



Département de Biologie et Physiologie Animales
Department of Animal Biology and Physiology

Laboratoire de Zoologie
Laboratory of Zoology

**Ecologie de *Liriomyza trifolii* Burgess 1880, principal
bioagresseur du céleri (*Apium graveolens* L. 1857) dans le
bassin maraîcher de Nkolondom (Yaoundé - Cameroun)**

Thèse

présentée et soutenue publiquement en vue de l'obtention du Diplôme de
Doctorat / Ph.D en Biologie des Organismes Animaux

Option: Zoologie

par

Nguimdo Jean Duclair

Matricule: 885362



Devant le jury composé ainsi qu'il suit :

- | | | |
|----------------------|---|----------------------------|
| Président : | - FOMENA ABRAHAM,
Professeur | Université de Yaoundé I ; |
| Rapporteurs : | - DJIETO LORDON Champlain,
Professeur | Université de Yaoundé I ; |
| | - NGASSAM Pierre,
Professeur | Université de Yaoundé I ; |
| Membres : | - NGAMO TINKEU Léonard Sylvère,
Professeur | Université de Ngaoundéré ; |
| | - KEKEUNOU Sévilor,
Maitre de Conférences | Université de Yaoundé I ; |
| | - MONY RUTH, épouse NTONE NKONGO
Maitre de Conférences | Université de Yaoundé I ; |

Année 2020

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
UNIVERSITY OF YAOUNDE I



FACULTE DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

DEPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES
DEPARTMENT OF ANIMAL BIOLOGY AND PHYSIOLOGY

ATTESTATION DE CORRECTION

Nous soussignés, membres du jury de soutenance de la **Thèse de Doctorat/Ph.D** en Biologie des Organismes Animaux (Option Zoologie) de M. **Nguimdo Jean Duclaire** (matricule 885362), soutenance autorisée par la correspondance N° 20-762/UY1/VREPDTIC/DAAC/DEPE/SPD/CB6AP du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 01 Juin 2020, attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation ont réellement été effectuées et que le présent document peut être déposé sous sa forme actuelle.

En foi de quoi cette attestation lui est délivrée pour servir et valoir de ce que de droit.

Yaoundé, le 17 août 2020

Examineur


Severin KEKEUNOU, Ph.D
Associate Professor
University of Yaounde I

Président du Jury

Fomena Abraham
Professeur



Charles Félix
Bilong Bilong
Professeur

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I Faculté des Sciences Division de la Programmation et du Suivi des Activités Académiques		THE UNIVERSITY OF YAOUNDE I Faculty of Science Division of Programming and Follow-up of Academic Affairs
LISTE DES ENSEIGNANTS PERMANENTS	LIST OF PERMANENT TEACHING STAFF	

ANNÉE ACADEMIQUE 2019/2020

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION 19 Février 2020

ADMINISTRATION

DOYEN : TCHOUANKEU Jean- Claude, *Maitre de Conférences*

VICE-DOYEN / DPSAA : ATCHADE Alex, *Maitre de Conférences*

VICE-DOYEN / DSSE : AJEAGAH Gideon AGHAINDUM, *Professeur*

VICE-DOYEN / DRC : ABOSSOLO Monique, *Maitre de Conférences*

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

Chef Division des Affaires Académiques, de la Scolarité et de la Recherche DAASR : MBAZE MEVA'A Luc Léonard, *Professeur*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (38)

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	BIGOGA DIAGA Jude	Professeur	En poste
2	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
3	FOKOU Elie	Professeur	En poste
4	KANSCI Germain	Professeur	En poste
5	MBACHAM FON Wilfried	Professeur	En poste
6	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
7	NINTCHOM PENLAP V. épouse BENG	Professeur	En poste
8	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
9	ACHU Merci BIH	Maître de Conférences	En poste
10	ATOGHO Barbara Mma	Maître de Conférences	En poste
11	AZANTSA KINGUE GABIN BORIS	Maître de Conférences	En poste

12	BELINGA née NDOYE FOE M. C. F.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
13	BOUDJEKO Thaddée	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE NGOUNOUE Marcelline	Maître de Conférences	En poste
15	EFFA NNOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
16	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
17	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
18	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
19	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
20	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Maître de Conférences	Inspecteur de Service MINESUP
21	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Maître de Conférences	En poste
22	AKINDEH MBUH NJI	Chargée de Cours	En poste
23	BEBOY EDZENGUELE Sara Nathalie	Chargée de Cours	En poste
24	DAKOLE DABOY Charles	Chargée de Cours	En poste
25	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste
26	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
27	EWANE Cécile Anne	Chargée de Cours	En poste
28	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
29	BEBEE Fadimatou	Chargée de Cours	En poste
30	KOTUE KAPTUE Charles	Chargé de Cours	En poste
31	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
32	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
33	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste
34	PECHANGO NSANGO Sylvain	Chargé de Cours	En poste
35	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
36	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistante	En poste
37	OWONA AYISSI Vincent Brice	Assistant	En poste
38	WILFRIED ANGIE Abia	Assistante	En poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (48)

1	AJEAGAH Gideon AGHAINDUM	Professeur	<i>VICE-DOYEN / DSSE</i>
2	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
3	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
4	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En Poste
5	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>Vice Doyen/FMSB/UYI</i>
6	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
7	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	En poste
8	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
9	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
10	NOLA Moïse	Professeur	En poste
11	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
12	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Inspecteur de service Coord.Progr./MINSANTE</i>
13	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Professeur	<i>En poste</i>
14	BILANDA Danielle Claude	Maître de Conférences	En poste
15	DJIOGUE Séfirin	Maître de Conférences	En poste
16	DZEUFLET DJOMENI Paul Désiré	Maître de Conférences	En poste
17	JATSA BOUKENG H. épouse MEGAPTCHÉ	Maître de Conférences	En Poste
18	KEKEUNOU Sévilor	Maître de Conférences	En poste
19	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
20	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
21	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Maître de Conférences	En poste
22	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
23	ALENE Désirée Chantal	Chargée de Cours	En poste
24	ATSAMO Albert Donatien	Chargé de Cours	En poste
25	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
26	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
27	ETEME ENAMA Serge	Chargée de Cours	En poste
28	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste

29	KANDEDA KAVAYE Antoine	Chargé de Cours	En poste
30	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Chargé de Cours	En poste
31	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
32	MBENOUN MASSE Paul Serge	Chargé de Cours	En poste
33	MOUNGANG LucianeMarlyse	Chargée de Cours	En poste
34	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargé de Cours	En poste
35	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
36	NGUEMBOK	Chargé de Cours	En poste
37	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	Chef Div. UBA
38	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargée de Cours	En poste
39	TADU Zephyrin	Chargé de Cours	En poste
40	TAMSA ARFAO Antoine	Chargé de Cours	En poste
41	YEDE	Chargé de Cours	En poste
42	BASSOCK BAYIHA Etienne Didier	Assistant	En poste
43	ESSAMA MBIDA Désirée Sandrine	Assistante	En poste
44	KOGA MANG DOBARA	Assistant	En poste
45	LEME BANOCK Lucie	Assistante	En poste
46	YOUNOUSSA LAME	Assistant	En poste

3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (32)

1	AMBANG Zachée	Professeur	Chef Division/UYII
2	BELL Joseph Martin	Professeur	En poste
3	DJOCGOUE Pierre François	Professeur	En poste
4	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5	YOUMBI Emmanuel	Professeur	Chef de Département
6	ZAPFACK Louis	Professeur	En poste
7	ANGONI Hyacinthe	Maître de Conférences	En poste
8	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
9	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Maître de Conférences	En poste
10	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste

11	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	CT/ MINESUP
12	MBOLO Marie	Maître de Conférences	En poste
13	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	<i>CE / MINRESI</i>
14	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	En poste
15	TSOATA Esaïe	Maître de Conférences	En poste
16	TONFACK Libert Brice	Maître de Conférences	En poste
17	DJEUANI Astride Carole	Chargé de Cours	En poste
18	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
19	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Chargé de Cours	En poste
20	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
21	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
22	NGOOU Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
23	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Chargé de Cours	En poste
24	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Chargé de Cours	En poste
25	ONANA JEAN MICHEL	Chargé de Cours	En poste
26	GODSWILL NTSOMBAH NTSEFONG	Assistant	En poste
27	KABELONG BANAHO Louis-Paul-Roger	Assistant	En poste
28	KONO Léon Dieudonné	Assistant	En poste
29	LIBALAH Moses BAKONCK	Assistant	En poste
30	LIKENG-LI-NGUE Benoit C	Assistant	En poste
31	TAEDOUNG Evariste Hermann	Assistant	En poste
32	TEMEGNE NONO Carine	Assistant	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (35)

1	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Vice Recteur Univ ,Bamenda et C. D.</i>
2	ELIMBI Antoine	Professeur	En poste
3	Florence UFI CHINJE épouse MELO	Professeur	<i>Recteur Univ.Ngaoundere</i>
4	GHOGOMU Paul MINGO	Professeur	<i>Ministre Chargé deMiss.PR</i>

5	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
6	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>CT MINRESI</i>
7	NGOMO Horace MANGA	Professeur	<i>Vice Chancellor/UB</i>
7	NDIKONTAR Maurice KOR	Professeur	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
8	NENWA Justin	Professeur	En poste
9	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS UDs</i>
10	BABALE née DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	<i>Chargée Mission P.R.</i>
11	DJOUFAC WOU MFO Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
12	KAMGANG YOUNBI Georges	Maître de Conférences	En poste
13	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
14	KONG SAKEO	Maître de Conférences	En poste
15	NDI NSAMI Julius	Maître de Conférences	En poste
17	NJIOMOU C. épouse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
18	NJOYA Dayirou	Maître de Conférences	En poste
19	YOUNANG Elie	Maître de Conférences	En poste
20	ACAYANKA Elie	Chargé de Cours	En poste
21	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	CS/ ENS Bertoua
22	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
23	EMADACK Alphonse	Chargé de Cours	En poste
24	KENNE DEDZO GUSTAVE	Chargé de Cours	En poste
25	KOUOTOU DAOUDA	Chargé de Cours	En poste
26	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
27	MBEY Jean Aime	Chargé de Cours	En poste
28	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
29	NEBA nee NDO SIRI Bridget NDOYE	Chargée de Cours	CT/ MINFEM
30	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargée de Cours	En poste
31	PABOUDAM GBAMBIE A.	Chargée de Cours	En poste
32	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Chargé de Cours	En poste
33	NJANKWA NJABONG N. Eric	Assistant	En poste

34	PATOUOSSA ISSOFA	Assistant	En poste
35	SIEWE Jean Mermoz	Assistant	En Poste

5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (35)

1	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen / PSAA
2	GHOGOMU TIH Robert Ralph	Professeur	Dir. IBAF/UDA
3	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	Chef de Département UDS
4	NKENGFACK Augustin Ephrem	Professeur	Chef de Département
5	NYASSE Barthélemy	Professeur	En poste
6	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP</i>
7	WANDJI Jean	Professeur	En poste
8	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>DEPE/ Rectorat/UYI</i>
9	EYONG Kenneth OBEN	Maître de Conférences	<i>Chef Service Programme & Diplomes</i>
10	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	En poste
11	FOTSO WABO Ghislain	Maître de Conférences	En poste
12	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KEUMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
14	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
15	MBAZOA née DJAMA Céline	Maître de Conférences	En poste
16	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
17	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Maître de Conférences	Chef Service/MINESUP
18	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	Sous/Direct. MINERESI
19	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Maître de Conférences	En poste
20	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
21	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
22	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>Doyen /FS/ UYI</i>
23	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
24	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste

25	AMBASSA Pantaléon	Chargé de Cours	En poste
26	KAMTO Eutrophe Le Doux	Chargé de Cours	En poste
27	MVOT AKAK CARINE	Chargé de Cours	En poste
28	NGNINTEDO Dominique	Chargé de Cours	En poste
29	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
30	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
31	SIELINOUE TEDJON Valérie	Chargé de Cours	En poste
32	TAGATSING FOTSING Maurice	Chargé de Cours	En poste
33	ZONDENDEGOUNBA Ernestine	Chargée de Cours	En poste
34	MESSI Angélique Nicolas	Assistant	En poste
35	TSEMEUGNE Joseph	Assistant	En poste

6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (27)

1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	<i>Chef Div. MINESUP</i>
2	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/Chef IGA. MINESUP</i>
3	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4	AMINOUE Halidou	Chargé de Cours	Chef de Département
5	DJAM Xaviera YOUH - KIMBI	Chargé de Cours	En Poste
6	EBELE Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
7	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
8	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
9	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
10	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
11	ABESSOLO ALO'O Gislain	Chargé de Cours	En poste
12	KAMGUEU Patrick Olivier	Chargé de Cours	En poste
13	MONTHÉ DJIADEU Valéry M.	Chargé de Cours	En poste
14	OLLE OLLE Daniel Claude Delort	Chargé de Cours	C/D Enset. Ebolowa
15	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
16	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste

17	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste
18	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
19	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Assistant	En poste
20	EKODECK Stéphane Gaël Raymond	Assistant	En poste
21	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
22	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste
23	MAKEMBE. S . Oswald	Assistant	En poste
24	MESSI NGUELE Thomas	Assistant	En poste
25	MEYEMDOU Nadège Sylvianne	Assistante	En poste
26	NKONDOCK. MI. BAHANACK.N.	Assistant	En poste

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (30)

1	EMVUDU WONO Yves S.	Professeur	<i>Inspecteur MINESUP</i>
2	AYISSI Raoult Domingo	Maître de Conférences	Chef de Département
3	NKUIIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
4	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	En poste
5	MBEHOU Mohamed	Maître de Conférences	En poste
6	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Directeur/AIMS Rwanda
7	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	Chef Cellule MINPLAMAT
8	CHENDJOU Gilbert	Chargé de Cours	En poste
9	DJIADEU NGAHA Michel	Chargé de Cours	En poste
10	DOUANLA YONTA Herman	Chargé de Cours	En poste
11	FOMEKONG Christophe	Chargé de Cours	En poste
12	KIANPI Maurice	Chargé de Cours	En poste
13	KIKI Maxime Armand	Chargé de Cours	En poste
14	MBAKOP Guy Merlin	Chargé de Cours	En poste
15	MBANG Joseph	Chargé de Cours	En poste
16	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Chargé de Cours	En poste
17	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste

18	NGUEFACK Bernard	Chargé de Cours	En poste
19	NIMPA PEFOUNKEU Romain	Chargée de Cours	En poste
20	POLA DOUNDOU Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
21	TAKAM SOH Patrice	Chargé de Cours	En poste
22	TCHANGANG Roger Duclos	Chargé de Cours	En poste
23	TCHOUNDJA Edgar Landry	Chargé de Cours	En poste
24	TETSADJIO TCHILEPECK M. E.	Chargée de Cours	En poste
25	TIAYA TSAGUE N. Anne-Marie	Chargée de Cours	En poste
26	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
27	BITYE MVONDO Esther Claudine	Assistante	En poste
28	MBATAKOU Salomon Joseph	Assistant	En poste
29	MEFENZA NOUNTU Thiery	Assistant	En poste
30	TCHEUTIA Daniel Duviol	Assistant	En poste

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (18)

1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	DRV/IMPM/CD
2	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
3	NWAGA Dieudonné M.	Maître de Conférences	En poste
4	NYEGUE Maximilienne Ascension	Maître de Conférences	En poste
5	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
6	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
7	ASSAM ASSAM Jean Paul	Chargé de Cours	En poste
8	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
9	BOUGNOM Blaise Pascal	Chargé de Cours	En poste
10	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
11	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargée de Cours	En poste
12	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste
13	ESSONO Damien Marie	Assistante	En poste
14	LAMYE Glory MOH	Assistant	En poste

15	MEYIN A EBONG Solange	Assistante	En poste
16	NKOUDOU ZE Nardis	Assistant	En poste
17	SAKE NGANE Carole Stéphanie	Assistante	En poste
18	TOBOLBAÏ Richard	Assistant	En poste

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY) (42)

1	BEN- BOLIE Germain Hubert	Professeur	En poste
2	ESSIMBI ZOBO Bernard	Professeur	En poste
3	KOFANE Timoléon Crépin	Professeur	En poste
4	NANA ENGO Serge Guy	Professeur	En poste
5	NDJAKA Jean Marie Bienvenu	Professeur	Chef de Département
6	NOUAYOU Robert	Professeur	En poste
7	NJANDJOCK NOUCK Philippe	Professeur	<i>Sous Directeur/ MINRESI</i>
8	PEMHA Elkana	Professeur	En poste
9	TABOD Charles TABOD	Professeur	Doyen Univ/Bda
10	TCHAWOUA Clément	Professeur	En poste
11	WOAFO Paul	Professeur	En poste
12	BIYA MOTTO Frédéric	Maître de Conférences	DG/HYDRO Mekin
13	BODO Bertrand	Maître de Conférences	En poste
14	DJUIDJE KENMOE épouse ALOYEM	Maître de Conférences	En poste
15	EKOBENA FOU DA Henri Paul	Maître de Conférences	<i>Chef Division. UN</i>
16	EYEBE FOU DA Jean sire	Maître de Conférences	En poste
17	FEWO Serge Ibraïd	Maître de Conférences	En poste
18	HONA Jacques	Maître de Conférences	En poste
19	MBANE BIOUELE César	Maître de Conférences	En poste
20	NANA NBENDJO Blaise	Maître de Conférences	En poste
21	NDOP Joseph	Maître de Conférences	En poste
22	SAIDOU	Maître de Conférences	MINERESI
23	SIEWE SIEWE Martin	Maître de Conférences	En poste

24	SIMO Elie	Maître de Conférences	En poste
25	VONDOU Derbetini Appolinaire	Maître de Conférences	En poste
26	WAKATA née BEYA Annie	Maître de Conférences	<i>Sous Directeur/ MINESUP</i>
27	ZEKENG Serge Sylvain	Maître de Conférences	En poste
28	ABDOURAHIMI	Chargé de Cours	En poste
29	EDONGUE HERVAIS	Chargé de Cours	En poste
30	ENYEGUE A NYAM épouse BELINGA	Chargée de Cours	En poste
31	FOUEDJIO David	Chargé de Cours	Chef Cell. MINADER
32	MBINACK Clément	Chargé de Cours	En poste
33	MBONO SAMBA Yves Christian U.	Chargé de Cours	En poste
34	MELI'I Joelle Larissa	Chargée de Cours	En poste
35	MVOGO ALAIN	Chargé de Cours	En poste
38	OBOUNOU Marcel	Chargé de Cours	DA/Univ Inter Etat/Sangmelima
39	WOULACHE Rosalie Laure	Chargée de Cours	En poste
40	AYISSI EYEBE Guy François Valérie	Assistant	En poste
41	CHAMANI Roméo	Assistant	En poste
42	TEYOU NGOUPOU Ariel	Assistant	En poste

10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (43)

1	BITOM Dieudonné	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
2	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Professeur	En poste
3	KAMGANG Pierre	Professeur	En poste
4	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	Chef de Département
5	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Professeur	En poste
6	NGOS III Simon	Professeur	DAAC/Uma
7	NKOUMBOU Charles	Professeur	En poste
8	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
9	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen / DRC</i>
10	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	CD/Uma

11	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/ MINIMDT</i>
12	NGUEUTCHOUA Gabriel	Maître de Conférences	CEA/MINRESI
13	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
14	ONANA Vincent Laurent	Maître de Conférences	En poste
15	BISSO Dieudonné	Maître de Conférences	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
16	EKOMANE Emile	Maître de Conférences	En poste
17	GANNO Sylvestre	Maître de Conférences	En poste
18	NYECK Bruno	Maître de Conférences	En poste
19	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
20	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
21	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
22	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
23	ANABA ONANA Achille Basile	Chargé de Cours	En poste
24	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	En poste
25	ELISE SABABA	Chargé de Cours	En poste
26	ESSONO Jean	Chargé de Cours	En poste
27	EYONG JOHN TAKEM	Chargé de Cours	En poste
28	FUH Calistus Gentry	Chargé de Cours	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
29	LAMILLEN BILLA Daniel	Chargé de Cours	En poste
30	MBESSE CECILE OLIVE	Chargée de Cours	En poste
31	MBIDA YEM	Chargé de Cours	En poste
32	METANG Victor	Chargé de Cours	En poste
33	MINYEM Dieudonné-Lucien	Chargé de Cours	<i>CD/Uma</i>
34	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
35	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargée de Cours	En poste
36	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de Cours	En poste
37	NTSAMA ATANGANA Jacqueline	Chargé de Cours	En poste
38	TCHAKOUNTE J. épouse NOUMBEM	Chargée de Cours	<i>Chef.cell / MINRESI</i>
39	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de Cours	En poste

40	TEHNA Nathanaël	Chargé de Cours	En poste
41	TEMGA Jean Pierre	Chargé de Cours	En poste
42	FEUMBA Roger	Assistant	En poste
43	MBANGA NYOBE Jules	Assistant	En poste

Répartition chiffrée des Enseignants de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I

NOMBRE D'ENSEIGNANTS

DÉPARTEMENT	Professeurs	Maîtres de Conférences	Chargés de Cours	Assistants	Total
BCH	9 (1)	13 (09)	14 (05)	3 (2)	39 (16)
BPA	13 (1)	09 (06)	19 (05)	05 (2)	46 (13)
BPV	06 (0)	10 (02)	9 (04)	07 (01)	31 (9)
CI	10 (1)	09 (02)	13 (02)	02 (0)	35 (5)
CO	7 (0)	17 (04)	09 (03)	03 (0)	35(7)
IN	2 (0)	1 (0)	14 (01)	10 (02)	26 (3)
MAT	1 (0)	5 (0)	19 (01)	05 (01)	30 (2)
MIB	1 (0)	5 (02)	06 (01)	06 (02)	17 (5)
PHY	11 (0)	16 (01)	10 (03)	03 (0)	40 (4)
ST	8 (1)	14 (01)	19 (04)	02 (0)	43(6)
Total	68 (4)	99 (27)	132 (29)	45 (10)	344 (70)

Soit un total de **344 (70)** donc :

Professeurs **68 (4)**

Maîtres de Conférences **99 (27)**

Chargés de Cours **132 (29)**

Assistants **46 (10)**

() = Nombre de Femmes **63**

Dédicace

A mon épouse Mme **Nguimdo Caliste** qui m'a soutenu et réconforté de manière inconditionnelle durant ce travail. Qu'elle trouve à travers ce document un réel motif de satisfaction.

Remerciements

Je voudrai adresser mes sincères remerciements à tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales, plus précisément :

- au Pr. Pierre Ngassam qui a supervisé le présent travail ;
- au Pr. Djiéto-Lordon Champlain pour son encadrement et son altruisme ;
- au Pr. Fomena Abraham pour tous ses conseils et encouragements ;
- au Pr. Dimo Théophile pour son soutien moral et ses encouragements ;
- au Dr. Aléné Chantal Désiré, pour la documentation, les suggestions et les conseils qu'elle m'a donnés tout au long de la réalisation de ce travail ;
- à mon feu papa Nguimdo Samuel et ma maman Fouedjo jacqueline pour leur abnégation malgré les obstacles qui sont liés à l'existence humaine ;
- aux familles Ta'a Tedonjou'o et Mbosso pour les sacrifices consentis tout au long de mon éducation ;
- à la famille Lemokem qui m'a été d'un soutien inestimable ;
- au Pr. Agrégé Guimdo Dongmo Bernard Raymond qui a été un modèle;
- au Dr. Akana Nguimdo Léonard pour son soutien tant moral que matériel malgré toutes ses sollicitations ;
- à mes formidables amis Kamgaing, Lemokem, Nguimdo, Fouejio et Sitelli qui m'ont véritablement ma sœur Jieutang Mbosso Florence dont la ténacité dans la quête des compétences m'a davantage motivé ;
- à mes amis Dongmo Noumedem Gaston, Nguedia Pierre Robert et Jiorsop Fabien, pour leur soutien incommensurable à mes débuts dans le domaine de la recherche. Grâce à vous j'ai tenu jusqu'au bout ;
- à Mr. Tsobeng Bernard qui m'a marqué par sa persévérance malgré l'adversité de la vie ;
- au Dr Yemefack Martin, Mofor Forlemu Kwenzi Michel ; Mr. et Mme Ndio ; Mr. et Mme Zebaze Pierre Roger, Mme Ekom Ango Marcelline M. pour le soutien moral et les conseils qu'ils m'ont prodigués ;
- à tous mes aînés et camarades de laboratoire dont les Docteurs Fomekong André, Atangana Jean, Tefempa Honoré, Tadu Zéphirin, Mbenoun Masse Paul Serge, Yana Wenceslas, Yede, Mokam Didi Gaëlle, Heumou Cyril, Azang Stéphane, Mveyo Ndankeu Yves Patrick, Mr Dongmo Jean Bernard et Mme Messop Youmbi Edith pour leurs encouragements et leur franche collaboration;
- à tous mes cadets de laboratoire Fomekong Judicaël ; Monkam Stéphanie ; Magne Ngando Stéphanie, Tchoudjin Gertrude Loveline, Azang, Salli pour leur soutien moral ;
- aux familles; Nguimdo Pierre Roger, Vouffo Nguimdo Aubin Blaise, Donfack Fabien, Tiague J. Claude, Tégofack Dagobert, Zemtsop Pierre Roger, Jieukeng Janvier, Keubou J. Claude, Menfo Norbert, Chounna Maurice, Dongmo Jean Claude, Ngougni Léopold, Tsafack David, Jiofack Mathias, qui m'ont soutenu de façon inconditionnelle. Qu'elles trouvent à travers ce travail l'expression de ma profonde gratitude ;

- à tous ceux et celles qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail, je leur adresse mes sincères remerciements ;
- au projet Corus 6080 du CIRAD qui a permis d'une part à ce travail de bénéficier d'un important appui en matériel de terrain et qui m'a permis d'autre part de prendre activement part à un séminaire portant sur l'agriculture durable en 2010 au Burkina Faso ;
- au Musée Royal d'Afrique Centrale de Tervuren (Belgique) qui m'a offert un stage durant lequel j'ai d'avantage appris sur l'identification des Hyménoptères parasitoïdes.

