui fait que pour ces chenilles, il est généralement difficile, voire impossible de rencontrer deux larves sur un même fruit ou sur une même grappe en champ surtout quand ces larves ont des âges et des tailles différents. Ce comportement prédateur des chenilles de *H. armigera* est très inhabituel chez les larves de Lepidoptera à régime alimentaire très souvent uniquement herbivore. Un autre exemple aussi bien surprenant de chenille prédatrice spécialisée a été observé à Hawaii sur le genre *Eupithecia* par Montgomery (1982) cité par Futuyma (2005).

Quant à la compétition inter-spécifique, le changement de comportement a été le plus observé. On peut citer : la spécialisation alimentaire observée entre les larves de *C. capitata* et de *C. leucotreta* sur le piment ; le décalage dans le temps de la période d'exploitation de la ressource observée entre les larves de *D. punctatifrons* et *H. armigera* sur les fruits de tomate. Au vu des différents effets ci-dessus observés, la compétition apparaît comme étant un facteur de l'amélioration de la compétitivité des individus de ces espèces. C'est pour cela que, la plupart des espèces introduites deviennent souvent invasives telles que *H. armigera* et *C. capitata* et seraient plus compétitives que leurs compétitrices respectives *D. punctatifrons* et *C. leucotreta* qui sont natives. À la suite de Barbault (1997), Miller & Harley (2007) qui ont montré que quand les membres de deux espèces différentes compétissent pour une ressource, une espèce peut être forcée à se déplacer ou disparaître, ou les deux espèces peuvent se partager la ressource et coexister. Ces observations

laissent penser même que plus l'intensité de la compétition inter-spécifique est élevée, plus les individus des espèces reformeraient leurs stratégies d'adaptation par exemple la capacité de coloniser de nouveaux types de fruits en repoussant les espèces locales précédemment présentes. Au contraire, les espèces qui ne subiraient pas de compétition constante du fait de leur faible densité ou de l'abondance des ressources seraient affaiblies et pourraient facilement être remplacées par des espèces exogènes concurrentes qui sont souvent plus compétitives. Ceci serait l'explication du changement du type de fruit par les insectes dans différentes parties du globe. La compétition serait le principal facteur de la coévolution des espèces, car beaucoup d'espèces pourraient coexister (se partager la même ressource) et par la suite conduire à des exclusions de certains espèces de leur ressource alimentaire originel. Reitz & Trumble (2002) décrivent le déplacement compétitif comme étant la conséquence la plus grave de la compétition inter-spécifique chez les insectes. La spécialisation alimentaire des espèces déplacées peut entraîner les modifications au niveau morphologique et même génétique qui pourraient à la longue évoluer en espèces différentes.

Les prédateurs rencontrés dans les jardins sont essentiellement des araignées (Ewunkem *et al.*, 2016), des guêpes et des fourmis, bien que leurs contributions dans le prélèvement des chenilles, des asticots et parfois les adultes des déprédateurs fussent très réduites, entre 1 et 10 % seulement. Van Mele *et al.* (2007) ont trouvé que les fourmis du genre *Oecophylla longinoda* à elles seules contribuaient entre 1 et 25 % dans le control des larves des mouches des mangues *Ceratitis* sp. et *Bactrocera invadens*. La différence entre ces taux de prélèvement serait due au fait que *Oecophylla longinoda* qui est une fourmi arboricole serait plus vorace en raison de la faible diversité des proies sur les arbres. Au contraire, les fourmis comme *P. megacephala*, *Crematogaster* sp. et *Myrmecaria opaciventris* qui sont les fourmis terricoles, ont des sources protéiques variées quand elles se déplacent sur le sol, ce qui réduit leur pression de prédation sur les larves de *C. capitata* et de *D. punctatifrons*. En général, le rôle des fourmis et des araignées comme auxiliaires de la lutte biologique est très souvent discuté dans les agrosystèmes à base de cultures maraîchères à cause du caractère très varié de leurs proies (Djiéto-Lordon *et al.*, 2014). Les toiles que ces araignées tissent entre les plantes par exemple ne piègent pas que des déprédateurs, mais aussi, beaucoup de parasitoïdes et prédateurs. Ce rôle d'auxiliaire est aussitôt biaisé par la capture des insectes bienfaiteurs à l'agriculture. Un autre effet induit de la prédation (la coloration cryptique) est observé pour la première fois chez les larves de *H. armigera*. Le type de camouflage que ces chenilles développent est très souvent observé chez les papillons adultes qui se mettent ainsi à l'abri des oiseaux insectivores Miller & Harley (2007) l'ont observé chez les papillons du genre *Heliconius*.

Les parasitoïdes, quant à eux, présentent les taux d'infestations les plus élevés. Certaines espèces de la famille des Eulophidae comme *Tetratichus dacicida* parasitent à plus de 27 % les

larves de *C. capitata* et d'autres encore comme *Copidosoma floridanum* infestent à plus de 50 % les larves de *C. chalcites*. Cette étude observe que les parasitoïdes de la famille des Eulophidae, bien que peu diversifiés en espèces, sont les plus efficaces dans les jardins. Par contre, les espèces de la famille des Braconidae sont très diversifiées. Vayssières *et al.* (2002) notent que les Braconidae sont les parasitoïdes les plus utilisés en Afrique de l'Ouest dans les systèmes de luttés intégrées contre les Tephritidae. Bien que les prédateurs et parasitoïdes soient présents dans les jardins, Etienne & Delvare (1987) pensent que le parasitisme naturel n'est pas suffisant pour maintenir les ravageurs à un niveau non dommageable sur le plan économique. C'est pour cela que, certaines pratiques culturales telles que l'aménagement des agrosystèmes (pour qu'ils soient favorables aux ennemis naturels et défavorables aux ravageurs), la rotation cultures, le choix des semences et surtout le choix des périodes de semis doivent être mis au premier plan dans une stratégie de lutte intégrée contre les insectes.



**CONCLUSION,
RECOMMENDATIONS ET
PERSPECTIVES**

Conclusion

L'étude de l'écologie des insectes prédateurs associés aux fruits de *L. esculentum* et *C. annuum* dans la région forestière du Sud Cameroun était l'objectif principal de cette thèse.

De cette étude, il ressort que l'arthropodofaune globale associée aux fruits de ces deux plantes est riche et très variée. Soit 11 espèces et 08 familles appartenant à 04 ordres et 10 espèces et 06 familles appartenant à 04 ordres ont été rencontrés sur la tomate à Okola et à Koutaba respectivement. Sur le piment, 09 espèces et 07 familles appartenant à 03 ordres ont été identifiées sur les deux sites. Des 11 prédateurs identifiés sur la tomate, seuls *H. armigera*, et *D. punctatifrons* ont acquis le statut de ravageur. D'autres prédateurs comme *C. Chalcites*, *S. littoralis* se nourrissent sans causer de véritable préjudice. Ils sont qualifiés de prédateurs mineurs. D'autres encore tels que *D. bivittatus*, *Cletus* sp. et *Spillothetus* sp. s'attaquent occasionnellement aux fruits de *L. esculentum* quand les cultures de Cucurbitaceae sont proches des jardins pour le premier prédateur et quand les Amarantaceae sont proches des jardins pour les deux derniers. De même, des 9 prédateurs identifiés sur le piment, *C. capitata*, *C. leucotreta* et *L. orbonalis* sur la variété Chili uniquement ont acquis le statut de ravageur. Ces ravageurs ont en général présenté un taux d'infestation plus élevé sur le site de savane que sur le site de forêt à cause du type de végétation environnante qui était très homogène d'une part et très hétérogène d'autre part et aussi à cause de la complexité des réseaux trophiques qui varient dans les deux sites.

Tous les prédateurs de ces plantes sont polyphages. Le choix de leurs plantes hôtes est le résultat de la qualité nutritive de ces dernières et des interactions biotiques qui existent entre les prédateurs de la même guildes qui peuvent soit modifier, soit orienter le choix de la plante hôte par les insectes. La relation plante hôte-insecte est une relation dynamique ; les prédateurs des différents fruits varient en fonction des sites, des plantes hôtes présentes et même en fonction de la présence ou de l'absence d'autres insectes compétiteurs. Le changement de plante hôte « switching » serait dû en partie à la disparition des variétés locales telles la tomate cerise de forêt et la tomate cerise de savane qui ont été progressivement remplacées par les variétés améliorées. Si, de façon certaine, les plantes subissent les agressions des insectes, elles développent aussi les mécanismes de résistance par la production des métabolites secondaires pour se protéger. De plus, certains fruits ralentissent ou stoppent tout simplement le développement de certaines larves.

Les taux d'attaques des insectes prédateurs sont toujours fortement corrélés à l'abondance de leurs populations. Les taux d'attaques ne sont pas stables tout au long de l'année, ils subissent les fluctuations temporelles. Sur la tomate par exemple, les dégâts causés par *D. punctatifrons* sont très

faibles pendant les mois de novembre, décembre, janvier et février et sont très importants de mars à mi-novembre avec un pic au mois de juillet. Toujours sur la tomate, les dégâts causés par *H. armigera* sont faibles de mars à mi-novembre, mais très importants pendant les mois de novembre, décembre et janvier. Sur le piment, les dégâts de *C. capitata* et *C. leucotreta* s'observent pendant les mêmes périodes. Les taux d'attaques sont très faibles entre avril et octobre ; ensuite ils croissent rapidement et atteignent le maximum entre septembre et décembre.

Les conditions de l'environnement abiotique telles que la température, la pluviométrie, sont les facteurs qui influencent le plus la dynamique de l'activité de ces insectes. Les corrélations de Spearman entre le taux d'attaque des fruits et ces paramètres ont montré des tendances significatives positives ou négatives en fonction des conditions de l'environnement physique et des espèces. Quand la température s'abaisse, les dégâts de *D. punctatifrons* augmentent alors que les températures élevées favorisent l'activité des déprédateurs tels que *H. armigera*, *C. leucotreta* et *C. capitata*. La pluviométrie élevée, quant à elle, favorise les dégâts causés par *D. punctatifrons* ; elle influence négativement les dégâts de *H. armigera*, *C. leucotreta* et *C. capitata*. La luminosité à son tour influence les périodes d'activités des insectes, d'aucun sont diurnes et d'autres nocturnes.

Les facteurs biotiques influencent eux aussi la dynamique de l'activité des insectes dans le temps et dans l'espace. La compétition pour le site de ponte observée chez les femelles de *D. punctatifrons* a induit chez ces insectes une évolution dans le comportement de ponte, dans la mesure où les femelles après l'oviposition secrètent des substances chimiques qui contribuent à repousser la ponte d'autres femelles concurrentes. Pour ce qui est de la compétition inter-spécifique, elle influence plutôt la répartition dans le temps de la période d'exploitation de la ressource.

Notre étude suggère aussi que les facteurs trophiques, les compétitions entre les espèces et les facteurs environnementaux agiraient de façon conjointe dans le choix des plantes hôtes par les insectes déprédateurs. Bien que l'action régulatrice naturelle des prédateurs et des parasitoïdes soit en général insuffisante pour maintenir les ravageurs en dessous du seuil économique, deux espèces de parasitoïdes qui effectuent la polyembryonie se distinguent par l'efficacité de leur parasitisme naturelle ; il s'agit de la micro hyménoptère *Copidosoma floridanum* (Encyrtidae), parasitoïde des chenilles de *Chysodeixis chalcites* et *Tetrastichus dacicida* (Eulophidae), parasitoïde de *C. capitata*.