Sommaire

Liste protocolaire.....	i
Dédicace.....	xv
Remerciements	xvi
Sommaire	xviii
Liste des tableaux	xx
Liste des figures	xxiii
Liste des annexes.....	xxiv
Liste des abréviations	xxv
Résumé	xxvi
Abstract	xxviii
Introduction.....	1
Chapitre I : Revue de la littérature.....	4
I.1 Généralités.....	5
I.1.1 Présentation du céleri	5
I.1.2 Position systématique.....	6
I.1.3 Historique du céleri et distribution géographique.....	6
I.1.4 Biologie et écologie.....	7
I.1.5 Importance socio-culturelle et économique.....	7
I.2 Contraintes à la production et méthodes de protection	9
I.2.1 Contraintes à la production.....	9
I.2.2 Méthodes de protection.....	11
Chapitre II : Cadre géographique, matériel et méthodes.....	21
II.1 Cadre géographique	21
II.2 Matériel.....	22
II.3 Méthodes.....	23
II.3.1 Etude du statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri.....	23
II.3.2 Etude des fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> et de ses parasitoïdes <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et <i>Opius agromyzicola</i>	26
II.3.3 Recherche des facteurs abiotiques responsables des fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i>	27

II.3.4 Influence de quelques facteurs abiotiques sur les fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> et de ses parasitoïdes <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et <i>Opius agromyzicola</i>	38
Chapitre III : Résultats et Discussion.....	47
III.1 Résultats.....	48
III.1.1 Statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom.....	48
III.1.2 Insectes inféodés aux feuilles de céleri à Nkolondom.....	55
III.1.3 Fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> et de ses parasitoïdes <i>Opius agromyzicola</i> et <i>Neochrysocharis agromyzae</i>	55
III.1.4 Impact des facteurs abiotiques sur les fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> et de ses parasitoïdes	58
III.1.5 Impact de quelques facteurs biotiques sur les fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> et de ses parasitoïdes	75
III.2 Discussion	96
III.2.1 Statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom.....	96
III.2.2 Fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> et des parasitoïdes <i>Opius agromyzicola</i> et <i>Neochrysocharis agromyzae</i>	97
III.2.3 Impact des facteurs abiotiques sur les fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> , de <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et de <i>Opius agromyzicola</i>	98
III.2.4 Impact des facteurs biotiques sur les fluctuations numériques des populations de <i>Liriomyza trifolii</i> , de <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et de <i>Opius agromyzicola</i>	104
Conclusion, Recommandations et Perspectives	118
Conclusion	119
Recommandations.....	121
Perspectives	122
Références bibliographiques.....	130
Liste des annexes.....	158
Liste des publications tirées de la thèse.....	168

Liste des tableaux

Tableau I: Eléments minéraux et organiques du céleri présentant des vertus thérapeutiques et physiologiques.....	7
Tableau II: Abondances des familles et des espèces de Coléoptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009.....	48
Tableau III: Abondances des familles et des espèces Diptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009	49
Tableau IV: Abondances entre les familles et les espèces d'Hémiptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009.....	50
Tableau V: Abondances des familles et des espèces d'Hyménoptères de dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009	51
Tableau VI: Abondances des familles et des espèces de Lépidoptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009	52
Tableau VII: Abondances des familles et des espèces de Névroptères dans l'entomofaune du céleri de 2008 à 2009.....	52
Tableau VIII: Abondances des familles et des espèces d'Orthoptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009	53
Tableau IX: Comparaison des abondances moyennes annuelles des larves de <i>Liriomyza trifolii</i> , des mouches mineuses <i>Liriomyza trifolii</i> et des parasitoïdes	57
Tableau X: Variation entre le microclimat du laboratoire et celui du jardin durant la période d'étude	60
Tableau XI: Comparaison des durées des phases de développement préimaginal de <i>Liriomyza trifolii</i> obtenues sous l'influence des facteurs climatiques prévalant selon la période d'étude dans chaque milieu	62
Tableau XII: Comparaison des durées des phases de développement préimaginal de <i>Liriomyza trifolii</i> obtenues sous l'influence de l'état de la ressource alimentaire	63
Tableau XIII: Comparaison entre les durées de développement préimaginal de <i>Liriomyza trifolii</i> obtenues sous l'influence combinée des facteurs climatiques et de l'état de la ressource alimentaire.....	64
Tableau XIV: Comparaison des taux moyens de pertes foliaires	66
Tableau XV: Comparaison des charges foliaires moyennes de larves de <i>Liriomyza trifolii</i>	68

Tableau XVI: Comparaison des abondances moyennes de larves de <i>Liriomyza trifolii</i> obtenues dans les parcelles expérimentales.....	70
Tableau XVII: Comparaison des abondances moyennes des imagos de <i>Liriomyza trifolii</i> dans les parcelles expérimentales.....	72
Tableau XVIII: Comparaison des abondances moyennes des imagos de <i>Opius agromyzicola</i> dans les parcelles expérimentales	73
Tableau XIX: Comparaison des abondances moyennes des imagos du parasitoïde <i>Neochrysocharis agromyzae</i>	75
Tableau XX: Comparaison des paramètres morphométriques des pupes du groupe 1 et du groupe 2	76
Tableau XXI: Comparaison des potentiels reproducteurs des adultes issus des pupes du lot 2 et du lot 4.....	77
Tableau XXII: Comparaison des potentiels reproducteurs des adultes issus des pupes du lot 1 et du lot 2.....	77
Tableau XXIII: Variation de la sex-ratio des descendance de mouches mineuses issues des pupes du lot 2 et des pupes du lot 4	78
Tableau XXIV: Impact de l'âge de la larve de <i>Liriomyza trifolii</i> sur la durée de développement de <i>Opius agromyzicola</i>	81
Tableau XXV: Impact de l'âge de la larve de <i>Liriomyza trifolii</i> sur la durée de développement de <i>Neochrysocharis agromyzae</i> au laboratoire.	82
Tableau XXVI: Impact de l'âge de la larve de <i>Liriomyza trifolii</i> sur le parasitoïdisme de <i>Opius agromyzicola</i> en situation de compétition intraspécifique.....	85
Tableau XXVII: Impact de l'âge de la larve de <i>Liriomyza trifolii</i> sur le parasitoïdisme de <i>Neochrysocharis agromyzae</i> en situation de compétition intraspécifique.....	87
Tableau XXVIII: Impact de l'âge de la larve de <i>Liriomyza trifolii</i> sur le parasitoïdisme de <i>Opius agromyzicola</i> en situation de compétition interspécifique.....	89
Tableau XXIX: Impact de l'âge de la larve de <i>L. trifolii</i> sur le parasitoïdisme de <i>N. agromyzae</i> en situation de compétition interspécifique	89
Tableau XXX: Comparaison du parasitoïdisme de <i>Opius agromyzicola</i> obtenus respectivement en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique.....	90
Tableau XXXI: Comparaison du parasitoïdisme de <i>Neochrysocharis agromyzae</i> obtenus respectivement en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique	91

Tableau XXXII: Comparaison des taux de reproduction respectivement obtenus par les espèces de parasitoïdes en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique.....	92
Tableau XXXIII: Comparaison du temps d'exploitation d'une larve par <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et <i>Opius agromyzicola</i> durant la même période.....	93
Tableau XXXIV: Comparaison entre les taux d'exploitation obtenus par <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et <i>Opius agromyzicola</i> durant la même période d'étude.....	94
Tableau XXXV: Comparaison entre les taux d'exploitation obtenus par <i>Neochrysocharis agromyzae</i> ou <i>Opius agromyzicola</i> entre les deux périodes d'étude.....	95
Tableau XXXVI: Comparaison des taux de reproduction obtenus par <i>Neochrysocharis agromyzae</i> et <i>Opius agromyzicola</i> durant la même période d'étude	96

Liste des figures

Figure 1: plants de céleri (<i>Apium graveolens</i> Linné, 1753)	5
Figure 2 : larves et adulte de <i>L. trifolii</i>	20
Figure 3: Localisation géographique des sites d'étude.....	22
Figure 4: Dispositif classique de production des imagos à partir des larves que renferment les feuilles de céleri parasitées.....	25
Figure 5: Cages d'infestation des jeunes plants de céleri au laboratoire en octobre 2011.....	29
Figure 6: Dispositifs de suivi des feuilles infestées par <i>Liriomyza trifolii</i>	31
Figure 7: Insecticides communément utilisés par les maraîchers à Nkolondom	35
Figure 8: Boîtes de Pétri renfermant les pupes et les momies de <i>Liriomyza trifolii</i>	42
Figure 9 : Quelques images d'insectes appartenant à l'entomofaune du céleri à Nkolondom.....	54
Figure 10: Pourcentage des trois espèces d'insectes inféodés aux feuilles de céleri entre 2008 et 2009 à Nkolondom.....	55
Figure 11: Fluctuations numériques mensuelles des larves de mouches mineuses, des adultes de <i>Liriomyza trifolii</i> et de ses parasitoïdes.....	58
Figure 12: Variation de la température et de l'hygrométrie au laboratoire entre (décembre – janvier) et (septembre – octobre)	59
Figure 13: Variation de la température et de l'hygrométrie au jardin entre (décembre – janvier) et (septembre – octobre)	59
Figure 14: Fluctuation des taux de pertes foliaires hebdomadaires de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom	66
Figure 15 : Fluctuation des charges foliaires hebdomadaires des larves de <i>Liriomyza trifolii</i> de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom	68
Figure 16 : Variation des abondances hebdomadaires des larves de <i>Liriomyza trifolii</i> dans les parcelles expérimentales de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom.....	70
Figure 17 : Variation des abondances hebdomadaires des imagos de <i>Liriomyza trifolii</i> dans les parcelles expérimentales de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom	71
Figure 18: Variation des abondances hebdomadaires des imagos de <i>Opius agromyzicola</i> dans les parcelles expérimentales de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom.....	73
Figure 19: Variation des abondances hebdomadaires des imagos de <i>Neochrysocharis agromyzae</i> de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom.....	75

Liste des Annexes

Annexe 1 : Statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom	158
Annexe 2. Abondances mensuelles des larves et adultes de <i>Liriomyza trifolii</i> et des parasitoïdes.....	160
Annexe 3: Valeurs de température et d'hygrométrie moyennes journalières au laboratoire et dans la parcelle du campus.....	161
Annexe 4. Taux de pertes foliaires hebdomadaires dans les parcelles expérimentales	162
Annexe 5. Charges foliaires des larves de <i>Liriomyza trifolii</i> par parcelle.....	163
Annexe 6. Moyennes hebdomadaires des larves de <i>Liriomyza trifolii</i> par parcelle.....	164
Annexe 7. Moyennes hebdomadaires des adultes de <i>Liriomyza trifolii</i>	165
Annexe 8 : Moyennes hebdomadaires des imagos de <i>Opius agromyzicola</i>	166
Annexe 9. Moyennes hebdomadaires des imagos de <i>Neochrysocharis agromyzae</i>	167

Liste des Abréviations

AAC : Agriculture et Agroalimentaire Canada

CABI: Commonwealth Agricultural Bureaux International

DDT: DichloroDiphenylTrichloroethane

EPPO: European and Mediterranean Protection Plants Organization

FAO: Food and Agriculture Organization

FIBL : Institut de Recherche sur l'Agriculture Biologique

INRA : Institut National pour la Recherche Agronomique

MAPAQ : Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

OEPP: Organisation Européenne pour la Protection des Plantes

OILB: Organisation Internationale pour la Lutte Biologique

PNVRA: Programme National de Vulgarisation et de Recherche Agricole

WHO: World Health Organization

Résumé

Le céleri (*Apium graveolens*) est l'une des cultures les plus cultivées et les plus rémunératrices dans les bassins maraîchers périurbains de Yaoundé. Malheureusement, la culture de ce légume est menacée par les larves de la mouche mineuse *Liriomyza trifolii*. Ces larves creusent des galeries dans le parenchyme des feuilles de céleri, ce qui les rend impropres à la consommation et à la commercialisation. Dans l'optique de mettre sur pied une stratégie de lutte intégrée contre ce ravageur, la présente étude a été réalisée de janvier 2008 à octobre 2011 dans le village Nkolondom (banlieue de Yaoundé) et dans le campus de l'Université de Yaoundé I. La recherche des moyens de protection intégrée du céleri dépend de l'étude de la bioécologie de *L. trifolii* et de ses ennemis naturels. La démarche visant la mise sur pied d'une telle stratégie à Nkolondom a pris en compte : (1) la détermination du statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom, (2) l'étude des aspects de la bioécologie de *L. trifolii* et de ses parasitoïdes responsables des fluctuations numériques de leurs populations.

Dans l'optique d'atteindre ces objectifs, des prospections hebdomadaires ont été menées dans les jardins et des manipulations effectuées au laboratoire. Lors de ces prospections ont été effectué :

- la collecte des feuilles parasitées par des larves de *L. trifolii* ;
- la capture des larves et adultes d'insectes à l'aide des pinces molles ou d'un aspirateur à bouche.

Tous les insectes adultes capturés ont été conservés dans de l'alcool à 70 % à l'exception des Lépidoptères adultes qui ont été conservés à sec dans les papillotes. L'incubation des larves d'insectes a permis d'obtenir d'autres adultes d'insectes. L'identification de tous ces insectes adultes a permis de connaître l'entomofaune du céleri à Nkolondom. Le dénombrement des insectes adultes issus des larves présentes dans le parenchyme a permis d'observer la fluctuation numérique des populations d'insectes inféodés aux feuilles de céleri que sont *L. trifolii*, *Opius agromyzicola* et *Neochrysocharis agromyzae*.

L'étude de la bioécologie de *L. trifolii* et de ses parasitoïdes a nécessité des expérimentations portant sur (1) l'infestation des plants de céleri par les femelles de *L. trifolii*, (2) l'infestation des larves de *L. trifolii* par les parasitoïdes femelles ; (3) l'usage des insecticides et (4) des observations menées en champ sur le comportement des parasitoïdes. Ce travail a permis de déterminer :

- les durées du développement préimaginal de *L. trifolii* et de ses parasitoïdes ;
- l'impact des compétitions intra et interspécifiques, de l'usage des insecticides et la capacité de fourragement des parasitoïdes sur la population des espèces d'insectes inféodés au céleri.

Il ressort du présent travail que l'entomofaune du céleri à Nkolondom, (N = 7629 individus) est constituée de 44,08 % pour tous les insectes capturés à l'extérieur de l'appareil végétatif et de 55,91 % pour les insectes inféodés aux feuilles cette culture. Les taux d'abondance de ces insectes inféodés aux feuilles de céleri que sont *L. trifolii* et ses principaux ennemis naturels (*O. agromyzicola* et *N. agromyzae*) ont été respectivement de 28,05 %, 31,35 % et 40,59 %.

Les durées du cycle de développement des mouches ont été plus courtes lorsque leurs larves se sont développées dans les feuilles coupées et placées au laboratoire pendant la période sèche (16.53±0.26 jours) comparées à celles obtenues avec les plants entiers plantés au jardin durant la période humide (21.98±0.3 jours). Aucune différence significative n'a été observée entre le potentiel reproducteur de *L. trifolii* issu des feuilles coupées et celui issu des plantes sur pied. De ce fait, les récoltes sanitaires effectuées par les maraichers ne constituent pas un moyen efficace de protection du céleri contre *L. trifolii*.

Des compétitions intraspécifiques et/ou interspécifiques ont été observées chez les femelles de *N. agromyzae* et de *O. agromyzicola* lors de l'exploitation des larves hôtes. Dans ces conditions, *O. agromyzicola* qui ne pratique que le polyparasitoïdisme (plusieurs pontes dans le même hôte par le même parasitoïde ou plusieurs congénères) a moins proliféré que *N. agromyzae* qui pratique en plus avec beaucoup de réussite le multiparasitoïdisme (pontes d'une espèce de parasitoïde dans un hôte antérieurement exploité par une espèce différente de parasitoïde). Cette inégale prolifération est aussi due au fait que *O. agromyzicola* est un parasitoïde koinobionte tandis que *N. agromyzae* est un parasitoïde idiobionte. Chez les parasitoïdes koinobiontes, les femelles ne tuent pas l'hôte au cours de la ponte de même que la larve parasitoïde ne tue pas l'hôte avant son propre stade nymphal). Par ailleurs, les parasitoïdes idiobiontes se caractérisent par le fait que leurs femelles provoquent lors des pontes la paralysie et la mort de l'hôte.

Le nombre d'imagos émergeant des larves hôtes de 3 jours d'âge a été le plus élevé chez *N. agromyzae* et *O. agromyzicola*, ce qui fait des larves de cette tranche d'âge les plus indiquées pour la reproduction des deux espèces de parasitoïde.

La présence de plusieurs larves hôtes sur les feuilles parasitées en période sèche a été favorable à la prolifération de *N. agromyzae*. Le parasitoïde *O. agromyzicola* a par contre proliféré durant la période humide lorsque les hôtes étaient rares et généralement solitaires sur les folioles parasitées.

Enfin, l'utilisation des insecticides qui n'a pas eu d'effet significatif sur le développement de *N. agromyzae* s'est avérée défavorable pour *L. trifolii* et particulièrement nocif pour *O. agromyzicola*.

Mots clés: *Apium graveolens*, entomofaune, protection intégrée, insecticides, *Liriomyza trifolii*, *Opius agromyzicola*, *Neochrysocharis agromyzae*.

Abstract

The celery, *Apium graveolens* is one of the main market-gardening cultivated in Nkolondom and others peri-urban areas of Yaoundé. This vegetable is unfortunately damaged by larvae of *Liriomyza trifolii*. The larvae of this parasite dig galleries on the celery's leaves which become improper to consumption and commercialization. In order to find strategies for an integrated pest management of celery, the present study was realized from 2008 to 2011 in two sites: Nkolondom (peri-urban village of Yaoundé) and the Campus of the University of Yaoundé I. The research of the means about the celery's integrated pest management depended on the study of the bio ecology of *L. trifolii* and its natural enemies. This study was based on (1) the determination of the agronomic status of insects present in agro system based on the cultivation of celery, (2) the study of some biological and ecological features responsible of the numerical fluctuations of *L. trifolii* and its natural enemy's populations.

With the view to satisfy those objectives, many weekly inspections have been done in celery's gardens where the sampling consists to:

- cut infested leaves with a cutter;
- collect adults and larvae of insect with soft holders or hoover.

Infested leaves have been brought to the laboratory and incubated until the emergence of adult insects. Then adults were kept in 70 % alcohol, excepted Lepidoptera which have been conserved in dry. All those insects identified and counted have contributed to know the celery's entomofauna and the numerical fluctuations of insects associated with the plant which are *L. trifolii* and its parasitoids *Opius agromyzicola* and *Neochrysocharis agromyzae*.

The study of the biology and the ecology of *L. trifolii* and its parasitoids needed experimentations such as (1) the infestation of some celery plants by females of *L. trifolii*, (2) the infestation of larvae of *L. trifolii* by females of parasitoids (3) and field observations made on parasitoids.

During these experimentations conducted in the garden and in the laboratory, the consideration of the impact of climatic factors, non imaginal development durations of *L. trifolii* and its parasitoids, impact of intra and interspecific competitions on the multiplication of parasitoids, foraging capacity of each species of parasitoids and the impact of the use of insecticide has allowed to observe that those are the factors responsible of the fluctuations of the populations of *L. trifolii* and its parasitoids.;

The present study showed that the entomofauna of celery (N = 7629 individuals) was constituted with 55.91 % associated to celery and 44.08 % for the other insects. The rate of

proliferation of *L. trifolii*, *O. agromyzicola* and *N. agromyzae* have been respectively 28.05 %, 31.35 % and 40.59 %.

The duration of the development of leafminers decreased when the larvae have been reared during the dry period, in cut leaves inside the laboratory (16.53 ± 0.26 days) compared to the duration obtained with larvae reared during the raining period, in whole plants inside the garden (21.98 ± 0.3 days). There was not significant differences between the reproductive capacity of *L. trifolii* reared in cut leaves and those reared in whole plants. The sanitary harvest is not an effective mean to protect celery against *L. trifolii*.

Many intraspecific and interspecific competitions have been observed among females of parasitoids during the exploitation of the host larvae. In such conditions, *O. agromyzicola* is a koinobiont parasitoid who used only polyparasitoidism (many eggs-laying in the same host with the same parasitoid or many fellow creatures) has a less proliferation than *N. agromyzae*, an idiobiont parasitoid which in addition to the polyparasitoidism used successfully multiparasitoidism (eggs-laying by a species of parasitoid in a host previously exploited by different species of parasitoid). Koinobiont parasitoid is characterized by the fact that adults don't kill the host during the egg-laying and their larvae kill the host at its pupal stage. On the other hand, idiobiont parasitoid is characterized by the fact that adults paralyze and kill the host during the egg-laying.

The number of adults emerged from host larvae of 3 days old were high with *N. agromyzae* and *O. agromyzicola*, that is the reason why these larvae were the most appropriate for the reproduction of both parasitoids.

O. agromyzicola had the highest proliferation rate in gardens during the raining period when host larvae were scarce and generally alone on the infested leaves. About *N. agromyzae*, the abundance period was dry season when host larvae were numerous in the garden.

The use of insecticide treatment which hasn't noticeable effect on the development of *N. agromyzae* has been unfavorable on the leafminer and particularly harmful on *O. agromyzicola*.

Key words: *Apium graveolens*, entomofauna, integrated pest management, insecticides, *Liriomyza trifolii*, *Opius agromyzicola*, *Neochrysocharis agromyzae*.

Introduction

A la fin des années 1980, suite à la crise économique mondiale, l'Etat du Cameroun s'est désengagé des circuits de production et de commercialisation des cultures de rentes qu'étaient alors le cacao, le café, le coton etc. (Nguegang, 2008). Ce désengagement de l'Etat ainsi que la baisse des prix de ces cultures de rentes sur le marché mondial ont entraîné la baisse du pouvoir d'achat de nombreux planteurs. Ces planteurs se sont reconvertis dans l'agriculture maraîchère pour améliorer leurs conditions de vie. Les légumes sont cultivés dans plusieurs pays de par le monde où ils constituent une base importante de l'alimentation (FAO, 2015). La culture des légumes est de plus en plus encouragée par une demande sans cesse croissante de produits maraîchers destinés à la nutrition d'une population urbaine sans cesse croissante. L'augmentation de cette demande a conduit à l'intensification de l'activité maraîchère qui s'est traduite par l'augmentation des rendements ou des surfaces des terres cultivées (Cournoyer, 2000). Ces activités maraîchères qui font vivre de nombreuses familles sont menacées par plusieurs contraintes d'importance environnementale (sécheresse, fertilité des sols), et biologique telles que la pression des bioagresseurs (Pimentel *et al.*, 2001 ; Djiéto-Lordon & Aléné, 2002 ; Paré-Chamontin, 2010).

A Nkolondom et dans d'autres localités de la zone périurbaine de Yaoundé, les plantes maraîchères cultivées incluent entre autres la morelle africaine, l'amarante, la laitue, le persil, la corète potagère et surtout le céleri, généralement cultivés dans des systèmes mixtes ou des carrés contigus (Djiéto-Lordon & Aléné, 2002). Au sujet du céleri, les plus importants bioagresseurs recensés dans la localité ont été la bactérie *Pectobacterium carotovorum* responsable de la pourriture molle (Latour *et al.*, 2008 ; Simon *et al.*, 2010) et la mouche mineuse *Liriomyza trifolii* dont les larves creusent des galeries dans les feuilles. Suite à ces attaques des larves, les feuilles perdent leur qualité et deviennent impropres à la commercialisation et à la consommation (Djiéto-Lordon & Aléné, 2002, 2006 ; Gitonga *et al.*, 2010).

D'après Parrella (1982), l'introduction de la mouche mineuse *L. trifolii* en Afrique, en Europe et au nord de l'Amérique a causé d'importantes pertes économiques dans divers jardins maraîchers et sur plusieurs plantes environnementales. En effet, les piqûres (lors de la ponte et l'alimentation) de *L. trifolii* et les galeries creusées par leurs larves sur les feuilles en Amérique du nord réduisent la photosynthèse, la valeur esthétique des plantes ornementales ou des feuilles consommables, causent le dessèchement des feuilles et sont des portes d'entrée des microorganismes (Spencer, 1973; Minkenberg & Van Lenteren, 1986; Parrella & Jones,

1987; Maier, 2001). Les attaques des larves de *L. trifolii* ont entraîné l'abandon de la culture du céleri à Mvog-Dzigui, localité située non loin de Yaoundé, dans la Région du Centre (Cameroun) au début des années 2000 (Mvogo, 2005). Les maraichers de Nkolondom ont été aussi tentés par cet abandon car l'utilisation continue des pesticides pour protéger la culture s'avérait à terme excessivement coûteuse. En plus, la lutte chimique qui correspond à l'utilisation massive de pesticides chimiques de synthèse n'est pas sans conséquences sur la santé des agriculteurs, des consommateurs et sur l'environnement (Cournoyer, 2000). De cette situation, ont jailli plusieurs idées dont quelques-unes avaient pour but de rechercher le ou les facteur(s) responsable(s) des dégâts observés dans les parcelles, de réduire les dépenses liées à l'utilisation des insecticides et de limiter un éventuel développement rapide des résistances aux pesticides. D'ailleurs, à propos de la résistance des ravageurs à l'égard des pesticides, Trumble (1985) estime que l'accent a été mis sur les programmes de lutte contre les prédateurs à travers l'utilisation des agents de contrôle biologique. L'utilisation des agents biologiques comme les Hyménoptères parasitoïdes prend en compte la santé du travailleur, élimine les problèmes de la résistance et de l'accumulation des résidus chimiques (Jones *et al.*, 1986; Heinz, 1990). La réussite de l'exploitation des Hyménoptères parasitoïdes dans la lutte biologique exige une parfaite connaissance de leur bio-écologie et de celle des insectes ravageurs (Chaput, 2000). Cette exigence capitale pour le présent travail s'inscrit dans un vaste programme de recherche des méthodes de protection des cultures maraîchères en général et du céleri en particulier. Dès lors se pose la question de savoir quelles dispositions sont propices pour réduire les dégâts observés dans les parcelles de céleri à un seuil économiquement acceptable ? Comme hypothèse de recherche, nous estimons que la mise sur pied d'une stratégie de protection intégrée est indispensable pour la culture du céleri à Nkolondom. L'objectif général du présent travail consiste à déterminer les éléments qui permettront d'élaborer une méthode de protection intégrée du céleri à Nkolondom.

Plusieurs questions se posent à la suite de cet objectif général. La première d'entre elle est de savoir si les dégâts observés dans les parcelles de céleri sont-ils d'origine mystique ? Comme hypothèse découlant de cette question, nous estimons que ces dégâts sont provoqués par des insectes ravageurs. De ce fait, notre premier objectif consiste à déterminer le statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom ;

La deuxième question est de savoir pourquoi les maraichers s'alarment plus en saison sèche ? Comme hypothèse découlant de cette autre question, nous pensons que les insectes responsables de ces dégâts présentent des périodes de pullulation et des périodes de raréfaction dans les parcelles de céleri au cours de l'an. Le deuxième objectif de ce travail consiste à évaluer

au cours de l'an les fluctuations numériques des espèces d'insectes inféodés aux feuilles de céleri.

La troisième question de recherche du présent travail est de savoir quels sont les éléments à l'origine des précédentes fluctuations numériques ? Comme hypothèse découlant de cette troisième question, nous estimons que la taille des populations d'insectes inféodés au céleri est sous la dépendance des facteurs bio-écologiques. A titre de troisième objectif, nous nous proposons d'identifier les facteurs abiotiques et biotiques responsables des fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii* et de ses ennemis naturels.

Le présent travail comprend une introduction, trois chapitres et une conclusion. Le premier chapitre est consacré à la revue de la littérature ; le second traite du matériel et des méthodes utilisés alors que le troisième présente les résultats et la discussion.

Chapitre I: REVUE DE LA LITTERATURE

I.1 Généralités

I.1.1 Présentation du céleri

Le céleri est une plante herbacée bisannuelle (**Figure 1**), à racine pivotante, charnue, fusiforme ou tubérisée, aux feuilles alternes, souvent très découpées (Filliat, 2012). La description de la plante est empruntée de Rubatzky & Yamaguchi (1997). D'après ces auteurs, la tige est cannelée et creuse par résorption précoce de la moelle au cours de la croissance. L'ombelle est constituée par des pédicelles ou rayons insérés sur un même point de la tige. Les fleurs s'épanouissent toutes à un même niveau au bout de chaque pédicelle. Le calice est constitué de cinq sépales rudimentaires réduits le plus souvent à cinq dents à peine visibles. La corolle est constituée de cinq pétales libres; l'organe sexuel mâle ou androcée est composé de cinq étamines libres alternant avec les pétales. L'organe sexuel femelle ou gynécée ou pistil est composé de deux carpelles antéropostérieurs soudés à la coupe florale et formant un ovaire infère. Chaque loge contient un seul ovule bien développé. Les cotylédons pétiolés se transforment au cours de la germination en limbe, atteignant 6 mm de long. Les graines de céleri sont toutes petites et très légères (2500 graines/gramme) et leur germination très lente peut durer entre 3 et 4 semaines (Messiaen, 1989).



Figure 1 : Plants de céleri
Légende : 1- pétiole ; 2-foliole

I.1.2 Position systématique

La classification du céleri (*Apium graveolens*) présentée ici est adaptée de Bruneton (2009) et Filliat (2012).

- **Règne des Plantae** : organismes vivants pluricellulaires à paroi cellulaire de nature pectocellulosique.
- **Sous-règne Tracheobionta** : plante à racines et vaisseaux assurant la circulation de la sève ;
- **Embranchement** des Spermaphytes : plantes à fleurs ;
- **Sous-embranchement** des Magnoliophyta ou Angiospermes : plante à fleur aux ovules protégées par un ou plusieurs carpelles ;
- **Classe des Magnoliopsida ou Dicotyledoneae ou Astéridées** : graines à 2 cotylédons et une plantule ; fleurs pentamères gamopétales à carpelles soudés et étamines adnées (soudées) ;
- **Sous-classe des Euastoridae** : espèces herbacées à ovaire infère et regroupement des fleurs en inflorescence) ;
- **Ordre des Apiales**: feuilles généralement composées ;
- **Famille des Apiaceae**: inflorescences constituées d'ombelles ;
- **Sous-Famille des Apioidea**: stipules absentes, fruit à endocarpe mou, style au-dessus du disque ;
- **Genre *Apium***: pétiole en gouttière, charnue, portant plusieurs folioles, chaque foliole constituée de trois foliollules aux bordures ciselées ;
- **Espèce : *Apium graveolens*** (Linné). Cette espèce présente plusieurs variétés telle que la variété rapaceum (rhizome gros et lisse, feuilles abondantes); la variété dulce (feuilles vert plus foncé, goût plus fort) et la variété selicanum (céleri à couper, récolté en continue sur pied).

I.1.3 Historique et distribution géographique

Le céleri (ache odorante du marais) est connu depuis l'antiquité dans le pourtour de la méditerranée et de la mer rouge. Le terme « céleri » qui lui a été attribué est emprunté du mot italien *seleri* qui dériverait du mot *selinon* lui aussi dérivé du mot grec selenon ou plante de la lune par rapprochement à la déesse grecque de la Lune, Séléné. La première mention du céleri (le céleri rave) remonte en 1530 en Italie où il est appelé Capitatum (en forme de tête) par les botanistes. Le céleri actuel apparaît toujours en Italie suite à une longue sélection à partir de l'ache odorante qui était une plante des zones humides d'Europe (de Vilmorin, 1950 ; Zohary & Hopf, 2000).

Le céleri a également un long passé en Chine où il est apparu vers le VI^e siècle après J.-C. (Rubatzky & Yamaguchi, 1997).

En Afrique et plus précisément en Erythrée, en Ethiopie, au Mozambique, à la Réunion et plus en Afrique du Sud, le céleri apparaît comme plante échappée ou comme relique d'une ancienne culture (Knott & Deanon, 1967 ; Messiaen, 1974). Les informations disponibles ne détaillent pas le mode d'exportation du céleri d'Europe vers d'autres régions du monde. Néanmoins, il est fort probable que les échanges commerciaux soient le principal facteur ayant facilité sa propagation dans toutes les régions du monde.

Diverses enquêtes menées auprès des maraîchers en prélude à ce travail révèlent que le céleri a été introduit à Nkolondom et sans doute dans plusieurs pays tropicaux d'Afrique par les occidentaux (colons ou missionnaires) pendant les périodes d'évangélisation et de conquête coloniale dans le but de satisfaire leurs besoins culinaires (Nguimdo, 2007).

I.1.4 Biologie et écologie

Apium graveolens est à l'origine, une plante halophile (plante adaptée aux sols salés), ce qui explique les besoins importants en eau et la bonne tolérance à la salinité des variétés cultivées. Les variétés d'origine européenne sont cultivées en régions tropicales principalement en haute altitude, là où les températures mensuelles moyennes sont comprises entre 15 et 21°C. Leur exposition dès la présence de 5 feuilles vraies à des températures comprises entre 5 et 10°C pendant au moins 10 jours provoque la production des graines ou montaison. Par contre, les cultivars originaires d'Asie tropicale, commencent à monter lorsqu'ils sont exposés à des températures inférieures à 20°C (Messiaen, 1989).

Le céleri requiert un sol humide, perméable, et de préférence légèrement salin, avec un pH neutre ou légèrement basique et bien fourni en matière organique pour une croissance optimale (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). Dans les régions tempérées, le céleri fleurit uniquement au cours de la seconde année de culture (Messiaen, 1989).

I.1.5 Importance socio-économique et économique

L'importance de *A. graveolens* pour l'homme se traduit par l'abondance des descriptions et le nombre de noms scientifiques qui lui ont été attribués. Il apparaît ainsi sous plusieurs synonymes dans la littérature scientifique (Fournet, 2002). Ces noms sont : *Apium celleri* Gaertn, 1788 ; *Apium lusitanicum* Mill, 1768; *Apium maritimum* Salisb, 1796; *Apium palustre* Thore, 1803; *Apium vulgare* Bubani, 1899; *Seseli graveolens* (L.), 1771; *Sison ruta*

Burm, 1768; *Sium apium* Roth, 1788; *Sium graveolens* (L.), 1806; *Smyrniolum laterale* Thunb, 1794.

I.1.5.1 Importance thérapeutique et physiologique

L'importance thérapeutique du céleri se justifie par sa composition chimique (**Tableau I**). Cette plante renferme de nombreux éléments minéraux et organiques indispensables au bien-être des organismes animaux en général et de l'homme en particulier (Zheng *et al.*, 1993 ; Bublin *et al.*, 2003; Zidorn *et al.*, 2005 ; Peterson *et al.*, 2008; Nestle & Nesheim, 2012). Les vertus de quelques-uns de ces éléments minéraux et organiques sont récapitulées dans le **Tableau I**.

Tableau I: Eléments minéraux et organiques du céleri présentant des vertus thérapeutiques et physiologiques

Eléments minéraux et organiques	Vertus
Phthalides	relaxation et dilatation des vaisseaux sanguins entraînant la baisse de la pression artérielle chez l'homme; - réduction des hormones de stress dans l'organisme; - agents chimio-préventifs efficaces contre le cancer du pré-estomac (Zheng <i>et al.</i> , 1993).
Coumarines (composés acétyléniques)	- prévention du cancer (Beier & Oertli, 1983)
Vitamine C	renforcement du système immunitaire ; lutte contre la baisse de la température corporelle et les réactions inflammatoires ; baisse du taux du cholestérol dans le sang humain (Quiros, 1998). - promeut l'excrétion du cholestérol des rats (Tsia & Tan, 2000).
Nitrites	vasodilatation et la fluidification du sang humain ; - amélioration du flux sanguin dans certaines zones du cerveau (Ko <i>et al.</i> , 1991 ; Quiros, 1998).
Potassium et sodium	favorise le repos et le sommeil ; bon antiseptique urinaire ; excellents diurétiques (Atta & Alkofahi, 1998 ; Fortin, 2009)

I.1.5.2 Importance alimentaire du céleri

Les usages culinaires du céleri varient suivant les régions du monde. Ainsi, les graines de céleri sont utilisées comme épice sous forme de graines entières ou, moulues et mélangées avec du sel dans la cuisine russe, scandinave et indienne (de sel de céleri). Ce sel de céleri

peut également être fabriqué à partir d'un extrait de racines (Rubatzky & Yamaguchi, 1997). En Europe, en Asie, en Amérique et en Afrique, les pétioles épais et charnus du céleri et le limbe sont utilisés dans les potages, les plats cuisinés et les salades en cuisine de type occidental (Leung *et al.*, 1968). Le céleri-rave est principalement utilisé comme légume cuit dans des ragoûts et des potages, mais son rhizome râpé est également consommé cru en salade. Le céleri feuille, également appelé céleri à couper, finement haché est utilisé en décoration et comme assaisonnement, à l'état frais ou sous forme de poudre séchée. Dans les pays tempérés, le céleri est cultivé pour ses graines, qui fournissent une huile essentielle précieuse utilisée en cosmétique et dans les industries pharmaceutiques et en parfumerie.

Au Cameroun, le céleri est généralement utilisé dans l'assaisonnement (plantes aromatisantes) des soupes et bouillons divers. Il est parfois utilisé cru en salade.

I.1.5.3 Importance économique du céleri

Au Canada, les ventes du céleri ont connu une légère hausse de 7 % en 2009, hissant ainsi cette culture à la 9^{ème} position dans la liste des légumes les plus vendus dans la grande distribution au détail en 2009 (MAPAQ, 2009).

Au Cameroun et plus précisément à Yaoundé, le céleri est l'une des cultures maraîchères les plus rémunératrices, en termes de rendement et de prix de vente. Son rendement à la suite des récoltes des feuilles (14,3 kg/m²) est significativement supérieur au rendement de récolte en plante entière (3,5 kg/m²) (Simon *et al.*, 2010). Malgré la fluctuation des prix de vente, il a été évalué à 1800 f CFA/m² par cycle de culture comparée à la morelle noire (1400 f CFA/m²) et la laitue (1000 f CFA/m²) (Prolinnova Cameroun, 2011). Sa culture et ses ventes ont connues une explosion depuis les années 1990, suite à l'exportation du céleri vers d'autres pays de la sous-région.

I.2 Contraintes à la production et méthodes de protection

I.2.1 Contraintes à la production

I.2.1.1 Maladies du céleri

Plusieurs maladies cryptogamiques ont été décrites sur le céleri. Au rang de celles-ci peuvent être citées les maladies fongiques qui affectent communément les feuilles, les brûlures cercosporéennes et les brûlures septoriennes qui déprécient les cultures de céleri du fait des lésions qu'elles déterminent sur les feuilles et les pétioles. La brûlure bactérienne est une autre maladie foliaire, causée par la bactérie *Pseudomonas syringae* (Chaput, 2000) alors que la pourriture molle du bulbe et du système racinaire est provoquée par une autre bactérie

Pectobacterium carotovorum, anciennement connu sous l'appellation de *Erwinia carotovora* (Latour *et al.*, 2008 ; Simon *et al.*, 2010). Ces agents pathogènes peuvent persister jusqu'à 7 ans dans le sol d'où la nécessité des rotations des légumes racinaires d'au moins 3 ans (Koller, 2018).

I.2.1.2 Ravageurs du céleri

Plusieurs espèces d'insectes s'alimentent sur divers organes des plants de céleri, y causant des préjudices plus ou moins importants. Elles rongent, creusent, minent ou piquent ces organes pour en sucer la sève ou les fluides cellulaires. En plus des dégâts directs infligés à cette culture, certaines espèces d'insectes peuvent aussi leur inoculer des agents pathogènes (virus, mycoplasmes) ou faciliter l'entrée d'autres micro-organismes tels que les bactéries et les champignons (Autrique & Perreaux, 1989). Parmi ces ravageurs, *Liriomyza trifolii* qui est très prolifique (Liu *et al.*, 2009) a l'avantage de s'attaquer à de nombreuses cultures maraîchères et horticoles dont certaines servent de réservoir dans diverses régions du monde (Lange *et al.*, 1957 ; Stegmaier, 1966; Parrella, 1987 ; Minkenberg, 1988 ; Chaput, 2000 ; Kang *et al.*, 2009). La liste des plantes-hôtes (céleri, laitue, amarante etc) de *L.trifolii* est ainsi passée de 59 avant les années 1980 au-delà de 400 en 1986 (Parrella, 1987). Cette augmentation du spectre d'hôtes, couplée au phénomène de résistance aux insecticides, ont créé d'énormes difficultés dans le contrôle de *L. trifolii* (Parrella, 1987), plus tolérante à l'égard des insecticides que d'autres espèces d'Agromyzidae (Parrella & Keil, 1985 ; Parrella, 1987). En plus d'être un vecteur de virus dans les plantes qu'il parasite (Zitter *et al.*, 1980), le statut de ravageur majeur du céleri attribué à *L. trifolii* se justifie par le fait que ses larves causent des dégâts importants en creusant des galeries entre les deux épidermes foliaires (Spencer, 1973 ; Minkenberg, 1988). Autrement dit, à la suite de l'éclosion, les larves consomment le parenchyme des feuilles. Les dommages provoqués par ces larves altèrent la capacité de photosynthèse des plantes du fait de la destruction des cellules photosynthétiques (Musgrave *et al.*, 1975). Ces dommages sur le céleri pendant les deux premiers mois de son cycle végétatif sont économiquement peu dommageables comparés à celles qui ont lieu au cours du troisième mois (Foster & Sánchez, 1988).

I.2.2 Méthodes de protection du céleri contre les ravageurs

Les moyens de lutte contre les insectes ravageurs, exclusivement manuels à l'origine ont été améliorés au cours du temps par des méthodes chimique, mécanique, biologique, biotechnologique, génétique et des procédés cultureux naturels (Kumar, 1991 ; Stoll, 2000 ;

Dupriez *et al.*, 2001). La protection du céleri contre ses ennemis repose de nos jours sur l'inspection régulière et minutieuse de la culture, la surveillance des conditions météorologiques et la mise en œuvre d'une ou plusieurs méthodes évoquées ci-dessus dès l'atteinte des seuils d'intervention (Chaput, 2000). Aucune méthode seule ne peut s'appliquer à la fois à toutes les espèces à combattre sur une culture, ni donner une solution entièrement satisfaisante, d'où le concept de la lutte intégrée qui implique l'utilisation simultanée de plusieurs méthodes de protection des cultures (Breniere, 1983).

I.2.2.1 Protection chimique

Les insecticides utilisés dans la protection du céleri dans le monde sont variés et présentent différents modes de pénétration (contact, ingestion ou inhalation) et d'action dans l'organisme des insectes (Panneton *et al.* 2000a). Ainsi :

- les organochlorés et les pyréthrinoïdes sont des insecticides qui altèrent le fonctionnement des canaux sodium indispensables dans la conduction de l'influx nerveux (Panneton *et al.* 2000a);
- les organophosphorés et les carbamates sont des inhibiteurs de la cholinestérase qui est bloquée sous sa forme inactive. L'acétylcholine s'accumule au niveau des synapses, empêchant la transmission de l'influx nerveux et entraînant la mort de l'insecte. Ce mode d'action explique leur haute toxicité pour l'homme et les animaux à sang chaud. Ces organophosphorés sont semi-systémiques ou systémiques, hautement toxiques et peu stables (Panneton *et al.* 2000a);
- les benzoyles sont des perturbateurs des mues à travers la désorganisation de la chitine qui ne se présente plus sous forme fibrillaire chez la larve (Panneton *et al.* 2000a).

Les molécules actives contenues dans les pesticides sont exploitées en agriculture pour tuer les ravageurs des cultures (Kumar 1991; Dupriez *et al.*, 2001). Cette stratégie de protection des cultures a fait ses preuves depuis les années 1940 et reste à ce jour indispensable pour sécuriser la production alimentaire mondiale (Brevault *et al.*, 2002 ; Rafalimanana, 2003 ; Hanna *et al.*, 2004 ; Cooper & Dobson, 2007 ; Ahouangninou, 2008 ; Dabiré-Binso *et al.*, 2009 ; Gupta *et al.*, 2009). L'utilisation des herbicides est de nos jours très pratique malgré l'élimination des espèces animales et végétales non cibles (Alex, 1992).

L'utilisation des pesticides dans le monde a ainsi augmenté de 50 % ces 30 dernières années avec 25 millions de tonnes appliquées par an (Anonyme, 2006). Elle demeure de nos jours la méthode de lutte la plus utilisée en agriculture aussi bien dans les exploitations

Familiales Agricoles (EFA) qu'en agriculture industrielle (Cooper & Dobson, 2007). La lutte chimique, bien qu'assurant parfois des rendements meilleurs, présente de nombreux inconvénients tels que :

- la dépendance étroite des agriculteurs vis-à-vis des pesticides aux prix sans cesse croissants, suivie parfois d'une baisse de leur efficacité (Saha & Mukhopadhyay, 2013). La perte de rendement des récoltes due aux insectes est davantage considérable plus qu'avant, malgré l'augmentation de la toxicité des pesticides (Anonyme, 2006).

- l'atteinte par les pesticides des organismes non-cibles (Edwards-Jones, 2008), ennemis naturels des ravageurs ; l'élimination anarchique des ravageurs primaires entraînent les ravageurs secondaires à causer des dommages plus considérables que les ravageurs initialement visés (Anonyme, 2006 ; Saha & Mukhopadhyay, 2013). Les opérations de traitement dirigées contre les mouches de fruits dans les vergers qui favorisent la multiplication d'ennemis encore plus nocifs comme *L. trifolii* (Reitz *et al.*, 1999), *Phyllonorycter* spp. (Maier, 2001) et bien d'autres mineuses de tomate (Gelenter & Trumble, 1999).

- la pollution de l'environnement par accumulation dans le sol, dans les eaux et dans l'air des quantités résiduelles des insecticides à demi-vie relativement longue et des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (Bertheloot *et al.*, 2008). Le Chlordecone utilisé en Guadeloupe et en Martinique de 1972 à 1993 dans la lutte contre le charançon des bananes est resté stocké dans le sol et pollue encore de nos jours les eaux (Aubertot *et al.*, 2005).

- Au sud Bénin Assogba-Komlan *et al.* (2007) ont décelé des risques d'altération de la santé des humains à travers des teneurs de résidus dépassant 5µg/g pour les organochlorés (DDT, Endrine, Heptachlore) dans les légumes. Les études menées récemment par Lizardi *et al.* (2007) montrent que l'exposition à court terme aux pesticides organophosphorés semble avoir un effet altérateur de la vitesse d'attention, de la cognition et de la vision chez les enfants. Certaines études font état d'une grande variété de problèmes relatifs à la santé humaine, découlant de l'exposition aux pesticides tels que les troubles de reproduction, les problèmes génotoxiques, immunologiques, dermatologiques, neurotoxiques et une dizaine de types de cancers régulièrement rencontrés chez les agriculteurs (Sanborn *et al.*, 2004 ; Ahouangninou, 2008). Les cancers impliqués sont principalement ceux des tissus hématopoïétiques (leucémies, myélomes, lymphomes), des tissus conjonctifs des lèvres, de l'estomac, du cerveau (Baldi *et al.*, 2003). L'exposition des femmes enceintes aux pesticides a également été associée à un risque accru de tumeurs des cellules germinales chez l'enfant (Daniels *et al.*, 1997).

- le développement des formes de résistance chez de nombreuses espèces de ravageurs qui induit une augmentation constante des quantités de pesticides et des coûts de production. Entre 1948 et 1990, le nombre de cas de résistance aux pesticides chez les insectes a constamment augmenté : 14 espèces en 1948, 224 en 1969 ; et plus de 500 en 1990 (Mouchès *et al.*, 1990). De nombreuses études font état de résistance aux pesticides tant chez les ravageurs des plantes (Martin *et al.*, 2000) que chez les vecteurs des maladies chez les animaux tel que *Anopheles gambiae* Gilles, 1902 ; Etang & Simard, 2002 ; Akogbéto *et al.*, 2005). Dans les serres, l'application des adulticides (i.e. pyrethroides) est effectuée pour détruire les mineuses ; leur combinaison avec deux ou trois insecticides sélectifs comme l'azadirachtine, minimisent la possibilité de résistance et rassure le contrôle des stades de développement du ravageur sans aucune obstruction de l'action des ennemis naturels (Immaraju, 1998).

I.2.2.2 Protection physique ou mécanique

La lutte physique regroupe toutes les techniques de lutte dont le mode d'action primaire ne fait intervenir aucun processus biologique, biochimique ou toxicologique (Vincent & Panneton, 2001). Elle consiste entre autres à utiliser de l'énergie (humaine ou mécanique) au moment de l'application pour détruire, blesser, stresser ou enlever les ennemis des cultures du milieu. De nombreux exemples d'application révèlent toute une panoplie de procédés physiques dans la protection du céleri: sarcleurs pour détruire les mauvaises herbes, aspirateurs géants pour nettoyer les parcelles des insectes (Panneton *et al.*, 2000a).

I.2.2.3 Protection grâce aux pratiques culturales

L'utilisation des pratiques culturales comme méthode de protection des cultures compte parmi les plus anciennes. Elles consistent à rendre l'environnement défavorable au ravageur en évitant ou en limitant tout au moins les dégâts causés par ces derniers (Kumar, 1991). Elles concernent :

- l'utilisation des variétés résistantes aux ravageurs et adaptées au milieu de culture; d'après Kumar (1991), certaines plantes ont l'aptitude à résister à la colonisation des ravageurs mieux que d'autres variétés avec lesquelles elles partagent le même environnement. Malheureusement, à Nkolondom, la toute récente variété résistante « Plein blanc Pascal » très prisée par les maraîchers et les consommateurs a été remplacée par la variété « Elné » aux qualités moindres (Simon *et al.*, 2010) ;
- l'approche environnementale ou préventive qui consiste à la mise en place des conditions bénéfiques pour la prolifération des ennemis naturels (parasitoïdes et prédateurs) et la

régression du ravageur. La repousse des feuilles est ainsi indiquée comme un des facteurs favorisant la survie des mineuses (Potter, 1985 ; Feath, 1990; Girardo *et al.*, 2006a). A Nkolondom, les dernières récoltes de céleri se font davantage sur pied dans l'optique de d'évacuer loin jardin plusieurs ravageurs présents dans les feuilles;

- l'utilisation harmonieuse des pesticides et autres intrants agricoles : les fertilisants riches en nitrogènes doivent être utilisés avec attention parce qu'ils stimulent le développement des ravageurs, augmentant ainsi non seulement la vigueur de la plante mais également la survie des larves et pupes de mineuses (Van Lenteren & Overholt, 1994). L'autre inconvénient à cette utilisation accrue des fertilisants riches en nitrogènes réside dans la culture du haricot où il a été noté la réduction de la durée de développement et l'augmentation de la fertilité du parasitoïde *Chrysocharis oscidinis* (Hymenoptera: Eulophidae) parasitant la mineuse *L. trifolii* (Kaneshiro & Johnson, 1996). L'application du compost aux cultures aurait un effet indirect sur les mineuses à travers l'augmentation de l'efficacité et la richesse spécifique de leurs prédateurs (Brown & Tworkoski, 2004).

I.2.2.4 Protection biologique

La lutte biologique est un processus agissant au niveau des populations et par lequel la densité de population d'une espèce est abaissée par l'effet d'une autre espèce qui agit par prédation, par parasitisme, par parasitoïdisme, par pathogénicité ou par compétition (Van Drische & Bellows, 1996; Coderre & Panneton, 2001). Elle est de plus en plus sollicitée suite à la demande grandissante des consommateurs pour des aliments exempts de résidus de produits phytopharmaceutiques (Potier, 2014) et le développement du bio contrôle (Herth, 2011). De nombreux insectes, loin d'être des ravageurs des cultures, constituent des auxiliaires incontournables qui interviennent en agriculture et en jardinerie (Remacle, 1990). Ces auxiliaires non pollinisateurs correspondent à des organismes vivants capables de prévenir voire réduire les dégâts causés par les ravageurs des cultures (Kumar, 1991; Michel & Bourniers, 1997; Dupriez *et al.*, 2001; Boivin, 1999; Cloutier & Cloutier 1992 ; Isman, 2006), en dévorant ou en parasitant un ou plusieurs ravageurs des cultures (Appert & Deuse, 1988; Bijlmakers & Verhoek, 1995; Michel & Bournier, 1997 ; Ouedrago *et al.*, 2008).