Recommandations

Cette étude inventorie les insectes déprédateurs actuellement considérés comme une menace pour la production de tomate et de piment, étudie la variation annuelle de leurs attaques, et enfin découvre l'existence des ennemis naturels qui peuvent être un moyen de lutte naturel contre les menaces pesant sur la production agricole.

-Nous recommandons vivement aux maraîchers la pratique des cultures de contre saison, qui peuvent réduire significativement les pertes de leurs récoltes en choisissant les périodes de cultures intercalées entre les périodes de pullulation des insectes ravageurs. Particulièrement, pour les localités de Koutaba et d'Okola, les semis entre les mois d'octobre et novembre peuvent être d'un avantage certain sur la qualité des récoltes.

-Enfin, les agriculteurs devraient détruire les résidus après les récoltes pour préserver les cultures à la prochaine saison. Ces pratiques culturales sont facilement applicables, naturelles et moins coûteuses.

Perspectives

Pour la suite de ce travail, nous sommes amenés à nous poser quelques questions :

- Quelle est la répartition géographique de ces ravageurs dans la sous-région de l'Afrique centrale ?
- Quelles sont les aires d'origine de ces ravageurs et existent-t-ils dans ces aires d'origine des ennemis naturels efficaces capables de maintenir leurs populations en dessous du seuil de nuisibilité ?
- L'efficacité des parasitoïdes comme *T. dacicida*, *F. ceratitivorus* et *Opus* sp. étant avérée, comment faire pour les produire en nombre suffisant pour relâcher dans les jardins ?
- Quels sont les facteurs du milieu qui influenceraient la migration de ces insectes ?
- Quels sont les mécanismes de défenses naturelles de certaines plantes qui réussissent à repousser les insectes par la sécrétion des substances toxiques.
- Quels sont les facteurs qui expliqueraient le changement d'hôte par un ravageur en condition de sympatrie ?

Ces quelques interrogations et bien d'autres guideront les travaux futurs.

REFERENCES

- Aléné D.C., Djiéto-Lordon C., Burckhardt D., Messi J., 2008.** Population dynamics of Ricinodendron Psyllid, *Diclidophlebia xuani* (Hemiptera, Psylloidea) and its predators in Southern Cameroon. *Bulletin de la Société Entomologique Suisse*, 80: 87-103.
- Ali Ahmed D., Soltani N., Kellouche A., Mazouzi F., 2007.** Effect of soil texture and the burying depth of the larvae on some biological parameters of *ceratitis capitata* (Diptera: trypetidae). *African journal of Agricultural Research*, 2(3): 105-111.
- Altieri M.A., 1999.** The ecological role of biodiversity in agro ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 19–31.
- Aluja M., Mangan R.L., 2008.** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) host status determination: critical conceptual, methodological and regulatory considerations. *Annual Review Entomology* 53: 473-502.
- Amiet, J.-L., 2012.** *Les rainettes du Cameroun (Amphibiens Anoures)*. J.-L. Amiet & La Nef des Livres, Nyons-France, 591p.
- Andrewartha H. G., Birch L. C., 1960.** Some recent contributions to the study of the distribution and abundance of insects. *Annual Review of Entomology*, 5: 219-242.
- Anonyme, 1998.** *Reconnaissance des Hyménoptères parasitoïdes d'importance économique : clé iconographique pour l'identification des genres*. IITA/CIRAD/CNEARC, Cotonou. 312p.
- Anonyme, 2002.** *Le memento de l'agronome*. CIRAD/GRET/MAE, France, 1691p.
- Appert J., Deuse J., 1988.** *Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères*. CTA/Maisonneuve & Larose, Paris, Volume 1 & 2. 105p. + 268p.
- Arab L., Steck S., 2000.** Lycopene and cardiovascular disease. *The American Journal of clinical nutrition*, 71 (suppl.): 691-1695.
- Autrique A., Perreaux D., 1989.** *Maladies et Ravageurs des Cultures de la région des grands lacs d'Afrique centrale*. AGCD/ISABU, Bruxelles, 232p.
- Azo'o Ela M., 2003.** *Activité des insectes anthophiles des cultures sur Citrullus lanatus (Thumb) Mansf (Cucurbitaceae) à Nkolbisson, (Yaoundé-Cameroun) et son impact sur les rendements*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, 50p.
- Babin R., 2009.** *Contribution à l'amélioration de la lutte contre le miride du cacaoyer Sahlbergella singularis Hagl. (Hemiptera : Miridae). Influence des facteurs agro-écologiques sur la dynamique des populations du ravageur*. Thèse de Doctorat de l'Université Paul Valéry, Montpellier. 246p.

- Balagawi S., Vijayasegaran S., Drew A I R., 2005.** Influence of fruit traits on oviposition preference and offspring performance of *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) on three tomato (*Lycopersicon lycopersicum*) cultivars. *Australian Journal of Entomology*, 44: 97–103.
- Barbault R., 1997.** *Écologie générale : structure et fonctionnement de la biosphère* 4th éd. Masson, Paris, 286p.
- Bateman M.A., 1972.** The Ecology of fruit flies. *Annual Reviews of Entomology*, 17: 493-518.
- Baud P., Bourgeat S., Bras C., 2001.** *Dictionnaire de géographie*. Hatier, Italie, 509p.
- Beaud M., 1999.** *L'art de la thèse comment préparer et rédiger une thèse de doctorat un mémoire de DEA ou de maîtrise ou tout autre travail universitaire*. La Découverte, Paris, 175p.
- Belinga M., 2000.** *MINAGRI : Rapport annuel d'activité 1999/2000*. Yaoundé : Délégation Départementale du Mfoundi. MINAGRI, 44p.
- Betbeder-Matibet M., 1984-1989.** *Catalogue des insectes nuisibles aux cultures vivrières d'Afrique, de Madagascar et des Mascareignes*. IRAT/CIRAD, Montpellier, 120p.
- Bezzi M., 1915.** *The Syrphidae of the Ethiopian region based on material in the collection of the British Museum, with description of genus and species*. British Museum, London, 146p.
- Bijlmaker H.W.L., Verhoek B.A., 1995.** *Guide de defence des cultures au Tchad : Cultures vivrières et maraîchères*. Rapport FAO/PNUD CHD/88/001. FAO, Rome 414 p.
- Blackman R.L., Eastop V.F., 2000.** *Aphids on the World's crops. An identification and Information Guide*. John Wiley & Sons, 466p.
- Boisclair J., Estevez B., 2006.** Lutter contre les insectes nuisibles en agriculture biologique : intervenir en harmonie face à la complexité. *Phytoprotection*, 87 : 83-90.
- Bordat D., Arvanitaskis, 2004.** *Catalogues des arthropodes des cultures légumières d'Afrique de l'Ouest, Centrale, Mayotte et Réunion*. CIRAD, Montpellier, 291p.
- Bordat D., Daly p., 1995.** *Catalogue des principaux Arthropodes présents sur les cultures légumières de Nouvelle-Calédonie*. CIRAD/Mandat de gestion Nouvelle-Calédonie. Montpellier, 95p.
- Bordat D., Goudegnon E., 1991.** *Catalogue des principaux ravageurs des cultures maraîchères au Bénin*. CIRAD, Montpellier, 40p.
- Borror D.J., De Long Dwight M., Triplehorn C. A., 1976.** *An Introduction to the study of insects*. 4th ed. Holt, Rinchart and Wilnston, New York, 851p.
- Boucher J.T., Ashley R., Durgy R., Sciabarrasi M., Calderwood W., 2003.** Managing the Pepper maggot (Diptera: Tephritidae) using Perimeter Trap Cropping. *Journal of Economic Entomology*, 96(2): 420-432.

- Boucher J.T., Ashley R., and Adams R.J., 2005.** Quantifying Pepper Maggot (Diptera: Tephritidae) Oviposition and infestation Over Time. *Journal of Economic Entomology*, 98(2): 350-357.
- Brown Windy M., Melissa Hines, Briony A. Fane, Breedlove S. M., 2002** Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. *Hormones and Behavior*, 42: 380–386.
- Bruneau de Miré P., 1969.** Une fourmi utilisée au Cameroun dans la lutte contre les mirides du cacaoyer : *Wasmannia auropunctata* Roger. *Café Cacao Thé*, 13 : 209-212.
- Bruneau de Miré P., 1970.** Observations sur les fluctuations saisonnières d'une population de *Sahlbergella singularis* au Cameroun. *Café Cacao Thé*, 14 : 202-208.
- Burrack Hannah j., Zalom F. G., 2008.** Olive fruit fly (Diptera: Tephritidae) ovipositional preference and larval performance in several commercially important olive varieties in California. *Ecology and Behavior*, 101(3): 750-758.
- Cauquil J., 1993.** Maladies et ravageurs du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara. 2^e éd., CIRAD-CA, Paris, 92p.
- Christenson L.D., Foote R. H., 1960.** Biology of fruit flies. *Annual Review of Entomology*, 5: 171-192.
- CIPRE, 2000.** « L'agriculture urbaine et périurbaine à Yaoundé (Cameroun) ». *Situation d'une activité montante et controversée*. CIPRE, Yaoundé, 10p.
- Coley P.D. , Barone J.A., 1996.** Herbivory and plant defenses in tropical forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 27: 305-335.
- Colwell R.K., 2013.** *Statistical estimation of species richness and shared species from sample*. EstimateS 9.1.0 User's Guide. <http://purl.oclc.org/estimates>
- Copeland R.S., Wharton R.A., Luke Q., Demeyer M., 2002.** Indigenous hosts of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Kenya. *Annals of the Entomological Society of America*, 95: 672-694.
- Costa S.G.M., Querino R.B., Ronchi-Teles B., Penteadore-Dias A.M.M., Zucchi R.A., 2009.** Parasitoid diversity (Hymenoptera: Braconidae and Figitidae) on frugivorous larvae (Diptera: Tephritidae and Lonchaeidae) at Adolpho Ducke Forest Reserve, central Amazon region, Manaus, Brazil, *Brazilian Journal of Biology*, 69(2): 363-370.
- Courchamp F., Berec L., Gascoigne J., 2008.** *Allee effects in ecology and conservation*. Oxford University Press. Oxford, 267p.
- Darge P., 1983.** *Le Genre Charaxes Ochs (Lepidoptera : Charaxidae, Doherty)*. Sciences Nat., Compiègne-France, 135p+40 planches.