D'après Coderre & Panneton (2001), les organismes responsables de la lutte biologique contre les insectes ravageurs se regroupent en quatre catégories: les prédateurs, les entomopathogènes, les nématodes et les insectes parasitoïdes. Parrella *et al.* (1989) préconisent l'utilisation des parasitoïdes ennemis naturels des larves de mineuses telle que *Diglyphus begini* dans la lutte inondative en serre ou en champ ouvert. Plusieurs ennemis

naturels de *L. trifolii* ont été recensés à Hawaï. Ceux-ci comprenaient *Chrysonotomyia punctiventris* (Crawford), *Ganaspidium hunteri* (Crawford), *Opius dissitus* Muesebeck, *Chrysocharis parksi* Crawford, *Chrysonotomyia formosa* (Crawford), *Hemitarsenus semialbiclavus* (Girault), *Diglypus begini* (Ashmead), *Diglyphus intermedius* (Girault), *Cothonapsis pacifica* (Yoshimoto) et *Haliticoptera circulus* (Walker). *C. punctiventris*, *H. circulus* et *G. hunteri* se sont avérés prédominants (Lynch, 1986; Johnson, 1987). Des prédateurs naturels suppriment périodiquement des populations de mineuses des feuilles (Spencer, 1973). Des applications foliaires du nématode entomophage *Steinernema carpocapsae* réduit de façon significative le développement des adultes de *L. trifolii* (Harris *et al.*, 1990). Leur exploitation dans la protection biologique des plantes nécessite :

- l'usage ou le remplacement des pesticides de synthèse par les biopesticides (i.e. *Bacillus thuringiensis*) ;
- l'utilisation des insecticides avec un faible impact sur les ennemis naturels ;

la diminution des perturbations imposées dans les systèmes agraires (à travers les pratiques agricoles moins agressives) augmentent les chances de contrôle biologique (Debach & Rosen, 1991 ; Murphy & La Salle, 1999; Chaput, 2000).

Au cours des six dernières décennies, l'effort de recherche en lutte biologique a considérablement augmenté (Boivin, 1999). Au sujet de cette recherche, de nombreux agronomes et chercheurs ont eu recours aux auxiliaires biologiques pour protéger diverses cultures contre les ravageurs dont *L. trifolii* (Wright *et al.*, 1960; Read, 1962; Baguette & Hance, 1997; Mitchell *et al.*, 1997; Morrison & Gilbert, 1999; Albert *et al.*, 2000).

L'utilisation des auxiliaires biologiques tels que les hyménoptères parasitoïdes s'est avérée un peu plus efficace dans la protection du céleri que les autres agents de lutte biologique (Chaput, 2000). Un parasitoïde peut être défini comme étant : « un organisme qui se développe sur ou dans un autre organisme (son hôte), en tire sa subsistance et le tue comme résultat direct ou indirect de son développement » (Eggleton & Gaston, 1990). Les parasitoïdes peuvent être des insectes, des nématodes, des champignons, des bactéries, des protistes et des virus (Eggleton & Gaston, 1990). D'après Cloutier & Cloutier (1992) ; Michel & Bournier (1997), la majorité des parasitoïdes connus qui sont des insectes présentent généralement des populations de petites tailles dans la nature (Boivin, 1999). Il se pourrait que ces bas niveaux de population sont dus d'une part au fait que la plupart des Hyménoptères parasitoïdes sont relativement spécialisés et qu'ils agissent sur les populations de leurs hôtes d'une manière densité-dépendante (Boivin 1999). Le fait que beaucoup d'espèces d'Hyménoptères parasitoïdes soient présentes en faible densité les rend susceptibles aux perturbations

environnementales (LaSalle, 1993). Les hyménoptères parasitoïdes ont une bonne capacité de dispersion, de découverte de l'hôte, de s'établir dans un habitat donné ; ils sont très sécuritaires pour la santé humaine et ont une grande spécificité d'hôte, donc présentent peu de risques aux organismes non-visés (Cloutier & Cloutier 1992). L'utilisation des pesticides est évidemment mise en cause mais la présence accrue de poussières de diverses natures dans les zones agricoles ou forestières peut diminuer le niveau de parasitoïdisme (Rose & DeBach, 1990).

Les parasitoïdes présentent plusieurs spécificités qui proviennent de la relation particulière qu'ils entretiennent avec leurs hôtes depuis des milliers d'années (Cournoyer, 2000). il s'agit entre autres de l'endoparasitoïdisme, du polyparasitoïdisme, du multiparasitoïdisme, du statut de parasitoïde solitaire, idiobionte ou koïnobionte (Cournoyer, 2000 ; Goubault, 2003).

Ainsi, les Hyménoptères parasitoïdes font face à diverses contraintes en vue de l'optimisation du développement de leurs progénitures. Il a été donné de constater à titre d'exemple que :

- l'issue de la relation physiologique entre un Hyménoptère parasitoïde et son hôte, obligatoirement marquée par la mort d'un des deux protagonistes, dépend de leurs capacités respectives à mettre en œuvre des stratégies de virulence ou de résistance à l'égard de l'organisme adverse (Moreau *et al.*, 2003).

- entre parasitoïdes qui cohabitent dans le même hôte, ces contraintes se caractérisent par:

- * la suppression physiologique (i.e. manque de nourriture, asphyxie, émission de toxines, des enzymes secrétées et des tératocytes par la première larve, (Salt, 1961; Mackauer, 1990; Vinson & Hegazi, 1998 ; Mayhew & van Alphen, 1999) ;

- * le combat direct entre individus au stade larvaire (les larves de premier stade sont généralement capables de tuer des œufs mais aussi, parfois, des larves plus âgées). L'élimination du deuxième individu ne se ferait donc pas par manque de nourriture mais davantage par action physique de la première larve (Goubault, 2003). Les parasitoïdes sont libres au stade adulte (Bijlmakers & Verhoek, 1995) contrairement aux œufs et larves qui se retrouvent généralement sur ou dans l'hôte dont *L. trifolii* est le plus prépondérant chez le céleri.

I.2.2.4.1 Position systématique de *Liriomyza trifolii*, principal ravageur du céleri

La terminologie utilisée dans le cadre de cette classification est adaptée de Roth (1974), Delvare & Aberlenc (1989) et de Trautwein *et al.* (2012). D'un point de vue taxinomique, la famille des Agromyzidae se positionne ainsi qu'il suit :

- êtres vivants eucaryotes et pluricellulaires, à cellules dépourvues de paroi, généralement mobiles et hétérotrophes**Règne Animalia** ;

- corps métamérisé, à symétrie bilatérale, pourvu d'appendices articulés et recouvert d'un exosquelette chitineux **Embranchement des Arthropoda ;**
- appendices en principe uniramés, une paire d'appendices préorales (antennes) et à fonction sensorielle **Sous-embranchement des Uniramia ;**
- corps divisé en trois tagmes fonctionnels et dont le thorax porte trois paires de pattes **Super-Classe des Hexapoda ;**
- pièces buccales de type ectognathe ou non contenu dans une capsule **Classe des Insecta ;**
- présence d'ailes portées par le mésothorax et le métathorax à un moment donné de son développement **Sous-classe des Pterygota ;**
- ailes repliées en arrière au repos **Infra-classe des Neoptera ;**
- développement de type holométabole, ailes apparaissant à la mue nymphale **Super-ordre des Endopterygota ;**
- aile postérieure modifiée, réduite à un moignon ou balancier **Ordre des Diptera ;**
- antennes courtes **Sous-ordre des Brachycera ;**
- pupa en forme de tonnelet, adulte émergeant du puparium par une ouverture circulaire..... **Infra-ordre des Cyclorrhapha ;**
- cicatrice frontale ou ptilinale et lunules présentes.....**Division des Schizophora ;**
- ampulla absente, cuillerons non ou peu développés, second article antennaire non fendu dorsalement **Groupe des Acalyptratae ;**
- larves de petites tailles, apodes. Ces larves vivent en mineuses de tiges ou de feuilles des plantes **Famille des Agromyzidae ;**
- larve creusant des galeries sinueuses entre les 2 épidermes de la feuille (INRA, 2006); plus de 300 espèces, dont environ 30 d'intérêt économiques (Lanzoni *et al.* 2002)..... **Genre *Liriomyza* Mik, 1894 ;**
- tête jaune, thorax et abdomen gris noirâtre, pattes jaune brillant **Espèce *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880).**

I.2.2.4.2 Principaux stades de développement de *Liriomyza trifolii*

Le cycle de développement de *L. trifolii* se déroule essentiellement en 4 stades : œuf, larve, pupa et imago. Avant la ponte, chaque femelle sélectionne une plante et une feuille appropriée sur laquelle elle va pondre ses œufs. Une fois le bon site sélectionné, elle creuse la

face supérieure du limbe grâce à son ovipositeur, et y dépose un œuf. Toutefois cet exercice est souvent réalisé pour son alimentation.

I.1.1.6.2.1 Œuf

L'œuf est ovale et translucide au moment de la ponte. Après la ponte, il met en moyenne trois jours pour éclore à la température ambiante.

I.1.1.6.2.2 Larves

A partir des caractéristiques chromiques et de la taille des individus au cours du développement, trois stades larvaires ont été distingués chez *L. trifolii*. D'un stade larvaire à l'autre, chaque larve creuse grâce à son appareil squeletto-pharyngial le parenchyme de la feuille dont elle se nourrit. Durant ce processus d'alimentation, elle délimite une galerie sinueuse et blanchâtre. Entre l'éclosion de l'œuf et la première mue matérialisée par l'apparition du premier appareil squeletto-pharyngial dans la galerie on a à faire à la larve de stade 1. La présence d'appareil céphalo-pharyngial dans la galerie traduit la présence de la larve de stade 2 qui est de couleur jaune (**Figure 2a**). Ensuite, la présence d'un second appareil céphalo-pharyngial traduit l'existence dans la galerie de la larve du stade 3 qui est de couleur jaune foncé ou brune (**Figure 2b**) (Capinera, 2009). Au terme de son développement, la larve de stade 3 découpe à l'aide de son appareil squeletto-pharyngial une ouverture semi-circulaire sur l'épiderme et se retrouve à la surface de la feuille. La prépupe qui sort ainsi de sa galerie Capinera (2009) formera une puppe. La pupaison qui se fait généralement dans le sol s'est quelques fois déroulée dans la galerie. Capinera (2009) a observé que l'appareil squeletto-pharyngial de la larve de stade 1 mesure en moyenne 0,10 (0,08-0,11) mm. Chez les larves de stade 2 et 3, l'appareil squeletto-pharyngial mesure respectivement 0,17 (0,15-0,18) mm et 0,25 (0,22-0,31) mm.

I.1.1.6.4 Adulte

La mue imaginale qui se déroule dans la puppe aboutit à l'émergence d'une mouche dont la tête est jaune, le thorax et l'abdomen sont gris noir, les yeux rouges, les pattes jaunes. L'adulte mâle de *L. trifolii* est de petite taille par rapport à la femelle. Celle-ci se sert de l'extrémité postérieure de son abdomen garnie de soies rigides pour perforer la face supérieure de l'épiderme des feuilles dans le but de déposer son œuf ou de se nourrir de la sève qui en résulte (**Figure 2c**) (Capinera, 2009).

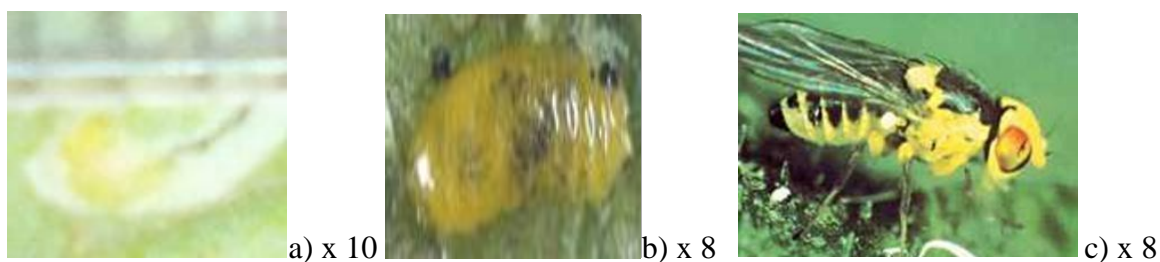


Figure 2 : larves et adulte de *L. trifolii* : a) Larve de stade 2 ; b) Larve de stade 3, c) adulte de *L. trifolii*

I.2.2.5 Protection intégrée

La lutte intégrée est un système de lutte contre les ravageurs qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant à la fois les exigences économiques, écologiques et toxicologiques ; en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation des populations de ravageurs et en respectant les seuils de tolérance (Waage, 1997; Kekeunou *et al.*, 2006 ; Ahouangninou, 2008 ; P-D Lucas *et al.*, 2018). La protection intégrée du céleri nécessite globalement les pratiques culturales, la protection physique manuelle et surtout la protection chimique (Ontario Ministry of Agriculture and Food, 1989).

Chapitre II. CADRE GEOGRAPHIQUE, MATERIEL ET METHODES

II.1 Cadre géographique

Les observations et expérimentations menées au cours de la présente étude ont été conduites de janvier 2008 à octobre 2011 simultanément dans 2 sites. Ces 2 sites sont le campus de l'Université de Yaoundé I (03° 51' 34''N, 11° 33' 00''E) et le bassin maraîcher de Nkolondom (03° 57' 07'' N, 11° 29' 27'' E). Ces sites sont localisés dans la ville de Yaoundé, Département du Mfoundi, Région du Centre (**Figure 3**).

Yaoundé et ses environs, situés sur le plateau sud-camerounais sont soumis à un climat yaoundéen dérivant de l'influence du relief sur le climat équatorial (Suchel, 1988). D'après Suchel (1988), ce climat comporte quatre saisons d'inégales durées dont :

- une grande saison sèche allant de mi-novembre à fin février ;
- une petite saison de pluies allant de mars à juin ;
- une petite saison sèche allant de juillet à août ;
- une grande saison de pluies allant de septembre à mi-novembre.

Les principales données climatiques de l'étude qui s'est déroulée entre les années 2008 et 2009 ont été obtenues auprès du Service Régional de la Météorologie d'Ekounou (Yaoundé). Celles-ci indiquent que la pluviométrie moyenne annuelle a été de l'ordre de 151,85 mm/an, la température moyenne annuelle de l'ordre de 24,60°C et l'hygrométrie moyenne annuelle de l'ordre de 78,62 %.

Le substratum lithologique de la Région du Centre est constitué de roches métamorphiques de nature gneissique. Les sols qui en dérivent sont de type ferrallitique sur les interfluves (Vicat & Bilong, 1998).

Le campus universitaire occupe le flanc Ouest de la colline de Ngoa-Ekellé (Yaoundé). Sur le plan phytogéographique, la végétation originelle y est totalement dégradée en raison de l'urbanisation. Elle a été remplacée majoritairement par quelques espèces végétales arborescentes dont les plus représentatives sont les manguiers (*Mangifera indica* L., 1753). Nkolondom est situé au nord de Yaoundé dans une zone de transition forêt-savane (Letouzey, 1968). Les bas-fonds marécageux de cette localité originellement occupée de raphia (*Rafia* sp.) sont traversés de nos jours par un ruisseau résultant du drainage des eaux stagnant au niveau des parcelles cultivées. Ces raphias ont été progressivement remplacés par une mosaïque de parcelles de diverses cultures maraîchères. Tout au long de l'année, les maraîchers y cultivent le céleri (*Apium graveolens* L., 1753), l'amarante (*Amarantus hybridus* L., 1753), le persil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss, 1886), la laitue (*Lactuca sativa* L., 1753), la morelle africaine (*Solanum scabrum* L., 1753), le basilic (*Ocimum basilicum* L.,

1753), le gombo (*Abelmoschus esculentus* Moench, 1794), la tomate (*Solanum lycopersicum* L., 1753) et occasionnellement le haricot (*Phaseolus vulgaris* L., 1753) (Djiéto-Lordon & Aléné, 2007). Cette grande diversité de plantes cultivées induit le développement de plusieurs espèces d'invertébrés au rang desquels des insectes ravageurs de cultures maraîchères et leurs ennemis naturels (Djiéto-Lordon & Aléné, 2007). Sur les bords émergés des marécages, les cultures vivrières sont périodiquement mises en place, les périodes de culture alternent avec celles de jachère plus courtes.

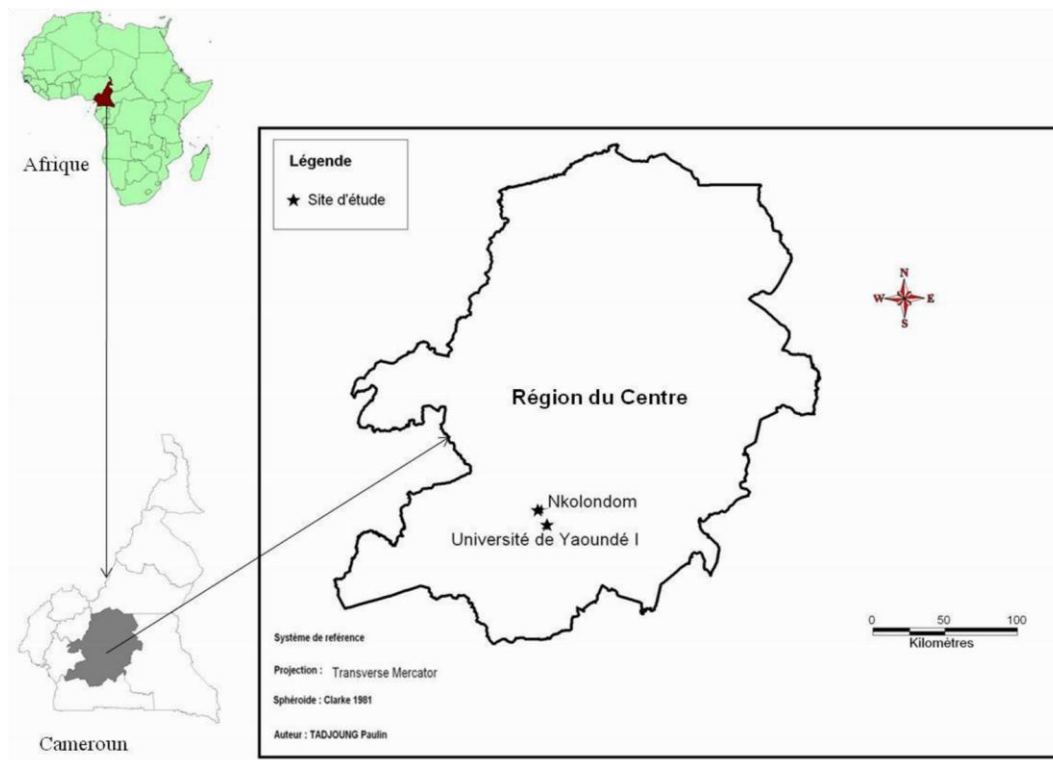


Figure 3 : Localisation géographique des sites d'étude (Nkolondom et Université de Yaoundé I)

II.2 Matériel

Le présent travail a été conduit sur un total de 16 parcelles mises en place par les producteurs locaux et nos assistants. Quatre séries de parcelles aux superficies variables (16,5 m² à 163 m²) et constituées d'un nombre de planches allant de 3 à 13 ont été mises sur pied conformément aux expérimentations y afférentes. Ces planches de longueur variant entre 5 et 12 m et mesurant chacune 1 m de large étaient séparées les unes des autres par des sillons de 0,5 m de large.

Les jeunes plants obtenus un mois après la levée des graines ont été repiqués à raison de 4 rangées par planche. Les plants ont été séparés d'environ 20 cm les uns des autres dans chacune des parcelles. Les variétés cultivées étaient « Elné » et « Plein Blanc Pascal » dont les semences sont produites par la firme Tropica et commercialisées dans divers points de vente à Yaoundé. Les récoltées foliaires commerciales sur les plants de céleri se faisaient tous les 15 jours à partir du troisième mois après la transplantation.

La fertilisation de chaque parcelle s'est faite en trois étapes:

- avant le repiquage par des fientes de volailles ;
- une semaine après le repiquage par des engrais chimiques NPK 20-10-10 ;
- deux mois après le repiquage par un mélange d'engrais chimique NPK 20-10-10 et de fientes de volailles.

II.3 Methodes

II.3.1 Etude du statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri

II.3.1.1 Collecte des données et identification des insectes constituant l'entomofaune des agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom

Cette étude a été réalisée entre 2008 et 2009 dans 7 parcelles qualifiées de parcelles de la série 1 mises en place par des producteurs locaux. Ces parcelles se sont succédées chronologiquement de telle sorte que le dernier échantillonnage effectué dans la parcelle vieillissante soit suivi par le premier échantillonnage dans la nouvelle parcelle. Ces parcelles dont les superficies variaient entre 33 et 163 m² étaient constituées d'un nombre de planches variant entre 5 et 13.

Un jour par semaine, des échantillonnages ont été effectués sur un total de 30 plants de céleri dans une parcelle de la série 1. Ces plants échantillonnés étaient distants d'au moins 80 cm les uns des autres. A chaque échantillonnage, l'activité des différents insectes (larves et adultes) présents sur les différents organes de chaque plant échantillonné était minutieusement observée. Grâce aux pinces molles et à l'aspirateur à bouche, ces insectes ont été capturés entre 10 et 12 heures. Les adultes ont été conservés dans des papillotes ou dans des piluliers contenant de l'alcool à 70 % ; tandis que leurs larves ont été transportées dans des boîtes en plastique (7x10x17 cm) au laboratoire. Au laboratoire, chaque larve a été placée dans une boîte d'élevage en présence d'une foliole de céleri et suivie jusqu'à la mue imaginale.

Par ailleurs, sur chaque plant échantillonné, la feuille la plus parasitée a été récoltée au jardin puis transportée au laboratoire et soumise au processus classique de production des imagos inféodés au céleri décrit ci-dessous :

- ◆ récolte d'un maximum de 30 feuilles de céleri parasitées par des larves vivantes et des larves momifiées de mouche mineuse dans une parcelle de céleri ;
- ◆ étiquetage et transport de ces feuilles dans un sachet plastique transparent au laboratoire. Chaque étiquette renseignait sur la saison et la date d'échantillonnage (**Figure 4a**) ;
- ◆ introduction dans des boîtes d'incubation (17cm x 10cm x 7cm) en plastique de 2 à 5 feuilles parasitées préalablement recouvertes de papier hygiénique destiné à absorber l'eau issue de la transpiration des feuilles. Les bacs ont été par la suite refermés sans que les feuilles ne subissent aucune pression. Les larves qui vivent dans ces feuilles ont été suivi jusqu'à la pupaison (**Figure 4b**) ;
- ◆ collecte et introduction de chaque pupa formée à partir d'une larve saine dans une boîte de Pétri (**Figure 4c**) ;
- ◆ introduction dans une boîte de Pétri d'une larve momifiée (caractérisées par un engorgement d'eau consécutif à son arrêt physiologique) logée dans le parenchyme de la feuille de céleri (**Figure 4d**) ;
- ◆ rangement des boîtes de Pétri dans des boîtes d'élevage (17cm x 10cm x 7cm) recouvertes de toile gaze à mailles fines (0,5 mm) (**Figure 4e**),
- ◆ suivi quotidien de chaque boîte de Pétri jusqu'à l'émergence des imagos ;
- ◆ identification et dénombrement des imagos.

Ce processus d'obtention des imagos s'est déroulé dans les conditions de température ambiante du laboratoire. Les imagos obtenus ont été nourris de miel dilué dans des cages en attendant d'être utilisés dans le cadre d'autres expérimentations.

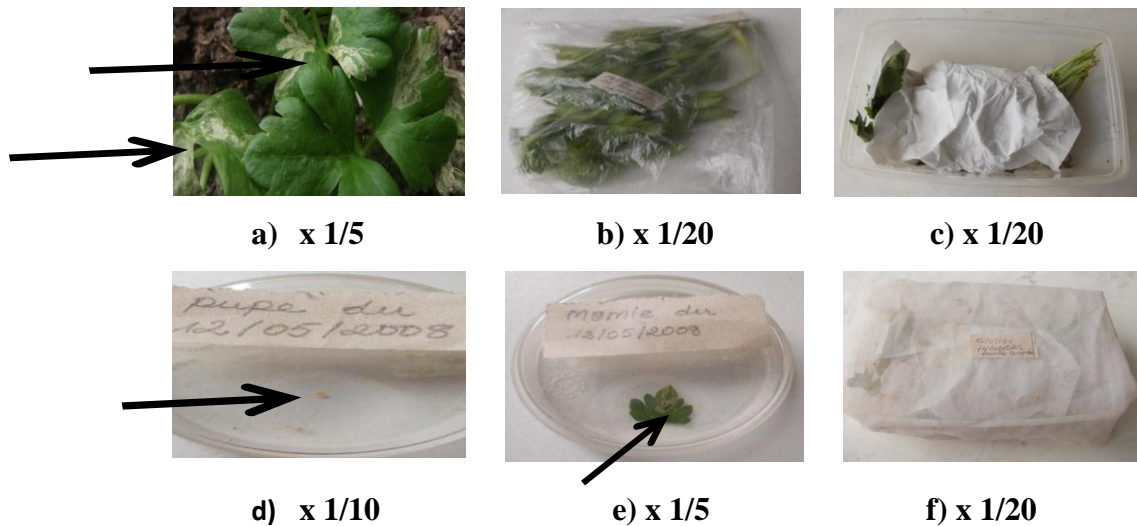


Figure 4: Dispositif de production des imagos à partir des larves que renferment les feuilles de céleri parasitées : Légende :

a) Feuilles de céleri parasitées par les larves de mouches mineuses ;

b) Feuilles dans un sachet plastique transparent étiqueté ;

c) Feuilles recouvertes de papier hygiénique et introduite dans une boîte d'incubation ;

Pupe dans une boîte de Pétri ;

Larve momifiée dans une boîte de Pétri ;

Bac recouvert de gaz à mailles fines.

II.3.1.2 Identification des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri

Les imagos issus de ce procédé ainsi que ceux capturés sur les différents organes aériens de la plante ont été identifiés à travers des observations morphologiques au stéréomicroscope de marque Leica 80 M, et grâce à des clés dichotomiques des hyménoptères (Goulet & Huber, 1993 ; Anonyme, 1998); des catalogues d'insectes et d'arthropodes (Appert & Deuse, 1988 ; Autrique & Perreaux, 1989 ; Bordat & Goudegnon, 1991 ; Bordat & Daly, 1995). La confirmation de certaines de ces identifications a été faite par le Laboratoire d'Entomologie du Centre International de Recherche pour le Développement (CIRAD) à Montpellier et au Musée Royal d'Afrique Centrale à Bruxelles (MRAC) où des échantillons de référence ont été déposés. A la suite de ces identifications, le statut agronomique de chaque insecte circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom a été confirmé.

II.3.2 Etude des fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola*

II.3.2.1 Evaluation du pourcentage d'émergence des imagos de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes

A la suite des récoltes des feuilles parasitées dans les parcelles de céleri de la série 1, le nombre hebdomadaire de larves de mouches mineuses et des imagos de chaque espèce à l'émergence a été évalué (**Annexe 3**). Le total respectif de ces valeurs hebdomadaires a permis de calculer le pourcentage d'émergence des imagos de chaque espèce. Ce paramètre qui révèle implicitement les potentialités de chaque espèce de parasitoïde dans la lutte biologique a été calculé comme suit :

$$P_1 = (n_1 / N) \times 100 \qquad P_o = (n_o / N) \times 100 \qquad P_n = (n_n / N) \times 100$$

P₁ : Pourcentage de *L. trifolii* ; n₁ : nombre de *L. trifolii* ;

P_o : Pourcentage de *O. agromyzicola* ; n_o : nombre de *O. agromyzicola*

P_n : Pourcentage de *N. agromyzae* ; n_n : nombre de *N. agromyzae* ;

N : nombre de larves de *L. trifolii*.

II.3.2.2 Etude des fluctuations numériques

L'addition des valeurs hebdomadaires (**Annexe 3**) correspondant à chaque mois a permis d'obtenir les abondances mensuelles de chaque catégorie d'individus étudiés que sont les larves et les imagos de *L. trifolii*, les imagos de *N. agromyzae* et de *O. agromyzicola*. Les inégalités observées entre les abondances mensuelles consécutives de chaque catégorie d'espèce étudiée ont mis en évidence leurs fluctuations numériques.

La représentation graphique des précédentes abondances mensuelles consécutives de la période d'étude a permis de mieux visualiser les:

- précédentes fluctuations numériques mensuelles ;
- variations saisonnières de la taille des populations des insectes inféodés au céleri.

A partir des abondances mensuelles a été calculée l'abondance moyenne annuelle de chaque catégorie d'espèce étudiée à l'aide de la formule suivante :

$$\bar{A} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n A_i$$

\bar{A} : Abondance moyenne annuelle d'une catégorie d'individus donnée ;

A_i : Abondance mensuelle d'une catégorie d'individus donnée ;

n: Nombre de mois de l'an.

Les abondances mensuelles obtenues le même mois durant les années 2008 et 2009 ont été comparées entre elles. Ces comparaisons ont permis de démontrer si des fluctuations numériques mensuelles significatives ont existé entre les populations des individus étudiés durant les deux années consécutives. Ces comparaisons ont été réalisées grâce à l'Analyse des Variances via la procédure du Modèle Linéaire Généralisé (GLM). L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3 Recherche des facteurs abiotiques responsables des fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii*

II.3.3.1 Etude de l'impact des facteurs micro climatiques sur les fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii*

II.3.3.1.1 Evaluation des paramètres micro-climatiques

Cette étude a nécessité l'exploitation des plants de céleri précédemment infestés et transplantés dans des parcelles aménagées au campus et ceux maintenus au Laboratoire de Zoologie de l'Université de Yaoundé 1, durant 2 périodes d'étude. Ces 2 périodes sont respectivement incluses dans une saison sèche et dans une saison des pluies selon le découpage de Suchel (1988). Dans l'optique de s'assurer que le microclimat du jardin est différent de celui du laboratoire quel que soit la saison, des données climatiques (température et hygrométrie) y ont été relevées à l'aide d'un hygrothermomètre de marque Lild, Modèle H10515/DCF. Ces données climatiques ont été mesurées trois fois (8h, 12h, et 16h) par jour d'échantillonnage, pendant 28 jours successifs compris dans les périodes d'étude dites sèche et pluvieuse.

Les valeurs journalières moyennes de la température (T) et de l'hygrométrie (H) (**Annexe 2**) résultant des relevés climatiques du laboratoire et du jardin ont été calculées ainsi qu'il suit :

$$- T = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n}$$

T : Température journalière moyenne;

t_i: Température du relevé i ;

$$- H = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}$$

H : Hygrométrie journalière moyenne;

h_i: Hygrométrie du relevé i ;

n: Nombre de relevés journaliers.

Les comparaisons ont été effectuées entre les valeurs de températures journalières moyennes d'une part et d'autre part entre celles des hygrométries journalières moyennes obtenues respectivement au jardin et au laboratoire. Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide du test de l'Analyse de la Variance (ANOVA) via la procédure du Modèle Linéaire Généralisé (GLM). Les résultats de ces comparaisons ont permis de déterminer si la température ainsi que l'hygrométrie ont été respectivement homogènes entre :

- la période sèche et la période humide au sein du même milieu d'étude ;
- le jardin du campus et le laboratoire durant la même période d'étude.

Les analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.1.2 Etude de l'influence des facteurs microclimatiques sur la durée des phases de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii*

II.3.3.1.2.1 Infestation des jeunes plants de céleri

L'étude de l'influence des facteurs micro climatiques sur la durée des phases de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii* a nécessité l'infestation des jeunes plants de céleri. Ainsi, des plants de céleri ont été prélevés d'une pépinière à Nkolondom et transportés au campus où ils ont été transplantés dans des pots en plastiques de 120 ml remplis préalablement de la fumure.

L'infestation de ces plants par les mouches obtenues des larves mineuses provenant de Nkolondom a été réalisée pendant 5 jours au laboratoire dans les conditions de température et d'hygrométrie ambiantes. Ces infestations se sont réalisées à travers l'exposition des plantes à l'activité des mouches mineuses dans des cages transparentes en plastique de forme cylindrique (20 cm de diamètre x 30 cm de haut ou 30 cm de diamètre x 40 cm de haut). Les seaux plastiques transparents servant de cages cylindriques ont été préférées aux cages de 67cm x 67cm x 67cm utilisés par Patel *et al.* (2003), en raison de leurs coûts et de leur disponibilité sur le marché local.

Quatre jeunes plants ont été placés dans chaque cage à l'intérieur de laquelle 4 mouches mâles et 4 mouches femelles d'un jour ont préalablement séjournées ensemble pendant 24 heures. Chaque cage a été ensuite couverte de gaz à mailles fines (**Figure 5**). Ces expositions se sont déroulées dans les intervalles de temps allant de 11 heures - 12 heures ; 13 heures - 14 heures et 15 heures - 16 heures, soit 3 vagues d'exposition par jour. Les plants ont été remplacés dans les cages au terme de chaque exposition. Le choix des intervalles de temps

d'exposition se justifie par le fait qu'entre 11 heures et 16 heures, la température du laboratoire est d'environ 25°C, température à laquelle des travaux similaires, en occurrence ceux de Leibee (1982, 1984) et Minkenberg (1988) ont été réalisés. Suivant la manipulation à effectuer, 600 plants ont été exposés aux mouches mineuses en 5 jours, à raison de 120 plants par jour. Les points d'impacts d'alimentation et de ponte ont servi d'indicateurs d'une probable infestation des plants exposés aux mouches mineuses.

Les larves et imagos obtenus de ces plants infestés ont servi à l'étude de l'écologie de la mouche mineuse et de ses parasitoïdes.

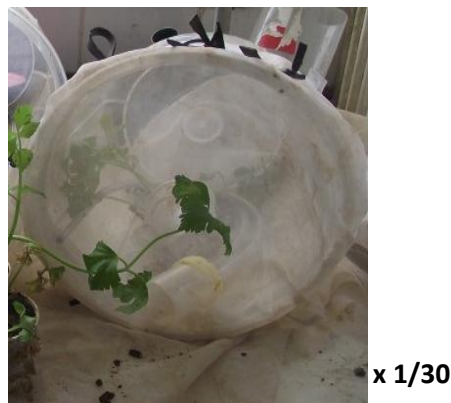


Figure 5 : Cage d'infestation des jeunes plants de céleri au laboratoire en octobre 2011

II.3.3.1.2.2 Exploitation des parcelles mises sur pied

Deux des trois parcelles ont été mises en place durant la période sèche, du 05 novembre 2010 au 24 janvier 2011 (parcelle 1 constituée de 5 planches de 5 mètres de longueur) et du 05 janvier 2011 au 24 mars 2011 (parcelle 2 constituée de 3 planches de 5 mètres de longueur). La parcelle 3 constituée de 5 planches de 5 m de longueur a été mise sur pied durant la période humide entre le 05 août 2011 et le 24 octobre 2011.

A la suite de l'infestation de 600 plants de céleri, 500 ont été transplantés dans la parcelle 1 ou la parcelle 3 à raison de 100 plants de céleri infestés par planche. Les 100 autres plants ont été maintenus au laboratoire. L'étude du développement préimaginal de *L. trifolii* a été réalisée à travers des échantillonnages effectués sur les plantes du jardin et du laboratoire. Deux manipulations ont été exécutées à cet effet : la manipulation des feuilles coupées et la manipulation des feuilles des plantes sur pied.

I.3.3.1.2.2.1 Manipulation des feuilles coupées

Dès l'apparition des galeries dans chaque milieu d'expérimentation, un total de 30 feuilles infestées a été prélevé à l'aide d'un sécateur sur 30 plants. Ces feuilles ont été par la suite étiquetées en fonction de la date et du lieu de prélèvement, puis soumises au processus classique de production des imagos dans chaque milieu. Chacune des boîtes a été ensuite recouverte avec une toile de gaz à mailles fines. Durant l'implémentation de ce processus, les boîtes de Pétri du laboratoire ont été rangées sur une pailleasse tandis que celles des parcelles ont été introduites dans des cages cylindriques recouvertes de toile et placées entre les plants (**Figure 6a**). La toile moustiquaire et les cages avaient pour rôle de protéger les larves, les prépuces et les puces respectivement contre les Pheidoles et les eaux des précipitations.

II.3.3.1.2.2.2 Manipulation des feuilles des plantes sur pied

Trente feuilles ont été sélectionnées sur 30 autres plantes dans chaque milieu d'expérimentation. Chacune de ces feuilles a été isolée dans un manchon étiqueté fait de toile de gaz à mailles fines (**Figure 6b et 6c**) dont le rôle était :

- de protéger les larves de *L. trifolii* de ses ennemis naturels ;
- d'empêcher les prépuces, voire certaines puces de se dissimuler dans le sol.

Les puces formées dans les manchons ont été suivies jusqu'à la pupaison. Ensuite, dans chaque milieu d'expérimentation, ces puces ont continué à suivre le protocole classique de production des imagos. Les boîtes de Pétri ont toujours été placées dans les mêmes cages cylindriques que précédemment en champ.

Les dates ci-dessous ont été relevées à partir de celle de l'infestation des plants de céleri :

- dates d'apparition des différentes galeries marquant la fin de la phase embryonnaire;
- dates de formation des différentes puces marquant la fin de la phase larvaire ;
- dates d'émergence des imagos marquant la fin de la phase nymphale.

En plus de ces dates ont été notées pour chaque cas le milieu d'expérimentation et l'état de ressource alimentaire dans laquelle se sont nourries les larves.

Ces différentes dates ont permis de déterminer :

- la durée des phases de développement préimaginal;
- la durée du développement préimaginal de *L. trifolii*.

Dans le but de déterminer l'influence du microclimat sur le développement préimaginal de *L. trifolii*, des comparaisons ont été faites entre les durées de la même phase ; durées respectivement obtenues à partir d'une ressource alimentaire précise dans chaque milieu

d'étude, en période sèche et en période humide. Ces comparaisons ont nécessité le test d'Analyse de la Variance (ANOVA) via la procédure du Modèle Linéaire Généralisé (GLM). L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

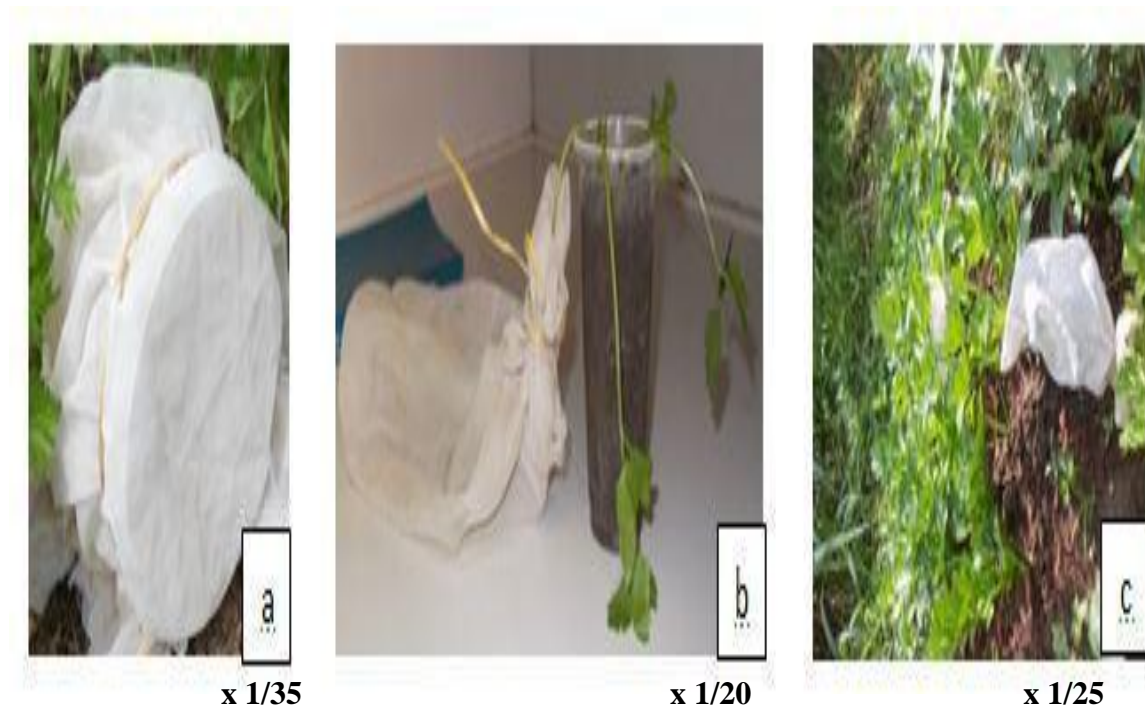


Figure 6: Dispositif de suivi des feuilles infestées de céleri par *Liriomyza trifolii*

(a) cage en champ renfermant des boîtes de Pétri et recouverte de gaz à mailles fines ;

(b) feuille dans un manchon au laboratoire ;

(c) feuille dans un manchon au champ.

II.3.3.1.2 Evaluation des durées des phases de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii*

Il s'agit ici de la durée de développement des phases embryonnaire, larvaire et nymphale.

Ces durées ont été évaluées comme suit :

(i) Durée moyenne de la phase embryonnaire de *L. trifolii* (phase allant de l'infestation à l'éclosion qui est marquée par l'apparition des galeries) (DE).

$$DE = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N_1}$$

t_i : Temps mis pour passer d'un œuf i à la larve i ou durée de développement d'un embryon i ;

N_1 : Nombre de larves

(ii) Durée moyenne de la phase larvaire de *L. trifolii* (phase allant de l'apparition de la galerie à la sortie de la prépupe de la feuille) (DL). .

$$DL = \sum_{i=1}^n t_i / N_2$$

t_i : Temps mis pour passer de la larve i à la pupa i ou durée de développement d'une larve i ;

N_2 : Nombre de pupes

(iii) Durée moyenne de la phase nymphale de *L. trifolii* (phase allant de la prépupe à l'émergence de l'imago) (DN).

$$DN = \sum_{i=1}^n t_i / N_3$$

t_i : Temps mis pour passer de la pupa i à l'imago i ou durée de développement d'une pupa i ;

N_3 : Nombre d'imagos

II.3.3.1.3 Evaluation des durées de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii*

La durée de développement préimaginal correspond au temps mis par un même individu pour passer de l'œuf à l'imago. Les durées de ce développement exprimées en jours ont été évaluées en tenant compte des données issues des combinaisons entre milieux d'expérimentation (laboratoire et le jardin du campus) - périodes d'étude (sèche et humide) - états de la ressource alimentaire (feuilles coupées et plants sur pied). Ces huit combinaisons ont été respectivement :

- * Laboratoire – période sèche – feuilles coupées (combinaison 1) ;
- * Laboratoire – période sèche – Plantes sur pied (combinaison 2) ;
- * Laboratoire – période humide – feuilles coupées (combinaison 3) ;
- * Laboratoire – période humide – Plantes sur pied (combinaison 4) ;
- * Jardin – période sèche – feuilles coupées (combinaison 5) ;
- * Jardin – période sèche – Plantes sur pied (combinaison 6) ;
- * Jardin – période humide – feuilles coupées (combinaison 7) ;
- * Jardin – période humide – Plantes sur pied (combinaison 8).

Le calcul de la durée moyenne du développement dans chaque combinaison a été effectué tel qu'il suit :

DMP : Durée moyenne du développement préimaginal de *L. trifolii*

$$DMP = \sum_{i=1}^n t_i / N$$

t_i : Temps mis pour passer d'un œuf i à un imago i ou durée de développement d'un imago i ;

N : Nombre d'imagos

Dans le but de voir si les durées de développement préimaginal de *L. trifolii* ont varié d'une combinaison à l'autre, des comparaisons ont été faites à l'aide du test de l'Analyse de la Variance (ANOVA) via la procédure du Modèle Linéaire Généralisé (GLM). L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.2 Impact des traitements insecticides sur la fluctuation de la taille des populations de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola*

L'étude de l'impact des traitements insecticides sur la fluctuation de la taille des populations de *L. trifolii* et de ses parasitoïdes s'est déroulée de septembre 2009 à janvier 2010, soit 20 semaines d'échantillonnage. A cet effet, quatre parcelles expérimentales constituant celles de la série 3 ont été mises sur pied dans la localité de Nkolondom. Elles étaient constituées chacune de 5 planches de 5 mètres de longueur au niveau desquelles ont été transplantés des jeunes plants de céleri.

II.3.3.2.1 Description des insecticides utilisés dans les parcelles expérimentales

Trois insecticides (**Figure 7**) communément commercialisés sur le marché local et régulièrement utilisés par les maraîchers dans la protection du céleri ont été utilisés au cours de la présente étude. Les caractéristiques telles que la composition chimique et le mode d'utilisation de ces insecticides ont été obtenues à partir de leurs emballages. Ces insecticides étaient (1) le KARATE MAX 2.5 WG de formulation liquide (appelé Karaté dans la suite de l'étude) produit par la firme française Syngenta Agro S.A.S ; insecticide de contact dont la matière active est la Lambdacyhalotrine ; (2) le CYPERCAL 720 EC de formulation liquide (appelé Cypercal dans la suite de l'étude) produit par la firme française Syngenta Agro S.A.S; insecticide composite dont les matières actives sont la Cyperméthrine 600 g/l qui est un insecticide de contact et le Diméthoate 120 g/l qui est un insecticide systémique ; (3) le KART 500 de formulation poudreuse (appelé Kart dans la suite du travail) produit par la firme hollandaise Crop's Protection ; insecticide systémique dont la matière active est le Chlorhydrate 500 g/kg.

D'après les maraichers, le Cypercal et le Karaté ont été introduits dans la localité de Nkolondom depuis le début de la décennie 1990; mais le Cypercal était alors très peu utilisé à cause de son prix élevé. Le KART a été introduit à Nkolondom vers le milieu de la décennie 2000. Dans la présente étude, ces insecticides sont homologués au Cameroun pour la lutte contre les ravageurs des cultures pérennes (Cacao, café etc ...) et maraîchères (tomates, céleri, poivron, piment etc ...) (PNVRA, 2011).

A chaque traitement, le dosage de l'insecticide a été conforme aux prescriptions du fabricant. Chacun de ces trois produits a été répandu dans la parcelle indiquée à l'aide d'un pulvérisateur à raison de 15 litres de mélange insecticide-eau pour une superficie de 600 m².



Figure 7 : Insecticides communément utilisés par les maraîchers à Nkolondom

a) CYPERCAL ; b) KARATE et c) KART

II.3.3.2.2 Usage des insecticides dans les parcelles expérimentales

A Nkolondom, l'étude de l'influence des traitements insecticides sur les fluctuations des populations de *L. trifolii* et de ses parasitoïdes a été réalisée dans les parcelles de la série 3. A cet effet, les parcelles N°1, N°2 et N°3 ont été respectivement traitées avec le Cypercal, le Karaté et le Kart. La parcelle N°4 traitée avec de l'eau a été considérée comme témoin.

Dans l'optique d'éviter le transit direct des mouches mineuses entre les parcelles, celles-ci ont été séparées les unes des autres par des parcelles de laitue et d'amarante. Dans ces parcelles expérimentales, l'application des insecticides a démarré dès la quatrième semaine après la transplantation avec une fréquence d'un traitement par jour tous les quinze jours.

II.3.3.2.3 Echantillonnage et suivi des larves de *Liriomyza trifolii*

Des échantillonnages hebdomadaires ont été effectués sur 30 plants de céleri choisis au hasard dans chaque parcelle avant toute récolte (sanitaire ou commerciale). Ils ont consisté au dénombrement par plant échantillonné : (1) du total de feuilles présentes ; (2) du total de feuilles parasitées ; (3) des larves hôtes portées par la feuille la plus parasitée (non commercialisable) et (4) de la récolte de ladite feuille. Par la suite nous avons implémenté le processus classique de production des imagos à partir de ces feuilles.

Ces différents dénombrements ont permis de déterminer des paramètres révélateurs de l'impact des traitements effectués par parcelle sur les fluctuations numériques des populations de *L. trifolii* et de ses parasitoïdes.

II.3.3.2.3.1 Taux de pertes foliaires hebdomadaires et moyens dûs aux larves de *Liriomyza trifolii* dans chaque parcelle

Ces taux ont été calculés comme suit :

(1) Taux de pertes foliaires hebdomadaires (T) ;

$$T = (P/F) \times 100$$

P : Nombre total de feuilles parasitées par prospection et par parcelle ;

F : Nombre total de feuilles prospectées par parcelle.

Les représentations graphiques des résultats obtenus ont permis d'analyser l'impact de chaque traitement sur l'évolution des taux de pertes foliaires hebdomadaires dûs aux larves de *L. trifolii* dans chaque parcelle.

(2) Taux de pertes foliaires moyens (TPM) ;

$$TPM = \sum_{i=1}^n T_i / N$$

T_i : Taux de perte foliaire hebdomadaire d'une semaine *i* ;

N : Nombre de semaines d'échantillonnage.

Des comparaisons ont été effectuées afin de déterminer l'impact de chaque traitement insecticide sur les variations des taux de pertes foliaires dues aux larves de *L. trifolii* par parcelle. A cet effet, le taux de perte foliaire moyen obtenu de chaque parcelle a été comparé aux autres à l'aide du test ANOVA) via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée grâce au logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.2.3.2 Charges foliaires hebdomadaires et moyennes par parcelle

Cette charge correspond à la moyenne de larves de *L. trifolii* par feuille.

(1) Charge foliaire hebdomadaire (*C*)

$$C = M/F$$

M : Nombre total de larves mineuses présentes dans les feuilles prélevées par descente et par parcelle

F : Nombre total de feuilles des plants échantillonnés par descente et par parcelle.

De ces charges foliaires hebdomadaires par parcelle a été calculée une charge foliaire moyenne des larves de *L. trifolii* comme suit :

(2) Charge foliaire moyenne par parcelle (CFM) ;

$$CFM = \sum_{i=1}^n C_i / N$$

C_i : Charge foliaire hebdomadaire d'une semaine *i* ;

N : Nombre de semaines d'échantillonnage.

Des comparaisons entre charges foliaires moyennes par parcelle ont été effectuées afin de déterminer l'impact de chaque traitement insecticide sur sa parcelle. Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.2.3.3 Abondances hebdomadaires et moyennes des larves de *L. trifolii* par parcelle

L = abondance hebdomadaire des larves de *L. trifolii* par parcelle. Cette valeur correspond au nombre total de larves de *L. trifolii* recensées au niveau des feuilles coupées par descente et par parcelle. De ces abondances hebdomadaires par parcelle a été calculée une abondance moyenne des larves de *L. trifolii* comme suit :

Abondances moyennes des larves de *L. trifolii* par parcelle (AML) ;

$$AML = \sum_{i=1}^n L_i / N$$

L : Abondance hebdomadaire des larves de *L. trifolii* d'une semaine *i* ;

N : Nombre de semaines d'échantillonnage.

Des comparaisons ont été effectuées afin de déterminer l'impact de chaque traitement insecticide sur les variations de l'abondance des larves de *L. trifolii* par parcelle. A cet effet, les abondances moyennes des larves de *L. trifolii* obtenues dans les 4 parcelles traitées ont été comparées entre elles à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été

réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.2.3.4 Abondances hebdomadaires et moyennes des imagos de *L. trifolii* par parcelle

(1) abondances hebdomadaires des imagos de *L. trifolii* par parcelle

L = Abondance hebdomadaire des imagos de *L. trifolii* par parcelle. Cette valeur correspond au nombre total des imagos de *L. trifolii* qui ont émergé des larves hôtes présentes au niveau des feuilles coupées par semaine et parcelle. Une abondance moyenne des imagos de *L. trifolii* par parcelle a été calculée à partir des abondances hebdomadaires comme suit :

(2) abondance moyenne des imagos de *L. trifolii* par parcelle (AMI) ;

$$AMI = \frac{\sum_{i=1}^n I_i}{N}$$

I_i : Abondance hebdomadaire des imagos de *L. trifolii* en une semaine i ;

N : Nombre de semaines d'échantillonnage.

Des comparaisons ont été effectuées afin de déterminer l'impact de chaque traitement insecticide sur l'abondance de *L. trifolii* par parcelle. A cet effet, les abondances moyennes des imagos de *L. trifolii* obtenues des 4 parcelles traitées ont été comparées entre elles à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.2.3.5 Abondances hebdomadaires et moyennes des imagos de *Opius agromyzicola* par parcelle

(1) abondances hebdomadaires de *O. agromyzicola* par parcelle (O)

Cette valeur correspond au nombre total des imagos de *O. agromyzicola* qui ont émergé par semaine et par parcelle des larves hôtes présentes au niveau des feuilles coupées.

L'abondance moyenne des imagos de *O. agromyzicola* par parcelle a été calculée à partir des abondances hebdomadaires comme suit :

(2) abondance moyenne des imagos de *O. agromyzicola* par parcelle (MGO) ;

$$AMO = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{N}$$

O : Abondance hebdomadaire de *O. agromyzicola* en une semaine i ;

N : Nombre de semaine d'échantillonnage.

Des comparaisons ont été effectuées afin de déterminer l'impact de chaque traitement insecticide sur l'abondance des imagos de *O. agromyzicola* qui ont émergé par parcelle. De

ce fait, les valeurs des abondances moyennes des imagos de *O. agromyzicola* obtenues des parcelles traitées ont été comparées entre elles à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.3.2.3.6 Abondances hebdomadaires et moyennes des imagos de *Neochrysocharis agromyzae* par parcelle.