- Delvare G., Aberlenc H. P., 1989.** *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicales. Clés pour la reconnaissance des familles.* Prifas, Montpellier, 302p.
- De Meyer M., 2001.** Distribution patterns and host-plant relationships within the genus *Ceratitis* MacLeay (Diptera: Tephritidae) in Africa. *Cimbebasia*, 17: 219-228.
- Diamantidis A.D., Papadopoulos N.T., Nakas C.T., Shuang Wu, Muller H.G., and Carey J.R., 2009.** Life history evolutionary globally invading Tephritid: patterns of survival and reproduction in medflies from six world regions. *Biological Journal of the Linnean Society*, 97: 106-117.
- Dicke M., Hilker M., 2003.** Induced plant defenses: from molecular biology to evolutionary. *Journal of Ecology Basic and Applied Ecology*, 4: 3–14.
- Djiéto-Lordon C., Aléné D.C., 2002.** *Inventaire des insectes ravageurs et auxiliaires des cultures maraichères dans la région de Yaoundé.* Rapport-CIRAD, Yaoundé, 35p.
- Djiéto-Lordon C., Aléné D.C., 2006.** Inventaire diagnostique des insectes de quelques cultures dans les exploitations maraichères périurbaines dans la région de Yaoundé-Cameroun. In Bella Manga F., Harvard M. (eds) «*PCP-Grand Sud Cameroun. Actes atelier de présentation des résultats de recherche participative*». 21-23 février 2006, Yaoundé. pp.7-17.
- Djiéto-Lordon C., Heumou C.R., Elono Azang P.S., Aléné D. C., 2014.** Assessment of pest insect of *Capsicum annum* L.1753 (Solanacea) in a cultivation cycle in Yaoundé Cameroon. *International Journal of Biological and Chemistry Sciences* 8(2): 621-632.
- Dongmo C.T., Ndoumbe M. N., Parrot L., Poubom C., 2005.** Modélisation de la dynamique d'une horticulture périurbaine au Cameroun : Exemple du Sud Cameroun entre 1995 et 2004. *Rapport Atelier Agriculture et Développement Urbain en Afrique de L'Ouest et du Centre*, 13p.
- Dongmo T., Gockowski J., Hernandez S., Awono L.D.K., Mbang à Moudon R., 2005.** L'agriculture périurbaine à Yaoundé : ses rapports avec la réduction de la pauvreté, le développement économique, la conservation de la biodiversité et de l'environnement. *Tropicultura*, 23(3):130-135.
- Dongmo J.L., 1981.** *Le Dynamisme Bamiléké (Cameroun) Volume I : La maîtrise de l'espace agraire.* Thèse de Doctorat d'Etat Université de Yaoundé I, 421p.
- Drew R.A.I., 2004.** Biogeography and Speciation in the Dacini (Diptera: Tephritidae: Dacinae). *Bishop Museum Bulletin in Entomology*, 12: 165-178.

- Duyck P.-F., David P., Pavoine S., Quilici S., 2008.** Can host-range allow niche differentiation of invasive polyphagous fruit flies (Diptera: Tephritidae) in la reunion. *Ecological Entomology*, 10(1111):1365-2311.
- Dupriez H., De leener, 1987.** *Jardin et vergers d'Afrique*. « Terres et vie », Belgique, 354P.
- Ekesi S., De Meyer M., Mohamed S.A., Virgilio M., Borgemeister C., 2016.** Taxonomy, ecology, and management of native and exotic fruit fly species in Africa. *Annual Review of Entomology*, 61: 219–38.
- El Habi M., Sekkat A., El Jadd L., Boumezzough A., 2000.** Biologie d'*Hippodamia variegata*. Goeze (Col., Coccinellidae) et possibilité de son utilisation contre *Aphis gossypii* Glov (Hom., Aphididae) sous serres de concombre. *Journal of Apply Entomology*, 124: 365-374.
- Elono Azang P. S., 2008.** *Contribution à l'étude de l'Arthropodofaune de Capsicum annum Linné (Solanaceae) à Yaoundé*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I. 74p.
- Erbout N., 2010.** *Host plant toxicity, stenophagy and evolutionary radiation in phytophagous insects: genus Ceratitis (Diptera: Tephritidae) as ecological model*. Thèse de Doctorat/phD. Université de Gent, 177p.
- Erdal Y.N., Clive E.A., 1997.** The influence of chemical management of pests diseases and predatory arthropods associated with tomatoes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 70: 31-48.
- Etienne J., Delvare G., Aberlenc H.P., 1992.** Contribution à la connaissance de l'arthropofaune associée aux cultures de Casamance (Sénégal). *Bolletino di Zoologia e di Bachicoltura Ser. II*, 24(2): 159-193.
- Etienne J., Delvare G., 1987.** Les insectes associés au fruit de diakhatou (*Solanum aethiopicum*) en Casamance (Sénégal) composante de l'entomofaune et phénologie des principaux ravageurs. *Agronomie Tropical* 42-3.
- Ewunkem J.A., Ntonifor N.N., Mbua Parr C., 2016.** Bioecology OF *Heteropoda venatoria* (Linnaeus) (Araneae: Sparassidae) and its implications in a tropical banana agroecosystem. *Journal of Global Agriculture and Ecology*, 5(3): 164-175, 2016
- 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.
- Fontem D.A., Gumedzoe M.Y.D., Nono-Womdim R., 1999.** Biological constraints in tomato production in the western highlands of Cameroon. *Tropicultura*, 17: 88-92.

- Fomekon A., Messi J., Keukenou S., Tchuenguem-Fohouo F-N., Tamesse J.L., 2008.** Entomofauna of *Cucumeropsis manni* Naudin, its impact on plant yield and some aspects of the biology of *Dacus bivittatus* (Diptera : Tephritidae). *African Journal of Agricultural Research* 3:363-370.
- Frohlich K., Kaufmann K., Bitsch R., Bohm V., 2006.** Effects of ingestion of tomatoes, tomato juice and tomato puree on contents of lycopene isomers, tocopherols and ascorbic acid in human plasma as well as on lycopene isomer pattern. *British Journal of Nutrition*, 95:734-74.
- Futuyma D. J., 2005.** *Evolution*. Sinauer, Sunderland, 603p.
- Garcia-Marí F., 2010.** Seasonal and annual trends in field populations of Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata*, in Mediterranean citrus groves: comparison of two geographic areas in eastern Spain. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8(3): 757-765.
- Gasperi G., Bonizzoni M., Gomulski L.M., Murelli V., Torti C., Malacrida A.R., Guglielmino C.R., 2002.** Genetic differentiation, gene flow and the origin of infestations of the medfly, *Ceratitis capitata*. *Genetica*, 116:125-135.
- Gélinas L., 2000.** *Lutte biologique aux thrips sur concombre de serre : effets de la température sur la performance de Frankliniella occidentalis et sur la prédation exercée par l'acarien phytoseide (Amblyseius cucumeris)*. Mémoire de Master. Université de Laval, Laval, 71p.
- Giraud P.N., 1989.** *L'économie mondiale des matières premières*. La Découverte, Paris, 125p.
- Goureau J.M., 1974.** *Systématique de la tribu de Sxymnini (Coccinellidae)*. INA, Paris, 222p.
- Gotelli N.J., Anderson M.J., Arita H.T., Chao A., Colwell R.K., Connolly S.R., Currie D.J., Dunn R.R., Graves G.R., Green J.L., Grytnes J.-A., Yi-Huei Jiang, Jetz W., Lyons S.K., McCain C.M., Magurran A.E., Rahbek C., Rangel T.F.L.V.B., Soberón J., Webb C.O., Willig M.R., 2009.** Patterns and causes of species richness: a general simulation model for macro ecology. *Ecology Letters*, 12: 873–886.
- Grammont R.L., 1975.** *Économie mondiale*. Gammont S.A., Lausanne et Salvat. Editores S.A., Barcelone, Espagne, 142p.
- Grubben G.J.H., El Tahir I.M., 2004.** *Capsicum annum L.* in Grubben G.J.H., Denton O.A. (eds). *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2. Légumes*. Fondation PROTA, Wageningen, 737 p.
- Nonveiller G., 1984.** *Catalogue commenté et illustré des insectes du Cameroun d'intérêt agricole (apparitions, répartition, importance)*, (Fond de solidarité avec les pays en voie de

développement et du Gouvernement de la République Socialiste Fédérative de Yougoslavie), 210p.

- Hala N. F., Gnago A., Allou. K., Kouassi K. P., Vayssières J. F., De Meyer M., 2010.** Inventaire des Mouches des Fruits de Trois Régions Agro-écologiques et des Plantes-hôtes Associées à l'espèce Nouvelle, *Bactrocera (Bactrocera) Invadens* Drew *et al.* (Diptera: Tephritidae) en Côte-d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 46:062-072.
- Hancock, D.L., 1989.** Notes on some African Ceratitinae (Diptera: Tephritidae), with special reference to the Zimbabwean fauna. *Transactions of the Zimbabwe Scientific Association*, 63: 47-57.
- Hanson P., Chen J.T., Kuo G.G., Opena R.T., 2001.** *Suggest cultural practices for tomato.* AVRDC Learning Center, Shanshua, Taiwan, 6p.
- Hasyim A., Muryati, and W.J. de Kogel, 2008.** Population fluctuation of adult males of the fruit fly, *Bactrocera tau* Walker (Diptera: Tephritidae) in passion fruit orchards in relation to abiotic factors and sanitation. *Indonesian Journal of Agricultural Sciences*, 9(1): 29-33.
- Heumou C. R., 2008.** *Contribution à l'étude des ravageurs de tomate Lycopersicon esculentum L. à Yaoundé.* Mémoire de DEA Université de Yaoundé I, Yaoundé. 64p.
- Hodkinson Ian D., 2005.** Terrestrial insects along elevation gradients: species and community responses to altitude. *Biological Reviews*, 80: 3 489–513.
- Holland B., Unwin I.D., Buss D.H., 1991.** *Vegetables, herbs and species. The fifth supplement to McCance and Widdowson's The composition of foods. 4th éd.* Royal society of chemistry, Cambridge, 163p.
- Hubbell S.P., Johnson L.K., 1977.** Competition and next spacing in a tropical stingless bee community. *Ecology*, 58: 949-963.
- International Atomic Energy Agency, 2003.** *Trapping guidelines for area-wide fruit fly programmes*, IAEA, Vienna, 47p.
- James C. 2002.** *Global Review of Commercialized transgenic crops: 2001 Feature: Bt Cotton.* International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications. ISAAA Brief N^o26. ISAAA: Ithaca, NY.
- Joachim Bravo S.I., Zucoloto S. Fernando, 1998.** Performance and feeding behavior of *Ceratitidis capitata* : comparison of a wild population and a laboratory population. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 87 : 67-72.
- Joachim-Bravo S.I., Fernandes A. Odair, De Bartoli S.A., Zucoloto S. Fernando, 2001.** Oviposition behavior of *Ceratitidis capitata* Wiedemann (Diptera : Tephritidae) :

Association between oviposition preference and larval performance in individual females. *Ecology behavior and biometrics*, 30(4): 559-564.

- Jocelyn A. B., Sarah M., 2006.** Hyperparasitoids of the gum leaf skeletoniser, *Uraba lugens* Walker (Lepidoptera: Nolidae), with implications for the selection of a biological control agent for *Uraba lugens* in New Zealand. *Australian journal of Entomology* 22(3): 39-48.
- Kapsi R., Mossinson S., Drezner T., Kamensky, Yuval B., 2002.** Effects of larval diet on development rates of female Mediterranean fruit flies. *Physiological Entomology* 27: 29-38.
- Kengne Fodouop , De Jong A., 2002.** *Producteurs ruraux dans la crise au Cameroun : La province du Centre*. L'Harmattan, Paris, 164p.
- Kékeunou S., 2007.** *Influence de différents types de végétation de jachères sur les populations de Zonocerus variegatus (Orthoptera : Pyrgomorphidae) dans la zone de forêt humide du Sud Cameroun*. Thèse de Doctorat/PhD. Université de Yaoundé I, Yaoundé, 184p.
- Khan M.A., Ashfaq M., Akram W., Lee J.J., 2005.** Management of fruit flies (Diptera: Tephritidae) of the most perishable fruits. *Entomological Research* 35(2):79-84.
- Kuété, M., 1987.** *Etude géomorphologique du massif de Yaoundé*. Thèse de Doctorat 3^{ème} cycle Université de Bordeaux, Bordeaux, 279 p.
- Kumar R., 1991.** *La lutte contre les insectes ravageurs : la situation de l'agriculture africaine (régions tropicales)*. Karthala/CTA, Wageningen, 310p.
- Laterrot, H., 1995.** Breeding network to create tomato varieties resistant to tomato yellow leaf curl virus (TYLCV). *Fruits* 50(6): 439-444
- Larousse, 2002.** *Le petit Larousse illustré*. Larousse, Paris, 1786p.
- Lavabre E.M., 1992.** *Ravageurs des cultures tropicales*. Maisonneuve et Larousse, Paris, 178p.
- Leung, W.-T. W., Busson, F., Jardin, C., 1968.** *Food composition table for use in Africa*. FAO, Rome, Italy, 360 p.
- Letouzey R., 1985.** *Notice de la Carte phytogéographique du Cameroun au 1/500000. Domaine de la forêt dense humide toujours verte*. V.4. ICIV., Toulouse. pp 95-142.
- Magurran A.E., 2004.** *Measuring Biological diversity*. Blackwell Publishing, Malden-USA. 256p.
- Magurran A.E., McGill B.J., 2011.** *Biological diversity, frontiers in measurement and assessment*. Oxford University Press, Oxford, 359p.
- Mahob R.J., 2013.** *Pesticides de la filière cacao et essais de lutte intégrée contre Sahlbergella singularis Haglund 1985 (Hemiptera : Miridae) principal bioagresseur du cacaoyer (Theobroma cacao Linné) au Cameroun*. Thèse de Doctorat / Ph.D de l'Université de Yaoundé I, Yaoundé. 179p.

- Martínez-Ferrer M. T., Navarro C., Campos J. M., Marzal C., Fibla J. M., BARGUES L., Mattias J., Wratten S.D., Doug A. L., Gurr Geoff M., 2008.** Recent advances in conservation biological control of arthropods by arthropods. *Biological Control* 45: 172–175.
- Mbanye H., 2000.** *Contribution à l'étude de la faune des ravageurs et des insectes utiles de Lycopersicon esculentum Mill. et Capsicum annuum L.* Mémoire de Maîtrise Université de Yaoundé I, Yaoundé. 54p.
- Mbareck Ben K., Boujelben A., 2004.** Etude du comportement des cultures de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) et de piment (*Capsicum annuum* L.) conduites en ligne simples et ligne jumelées sous serre. *Tropiculta*, 22 (3): 97-103.
- Mehta K.S., Patyal S.K., Rana R.S., Sharma K.C., 2010.** Ecofriendly techniques for the management of *Helicoverpa armigera* (Hübner) in tomato. *Journal of Biopesticides*, 3:296-303.
- Messiaen C-M., 1989.** *Le potager tropical. 2nd éd.* ACCT/CILF. PUF, Paris, 580p.
- Michel B., Bounier J.P., 1997.** *Les auxiliaires dans les cultures.* CIRAD, 88p.
- Miller S.A., Harley J.P., 2007.** *Zoology: 7th Ed.* McGraw-Hill, News York, 588p.
- OEPP/EPPO., 2006.** *Exigences spécifiques de la quarantaine.* Document technique de l'OEPP N-° 1008 : 3p.
- MINADER /DESA/ 2012.** *AGRI-STAT N° 17 : Annuaire des statistiques du secteur Agricole campagnes 2009-2010.* MINAGRI, Cameroun, 123p.
- MINERESI/IRAD, 2005.** Zones Agro-écologiques, Centres, Stations, et Antennes, MINERESI/IRAD.
- Mokam D.G., 2007.** *Contribution à la connaissance de l'Arthropodofaune associée à Cucumis sativus LINNÉ (Cucurbitaceae) et à Lycopersicon esculentum Mill. (Solanaceae) dans la zone urbaine de Yaoundé.* Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Yaoundé. 84p.
- Mokam D.G., Djéito-Lordon C., Bilong Bilong C.-F. 2014.** Patterns of Species Richness and Diversity of Insects Associated With Cucurbit Fruits in the Southern Part of Cameroon. *Journal of Insect Sciences*,14(248): DOI: 10.1093/jisesa/ieu110.
- Molles Jr. M.C., 2008.** *Ecology: Concepts and Applications.* 4th ed. McGraw-Hill, New Mexico, 604p.
- Moral Garcia F.J., 2006.** Analysis of the Spatio-temporal Distribution of *Helicoverpa armigera* Hb.fdfdwa in a tomato field using a Stochastic Approach. *Biosystems Engineering*, 93 (3): 253–259.

- Murphy C.B., Rosenheim A.J., Dowell V.R., Granett J., 1998.** Habitat diversification tactic for improving biological control: parasitism of the western grape leafhopper, *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 87: 225-235.
- Nabors M., 2009.** *Biologie Végétale Structure fonctionnement, écologie et biotechnologies*. Person Education France, Paris. 614p.
- Navarajan P. A. V., 2007.** *Insect pests and their management*. Indian Agricultural Research Institute Indian, New Dehli, 68pp.
- N'Dépo O. R., Hala N.F., Gnago A., Allou K., Koussi K. P., Vayssières J. F., De Meyer M., 2010.** Inventaire des mouches de trois régions agro-écologiques et des plantes hôte associées à l'espèce nouvelle, *Bactrocera (Bactrocera) invadens* Drew et al. (Diptera : Tephritidae) en Côte- d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research*, 46 (1) : 062-072.
- Ndzana Abanda F.-X., Quilici S., Vayssières J.F., Kouodiekong L., Woin N., 2006.** Inventaire des espèces de mouches des fruits sur goyave dans la région de Yaoundé au Cameroun. *Fruit*, 63 (1) :19-26.
- Neba A. S., 1991.** *Géographie Moderne de la République du Cameroun* 2nd ed. Ed Neba, Camden, New Jersey, 211p.
- Nguegang P., Parrot L., Lejoly J., Joiris V., 2005.** Mise en valeur des bas-fonds de Yaoundé: système de production, savoir-faire traditionnel et potentialités d'une agriculture urbaine et périurbaine en développement. *Rapport de l'Atelier CIRAD : 30 Octobre-3 Novembre 2005 Yaoundé*, CIRAD, Yaoundé, 11p.
- Nguimdo J.D., 2007.** *Contribution à la recherche d'une stratégie de protection intégrée de Apium graviolens Linné (Apiaceae) contre Liriomyza trifolii Burges (Diptera-Agromyzidae)*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Yaoundé, 51p.
- Novotny V., Basset Y., 2005.** Host specificity of insect herbivores in tropical forests. *Proceedings of Royal Society B.*, 272: 1083-1090.
- Ntonifor N.N., Okolle J.N., 2006.** Bioecology of the fruit fly *Dacus punctatifrons* on tomato and Host range expansion. *Journal Tropical Agriculture and Food Sciences*, 34(2): 417-425.
- Ntonifor N.N., Parr M.C., Ewunkem J.A., 2012.** Seasonal Abundance and Distribution of the Huntsman Spider, *Heteropoda venatoria* (Sparassidae: Araneae) in Banana Agro-ecosystems in Cameroon. *Journal of Entomology*, 9: 79-88.
- Ntonifor N.N., Nsobinenyui D.N.S., Fokam E.B., Lum Fontem A., 2013.** Developing an Integrated Management Approach for the Fruit Fly *Dacus punctatifrons* on Tomatoes. *American Journal of Experimental Agriculture*, 3(3): 470-481.

- Nyabyenda P., 2005.** *Les plantes cultivées en régions tropicales d'altitude d'Afrique*. CTA, Bruxelles, 223p.
- Okolle J.N., Ntonifor N.N., 2005.** Field ovipositional behavior and laboratory studies on development of *Dacus punctatifrons* (Diptera: Tephritidae) on tomato. *Insect Sciences*, 12 : 393-398.
- Otiobo Atibita E.N., 2007.** *Activité de butinage et de pollinisation de Apis mellifera adansoni (Hymenoptera: Apidae) sur les fleurs de Hypericophyllum nauticaule Hutch (Astaceae) à Dang (Ngaoundéré, Cameroun)*. Mémoire de DEA. Université de Yaoundé I, Yaoundé, 50p.
- Parrella, M.P., Allen, W.W., Marishita, P., 1981.** Leafminer species causes California chrysanthemum growers new problems. *California agriculture*, 35: 28-30.
- Pedro C.S., Angelo P.P., 2006.** *Neosilba* (Tephritoidea: Lonchaeidae) Species Reared from Coffee in Brazil, with Description of a New Species Fruit Flies of Economic Importance: From Basic to Applied Knowledge. *Proceedings of the 7th International Symposium on Fruit Flies of Economic Importance 10-15 September 2006*, Salvador, Brazil pp. 187-193
- Pelletier J.L., 1969.** *Données générales sur la répartition des principaux types de sols de la région de Yaoundé*. ORSTOM, Paris, 24 p.
- Philouze J., Laterrot H., 1992.** La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Gallais A. and Bannerot H. (eds). *Amélioration des espèces végétales cultivées*. INRA, Paris, pp 379-391.
- Pinnars E., Dekker E., Amati M., China à Tam S., Van Lingen T., 1997.** *La culture de la tomate, du piment et du poivron*. CTA, Wageningen, 57p.
- Ravi M., Santharam G., Sathiah N., 2008.** Ecofriendly management of tomato fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Journal of Biopesticides*, 1(2): 234-137.
- Reckhaus P., 1997.** *Maladies et ravageurs des cultures maraîchères : à l'exemple de Madagascar*. GTZ-CTA-Margraf Verlag, Weikeisheim-Allemagne, 402p.
- Reitz S.T., Trumble J.T., 2002.** Competitive displacement among insects and arachnids. *Annual Review of Entomology*, 47: 435-465.
- Reuven D., Prokopy R.J., Jian J.D., 2001.** Effects of larval competition on survival and growth in Mediterranean fruit flies. *Ecological Entomology*, 26: 587-593.
- Rigamonti I.E., 2004.** Contributions to the knowledge of *Ceratitis capitata* Wied. (Diptera, Tephritidae) in Northern Italy: Observations on biology. *Bolletino di Zoologia Agraria e di Bachicoltura*, 36 (1): 89-100.