(1) abondances hebdomadaires de *N. agromyzae* par parcelle

A = Abondance hebdomadaire des imagos de *N. agromyzae* par parcelle. Cette valeur correspond au nombre total des imagos de *N. agromyzae* qui ont émergé par semaine et par parcelle des larves hôtes présentes au niveau des feuilles coupées.

(2) Abondance moyenne des imagos de *N. agromyzae* par parcelle (AMA)

Une abondance moyenne des imagos de *N. agromyzae* par parcelle a été calculée à partir des abondances hebdomadaires comme suit :

$$AMA = \frac{\sum_{i=1}^n A_i}{N}$$

A_i : Abondance hebdomadaire de *N. agromyzae* en une semaine i ;

N : Nombre de semaines d'échantillonnage.

Des comparaisons ont été effectuées afin de déterminer l'impact de chaque traitement insecticide sur l'abondance des imagos de *N. agromyzae* qui ont émergé par parcelle. De ce fait, les abondances moyennes de *N. agromyzae* obtenues des parcelles traitées ont été comparées entre elles à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4 Facteurs biotiques responsables des fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola*

II.3.4.1 Impact de l'état de la ressource alimentaire sur le potentiel reproducteur et la sex-ratio de *Liriomyza trifolii*

II.3.4.1.1 Etude de l'impact de l'état de la ressource alimentaire sur le potentiel reproducteur de *Liriomyza trifolii*

Dans le souci de protéger leurs cultures, les maraichers de Nkolondom coupent et abandonnent dans les jardins les feuilles de céleri parasitées les moins commercialisables. A la suite de cette pratique, il est fort probable que certaines larves bouclent leurs cycles de

développement et produisent des imagos qui infestent les plantes. L'étude destinée à apprécier une telle méthode de protection des plantes a nécessité le suivi des larves présentes dans les feuilles coupées (simulation des récoltes sanitaires) et les plants sur pied jusqu'à la pupaison. Le potentiel reproducteur (capacité d'un adulte à contribuer à la constitution du pool génétique de la prochaine génération) des adultes issus des précédentes pupes a été évalué dans l'optique d'approuver ou d'infirmer l'efficacité des récoltes sanitaires.

Cette étude a commencé par la mensuration des pupes issues de la parcelle de céleri du campus en période chaude (des feuilles coupées et de celles issues des plantes sur pied). Les paramètres morphométriques que sont le diamètre axial et la longueur des pupes ont été mesurés à l'aide d'une loupe binoculaire de marque Leica (Modèle 80 M) muni d'un micromètre objectif. A l'issue des mensurations, deux groupes de pupes ont été constitués :

- groupe 1 : pupes de diamètre antéro-postérieur compris entre 0,44 mm et 0,73 mm et de diamètre latéral compris entre 1 mm et 1,74 mm.
- groupe 2 : pupes de diamètre antéro-postérieur compris entre 0,73 mm et 0,92 mm et de diamètre latéral compris entre 1,74 mm et 1,98 mm.

Sur la base de leurs caractères morphométriques, les pupes du groupe 1 et du groupe 2 issues des feuilles coupées ont été dénommées respectivement lot 1 et lot 2. Dans la même logique les 2 groupes de pupes issues des plantes sur pied ont constitué respectivement le lot 3 et le lot 4. Les mouches parents issues des pupes des lots 1, 2 et 4 ont été utilisées pour infester respectivement 3 séries de jeunes plants de céleri. Les pupes du lot 3 n'ont pas été pris en compte car insuffisantes numériquement (5 individus : 2 mâles et 3 femelles) pour effectuer des accouplements tel qu'exigé par le protocole. Les 3 séries de 100 plants exposées précédemment ont été respectivement transplantés dans la parcelle de trois planches. Dès l'apparition des galeries au niveau de chaque planche, nous avons choisi 30 plants pour l'un des aspects de notre manipulation. Ainsi, nous avons introduit la feuille la plus infestée de chacun des 30 plants dans un manchon confectionné en toile de gaz à mailles fines. A la pupaison, les pupes ont été soumises au processus de production classique des imagos. Le dénombrement et le suivi des larves, des pupes et des imagos en rapport avec chaque planche a permis de déterminer l'impact de l'état de la ressource alimentaire précédemment consommée par les larves « mouches parents » sur le potentiel reproducteur de ces derniers.

Ce potentiel reproducteur a été évalué à travers le taux de survie larvaire et le taux d'émergence obtenus par planche.

Ces taux ont été calculés ainsi qu'il suit :

(1) Taux de survie larvaire (TS);

$$TS = \frac{P}{L} \times 100$$

T: Taux de survie larvaire;

L : Nombre de larves ;

P : Nombre de pupes.

(2) : Taux d'émergence (TE);

$$TE = \frac{I}{P} \times 100$$

P : Nombre de pupes ;

I : Nombre d'Imagos.

Des comparaisons ont été effectuées entre différents taux de survie larvaire et différents taux d'émergence afin de déterminer l'impact de l'état de la ressource alimentaire consommée par la larve sur le potentiel reproducteur de *L. trifolii*. Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide du test de l'Analyse de la variance (ANOVA) via la procédure du Modèle Linéaire Généralisé (GLM) grâce au logiciel SPSS (20.0). Les résultats sont appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4.1.2 Etude de l'impact de l'état de la ressource alimentaire sur la sex-ratio de *Liriomyza trifolii*

A la suite du sexage des imagos de la descendance des mouches parents issus des pupes des lots 1, 2 et 4, leurs sex-ratios (SR) ont été évaluées comme suit :

$$SR = F / M$$

F: Nombre de Femelles

M: Nombre de mâles

Des comparaisons entre différentes sex-ratios ont été ensuite effectuées dans le but de déterminer si l'état de la ressource alimentaire a une influence sur ce paramètre chez *Liriomyza trifolii*. Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide du test de l'Analyse de la variance (ANOVA) via la procédure du Modèle Linéaire Généralisé (GLM) grâce au logiciel SPSS (20.0). Les résultats sont appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4.2 impact des compétitions intra et interspécifique des parasitoïdes sur les fluctuations de la taille des populations de *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola*

II.3.4.2.1 Infestation des larves de *Liriomyza trifolii* par les femelles de *Neochrysocharis agromyzae* et de *Opius agromyzicola*

L'infestation de 600 plants de céleri par les adultes de *L. trifolii* s'est déroulée comme précédemment au **II.3.4.1.2.1**. Par la suite, les plants infestés ont été étiquetés en fonction de la date d'infestation et introduits dans des cages cylindriques couvertes. Durant le suivi quotidien de ces plants, ceux au niveau desquels sont apparues des galeries avant 16 heures étaient regroupés en blocs et le nombre de galeries évalué. Dès lors, toute autre larve à l'origine d'une nouvelle galerie a été détruite à l'aide d'une aiguille. A terme, 5 blocs de plants hébergeant respectivement des larves de mouches mineuses de 1, 2, 3, 4 et 5 jour(s) d'âge ont été constitués.

Cinq plants de céleri dont chacune hébergeait 1 ou 2 larve (s) de chaque tranche d'âge ont été placés dans des cages cylindriques. Ces larves y ont été exposées aux femelles de *O. agromyzicola* et/ou de *N. agromyzae*. Au préalable, mâles et femelles de chaque espèce de parasitoïdes ont séjourné dans ces cages pendant 24 heures dans l'optique de favoriser leurs accouplements. Ils y ont été nourris avec le miel dilué à défaut de nectar dont ils se nourrissent dans la nature. Trois vagues journalières d'exposition ont été effectuées respectivement entre 11 et 12 heures, 13 et 14 heures et 15 et 16 heures. Une bande adhésive a été utilisée pour positionner les feuilles parasitées de sorte que les larves soient parfaitement visibles durant l'expérimentation. Les plantes étiquetées (date du jour, âge de la larve et espèce de parasitoïde qui l'a exploitée) ont été remplacées à la fin de chaque tranche horaire.

L'exploitation des larves hôtes par les parasitoïdes a été observée et notée suivant que ces derniers se sont retrouvés en situation de compétition intraspécifique ou de compétition interspécifique. Ainsi :

- Lors des exploitations des larves hôtes en situation de compétition intraspécifique, un total de 150 larves de *L. trifolii* a été exposé dans 10 cages renfermant chacune 5 femelles de la même espèce de parasitoïde.

- Lors des exploitations des larves en situation de compétition interspécifique, un total de 300 larves de *L. trifolii* a été exposé dans 10 cages renfermant chacune 5 femelles de chaque espèce de parasitoïde.

II.3.4.2.2 Suivi des larves de *Liriomyza trifolii* exposées aux femelles de parasitoïdes

A la fin de chaque tranche horaire, les plantes ont été retirées des cages initiales et placées dans d'autres ne renfermant pas de femelles de parasitoïde. Le lendemain, les larves momifiées ont été isolées chacune dans une portion de feuille et placée dans une boîte de Pétri étiquetée. Les plantes renfermant les larves non momifiées ont été placées en fonction de l'âge de leurs larves dans d'autres cages couvertes de gaz. Ces larves ont continué de s'alimenter jusqu'à leur sortie de la feuille (prépupe). Une fois que chaque prépupe est devenue pupa, elle a été introduite dans une boîte de Pétri étiquetée. Toutes ces boîtes étiquetées ont été progressivement rangées sur la paillasse au laboratoire (**Figure 8**). L'étiquette de chaque boîte de Pétri portait la date d'infestation, l'âge de la larve hôte et le nom de chacune des espèces de parasitoïde qui l'a exploitée. Chacune des larves a été ainsi suivie jusqu'à l'émergence de l'imago le cas échéant. La date d'émergence de chaque imago a été relevée ainsi que le nombre d'imagos obtenus par tranche d'âge. Les paramètres qui ont distingué la présente démarche de celle de Patel *et al.* (2003) résident au niveau du fait qu'ils étudiaient la durée des accouplements (1 min à 4 h) lors des infestations, de l'espèce du parasitoïde (*Diglyphus intermedius* Girault, 1913) et du nombre d'insectes mis à contribution (10 à 50 adultes).

Le suivi de ces larves hôtes a permis de déterminer par la suite:

- l'influence de l'âge des larves hôtes sur la durée de développement préimaginal des parasitoïdes;
- le parasitoïdisme de chaque espèce de parasitoïde.



Figure 8: Boîtes de Pétri renfermant les pupes et les momies de *Liriomyza trifolii*

II.3.4.2.2.1 Détermination des durées moyennes de développement préimaginal des parasitoïdes de *Liriomyza trifolii*

La durée du développement préimaginal exprimée en jours a été calculé à partir de la différence entre la date d'infestation et de l'émergence imaginale de chaque parasitoïde sur la base du calendrier civil. Les durées moyennes de développement préimaginal de chaque espèce de parasitoïde en fonction de la tranche d'âge de l'hôte ont été calculées comme suit :

$$DP = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N}$$

DP : Durée moyenne du développement préimaginal des imagos d'une espèce de parasitoïde donnée ;

t_i : Durée du développement préimaginal d'un imago i ;

N: Nombre d'imagos par espèce.

Des comparaisons ont été effectuées entre les durées moyennes de développement préimaginal de chaque espèce de parasitoïde afin de déterminer si l'âge de la larve hôte avait une influence de sur ce paramètre. Ces comparaisons ont été effectuées à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée grâce au logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4.2.2.2 Parasitoïdisme de chaque espèce de parasitoïde en situation de compétition intraspécifique ou interspécifique

A la suite du dénombrement des imagos de parasitoïdes qui se sont développés dans les larves hôtes de 2, 3, 4 et 5 jours d'âge, les pupes et les momies à partir desquelles n'ont pas émergé d'imagos ont été minutieusement disséquées à l'aide des minuties. Leurs contenus ont été ensuite observés, puis celles qui ont montré des vestiges d'un individu d'une espèce de parasitoïde donnée ont été dénombrées. Les valeurs obtenues des dénombrements des imagos de parasitoïdes ont permis d'évaluer le parasitoïdisme de chaque espèce de parasitoïde en fonction de son (1) taux d'exploitation des larves hôtes (2) de son taux d'émergence et (3) de son taux de reproduction. Ces taux ont été calculés comme suit :

1) Taux d'exploitation des larves hôtes (TEL) ;

$$TEL = \left(\frac{NLE}{N} \right) \times 100$$

NLE : Nombre de larves d'une tranche d'âge exploitées par un parasitoïde ;

N: Nombre initial de larves hôtes par tranches d'âge.

2) Taux d'émergence (survie nymphale) des imagos de parasitoïdes (TEI) ;

$$TEI = \left(\frac{NIE}{N1} \right) \times 100$$

NIE : Nombre d'imagos à l'émergence d'une espèce de parasitoïde par tranche d'âge d'hôte ;

N1: Nombre de larves hôtes exploitées par tranche d'âge par une espèce de parasitoïde donnée.

(3) Taux de reproduction des parasitoïdes (TR) ;

$$TR = \left(\frac{NIE}{N} \right) \times 100$$

NIE: Nombre d'imagos d'une espèce à l'émergence par tranche d'âge d'hôtes ;

N: Nombre initial de larves hôtes par tranches d'âge.

Dans le but de déterminer l'influence de l'âge de la larve hôte sur le parasitoïdisme de chaque espèce de parasitoïde, les taux de la même catégorie obtenus à partir des larves hôtes de 2, 3, 4 et 5 jours d'âge ont été comparés entre eux à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée grâce au logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4.3 Capacité de fourragement des parasitoïdes

La capacité de fourragement des parasitoïdes a été définie comme étant l'aptitude des femelles d'une espèce de parasitoïde donnée à rechercher et à exploiter ses larves hôtes sur les feuilles parasitées de céleri. Son étude a été conduite dans 2 parcelles qualifiées de parcelles de la série 4. Les parcelles ont été mises sur pied dans la localité de Nkolondom, respectivement du 05 novembre 2010 au 24 janvier 2011 (période sèche) et du 05 août 2011 au 24 octobre 2011 (période humide). Des jeunes plants de céleri ont été transplantés dans chacune des parcelles expérimentales constituées de 5 planches de 5 mètres de longueur. Les plants de chaque parcelle naturellement infestés par les femelles de *L. trifolii* n'ont pas été traités avec les insecticides.

A partir de la semaine suivant celle de la transplantation, onze prospections hebdomadaires (chaque jeudi de la semaine) ont été effectuées dans chacune des deux parcelles expérimentales. L'objet de chaque prospection a été de repérer et d'observer entre 8 et 12 heures des femelles de *O. agromyzicola* et/ou de *N. agromyzae* en quête de larves hôtes à infester. Dès qu'une femelle de parasitoïde s'est posée sur une feuille parasitée, la durée de chaque exploitation de larve hôte exprimée en secondes a été mesurée à l'aide d'un chronomètre incorporé à un hygromètre de marque Lidl (Modèle H10515/DC). Une exploitation qui est l'introduction ou une série d'introductions de l'ovipositeur du parasitoïde

femelle dans l'hôte a été considérée comme terminée lorsque celle-ci a abandonné la larve ou la feuille pendant plus de 30 secondes. Dès ce départ, ont été dénombrées les larves présentes sur chacune de ces feuilles parasitées ainsi que celles exploitées sur chacune d'elles. Aussi, chacune de ces feuilles a été coupée, étiquetée, introduite dans un sachet plastique transparent et transportée au laboratoire. Ces feuilles ont été ensuite soumises au processus classique de production des imagos.

A la suite du dénombrement des imagos, la capacité de fourragement des femelles de chaque espèce de parasitoïdes a été évaluée en fonction du :

- temps moyen mis pour exploiter une larve hôte;
- taux d'exploitation des hôtes par chaque espèce de parasitoïde;
- taux de reproduction de chaque espèce de parasitoïde.

II.3.4.3.1 Temps moyen mis pour exploiter une larve hôte par chaque espèce de parasitoïde

Le temps moyen (TM) mis (en secondes) par les individus de chaque espèce de parasitoïde pour exploiter chaque larve hôte a été évalué comme suit:

$$TM = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{N}$$

N : Nombre de larves exploitées ;

t_i : temps mis pour l'exploitation d'une larve donnée (seconde).

Des comparaisons ont été effectuées entre les temps moyens mis par les deux espèces de parasitoïdes pour exploiter une larve hôte dans la même parcelle. Ces comparaisons ont permis de déterminer si l'abondance des larves hôtes avait une influence sur le temps moyen consacré à leur exploitation par une espèce de parasitoïde donné. Le test ANOVA via la procédure du GLM a permis d'effectuer toutes ces comparaisons. L'analyse a été réalisée grâce au logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4.3.2 Taux d'exploitation des larves hôtes par chaque espèce de parasitoïde

Durant la visite des feuilles parasitées par les parasitoïdes, le nombre de larves hôtes présentes et celui des larves exploitées ont été notés. A la fin des échantillonnages, l'aptitude des femelles d'une espèce de parasitoïde à exploiter les larves hôtes en fonction de leur disponibilité sur les feuilles visitées a été exprimée en termes de taux d'exploitation moyen. Ce taux d'exploitation moyen (TE) a été calculé pour chaque espèce de parasitoïde et pour une période donnée comme suit:

$$TE = \left(\frac{E}{P}\right) \times 100$$

E : Nombre total de larves exploitées sur les feuilles visitées;

P : Nombre total de larves présentes.

Dans le but d'évaluer l'efficacité des différentes espèces de parasitoïdes, les taux d'exploitation moyens ont été comparés entre eux à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée grâce au logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

II.3.4.3.3 Taux de reproduction des femelles de chaque espèce de parasitoïde

A la suite du dénombrement des imagos de parasitoïdes qui se sont développés à partir des larves hôtes exploitées, les taux de reproduction (TR) des parasitoïdes de chaque espèce ont été évalués. Ces taux ont été calculés pour chacune des 2 périodes d'étude comme suit :

$$TR = \frac{I}{E} \times 100$$

I : Nombre d'imagos à l'émergence correspondant à une espèce de parasitoïde donnée;

E: Nombre total de larves exploitées.

Dans le but de déterminer l'influence du nombre de larves hôtes que la feuille héberge sur la reproduction des parasitoïdes, les taux de même nature obtenus par les deux espèces de parasitoïde durant la même période d'étude ont été comparés entre eux à l'aide du test ANOVA via la procédure du GLM. L'analyse a été réalisée grâce au logiciel SPSS (20.0) et les résultats appréciés au seuil de significativité de 5 %.

Chapitre III. RESULTATS ET DISCUSSION

III.1 Résultats

III.1.1 Statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom

L'ensemble des échantillonnages effectués dans les agrosystèmes à base de *A. graveolens* à Nkolondom a permis de collecter 13602 individus appartenant à 52 espèces réparties dans 50 genres, 24 familles et 7 ordres dont celui des Coléoptères, des Diptères, des Hémiptères, des Hyménoptères, des Lépidoptères, des Névroptères et des Orthoptères (annexe I). Le statut agronomique de chacun de ces insectes a été défini. La **figure 9** est révélatrice de quelques espèces d'insectes constituant cet entomofaune du céleri. Cette communauté a été dominée par l'ordre des Hyménoptères avec 5804 individus soit 42,67 %, suivi des Hémiptères avec 4319 individus soit 31,75 %. L'ordre des Coléoptères avec 116 individus (0,85 %) a été le moins abondant.

III.1.1.1 Ordre des Coléoptères

L'ordre des Coléoptères (**Tableau II**) est représenté par 10 espèces d'inégale importance numérique. Cependant, la taille de leurs populations est restée très faible (dans tous les cas inférieure à 1%) et l'impact global de leur action négligeable sur le plan agronomique. *Duronia chloronata* (**Figure 9i**), *Nisotra dilecta* (**Figure 9k**) et *Aulacophora indica* (**Figure 9l**) ont été quelques espèces représentatives de cet ordre.

Tableau II: Abondances des familles et des espèces de Coléoptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Chrysomelidae	<i>Altica nigrita</i> Laboissière	11	8,40
	<i>Lema quadripartita</i> Lacordaire	5	3,82
	<i>Medithia quaterna</i> Fairmaire	21	16,03
	<i>Nisotra dilecta</i> Dalman 1823	13	9,92
Coccinellidae	<i>Cheilomenes lunata</i>	5	3,82
	<i>Cheilomenes propinqua</i>	11	8,40
Lycidae	<i>Lycus semiamplexus</i> Murray 1868	7	5,34
Tenebrionidae	<i>Aulacophora foveicollis</i> Lucas 1849	16	12,21
	<i>Lagria villosa</i> Fabricius 1781	31	23,66
	<i>Lamprocopa occidentalis</i> Weise 1895	11	8,40

III.1.1. 5 Ordre des Diptères

L'ordre des Diptères (**Tableau III**) a été représenté par 2 espèces répertoriées dans notre communauté. *Ischiodon aegypticus* (**Figure 9m**), insecte prédateur se nourrissait de larves de pucerons et autres petits insectes tandis que le phytophage *Liriomyza trifolii* au stade larvaire s'est nourri du parenchyme du céleri. Dans les deux cas, les adultes essentiellement nectarivores se sont nourris parfois des exudats des plantes. Dans l'entomofaune du céleri, *Ischiodon aegypticus* (**Figure 9m**) était très faiblement représentée avec 9 individus (0,06% en terme de pourcentage) contrairement à *L. trifolii* (**Figure 9n**) avec 2140 individus 15,73%. Cette dernière espèce se distingue également par son extrême nuisibilité. En effet, vivant et se nourrissant sous la cuticule foliaire, sa larve rend les feuilles impropres à la consommation et à la commercialisation.

Tableau III: Abondances des familles et des espèces de Diptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Agromyzidae	<i>Liriomyza trifolii</i> Burgess, 1880	2140	99,58
Syrphidae	<i>Ischiodon aegypticus</i>	9	0,42

III.1.1.2 Ordre des Hémiptères

L'ordre des Hémiptères (**Tableau IV**) était représenté par 18 espèces d'inégale importance numérique. Parmi les 10 familles répertoriées de cet ordre, celle des Aphididae représentée par *Aphis gossypii* a été numériquement dominante avec 3927 individus (90,92% de l'abondance à l'échelle de l'ordre). Cette espèce nocive a en plus du prélèvement de la sève entraîné l'enroulement des feuilles tout comme *Aspavia armigera* (**Figure 9a**), *Jacobiasca hybrida* (**Figure 9b**) et *Bemissia tabaci* (**Figure 9c**).

Tableau IV: Abondances des familles et des espèces d'Hémiptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Aleyrodidae	<i>Bemissia tabaci</i> Gennadius 1889	736	14,53
Alydidae	<i>Mirperus jaculus</i> Thunberg 1783	11	0,21
	<i>Riptortus dentipes</i> Fabricius 1787	9	0,17
Aphididae	<i>Aphis gossypii</i> Glover	3927	77,54
Coreidae	<i>Anoplocnemis curvipes</i> Fabricius 1781	2	0,04
	<i>Cletus</i> sp,	79	1,56
	<i>Leptoglossus australis</i> Fabricius	14	0,27
Cicadellidae	<i>Jacobiasca hybrida</i> Bergevin & Zanon 1922	31	0,61
Lygaeidae	<i>Graptostethus Servus</i> Fabricius 1787	27	0,53
	<i>Spilostethus</i> sp.	17	0,33
	<i>Oxyceranus hyalinipennis</i> Costa	23	0,45
Miridae	<i>Helopeltis schoutedenis</i> Reuter 1906	6	0,19
Pentatomidae	<i>Acrosternum acutum</i> Dallas	8	0,15
	<i>Aspavia armigera</i> Fairmaire	39	0,77
	<i>Nezara viridula</i> Linné 1758	41	0,81
Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus flavidus</i> Signoret 1860	47	0,92
	<i>Dysdercus völkeri</i> Schmidt	44	0,86
Scutelleridae	<i>Sphaerocoris annulus</i> Fabricius 1775	3	0,06

III.1.1. 7 Ordre des Hyménoptères

L'ordre des Hyménoptères (**Tableau V**) était représenté par sept espèces appartenant à trois sous familles d'importance agronomique et numérique variables. Avec cinq espèces, la famille Formicidae a été la plus diversifiée. Les espèces appartenant à cette famille ont été très souvent considérées comme des prédateurs indirects des cultures car ils entretenaient des relations mutualistes avec les Hémiptères qui sont des piqueurs-suceurs de sève. En effet, les formicidae transportent les prédateurs comme les pucerons vers les plantes où elles en assurent la toilette en les débarrassant de leurs miellats. Il s'agit entre autres de *Camponotus* sp. (**Figure 9q**), de *Myrmicaria opaciventris* (**Figure 9r**), de *Pheidole megacephala* (**Figure**

9s). Les représentant des familles des Eulophidae et des Braconidae par contre ont été des parasitoïdes dont les larves se développent comme endoparasitoïdes des larves de *L. trifolii*. Les larves du parasitoïde *O. agromyzae* (Figure 9o) ont tué celles de *L. trifolii* au cours de leur développement tandis que les adultes femelles de *N. agromyzae* (Figure 9p) ont programmé généralement lors de la ponte la mort de leurs hôtes.

Les deux espèces *O. agromyzicola*, *N. agromyzae* ont constitué les taxa numériquement dominants de l'entomofaune du céleri. Ces deux espèces de parasitoïdes ont été des potentiels auxiliaires de la lutte biologique contre *L. trifolii*, principal ravageur du céleri à Nkolondom.

Tableau V: Abondances des familles et des espèces d'Hyménoptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Braconidae	<i>Opius agromyzicola</i> Fischer, 1967	2392	41,25
Eulophidae	<i>Neochysocharis agromyzae</i> Crawford, 1912	3097	53,41
Formicidae	<i>Camponotus</i> sp.	61	1,05
	<i>Crematogaster</i> sp.	55	0,95
	<i>Dorylus nigricans</i>	64	1,10
	<i>Myrmicaria opaciventris</i>	86	1,48
	<i>Pheidoles megacephala</i>	44	0,76

III.1.1.1 Ordre des Lépidoptères

L'Ordre des Lépidoptères (Tableau VI) était représenté par neuf espèces appartenant à cinq familles. Parmi les cinq familles, celle des Noctuidae a été numériquement dominante (212 individus) et assez diversifiée (5 espèces). Les quatre autres familles étaient toutes représentées par une seule espèce chacune et moins de 10 individus. Sur le plan agronomique, *Spodoptera littoralis* (Figure 9e) a été une espèce grégaire et nuisible dans les premiers stades larvaires. L'autre espèce potentiellement nuisible a été *Agrotis ipsilon* (Figure 9f) dont les stades larvaires (qui vivent dans des terriers superficiels) coupent les jeunes plants de céleri

au collet et peuvent induire des pertes importantes dans les pépinières et les champs nouvellement plantés.

Tableau VI: Abondances des familles et des espèces de Lépidoptères dans l'entomofaune du céleri à Nkolondom de 2008 à 2009

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Crambidae	<i>Hymenia recurvalis</i> Fabricius, 1775	12	4,08
Erebidae	<i>Spilarctia flava</i>	60	20,40
Noctuidae	<i>Agrotis ipsilon</i> Hufnagel, 1766	4	1,36
	<i>Chrysodeixis chalcites</i> Esper, 1789	4	1,36
	<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner, 1808	15	5,10
	<i>Spodoptera littoralis</i> Boiduval, 1833	176	59,9
	<i>Trichopulsia orichalcea</i>	17	5,78
Nymphalidae	<i>Acraea eponina</i> Cramer, 1780	3	1,02
Tortricidae	<i>Tortrix</i> sp.	3	1,02

III.1.1.6 Ordre des Névroptères

L'ordre des Névroptères (**Tableau VII**) a été représenté dans notre échantillon par un seul morphotype identifié comme appartenant au genre *Chrysops*. A la suite de nos observations, ces individus essentiellement prédateurs au stade larvaire se sont nourris des petits insectes comme les Aphidae. Ce morphotype a été caractérisé par une abondance relative très faible sur le céleri.

Tableau VII: Abondances des familles et des espèces de Névroptères dans l'entomofaune du céleri de 2008 à 2009.

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Chrysopidae	<i>Chrysops</i> sp.	7	100

III.1.1.3 Ordre des Orthoptères

Seule la famille des Acrididae a été répertoriée. Elle est représentée par quatre espèces aux effectifs très faibles dont *Catantops sacalava* (**Figure 9g**); *Atractomorpha acutipennis*

(figure 9h), *Gryllotalpa* sp. (Figure 9j) (Tableau VIII). Leur impact agronomique a été de ce fait très faible dans les parcelles de céleri.

Tableau VIII: Abondances entre les familles et les espèces d'Orthoptères dans l'entomofaune du céleri à Nko landom de 2008 à 2009

Familles	Espèces	Abondance absolue	Abondance relative (%)
Acrididae	<i>Atractomorpha acutipennis</i> Guerin-Méneville 1844	17	22,67
	<i>Catantops sacalava</i> Brancsik 1893	20	26,67
	<i>Duronia chloronata</i>	24	32,00
	<i>Gryllotalpa</i> sp.	14	18,67



Figure 9 : Quelques images d'insectes appartenant à l'entomofaune du céleri à Nkolondom :

a) *Aspavia armigera*; b) *Jacobiasca hybrida*; c) *Bemissia tabaci* ; d) *Helicoverpa armigera*;
e) *Spodoptera littoralis*; f) *Agrotis* sp. ; g) *Catantops sacalava* ; h) *Atractomorpha acutipennis*,
i) *Duronina chloronata*, j) *Grylotalpa* sp.; k) *Nisotra dilecta* ; l) *Alacaophora indica* ; m) larve
de *Ischiodon aegypticus* ; n) *Iriomyza trifolii* ; o) *Opius agromyzidae*; p) *Neochrysocharis
agromyzae* ; q) *Camponotus* sp. ; r) *Myrmecaria opaciventris*; s) *Pheidole megacephala*

III.1.2 Insectes inféodés aux feuilles de céleri à Nkolondom

Liriomyza trifolii et ses parasitoïdes *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* ont été les trois espèces d'insectes temporairement inféodés aux feuilles de céleri. *Opius agromyzicola* et *Neochrysocharis agromyzae* sont deux Hyménoptères appartenant respectivement à la Famille des Braconidae et à la Famille des Eulophidae. Contrairement au ravageur *Liriomyza trifolii*, ces deux espèces de parasitoïdes n'ont pas encore été évoquées dans une étude menée dans la localité de Nkolondom.

III.1.3 Fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes *Opius agromyzicola* et *Neochrysocharis agromyzae*

III.1.3.1 Pourcentage des trois espèces d'insectes inféodés aux feuilles de céleri entre 2008 et 2009 à Nkolondom

Les valeurs des abondances mensuelles des larves et adultes de *L. trifolii*, de *O. agromyzicola* et de *N. agromyzae* sont consignées dans l'**Annexe 1**. De ces larves présentes dans le parenchyme des feuilles récoltées à Nkolondom ont émergé 7629 individus adultes. De ces adultes, *N. agromyzae* a été l'espèce la plus abondante avec un effectif de 3097 individus soit 40,59 %; suivi de *O. agromyzicola* avec 2392 individus soit 31,35 % et de *L. trifolii* avec 2140 individus soit 28,05 % (**Figure 10**). Les abondances cumulées de *O. agromyzicola* et de *N. agromyzae* plus élevée que celle de *L. trifolii* dont ils sont tributaires des larves montrent que ces deux espèces sont d'excellents parasitoïdes dans le bassin maraîcher de Nkolondom.

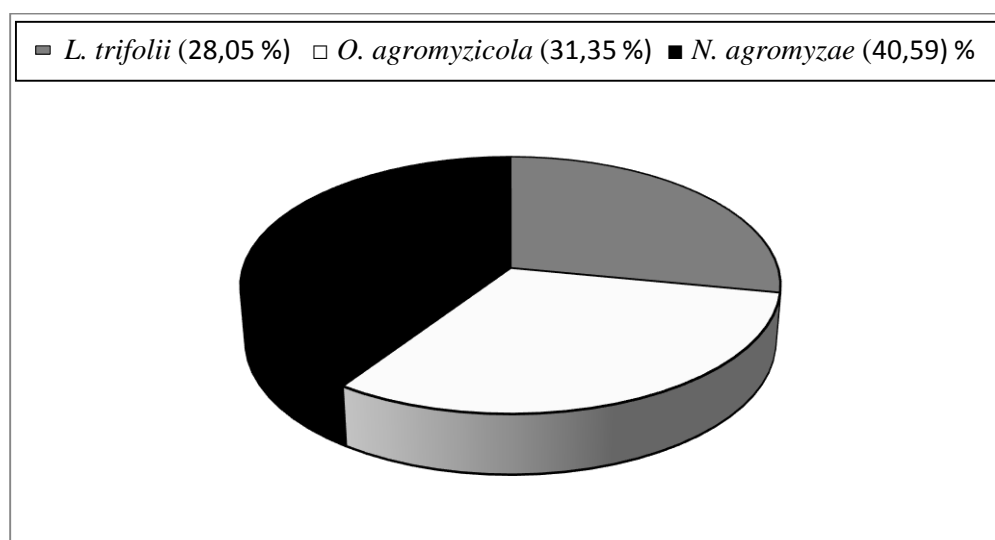


Figure 10 : Pourcentage des trois espèces d'insectes inféodés aux feuilles de céleri entre 2008 et 2009 à Nkolondom

III.1.3.2 Fluctuations numériques mensuelles des larves de mouches mineuses, des adultes de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes

La représentation graphique des abondances mensuelles des larves de mouches mineuses, des adultes de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes (**Figure 11**) a présenté des fluctuations caractérisées par des pics observables durant certains mois des saisons sèches ou pluvieuses des années 2008 et 2009. De façon plus explicite ces valeurs ont montré que :

- les abondances mensuelles des larves de *L. trifolii* ont présenté des valeurs maximales de 528 individus et 578 individus respectivement en février 2008 et février 2009. Les valeurs minimales de ces larves étaient de 177 individus et 136 individus respectivement obtenues en novembre 2008 et octobre 2009. Malgré ces fluctuations mensuelles, les moyennes annuelles des larves de *L. trifolii* obtenues respectivement entre l'année 2008 ($363,42 \pm 32,81$ individus/an) et l'année 2009 ($329,33 \pm 32,81$ individus/an) n'ont pas varié de façon significative (Wald- $\chi^2 = 0,55$; ddl = 1; P=0,45) (**Tableau IX**).

- les abondances mensuelles des imagos de *L. trifolii* ont présenté des valeurs maximales de 119 individus et 164 individus respectivement en février 2008 et février 2009. Les valeurs minimales de ces imagos de *L. trifolii* ont été de 35 individus et 22 individus respectivement obtenues en novembre 2008 et octobre 2009. Malgré ces fluctuations mensuelles, les moyennes annuelles des larves de *L. trifolii* obtenues respectivement entre l'année 2008 ($84,25 \pm 9,35$ individus/an) et l'année 2009 ($86,17 \pm 9,35$ individus/an) n'ont pas varié de façon significative (Wald- $\chi^2 = 0,02$; ddl = 1; P=0,88) (**Tableau IX**).

- les abondances mensuelles des imagos de *O. agromyzicola* ont présenté des valeurs maximales de 281 individus et 181 individus respectivement en juin 2008 et juin 2009. Les valeurs minimales de ces imagos de *O. agromyzicola* correspondant à zéro (0) individu ont été respectivement obtenues en février et mars 2008 puis en février 2009. Malgré ces fluctuations mensuelles, les moyennes annuelles de *O. agromyzicola* obtenues respectivement entre l'année 2008 ($106,08 \pm 21,48$ individus/an) et l'année 2009 ($106,08 \pm 21,48$ individus/an) n'ont pas varié de façon significative (Wald- $\chi^2 = 1,31$; ddl = 1; P=0,23) (**Tableau IX**).

- les abondances mensuelles des imagos de *N. agromyzae* ont présenté des valeurs maximales de 346 individus et 361 individus respectivement en février 2008 et février 2009; puis des valeurs minimales de 15 individus et 18 individus obtenues respectivement en novembre 2008 et octobre 2009. Malgré ces fluctuations mensuelles, les moyennes annuelles de *N. agromyzae* obtenues respectivement entre l'année 2008 ($130,42 \pm 32$ individus/an) et l'année 2009

(124,42±32 individus/an) n'ont pas varié de façon significative (Wald- $\chi^2 = 0,01$; ddl = 1; P=0,89) (**Tableau IX**).

Il ressort de toutes ces comparaisons que les conditions favorables à la pullulation des insectes inféodés au céleri se sont reproduites presque identiquement durant les mêmes périodes au cours des 2 années consécutives.

Tableau IX: Comparaison des abondances moyennes annuelles des larves de *Liriomyza trifolii*, des mouches mineuses *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes

Abondances moyennes annuelles (%)	Années		Test du Wald- χ^2
	2008	2009	
Larves de <i>L. trifolii</i>	363,42±32,81	329,33±32,81	Wald- $\chi^2 = 0,55$; ddl = 1; P=0,45
Adultes de <i>L. trifolii</i>	84,25±9,35	86,17±9,35	Wald- $\chi^2 = 0,02$; ddl = 1; P=0,88
Adultes de <i>N. agromyzae</i>	130,42±32	124,42±32	Wald- $\chi^2 = 0,01$; ddl = 1; P=0,89
Adultes de <i>O. agromyzicola</i>	106,08±21,48	106,08±21,48	Wald- $\chi^2 = 1,31$; ddl = 1; P=0,23

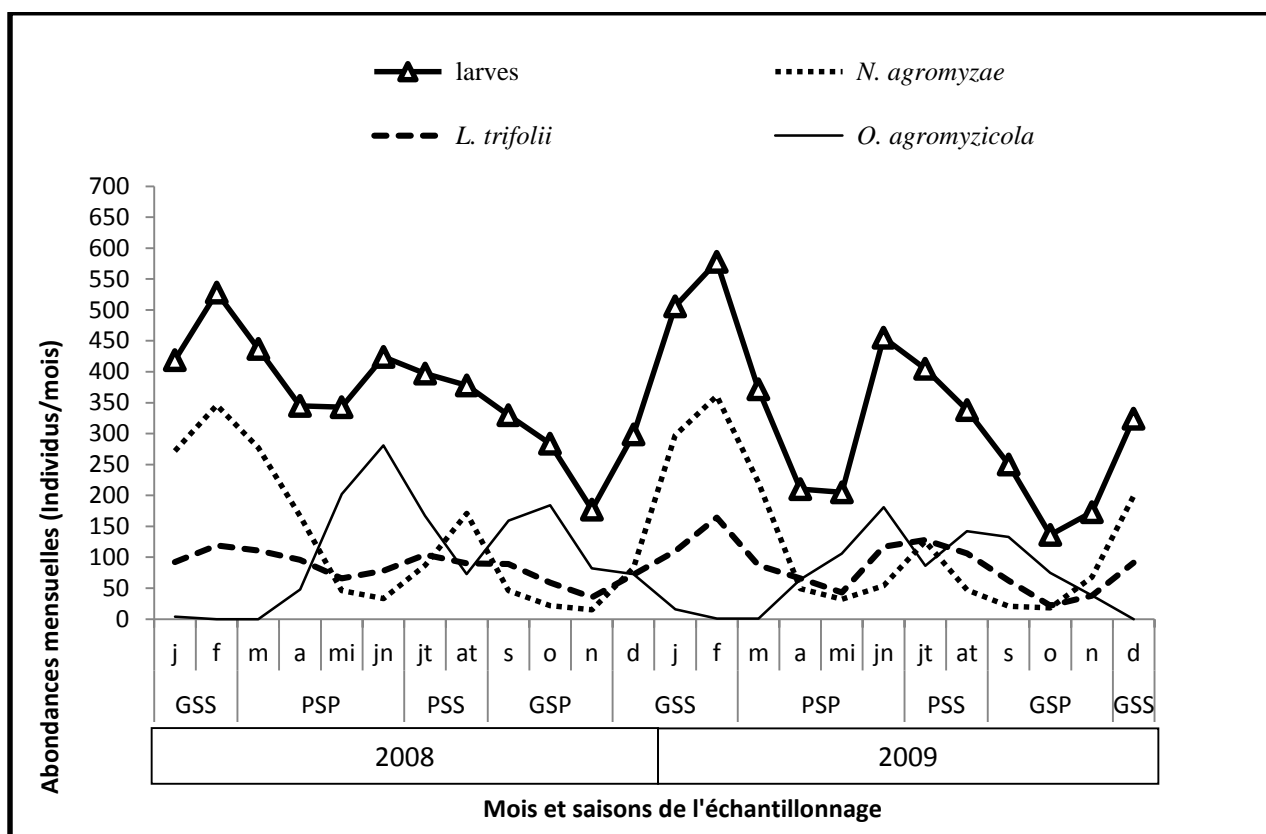


Figure 11: Fluctuations numériques mensuelles des larves de mouches mineuses, des adultes de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes

Légende : GSS = Grande Saison Sèche ; GSP = Grande Saison des pluies ;

PSS = Petite Saison Sèche ; PSP = Petite Saison des pluies

III.1.4 Impact des facteurs abiotiques sur la fluctuation des populations de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes

III.1.4.1 Impact des conditions climatiques sur la bioécologie de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes

III.1.4.1.1 Variation entre le microclimat de la période sèche et celui de la période pluvieuse dans chaque milieu

Les **Figures 12** et **13** présentent respectivement les variations de la température et de l'hygrométrie au laboratoire et au jardin pendant nos périodes d'étude. En effet, ces figures ne montrent aucun chevauchement entre les valeurs de la température ou de l'hygrométrie obtenues durant la période sèche et la période pluvieuse au laboratoire d'une part et d'autre part au jardin. La comparaison de la distribution de ces paramètres à l'aide du test de Kolmogorov-Smirnov met en évidence des écarts importants de température ($K= 16,95$, $P <$

10^{-3}) et d'hygrométrie ($K= 17,28$; $P< 10^{-3}$) entre la période sèche et la période pluvieuse au laboratoire. Au jardin, des écarts importants de température ($K=16,98$, $P<10^{-3}$) et de l'hygrométrie ($K=18.63$, $P<10^{-3}$) ont également été observées entre nos périodes d'étude. Il découle de ces résultats que les facteurs climatiques prévalant durant notre étude ont été différents d'une saison à l'autre.

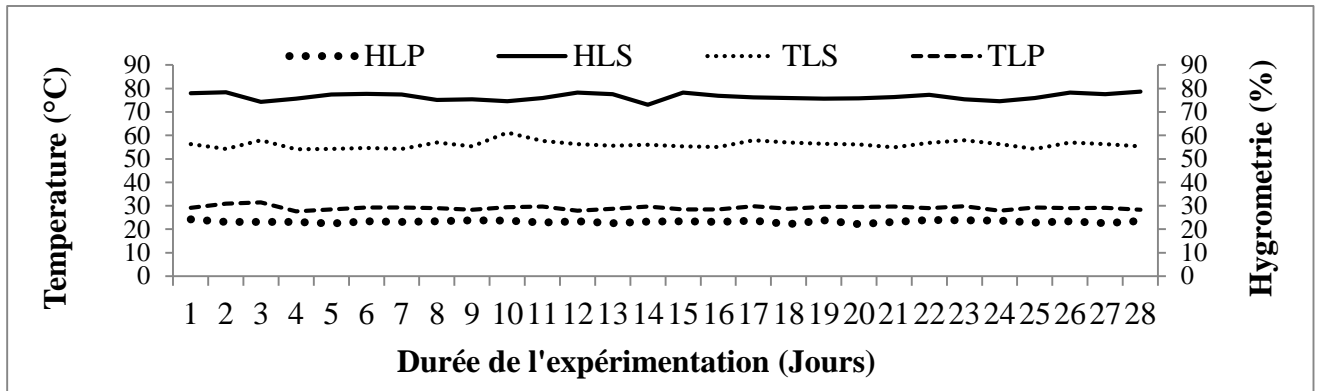


Figure 12: Variation de la température et de l'hygrométrie au laboratoire entre (décembre – janvier) et (septembre – octobre)

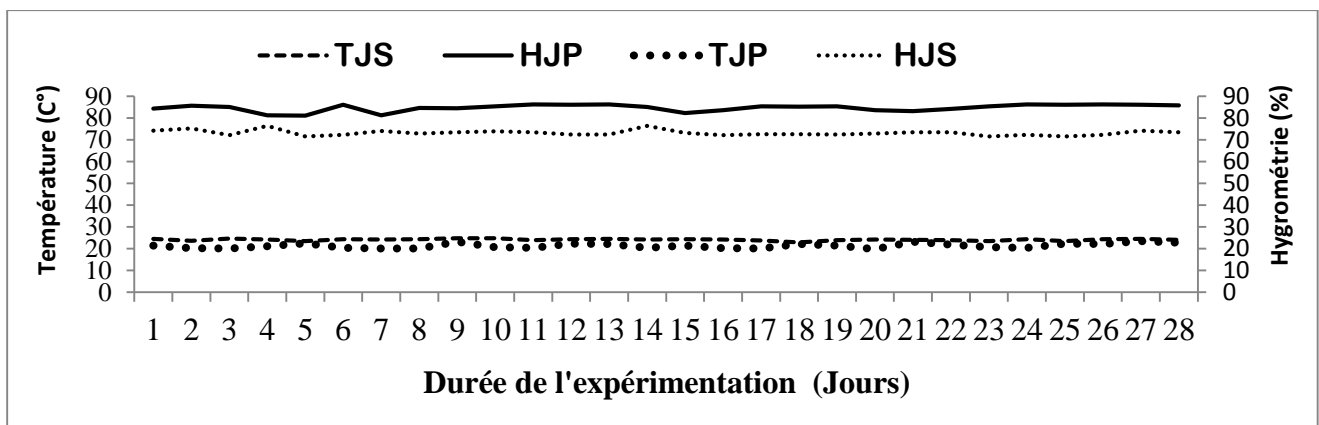


Figure 13: Variation de la température et de l'hygrométrie au jardin entre (décembre – janvier) et (septembre – octobre)

Légende : TJS = température du jardin durant la période sèche;
HJP = hygrométrie du jardin pendant la période pluvieuse;
TLS = température du laboratoire pendant la période sèche;
HLP = hygrométrie du laboratoire pendant la période pluvieuse ;
TJP = température du jardin durant la période pluvieuse ;
HLS = hygrométrie du laboratoire pendant la période sèche ;
TLP = température du laboratoire pendant la période pluvieuse;
HJS = hygrométrie du jardin pendant la période sèche.

III.1.4.1.2 Variation entre le microclimat du laboratoire et celui du jardin durant chaque période d'étude

Des variations significatives de température ($K = 1$; $P < 0.0001$) et d'hygrométrie ($K = 1$; $P < 0.0001$) ont été observées entre le laboratoire et le jardin durant la période sèche. Des résultats similaires ont été obtenus entre les mêmes milieux en période pluvieuse (température: $K = 0.931$; $P < 0.0001$) (hygrométrie: $K = 1$; $P < 0.0001$) (**Tableau X**). De ce fait, le laboratoire (enceinte relativement close) et le jardin (enceinte ouverte) ont été des milieux présentant 2 microclimats complètement différents quelle que soit la période d'étude. Les microclimats observés entre les milieux d'étude durant la même saison ou dans le même milieu entre les 2 saisons ont été distincts et donc susceptibles d'influencer différemment la bioécologie des insectes étudiés.

Tableau X: Variation entre le microclimat du laboratoire et celui du jardin durant la période d'étude

Différents échantillonnages	Fréquences	Min	Max	Moyennes \pm ES	K	p
TLS	28	27,69	31,4	29,109 \pm 0.82 ^a	1.000	< 0.0001***
TJS	28	22,87	24,81	24,114 \pm 0.45 ^b		
HLS	28	54,12	61,2	56,113 \pm 1.55 ^a	1.000	< 0.0001***
HJS	28	71,63	76,47	73,187 \pm 1.28 ^b		
HLP	28	73,12	78,63	76,459 \pm 1.47 ^a	1.000	< 0.0001***
HJP	28	81,16	86,74	84,787 \pm 1.60 ^b		
TLP	28	22,12	24,16	23,231 \pm 0.57 ^a	0.733	< 0.0001***
TJP	28	19,8	23,47	21,329 \pm 1.08 ^b		

Légende: ***Hautement significatif, ES= Erreur standard, les moyennes suivies de la même lettre en exposant ne sont pas statistiquement différentes.

Légende : TJS = température du jardin durant la période sèche;

HJP = hygrométrie du jardin pendant la période pluvieuse;

TLS = température du laboratoire pendant la période sèche;

HLP = hygrométrie du laboratoire pendant la période pluvieuse ;

TJP = température du jardin durant la période pluvieuse ;

HLS = hygrométrie du laboratoire pendant la période sèche ;

TLP = température du laboratoire pendant la période pluvieuse;

HJS = hygrométrie du jardin pendant la période sèche.

III.1.4.1.3 Impact du microclimat de chaque milieu et de la ressource alimentaire sur les durées de développement de *Liriomyza trifolii*

Les durées de développement préimaginal ou des phases préimaginale de *L. trifolii* obtenues durant le présent travail ont été influencées principalement par les facteurs climatiques prévalant dans chaque milieu selon la période d'étude. Toutefois, l'état de la ressource alimentaire (feuilles coupées ou plant sur pied) consommée par la larve de *L. trifolii* durant son développement a été aussi pris en compte.

III.1.4.1.3.1 Influence des facteurs climatiques prévalant dans chaque milieu sur les durées des phases de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii*

A la suite de l'accouplement, les premiers œufs sont pondus après environ 24 heures. Les œufs pondus commencent aussitôt leur développement embryonnaire.

La durée moyenne de développement embryonnaire au laboratoire $3,44 \pm 0,03$ jours (minimum = 2 jours; maximum = 5 jours) a été plus courte par rapport à celle obtenue au jardin du campus qui est de $4,17 \pm 0,03$ jours (minimum = 3 jours; maximum = 7 jours). Les facteurs climatiques de chaque milieu d'expérimentation ont été à l'origine des différences significatives (Wald- $\chi^2 = 255,14$; ddl = 1; $P < 0,0001$) observées entre les précédentes durées de développement embryonnaire.

La durée moyenne de développement larvaire au laboratoire de valeur $4,40 \pm 0,06$ jours (minimum = 4 jours; maximum = 6 jours) a été plus courte par rapport à celle obtenue au jardin du campus qui est de $4,62 \pm 0,06$ jours (minimum = 4 jours; maximum = 7 jours). Les facteurs climatiques de chaque milieu d'expérimentation ont été à l'origine des différences significatives (Wald- $\chi^2 = 5,04$; ddl = 1; $P = 0,02$) observées entre les précédentes durées de développement larvaire.

Les phases embryonnaire et larvaire de *L. trifolii* se déroulent dans un support vivant (le céleri). En fonction de chaque milieu d'étude, les facteurs climatiques ont présenté un microclimat particulier qui a influencé spécifiquement la physiologie des plants de céleri, celle de *L. trifolii* et par conséquent les durées des phases de développement embryonnaire et larvaire.

La durée moyenne de développement nymphal au laboratoire ($9,54 \pm 0,17$ jours) (minimum = 9 jours; maximum = 12 jours) n'a pas été plus courte par rapport à celle obtenue au jardin du campus qui est de $9,58 \pm 0,17$ jours (minimum = 9 jours; maximum = 16 jours).

Les variations des facteurs climatiques n'ont pas été suffisantes pour provoquer une différence significative (Wald- $\chi^2 = 0,02$; ddl = 1; $P = 0,87$) entre les précédentes durées de

développement nymphal (**Tableau XI**). A l'opposé des phases embryonnaire et larvaire, la pupa de *L. trifolii* est hors de la plante durant la phase nymphale.

Tableau XI: Comparaison des durées des phases de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii* obtenues sous l'influence des facteurs climatiques prévalant selon la période d'étude dans chaque milieu

Phases de développement	Sites	N	Min	Max	Moyennes \pm ES	Wald- χ^2
Embryonnaire	Jardin	494	3	7	4,17 \pm 0,03	Wald- χ^2 = 255,14; ddl = 1; P<0,0001***
	Laboratoire	528	2	5	3,44 \pm 0,03	
Larvaire	Jardin	461	4	7	4,62 \pm 0,06	Wald- χ^2 = 5,04; ddl = 1; P = 0,02**
	Laboratoire	473	4	6	4,40 \pm 0,06	
Nymphale	Jardin	446	9	16	9,58 \pm 0,17	Wald- χ^2 = 0,02; ddl = 1; P=0,87*
	Laboratoire	449	9	12	9,54 \pm 0,17	

Min = Minimum ; Max = Maximum ; N=Taille de l'échantillon ;

***Hautement significatif ; **Significatif ; *Non significatif ; ES= Erreur standard.

III.1.4.1.3.2 Influence de l'état de la ressource alimentaire consommée par les larves sur les durées de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii*

La durée moyenne de développement embryonnaire sur feuilles coupées qui est de 3,21 \pm 0,03 jours (minimum = 2 jours; maximum = 5 jours) a été plus courte par rapport à celle obtenue des plantes sur pied de valeur 4,17 \pm 0,03 jours (minimum = 2 jours; maximum = 7 jours). L'état de ressource alimentaire serait à l'origine des différences significatives (Wald- χ^2 = 683,02; ddl = 1; P<0,0001) observées entre les durées de développement embryonnaire.