- Russell J.P., Hertz P.E., McMillan B., 2008.** *Biology: The Dynamic Science*, 2nd ed. Brooks/Cole, Australia. 1289p.
- Rwomushana I., Ekesi S., Gorrdon I., and KPO Ogol C., 2008.** Host plants and host plant preference studies for *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) in Kenya, a new Invasive fruit fly species in Africa. *Ecological and Population Biology*, 101: 331-340.
- Ryckewaert P., Fabre F., 2001.** Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures maraîchères à la Réunion. In AMAS (ed.) *Food and agricultural Research Council*, Réduit, Mauricius 99-103.
- Sarah M., Elias N. V., Lytton-Hitchins J.A., 2003.** Ants egg predators of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in Australian cotton crops. *Australian Journal of Entomology*, 42:349-351.
- SCF (Scientific Committee for Food) (2003d).** *Opinion of the Scientific Committee on Food on Carrageenan*. SCF/CS/NUT/IF/65 Final Report 18 May 2003.
- Scotti G., 1978.** *Les insectes et les acariens des céréales stockées*. AFNOR & ITCF, Paris, 236p.
- Shankara N., Van Lidt de J., De Goffau M., Hilmi M., Van Dam B., 2005.** *La culture de la tomate*. CTA, Wageningen, 105p.
- Steck G.J., Gillstrap F.E., Wharton R.A., Hartw G., 1986.** Braconid parasitoids of Tephritidae (Diptera) infesting coffee and other fruits in West-Central Africa. *Entomophaga*, 31: 59-60.
- Stoll G., 2002.** *Protection naturelle des végétaux en zones tropicales : vers une dynamique de l'information*. Margraf Verlag. Allemagne, 386p.
- Straub C. S., Finke L.D., Snyder E.W., 2007.** Are the conservation of Natural enemy biodiversity and biological control compatible goal? *Biological Control*, 45: 225-237.
- Suchel J.B., 1988.** Les climats du Cameroun domaine des climats subéquatoriaux et équatoriaux. In Suchel J.B. (ed.) *Les Climats du Cameroun*. Thèse de Doctorat d'Etat, V3. Université de Saint-Etienne. France, pp 795-1188.
- SCF (Scientific Committee for Food) (2003d).** *Opinion of the Scientific Committee on Food on Carrageenan*. SCF/CS/NUT/IF/65 Final 18 May 2003.
- Takashi Matsumoto, Takao Itioca, Takayashi Nishida, 2003.** Is Spatial Density –Dependent parasitism necessary for successful biological control? Testing a stable host-parasitoid system. *The Netherlands Entomological society*, 110: 191-200.
- Tamesse J.L., Messi J., Nguyen T.X., Quilici S., 1999.** Présence de *Trioza erythrae* Del guercio, le psylle des agrumes dans les principales zones éoclimatiques du Cameroun. *Fruits*, 54(5) : 311-321.

- Tchuenguem Fohouo F.N., 2005.** Activité de butinage et de pollinisation d'*Apis mellifera adansonii* Latreille (Hymenoptera: Apidae, Apinae) sur les fleurs de trois plantes à Ngaoundéré (Cameroun) : *Callistemon rigidus* (Myrtaceae), *Syzygium guineense* Var. *macrocarpum* (Myrtaceae) et *Voacanga africana* (Apocynaceae). Thèse de Doctorat d'Etat, Université de Yaoundé I, 103p.
- Temple L., 1999.** La tomate in Temple L., (ed) *Le marché des fruits et légumes au Cameroun : Quantification des flux – analyse des prix. Rapport projet fruits et légumes*, IRAD/CIRAD, Yaoundé pp 22-29.
- Tews J. Brose U., Grimm V., Tielborger K., Wichmann M.C., Schwager M., Jeltsch F., 2004.** Animal species diversity driven by habitat heterogeneity/diversity: the importance of keystone structures *Journal of Biogeography*, 31: 79–92.
- Thanavendan G., Jeyarani S., 2010.** Effect of different temperature regimes on the biology of *Bracon brevicornis* Wesmael (Braconidae: Hymenoptera) on different host larvae. *Journal of Biopesticides*, 3(2): 441-444.
- Tindo M., Tamo M., 1999.** La mouche des fruits *Dacus punctatifrons* (Diptera : Tephritidae) comme problème de production de la tomate dans la région de la Lékié (Sud-Cameroun). *Annales de la Société Entomologique de France* (N.S.), 35 (suppl.) : 525-527.
- Tindo M., Mbenoun Masse P. S., Kenne M., Mony R., Doumtsop Fotio A. Fotso Kuaté A., Djiéto-Lordon C., Fomena A., Estoup A., Dejean A., Foucaud J., 2011.** Current distribution and population dynamics of the little fire ant super colony in Cameroon. *Insectes Sociaux* DOI 10.1007/s00040-011-0202-x.
- Ulrichs C. & Keith R. Hopper, 2008.** Predicting insect distributions from climate and habitat data *BioControl*, 53:881–894.
- Van Der Vossen H. A. M., Nono-Womdim R., Messiaen C.M., 2004.** *Lycopersicon esculentum* Mill in Grubben G.J.H., Denton O.A. (eds). *Ressources végétales de l'Afrique tropicale* V. 2. Légumes. Fondation PROTA, Wageningen, 737 p.
- Van Mele P., Vayssières J.F., Van Tellingen E., Vrolijk J., 2007.** Effects of African weaver ant, *Oecophylla longinoda* in controlling mango fruits flies (Diptera: Tephritidae) in Benin. *Journal of Economic Entomology*, 100 (3): 695-701.
- Vayssières J.F., Wharton R., Delvare G. Fatogoma F., 2002.** Diversity and pest control potential of Hymenopterans Parasitoids of *Ceratitidis spp.* on mango in Mali. *Proceedings of 6th international fruit fly symposium 6-10 May 2002, Stellenbosch, South Africa* pp 461-464.
- Vet Lem, 1999.** From chemical to population ecology: Info chemical use in an evolutionary context. *Journal of chemical ecology*, 25: 31-49.

- Vicat J.P., Bilong P., 1998.** Introduction, Environnement et Paléo environnements. In «*Geosciences au Cameroun* ». Presses Universitaire de Yaoundé, 40p.
- Westphal E., Embrechts J., Mbouemboue P., Mouzong Boyomo., Westphal-Stevels J.M.C., 1981.** *Agriculture autochtone au Cameroun*. Veenman & Zonen B. V., Wageningen, 175p.
- White I.M., Elson-Harris M.M., 1994.** *Fruit flies of economic significance: Their identification and Bionomics*. CAB/, London, 601p.
- Whitham, T.G., Bailey, J.K., Schweitzer, J.A., Shuster, S.M., Bangert, R.K., Leroy, C.J., Lonsdorf, E.V., Allan, G.J., Difazio, S.P., Potts, B.M., Fischer, D.G., Gehring, C.A., Lindroth, R.L., Marks, J.C., Hart, S.C., Wimp, G.M. & Wooley, S.C., 2006.** A framework for community and ecosystem genetics: From genes to ecosystems. *Nature Reviews Genetics*, **7**: 510-523.
- Yede, 2015.** *Diversité des peuplements des Hémiptères dans les cacaoyères de la région du Centre Cameroun : impact économique et essai de lutte biologique*. Thèse de Doctorat / Ph.D de l'Université de Yaoundé I, Yaoundé, 174p.
- Youdeowei A., 2004a.** *Principe de la lutte intégrée. Guide N-° 4 : la pratique de la lutte intégrée en production maraîchère*. PPRSD, Accra, 49p.
- Youdeowei A., 2004b.** *Principe de la lutte intégrée. Guide N°2 : la pratique de la lutte intégrée en production de céréales et de légumineuses*. PPRSD, Accra, 57p.
- Zhao Y., Qian S., Yu W., Xue Z., Shen H., Yao S.W.D., 2002.** Antioxidant activity of lycopene extracted from tomato paste towards trichloromethyl peroxy radical CCL₃O₂. *Food Chemistry*, **77**: 209-212.



ANNEXES

Annexe 1. Liste des insectes recensés sur *Lycopersicon esculentum* et *Capsicum annum* et leurs indices de presence/ absence sur les sites.

Ordres	Espèces	Indices de presence /absence														
		Okola	Koutaba	Obala	Campus	Olembe	Mfou	Akonoliga	Melon	Bangangte	Banjoun	Koupa	Koupa Nji M	Bambili	Santa	Ndop
Diptera	<i>Dacus D. punctatifrons</i> (Karsch)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Dacus D. bivittatus</i> (bigot)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Cerattitis capitata</i> (weiderman)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Neosilba</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Lepidoptera	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner, 1808)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	<i>Leucinodes orbonalis</i> (Guénéé)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-
	<i>Cryptophlebia leucotreta</i> (Meyrick)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-	-
	<i>Chrysodeixis chalcites</i> (Esper)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
Heteroptera	<i>Cletus</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Spilothetus</i> sp.	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Dysdercus</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
	<i>Penthimia</i> sp.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-
Homoptera	<i>Macrosiphum eurphorbiae</i> (Thomas)	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+
	<i>Jacobiasca</i> sp. ₁	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius, 1889)	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	<i>Aphis gossypii</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+

Annexe 2. Liste des Arthropodes recensés sur *L. esculentum* entre à Okola 2009-2011.

ORDRES	FAMILLES	GENRES ET ESPECES	Hybride Mongal F1	Rio grande	tomate cerise de forêt	tomate cerise de savane
Hemiptera	Fm.1	Gen.1 sp.1		*		
	Fm.2	Gen.1 sp.1		*		
	Lygaeidae	Gen.sp.1		*		*
	Lygaeidae	<i>Spilostethus</i> sp.1		*		*
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i> sp.1		*		
	Coreidae	<i>Cletus</i> sp.	*	*		
	Cicadellidae	<i>Penthimia</i> sp.		*		
	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)			*	*
		<i>Macrosiphum eurphorbiae</i> (Thomas, 1878)	*	*	*	*
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennaduis,1889)	*	*	*	
	Fm.2	Gen.2 sp.1			*	
	Delphacidae	<i>Delphacoides campestris</i> (Van Duzee, 1897)	*		*	
	Fm.3	<i>Cochenille</i>	*	*	*	
	Pentatomidae	<i>Agonocellis versicolor</i> (Fabricius, 1794)	*		*	
	Pentatomidae	<i>Gen.1 esp.1</i>			*	
	Anthocoridae	Gen.1 sep.1			*	
Pyrrocoidea	<i>Dysdercus</i> sp.			*		
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Aulacophora foveocollis</i> (Lucas, 1849)		*		
	Chrysomelidae	Gen.1 sp.1	*	*		
	Chrysomelidae	Gen.2 sp1	*	*		
	Coccinellidae	Gen.1 sp.1	*	*		
	Staphylinidae	<i>Paederus</i> sp.	*			
	Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp.	*	*		
	Bostrichidae	Gen.1 sp.1	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Lema</i> sp.		*		
	Chrysomelidae	<i>Altica nigrita</i> (Oliver, 1808)	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Epithrix</i> sp.	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Dicaria</i> sp.	*	*		
	Birrhidae	Gen.1 sp.1		*		
	Chrysomelidae	<i>Ostheca mutabilis</i> (schonherr)	*	*		
	Tenebrionidae	<i>Lagria villosa</i> (Fabricius, 1794)	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Medthia quaterna</i>	*	*		
	Cleridae	Gen.1 sp.1		*		
	Cuculionidae	<i>Lixus camerunus</i> (Klobe 1898)		*		
	Hymenoptera a	Formicidae	Gen.2 sp.1	*		
Formicidae		<i>Phedol megacephala</i> (Fabricius, 1793)	*	*		
Formicidae		<i>Myrmicaria opaciventris</i>	*			

		(Emery, 1897)				
	Formicidae	Gen.1 sp.1	*			
	Vespidae	Gen.1 sp.1	*			
	Vespidae	<i>Belelogaster junceus</i> (Fabricius, 1781).	*			
	Halictidae	Gen.1 sp.1		*		
	Formicidae	Gen.2 sp.1	*			
	Fam.1	Gen.3 sp.1		*		
	Fam.2	Gen.4 sp.1	*			
	Halictidae	<i>Leuconomia granulata</i> (Vachal,1903)		*		
	Ichneumonidae	Gen.1 sp.1	*			
	Fam.3	Gen.4 sp.1		*		
Diptera	Tephritidae	<i>Dacus bivittatus</i> (Bigot, 1858)	*	*		*
	Tephritidae	<i>Dacus punctatifrons</i> (Karsch, 1887)	*	*	*	*
	Diopsidae	<i>Diopsis thoraxica</i>	*	*		*
	Fam.1	Gen1. sp.1		*		
	Musca	<i>domestica</i>	*	*	*	*
	Agromisidae	<i>Lyriomisa</i>	*	*	*	*
	Fam.2	Gen.2 sp.1			*	
Dictyoptera	Blattidae	Gen.1 sp.1		*		
	Manthidae	<i>Manthis</i> sp.	*	*	*	*
Orthoptera	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i>		*		
	Pyrgomorphidae	Gen.1 sp.1		*	*	
	Trigidae	<i>Parathetrix</i> sp.	*			
	Grillidae	Gen.1 sp.1		*		
	Tettigoniidae	<i>Homorocoriphus</i> sp.	*			
	Rhipipterygidae	Gen.1 sp.		*		
	Fam.1	Gen.1 sp.1	*	*		
Lepidoptera	Tridactylidae	Gen.1 sp.1		*		
	Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i>	*	*		*
	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833)	*	*		*
	Noctuidae	<i>Chrysodesis</i>	*		*	*
Fam.1	Gen.1 sp.1		*		*	
Aranae	Fam.1	Gen.1 sp.1	*			
Nevroptera	Chrysopidae	Gen.1 sp.1		*		
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande, 1932)	*	*		
Isoptera			*			
Diplopoda			*			

Annexe 3. Liste des Arthropodes recensés sur *C.annuum* à Okola entre 2009-2011.

Ordres	Familles	Espèces	Gros Piment commun	petit piment rond	petit piment long	piment chili
Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	*	*	*	*
		<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	*	*	*	*
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i> sp ₁	*		*	*
		<i>Penthimia</i> sp.	*	*	*	
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	*	*	*	
	Delphacidae	<i>Delphacoides campestris</i>			*	*
	Miridae	<i>Probocidocoris</i> sp.		*	*	*
	Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	*			*
	Lygaeidae	Gn ₁ . sp ₁	*			
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁			*	
Fm ₂	Gn ₁ . sp ₁			*		
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Epitrix</i> sp	*	*	*	
		<i>Podagrixina decolorata</i>			*	
		Gn ₁ . sp ₁		*	*	
	Coccinellidae	<i>Symnus</i> sp	*	*	*	*
		<i>Cheilomenes propinqua</i>			*	
		Gn ₁ . sp ₁	*		*	
	Curculionidae	<i>Acythopeus curvirostris</i>	*		*	*
		<i>Cylas puncticollis</i>			*	*
	Lycidae	<i>Lycus semiamplexus</i>	*		*	*
	Staphyllinidae	<i>Paederus sabaesus</i>			*	*
	Carabidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
	Scarabaeidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁			*		
Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmicaria opaciventris</i> (Emery, 1897)	*	*	*	
		<i>Pheidole megacephala</i>	*	*	*	*
		Gn ₁ . sp ₁	*			
	Ichneumonidae	Gn ₁ . sp ₁		*	*	
Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁			*		
Orthoptera	Tettrigidae	<i>Parathetrix</i> sp	*			
	Gryllidae	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	
	Trydactillidae	Gn ₁ . sp ₁	*		*	
	Pyrgomorphidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁			*	
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cryptophlebia leucotreta</i> (Guénnée, 1854)	*	*	*	*
	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval, 1833)	*	*	*	
		<i>Chrysodeixis chalcites</i>			*	*

	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁		*	*	
Diptera	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i>	*	*	*	
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	*	*	*	*
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	
	Diopsidae	<i>Diopsis thoracica</i>		*	*	*
	Syrphidae	<i>Paragus borbonicus</i>	*	*	*	
Dermaptera	Forficulidae	<i>Paederus</i> sp	*		*	
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Emery, 1897)	*	*	*	
Nevroptera	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	
Dictyoptera	Manthodae	<i>Manthis</i> sp	*	*	*	
Collembola	Entomobryidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
Araneae	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	

Annexe 4. Liste des Arthropodes recensés sur *L. esculentum* à Koutaba entre 2009-2011.

ORDRES	FAMILLES	GENRES ET ESPECES	Hybride Mongal F1	Rio grande	tomate cerise de forêt	tomate cerise de savane
Hemiptera	Fm.1	Gen.1 sp.1		*		
	Lygaeidae	Gen.sp.1		*		*
	Lygaeidae	<i>Spilostethus</i> sp.1		*		*
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i> sp.1		*		
	Coreidae	<i>Cletus</i> sp.	*	*		
	Cicadellidae	<i>Penthimia</i> sp.	*	*	*	*
	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)			*	*
		<i>Macrosiphum eurphorbiae</i> (Thomas, 1878)	*	*	*	*
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius, 1889)	*	*	*	*
	Fm.2	Gen.2 sp.1			*	
	Delphacidae	<i>Delphacoides campestris</i> (Van Duzee, 1897)	*		*	
	Fm.3	<i>Cochenille</i>	*	*	*	
	Pentatomidae	<i>Agonocellis versicolor</i> (Fabricius, 1794)	*		*	
	Pentatomidae	Gen.1 esp.1			*	
	Anthocoridae	Gen.1 sep.1				
	Pyrrocoidae	<i>Dysdercus</i> sp.			*	
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Aulacophora foveocollis</i> (Lucas, 1849)		*		
	Chrysomelidae	Gen.1 sp.1	*	*		
	Chrysomelidae	Gen.2 sp1	*	*		
	Coccinellidae	Gen.1 sp.1			*	
	Staphylinidae	<i>Paederus</i> sp.	*			
	Coccinellidae	<i>Scymnus</i> sp.				*
	Bostrichidae	Gen.1 sp.1	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Lema</i> sp.		*		
	Chrysomelidae	<i>Altica nigrita</i> (Oliver, 1808)	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Epithrix</i> sp.	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Dicaria</i> sp.	*	*		
	Birrhidae	Gen.1 sp.1		*		
	Chrysomelidae	<i>Ostheca mutabilis</i> (schonherr)	*	*		
	Tenebrionidae	<i>Lagria villosa</i> (Fabricius, 1794)	*	*		
	Chrysomelidae	<i>Medthia quaterna</i>	*	*		
	Cleridae	Gen.1 sp.1			*	
	Cuculionidae	<i>Lixus camerunus</i> (Klobe 1898)			*	
	Hymenoptera	Formicidae	Gen.2 sp.1	*		
Formicidae		<i>Phedol megacephala</i> (Fabricius, 1793)	*	*	*	*

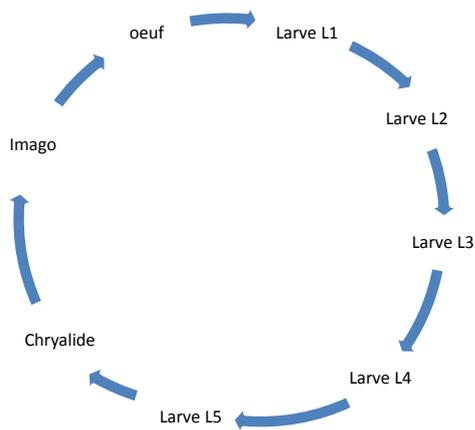
	Formicidae	<i>Myrmecaria opaciventris</i> (Emery, 1897)	*	*	*	*
	Formicidae	Gen.1 sp.1	*			
	Vespidae	Gen.1 sp.1				
	Vespidae	<i>Belenogaster junceus</i> (Fabricius, 1781).	*	*	*	*
	Halictidae	Gen.1 sp.1		*		
	Formicidae	<i>Oecophylla longinoda</i> Latreille 1802)	*			
	Fam.2	Gen.4 sp.1	*			
	Halictidae	<i>Leuconomia granulata</i> (Vachal, 1903)		*		
	Ichneumonidae	Gen.1 sp.1	*			
	Fam.3	Gen.4 sp.1		*		
Diptera	Tephritidae	<i>Dacus bivittatus</i> (Bigot, 1858)	*	*		*
	Tephritidae	<i>Dacus punctatifrons</i> (Karsch, 1887)	*	*	*	*
	Diopsidae	<i>Diopsis thoraxica</i>	*	*		*
	Fam.1	Gen1. sp.1		*		
	Musca	<i>domestica</i>	*	*	*	*
	Agromisidae	<i>Lyriomisa</i>	*	*	*	*
	Fam.2	Gen.2 sp.1			*	
Dictyoptera	Blattidae	Gen.1 sp.1		*		
	Manthidae	<i>Manthis</i> sp.	*	*	*	*
Orthoptera	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus variegatus</i>		*		
	Pyrgomorphidae	Gen.1 sp.1		*	*	
	Trigidae	<i>Parathetrix</i> sp.	*			
	Grillidae	Gen.1 sp.1		*		
	Tettigoniidae	<i>Homorocoriphus</i> sp.	*			
	Rhipipterygidae	Gen.1 sp.1		*		
	Fam.1	Gen.1 sp.1	*	*		
	Tridactylidae	Gen.1 sp.1		*		
Lepidoptera	Noctuidae	<i>Helicoverpa armigera</i>	*	*		*
	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i>	*	*		*
	Noctuidae	<i>Chrysodesis</i>	*		*	*
	Fam.1	Gen.1 sp.1		*		*
Aranae	Fam.1	Gen.1 sp.1	*			
Nevroptera	Chrysopidae	Gen.1 sp.1		*		
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Emery, 1897)	*	*		
Idetermine 1						*
Isoptera			*			
Diplopoda			*			

Annexe 5. Liste des Arthropodes recensée sur *C. annuum* à Koutaba entre 2009-2011.

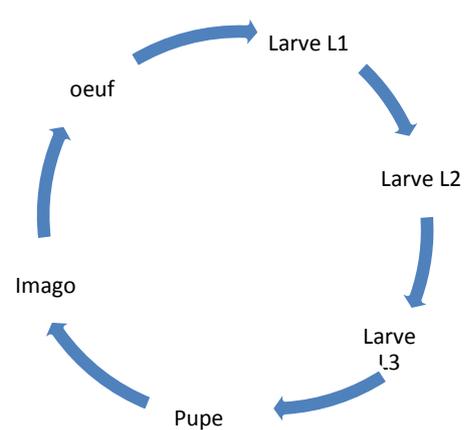
Ordres	Familles	Espèces	Gros Piment commun	petit piment rond	petit piment long	piment chili
Hemiptera	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> (Glover, 1877)	*	*	*	*
		<i>Macrosiphum euphorbiae</i>	*	*	*	*
	Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i> sp ₁	*		*	*
		<i>Penthimia</i> sp.	*	*	*	
	Aleyrodidae	<i>Bemisia tabaci</i>	*	*	*	
	Delphacidae	<i>Delphacoides campestris</i>			*	*
	Miridae	<i>Probocidocoris</i> sp.		*	*	*
	Nabidae	<i>Nabis</i> sp.	*			*
Lygaeidae	Gn ₁ . sp ₁	*				
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁			*	
Coleoptera	Chrysomelidae	<i>Epitrix</i> sp	*	*	*	
		<i>Podagrixina decolorata</i>			*	
		Gn ₁ . sp ₁		*	*	
	Coccinellidae	<i>Symnus</i> sp.	*	*	*	*
		<i>Cheilomenes propinqua</i>			*	
		Gn ₁ . sp ₁	*		*	
		Gn ₂ . sp ₁			*	
		Gn ₃ . sp ₁		*	*	
	Curculionidae	<i>Acythopeus curvirostris</i>	*		*	*
		<i>Cylas puncticollis</i>			*	*
	Lycidae	<i>Lycus semiamplexus</i>	*		*	*
	Staphyllinidae	<i>Paederus sabaesus</i>			*	*
	Meloidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
	Carabidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
Scarabaeidae	Gn ₁ . sp ₁			*		
Hymenoptera	Formicidae	<i>Myrmecaria opaciventris</i> (Emery, 1897)	*	*	*	
		<i>Pheidole megacephala</i>	*	*	*	*
		<i>Oecophylla longinoda</i> Latreille 1802)	*			
	Ichneumonidae	Gn ₁ . sp ₁		*	*	
Orthoptera	Tetrigidae	<i>Parathetrix</i> sp.	*			
	Gryllidae	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	
	Trydactillidae	Gn ₁ . sp ₁	*		*	
	Pyrgomorphidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁			*	
Lepidoptera	Tortricidae	<i>Cryptophlebia leucotreta</i> (Guénnée, 1854)	*	*	*	*
	Noctuidae	<i>Spodoptera littoralis</i>	*	*	*	
		<i>Chrysodeixis chalcites</i>			*	*
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁		*	*	

Diptera	Tephritidae	<i>Ceratitis capitata</i>	*	*	*	
	Muscidae	<i>Musca domestica</i>	*	*	*	*
	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	
	Diopsidae	<i>Diopsis thoracica</i>		*	*	*
	Syrphidae	<i>Paragus borbonicus</i>	*	*	*	
Dermaptera	Forficulidae	<i>Paederus</i> sp.	*		*	
Thysanoptera	Thripidae	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Emery, 1897)	*	*	*	
Nevroptera	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	
Dictyoptera	Manthodae	<i>Manthis</i> sp.	*	*	*	
Collembola	Entomobryidae	Gn ₁ . sp ₁			*	
Araneae	Fm ₁	Gn ₁ . sp ₁	*	*	*	

Annexe 6. Cycles de développement des Lepidoptera et Diptera



Lépidoptères

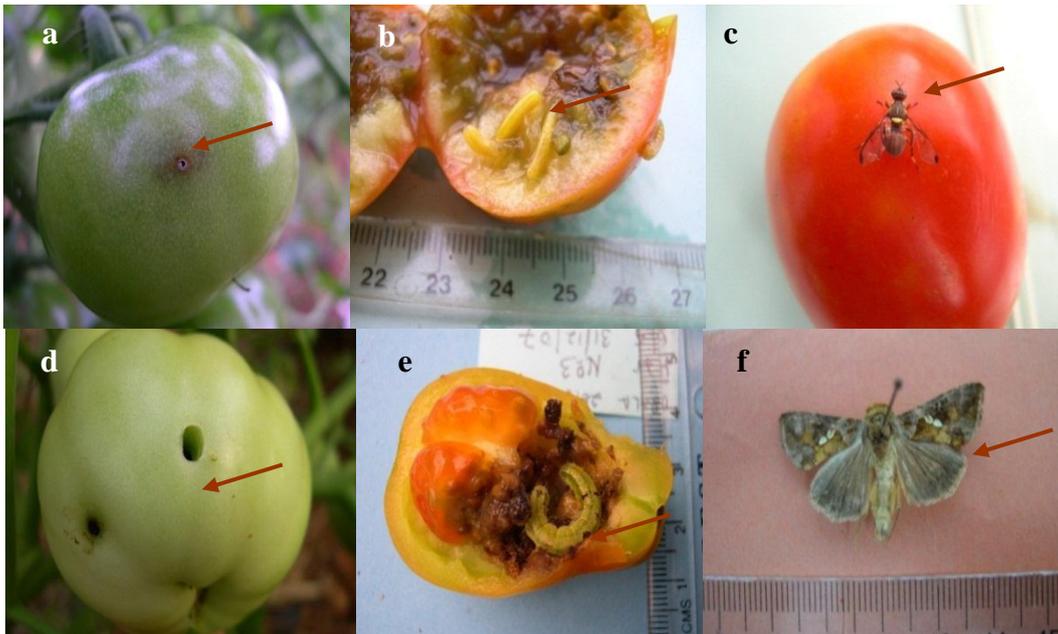


Diptères

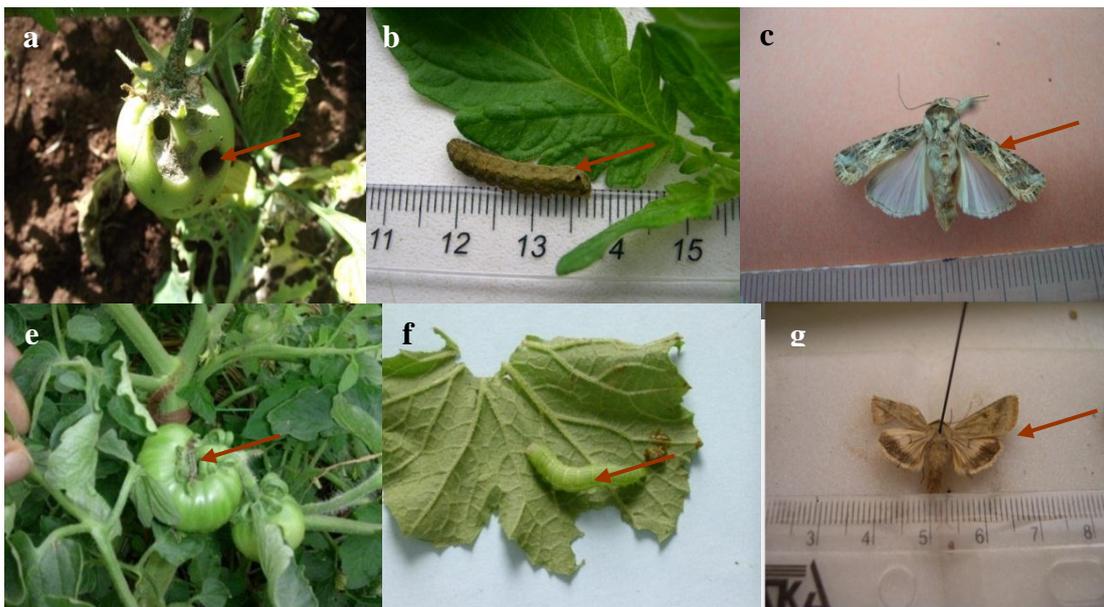
Annexe 7. Quelques insectes phytophages (a) *Macrosiphum euphorbiae* sur les fleurs de *L. esculentum*; (b) tache laissée par *Cletus* sp. sur les fruits de *L. esculentum*; (c) Adulte de *Cletus* sp. se déplaçant sur une feuille de *L. esculentum* ; (d) *Spilothetus* sp. sur les feuilles de piment (e) *Diopsis* sp. (f) œuf de *Helicoverpa armigera* (g) larve adulte de *Helicoverpa armigera*; (h) *Chrysodeixis chalcites*; (i) grappe d'œufs de Diptère; (j) *Ceratitis capitata*; (k) *Dacus bivittatus*; (l) un couple de Lonchaeidae.



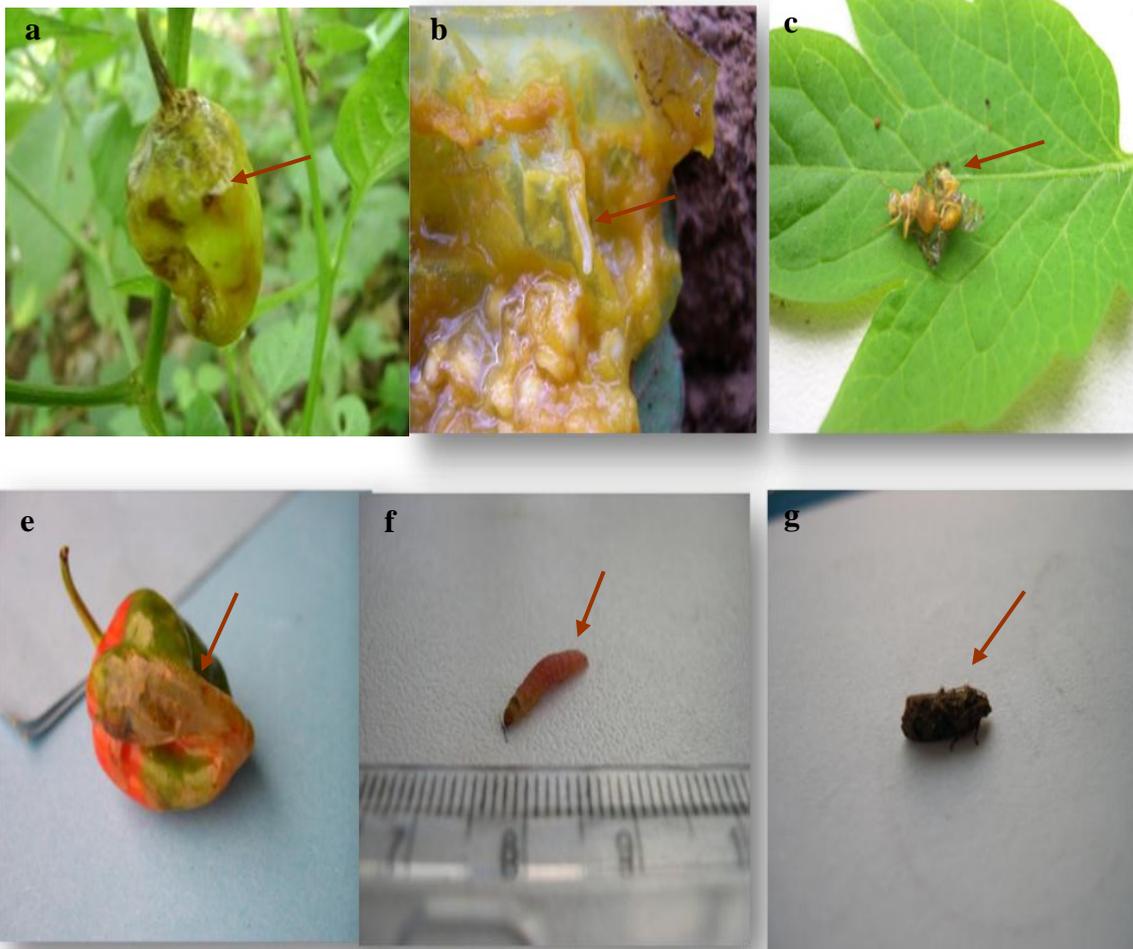
Annexe 8. Photographies illustrant les dégâts causés par les deux ravageurs principaux des fruits la tomate et la différence morphologique qui existe entre larves et adultes. (a) Point d'oviposition des *Dacus* spp., (b) fruit de tomate ouvert et présentant les larves de stade 3 de *Dacus punctatifrons* ayant complètement détruit l'intérieur du fruit en se nourrissant, (c) femelle adulte de *Dacus punctatifrons*. (e) Point de pénétration de la larve de *H. armigera*, (f) fruit ouvert présentant l'incidence d'une larve de stade 5 de *H. armigera*, (g) adulte de *H. armigera* sur une aiguille montée.



Annexe 9. dégâts causés par d'autres déprédateurs des fruits de la tomate et la différence morpholo. (a) Incidence de la larve de *Spodoptera littoralis* sur un jeune fruit de *Lycopersicon esculentum*, (b) jeune larve de Larve de *S. littoralis* de stade 4, (c) adulte sur aiguille montée. (e) Jeune larve, (f) larve adulte de la chenille arpeuteuse *Chrysodeixis chalcites*, (g) adulte de *Chrysodeixis chalcites* sur aiguille montée.



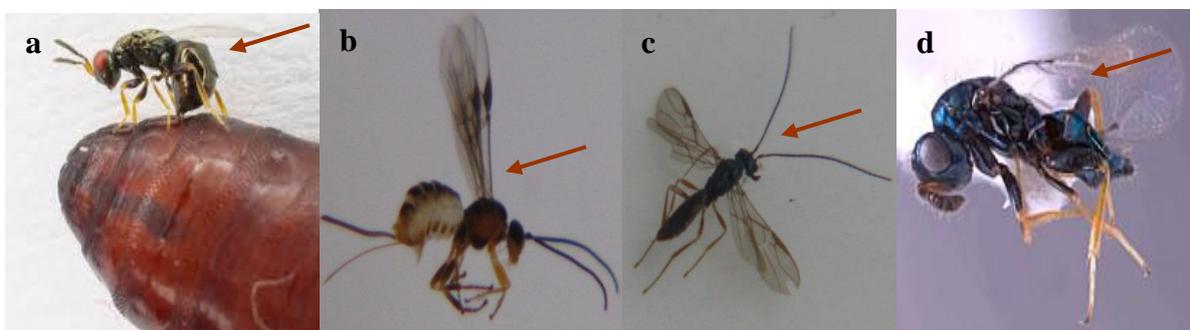
Annexe 10. Photographies illustrant les dégâts causés par les deux ravageurs principaux des fruits de piment et la différence morphologique qui existe entre larves et adultes: (a) Fruit de *Capsicum annuum* laissant apparaître les points d'oviposition de *Ceratitis capitata*, (b) fruit totalement détérioré par les larves de *C. capitata*, (c) adultes de *C. capitata* en copulation. (e) Fruit de *Capsicum annuum* laissant apparaître les dégâts causés par une larve *Cryptophlebia leucotreta* sur l'endocarpe, (f) larve adulte de *C. leucotreta*, (g) papillon adulte de *C. leucotreta*.



Annexe 11. Autres prédateurs observés dans les jardins: (a) et (b) deux espèces d'araignées ; (c) araignée piégeant ses proies dans le jardin ; (d) *Myrmecaria opaciventris* ; (e) *Pachychondyla* sp. ; (f) *Crematogaster* sp.; (g) larves de coccinelle prédatrices des Aphidae et une fourmi symbiotique récoltant du miellat ; (h) adulte de coccinelle prédatrice des pucerons ; (i) Diptera-Syrphidae prédatrice de pucerons.



Annexe 12. Parasitoïde en activité de ponte sur la puppe de Tephritidae (a); (b, c et d) autres Parasitoïdes des larves de Diptères.



Annexe 13. Fiche utilisée dans la collecte et analyse des données

Fiche d'identification

Code individu*	Ordre	Famille	Espèce	organe attaqué *	Statut **	Nombre d'individus (ni)

Légende:

* : code échantillon = numéro du billon, date de capture.

** : fleurs, feuilles, bourgeons, fruits, tiges,

*** : Prédateurs, phyllophages, foreurs de tige, piqueurs-suceurs, régime complexe, carpophages.

Annexe 14. Évaluation des dégâts des carpophages sur le terrain

Date de la récolte	N° plant	Nb. fruits sains	Nb. fruits atteints			Nb. total de fruits
			Diptères	Lépidoptères	Autre	

Légende: Nb: nombre; N°: numéro

Annexe 15. Fiche de détermination du cycle de développement au laboratoire

N°de la larve	Durée de développement larvaire			Durée de vie au laboratoire
	Larve stade 1	Larve stade2	Larve stade n	

Annexe 16. Fiche de détermination de l'effet du traitement alimentaire sur le cycle de développement des Diptera au laboratoire

Type de fruit	Nom de larves	Période d'incubation	L1-L2	L2-L3	L3-Pupa	pupa-Adult	Periode D. Total.	poids des pupes	Poids d'adulte	Sex ratio	Longévité
Piment	L1_										
Orange	L2_										
Pastèque	L3_										
Papaye	L4_										
Mangue											

Annexe 17. Fiche de collecte des données sur les conditions d'élevage la température et l'humidité relative dans le laboratoire

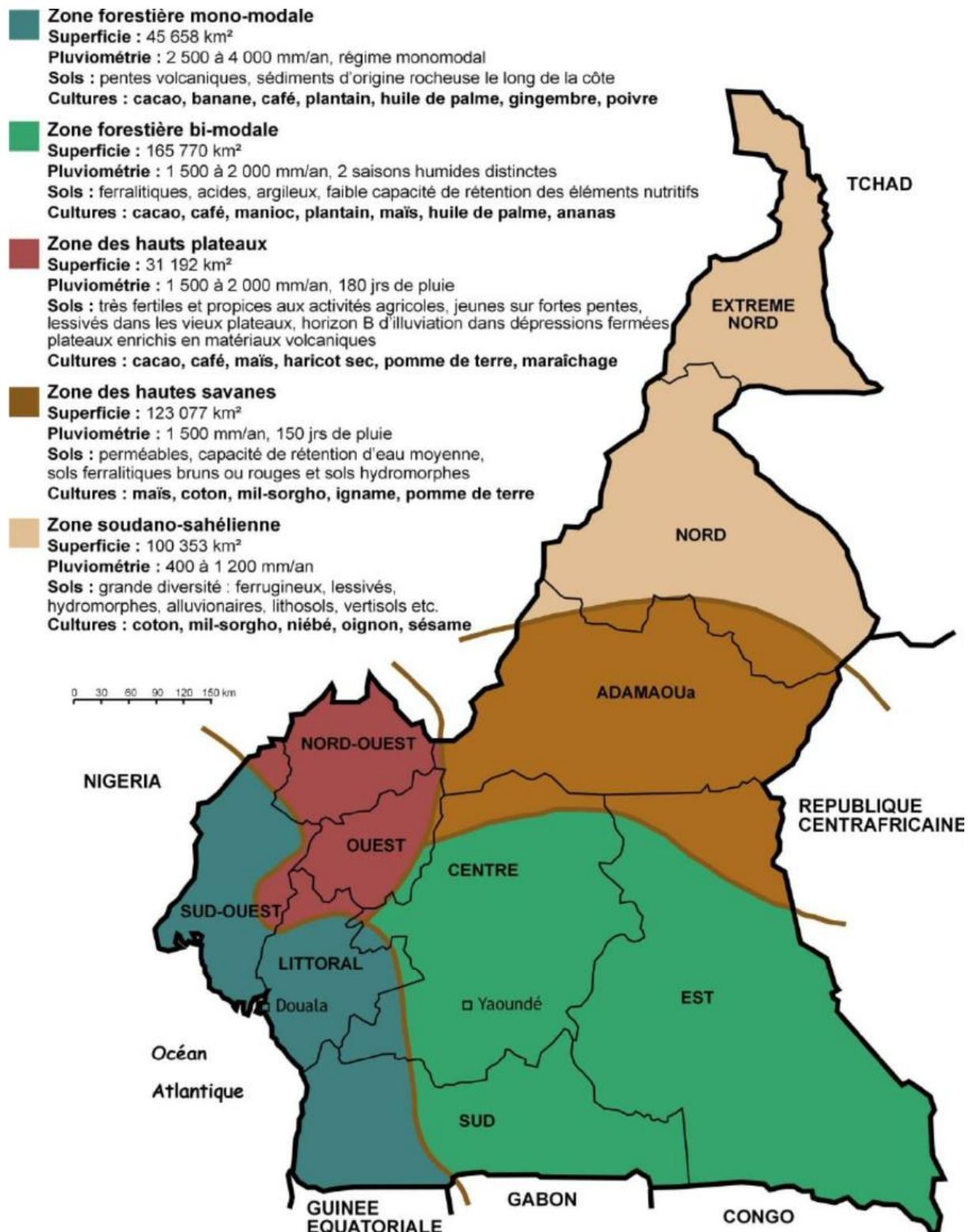
Date	Heures	Temperature(°C)	Humidité relative (%)

Annexe 18. Fiche de collecte des paramètres biologiques sur les larves au laboratoire

Traitements	Numero de la larve	Poids de chrysalides	Durée de passage de pupe-adulte	Poids d'adulte	Sexe ratio	Longévité

Annexe 19. Position géographique de quelques sites d'échantillonnages et quelques sites visités					
Region	Departement	Site	Longitude	Latitude	Altitude (m)
Centre	Mfoundi	Nkolodom	11° 29' 27,0"	03° 57' 7,0"	664
Centre	Mfoundi	Campus	11° 33' 00,0"	03° 51'34,0"	750
Centre	Mfoundi	Olembe	11° 31' 46,6"	03° 57'48,8"	655
Centre	Lekié	Okola	11° 23' 00,1"	04° 01'39,0"	604
Centre	Lekié	Obala	11° 34' 59,9"	04° 12'14,6"	552
Centre	Nyong-et-Mfoumou	Akonoliga	12°14'687"	03° 46'551"	665
Centre	Mefou-et-Afamba	Mfou	11° 38'481"	03°42' 755"	704
Ouest	Noun	Koutaba	10° 48' 22,2"	05° 38'47,9"	1186
Ouest	Noun	koupa	10° 44' 16,1"	05 °43'14,8"	1270
Ouest	Noun	Koupa Nji M.	10° 43' 13,4"	05° 43'13,5"	1482
Ouest	Nkongki	Banjoun	10° 25' 03,9"	05° 26'25,5"	1210
Ouest	Ndé	Bangangte	10° 15' 04,7"	05° 06'05,5"	1080
Ouest	Noun	Nfoumban	10° 54' 036"	05° 43' 334"	1142
Sud-Ouest	Fako	Buea	09° 40' 07"	04° 50' 06"	310
Littoral	Moungo	Melon	09° 47' 078"	04° 04'660"	370
Nord-Ouest	Ngoketudja	Ndop	12° 25' 693"	05° 59'275"	1230
Nord-Ouest	Mezam	Bambili	10°15'529"	06° 00'784"	1400
Nord-Ouest	Metchum	wum	10° 03' 426"	06° 41' 32"	1144
Nord-Ouest	Mezam	Santa	09° 58' 126"	05° 41' 2"	1144

Annexe 20. Carte du Cameroun présentant différentes zones agroécologiques et quelques cultures adaptées à leurs conditions.



LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA THESE

- **DJIETO-LORDON C., HEUMOU C. R., ELONO AZANG P. S., ALENE C. D., NGUENG A. C., NGASSAM P., 2014.** Assessment of pest insects of *Capsicum annum* L.1753 (Solanaceae) in a cultivation cycle in Yaoundé. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(2): 621-632.
- **HEUMOU C. R., DJIETO-LORDON C., ALENE C. D., ELONO AZANG P. S., 2015.** Diversity and agronomic status of tomato and pepper fruit pests in two agro-ecological zones of Southern Plateau of Cameroon. *African Journal of Agricultural Research* 10 (11):1224-1232.