La durée moyenne de développement larvaire sur feuilles coupées qui est de 4,10 \pm 0,06 jours (minimum = 4 jours; maximum = 6 jours) a été plus courte par rapport à celle obtenue des plantes sur pied de valeur 4,92 \pm 0,06 jours (minimum = 4 jours; maximum = 7 jours). Le type de ressource alimentaire serait à l'origine des différences significatives (Wald- χ^2 = 73,13; ddl = 1; P<0,0001) qui ont été observées entre les deux durées de développement larvaire.

La durée moyenne de développement nymphal sur feuilles coupées qui est de 8,40 \pm 15 jours (minimum = 8 jours; maximum = 15 jours) a été plus courte par rapport à celles obtenue des plantes sur pied de valeur 10,72 \pm 0,18 jours (minimum = 8 jours; maximum = 16 jours). L'état de la ressource alimentaire a été indirectement à l'origine des différences significatives (Wald- χ^2 = 88,37; ddl = 1; P<0,0001) observées entre les durées de développement nymphal

(Tableau XII). De toute évidence, l'absence de renouvellement des ressources alimentaires au niveau des feuilles coupées a induit la programmation du raccourcissement des phases de développement préimaginal de *L. trifolii*.

Tableau XII: Comparaison des durées des phases de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii* obtenues sous l'influence de l'état de la ressource alimentaire

Phases de développement	Sites	N	Min	Max	Moyennes ± ES	Wald- χ^2
Embryonnaire	Jardin	494	3	7	4,17±0,03	Wald- $\chi^2 = 255,14$; ddl = 1; P<0,0001***
	Laboratoire	528	2	5	3,44±0,03	
Larvaire	Jardin	461	4	7	4,62±0,06	Wald- $\chi^2 = 5,04$; ddl = 1; P = 0,02**
	Laboratoire	473	4	6	4,40±0,06	
Nymphale	Jardin	446	9	16	9,58±0,17	Wald- $\chi^2 = 0,02$; ddl = 1; P=0,87*
	Laboratoire	449	9	12	9,54±0,17	

Min = Minimum ; Max = Maximum ; N=Taille de l'échantillon ;

***Hautelement significatif ; **Significatif ; *Non significatif ; ES= Erreur standard.

III.1.4.1.3.3 Influence combinée des facteurs climatiques et de l'état de la ressource alimentaire sur les durées du développement préimaginal de *Liriomyza trifolii*

La durée moyenne de développement préimaginal obtenue en fonction de la combinaison 1 de valeur 16,53±0,26 jours (minimum = 13 jours; maximum = 22 jours) a été statistiquement plus courte (Wald- $\chi^2 = 384,30$; ddl = 1; P<0,0001) que celles obtenues sur la base de la combinaison 2 qui a été de 17,97±0,03 jours (minimum = 14 jours; maximum = 25 jours) (Tableau XIII).

Sur la base de la combinaison 3, la durée moyenne de développement embryonnaire dont la valeur est 19,98±0,27 jours (minimum = 15 jours; maximum = 26 jours) a été statistiquement plus courte (Wald- $\chi^2 = 576,85$; ddl = 1; P<0,0001) que celle obtenue à partir de la combinaison 4 qui est de 20,8±0,21 jours (minimum = 15 jours; maximum = 26 jours) (Tableau XIII).

La durée moyenne de développement préimaginal issue de la combinaison 5 qui correspond à 17,51±0,03 jours (minimum = 14 jours; maximum = 22 jours) a été statistiquement (Wald- $\chi^2 = 480,2$; ddl = 1; P<0,0001) plus courte que celle qui a résulté de la

combinaison 6 de valeur $18,58 \pm 0,19$ jours (minimum = 15 jours; maximum = 25 jours) (**Tableau XIII**).

Enfin, la durée moyenne de développement préimaginal obtenue de la combinaison 7 de valeur $20,39 \pm 0,4$ jours (minimum = 15 jours; maximum = 29 jours) a été statistiquement plus courte (Wald- $\chi^2 = 372,60$; ddl = 1; $P < 0,0001$) que celle issue de la combinaison 8 qui est égale à $21,98 \pm 0,3$ jours (minimum = 15 jours; maximum = 29 jours) (**Tableau XIII**).

Ces résultats confirment d'avantage le fait que les durées de développement préimaginal obtenues à partir des feuilles coupées ont été plus courtes par rapport à celles obtenues des plants sur pied quel que soit la période d'étude (**Tableau XIII**).

Tableau XIII: Comparaison entre les durées de développement préimaginal de *Liriomyza trifolii* obtenues sous l'influence combinée des facteurs climatiques et de l'état de la ressource alimentaire

Milieux	Périodes d'étude	Ressources alimentaires	N	Durées de développement (jours)			Wald- χ^2
				Min	Max	Moyennes	
Laboratoire	sèche	Feuilles coupées	114	13	22	$16,53 \pm 0,26$	Wald- $\chi^2 = 384,3$; ddl = 1; $p < 0,0001$ ***
		Plants sur pied	142	14	25	$17,97 \pm 0,03$	
	humide	Feuilles coupées	111	15	26	$19,98 \pm 0,27$	Wald- $\chi^2 = 576,85$; ddl = 1; $p < 0,0001$ ***
		Plants sur pied	161	15	26	$20,8 \pm 0,21$	
Jardin	sèche	Feuilles coupées	103	14	22	$17,51 \pm 0,03$	Wald- $\chi^2 = 480,2$; ddl = 1; $p < 0,0001$ ***
		Plants sur pied	184	15	25	$18,58 \pm 0,19$	
	humide	Feuilles coupées	92	15	29	$20,39 \pm 0,4$	Wald- $\chi^2 = 372,6$; ddl = 1; $p < 0,0001$ ***
		Plants sur pied	129	15	29	$21,98 \pm 0,3$	

Légende: Min : Minimum ; Max : Maximum ; N= nombre d'imagos ***Hautelement significatif. ES= Erreur standard.

III.1.4.2 Influence des traitements insecticides sur les fluctuations de la taille des populations d'insectes inféodés au céleri

III.1.4.2.1 Taux de pertes foliaires et charges foliaires de larves de *Liriomyza trifolii* par plante dans les parcelles expérimentales

III.1.4.2.1.1 Taux de pertes foliaires hebdomadaires et moyens de larves de *Liriomyza trifolii* par plante dans les parcelles expérimentales

De la transplantation à la 4^{ème} semaine de notre manipulation, les taux de pertes foliaires hebdomadaires ont augmenté pour atteindre des valeurs variant de 43,34 % pour le

Cypercal, 37,29 % pour le Kart, 36,40 % pour le Karaté et 45,01 % pour le Témoin. A partir de cette semaine, les taux de pertes foliaires hebdomadaires ont évolué différemment selon le traitement insecticide apporté à chaque parcelle.

Au niveau de la parcelle Témoin, les taux de pertes foliaires hebdomadaires ont augmenté considérablement pour atteindre une valeur de 87,72 % à la 13^{ème} semaine. Malgré les récoltes sanitaires hebdomadaires et les récoltes commerciales, ces taux de pertes ont évolué jusqu'à la 19^{ème} semaine (88,88 %). Dès la 19^{ème} semaine, ces taux ont baissé avec le vieillissement des plants de la parcelle pour attendre une valeur de 70,42 % à la fin de l'expérimentation.

Au niveau de la parcelle traitée au Karaté, les taux de pertes foliaires hebdomadaires ont relativement augmenté de la 4^{ème} à la 19^{ème} semaine où une valeur maximale de 61,77 % a été atteinte. Ces taux ont ensuite baissé avec le vieillissement des plants de la parcelle pour atteindre un taux de 44,77 % à la fin de l'expérimentation.

Les taux de pertes hebdomadaires de la parcelle traitée au Kart n'ont pas fluctué considérablement de la 4^{ème} semaine à la fin de l'expérimentation où une valeur de 21,91 % a été atteinte.

Les taux de pertes foliaires hebdomadaires de la parcelle traitée au Cypercal ont diminué dès la 4^{ème} semaine pour atteindre une valeur de 4,61 % à la 7^{ème} semaine. A partir de là, ces taux sont restés relativement constants jusqu'à la 14^{ème}. Par la suite, ces taux vont croître à la suite des faibles récoltes commerciales pour atteindre une valeur de 35,38 % à la 20^{ème} semaine, puis 35,67 % à la fin de l'expérimentation (**Figure 14**). Les données de base ont été consignées dans l'**Annexe 4**.

Des différences hautement significatives ($F = 64,05$; $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$) ont été obtenues entre les taux moyens de pertes foliaires dont la plus faible valeur a été obtenue avec le Cypercal ($11,90 \pm 9,71$ %) et la plus forte avec le Témoin ($71,64 \pm 26,69$ %) (**Tableau XIV**). Le test de Fisher a montré que ces différences sont dues à de très forts taux moyens obtenus sur le Témoin et le Karaté. Ces différences ont traduit une inégalité de performances des différents traitements sur les larves de *L. trifolii* à l'origine des pertes foliaires.

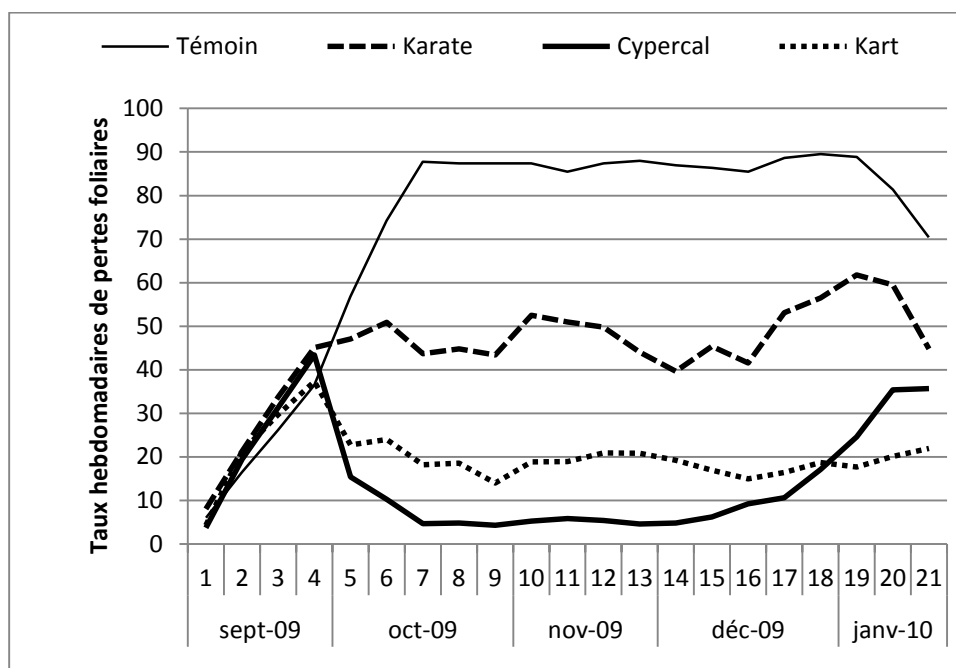


Figure 14: Fluctuation des taux de pertes foliaires hebdomadaires de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom

Tableau XIV: Comparaison des taux moyens de pertes foliaires

Différents traitements	N	Taux moyens de pertes foliaires (%)	Test de Fisher ddl =3; $P < 10^{-3}$
Témoïn	21	71,64±26,69 ^{abc}	F = 64,05
Karaté		44,63±12,12 ^{ab}	
Cypercal		11,90±9,71 ^a	
Kart		17,99±4,48 ^a	

Légende : les taux moyens suivis de la même lettre ne sont pas statistiquement différents;

N = Nombre d'échantillonnage.

III.1.4.2.1.2 Charge foliaire en larves de *Liriomyza trifolii* par plante dans les parcelles expérimentales

De la transplantation à la 4^{ème} semaine de notre manipulation, les charges foliaires hebdomadaires ou nombre moyen de larves par feuille ont augmenté de manière presque homogène pour atteindre une valeur d'environ 0,32 larve dans chacune des parcelles. A partir de cette 4^{ème} semaine, les charges foliaires hebdomadaires de larves de *L. trifolii* ont évolué différemment selon le traitement apporté à chaque parcelle.

Au niveau de la parcelle Témoin, ces charges foliaires hebdomadaires ont augmenté progressivement pour atteindre une valeur de 1,65 larves / feuille à la 10^{ème} semaine. Malgré les récoltes commerciales et sanitaires, ces charges ont augmenté considérablement pour atteindre une valeur maximale de 2,54 larves / feuille à la 19^{ème} semaine. A partir de ce seuil, ces charges vont décroître progressivement avec le vieillissement des plants jusqu'à la fin de l'expérimentation où une valeur de 1,03 larves a été atteinte.

Les charges foliaires hebdomadaires sur la parcelle Karaté ont augmenté progressivement pour atteindre une valeur de 1,50 larves / feuille à la 12^{ème} semaine. Malgré les récoltes sanitaires hebdomadaires et les récoltes commerciales, ces charges foliaires hebdomadaires qui ont connu une inflexion à la 13^{ème} semaine (1,37 larves / feuille) ont augmenté considérablement pour atteindre une valeur maximale de 2,08 larves / feuille à la 16^{ème} semaine. A partir de ce seuil, ces charges vont décroître progressivement avec le vieillissement des plants jusqu'à la fin de l'expérimentation où cette valeur hebdomadaire a été de 0,45 larve / feuille.

Les charges foliaires hebdomadaires des larves de *L. trifolii* sur la parcelle traitée au Cypercal ont diminué jusqu'à la 7^{ème} semaine (0,05 larve / feuille). Ces taux d'attaque foliaire sont demeurés presque constantes jusqu'à la 13^{ème} semaine (0,20 larve / feuille). De la 13^{ème} semaine, ces valeurs ont diminué jusqu'à la 15^{ème} semaine (0,06 larve / feuille) d'où elles vont légèrement augmenter pour atteindre à la 20^{ème} semaine 0,30 larve / feuille. Ces charges vont ensuite diminuer jusqu'à atteindre 0,10 larve / feuille à la fin de l'expérimentation.

Les charges foliaires hebdomadaires des larves de *L. trifolii* sur la parcelle traitée au Kart ont diminué jusqu'à la 16^{ème} semaine (0,07 larve / feuille). Ces charges vont légèrement augmenter jusqu'à la 19^{ème} semaine (0,35 larve / feuille). Ensuite, elles ont légèrement diminué entre la 19^{ème} et la fin de l'expérimentation marquée par la 21^{ème} semaine où la valeur de 0,11 larve / feuille a été atteinte (**Figure 15**). Les données de base sont consignées dans l'**Annexe 5**.

Des différences hautement significatives ($F = 124,17$; $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$) ont été obtenues entre les charges foliaires moyennes de larves de *L. trifolii* dont les plus faibles valeurs ont été obtenues avec le Cypercal et le Kart ($0,08 \pm 0,13$ larve / feuille) chacun et la plus forte avec le Karaté ($1,81 \pm 1,44$ larves / feuille) (**Tableau XV**). Le test de Fisher a montré que ces différences sont dues à de très fortes abondances moyennes obtenues sur le Témoin et le Karaté. Ces différences ont traduit les inégalités de performances qui ont existé entre les différents traitements sur le nombre de larves de *L. trifolii* par feuille.

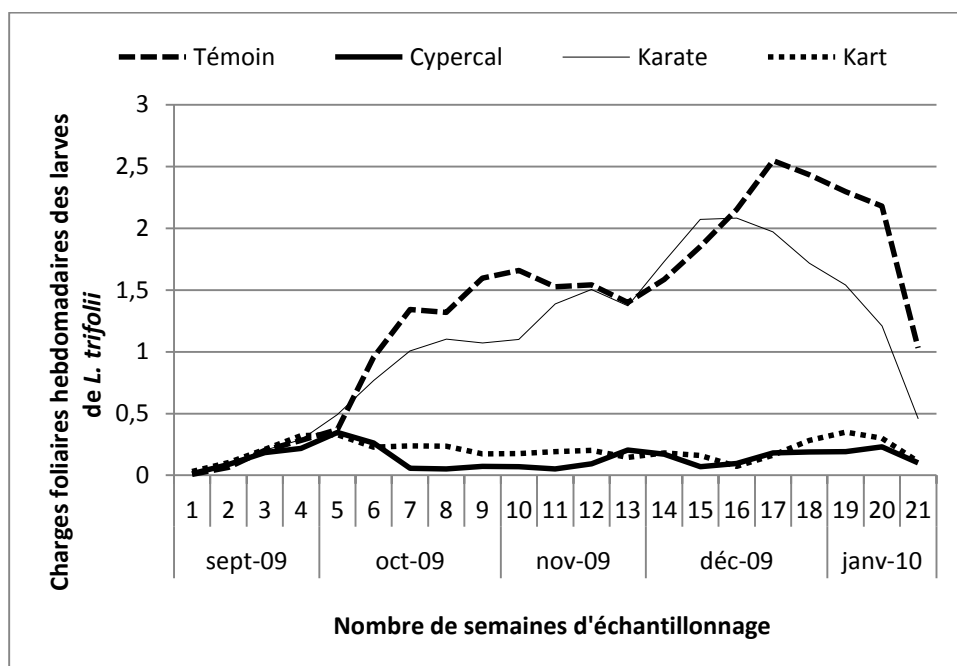


Figure 15: Fluctuation des charges foliaires hebdomadaires des larves de *Liriomyza trifolii* de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom

Tableau XV: Comparaison des charges foliaires moyennes de larves de *Liriomyza trifolii*

Différents traitements	N	charges foliaires moyennes de larves	Test de Fisher ddl =3; P <10 ⁻³
Témoïn	21	1,41±0,13 ^b	F = 124,17
Karaté		1,81±1,44 ^b	
Cypercal		0,08±0,13 ^a	
Kart		0,08±0,13 ^a	

Légende : les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes ;

N = Nombre d'échantillonnage.

III.1.4.2.2 Abondances hebdomadaires et moyennes des larves de *Liriomyza trifolii*, des mouches mineuses et de ses parasitoïdes par parcelle

III.1.4.2.2.1 Evolution des abondances hebdomadaires et moyennes des larves de *Liriomyza trifolii* par parcelle

De la transplantation à la 4^{ième} semaine d'observation, les abondances hebdomadaires des larves de *L. trifolii* ont augmenté de manière relativement uniforme pour atteindre une valeur d'environ 65 larves dans chacune des parcelles. A partir de cette 4^{ième} semaine, les

abondances hebdomadaires des larves de *L. trifolii* ont évolué différemment selon la singularité du traitement apporté à chaque parcelle.

Au niveau de la parcelle Témoin, les abondances hebdomadaires ont augmenté considérablement pour atteindre à la 13^{ième} semaine une valeur maximale de 632 larves / parcelle. Les récoltes commerciales et sanitaires ont provoqué une diminution progressive jusqu'à la 16^{ième} semaine (283 larves parcelle). Malgré ces récoltes commerciales et sanitaires, ces valeurs hebdomadaires de larves de *L. trifolii* ont ensuite augmenté pour atteindre à la 19^{ième} semaine une valeur de 446 larves / parcelle. Ensuite, ces valeurs ont baissé avec le vieillissement des plants dans la parcelle pour attendre une valeur de 142 larves / parcelle à la fin de l'expérimentation.

Au niveau de la parcelle Karaté, les abondances hebdomadaires des larves de *L. trifolii* ont augmenté considérablement vers la fin de l'expérimentation pour atteindre à la 20^{ième} semaine une valeur maximale de 413 larves / parcelle. Ces valeurs ont baissé avec le vieillissement des plants de la parcelle pour attendre une valeur de 142 larves / parcelle à la fin de l'expérimentation.

Les abondances hebdomadaires des larves de *L. trifolii* sur la parcelle traitée au Cypercal ont diminué jusqu'à la 7^{ième} semaine (10 larves / parcelle). Ces valeurs ont légèrement augmenté de la 7^{ième} semaine à la 20^{ième} semaine (83 larves / parcelle). Ces valeurs ont demeuré presque constantes entre la 20^{ième} et la fin de l'expérimentation marquée par la 21^{ième} semaine où la valeur de 83 individus / parcelle a été obtenue.

Les abondances hebdomadaires des larves de *L. trifolii* sur la parcelle traitée au Kart ont diminué jusqu'à la 15^{ième} semaine (21 larves / parcelle) puis ont légèrement augmenté de la 15^{ième} semaine à la 18^{ième} semaine (64 larves / parcelle). Ces valeurs ont par la suite diminué légèrement entre la 18^{ième} et la fin de l'expérimentation marquée par la 21^{ième} semaine où celle de 39 larves / parcelle a été atteinte (**Figure 16**). Les données de base ont été consignées dans l'**Annexe 6**.

Des différences hautement significatives ($F = 25$; $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$) ont été obtenues entre les moyennes générales des larves de *L. trifolii* par parcelle. Le test de Fisher a montré que ces différences ont été principalement dues à l'important écart existant entre les moyennes générales obtenues sur le Cypercal ($32,24 \pm 4,47$ larves / parcelle) et le Témoin ($297,19 \pm 41,09$ larves / parcelle) (**Tableau XVI**). Ces différences ont traduit les performances inégales des différents traitements sur le nombre de larves de *L. trifolii* par parcelle.

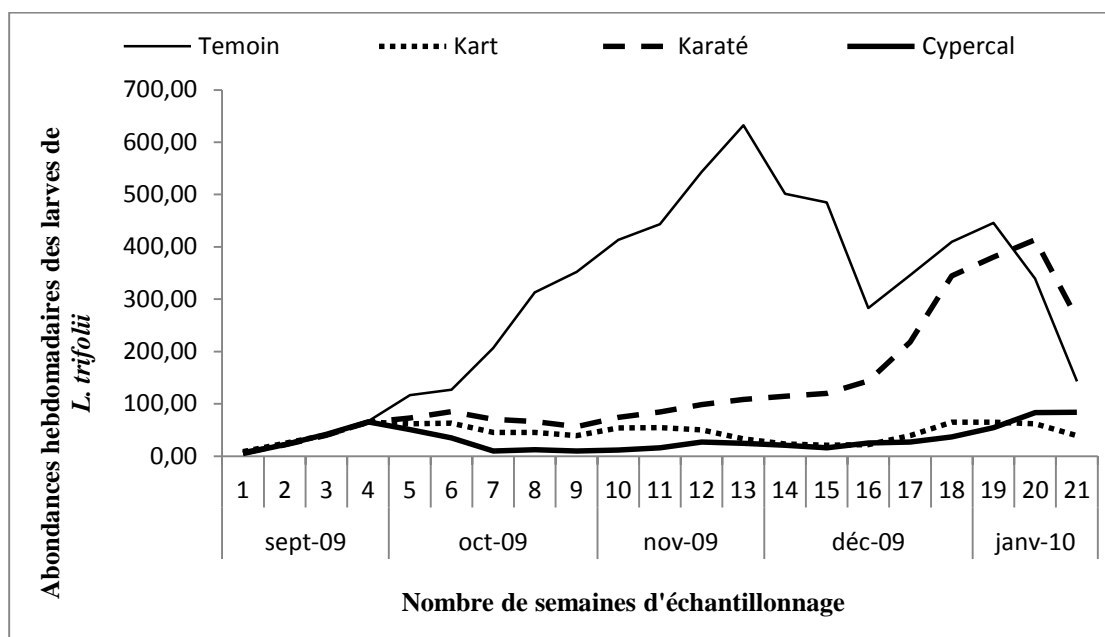


Figure 16: Variation des abondances hebdomadaires des larves de *Liriomyza trifolii* dans les parcelles expérimentales de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom

Tableau XVI: Comparaison des abondances moyennes de larves de *Liriomyza trifolii* obtenues dans les parcelles expérimentales

Différents traitements	N	Abondances moyennes des larves de <i>L. trifolii</i> / parcelle	Test de Fisher ddl =3; P <10 ⁻³
Témoin	21	297,19±41,09 ^{abc}	F = 25,30
Karaté		135,68±25,60 ^{ab}	
Cypercal		32,24±4,47 ^a	
Kart		43,86±3,80 ^a	

Légende : les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes;

N = Nombre d'échantillonnage.

III.1.4.2.2 Abondances hebdomadaires et moyennes des adultes de *Liriomyza trifolii* par parcelle

De la transplantation à la 4^{ème} semaine de notre manipulation, les abondances hebdomadaires de *L. trifolii* ont augmenté de manière relativement uniforme pour atteindre une valeur d'environ 15 individus / parcelle.

A partir de la 4^{ème} semaine, les abondances hebdomadaires de *L. trifolii* sur le Témoin ont augmenté considérablement pour atteindre dès la 10^{ème} semaine une valeur maximale de 87 *L. trifolii* / parcelle. Dès lors, suite aux récoltes commerciales et sanitaires, ces abondances ont connu une diminution progressive jusqu'à la 16^{ème} semaine (34 individus / parcelle). Ces

abondances ont davantage diminué avec le vieillissement des plants pour atteindre une moyenne de 27 *L. trifolii* /semaine à la fin de l'expérimentation.

Sur la parcelle traitée au Karaté, les abondances hebdomadaires de *L. trifolii* ont augmenté considérablement vers la fin de l'expérimentation jusqu'à atteindre à la 19^{ème} semaine une valeur maximale de 140 individus/semaine. Ces valeurs ont ensuite baissé jusqu'à atteindre une moyenne de 80 *L. trifolii* / semaine à la fin de l'expérimentation.

Les abondances hebdomadaires de *L. trifolii* sur les parcelles traitées au Cypercal et au Kart ont présenté les plus faibles valeurs. En effet, ces valeurs n'ont pas fluctué considérablement de la 4^{ème} semaine (environ 16 individus / parcelle) à la fin de l'expérimentation où elles sont restées relativement faibles soit respectivement 20 individus / semaine pour le Kart et 9 individus / semaine pour le Cypercal (**Figure 17**). Les données de base ont été consignées dans l'**Annexe 7**.

Des différences hautement significatives ($F = 9,75$; $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$) ont été obtenues entre les abondances moyennes des imagos de *L. trifolii* dont les valeurs extrêmes ont été obtenues avec le Cypercal ($8,88 \pm 1,23$ individus / parcelle) et le Témoin ($44,01 \pm 5,54$ individus / parcelle) (**Tableau XVII**). Ces différences ont traduit une influence des différents traitements sur le nombre d'imagos de *L. trifolii* par parcelle.

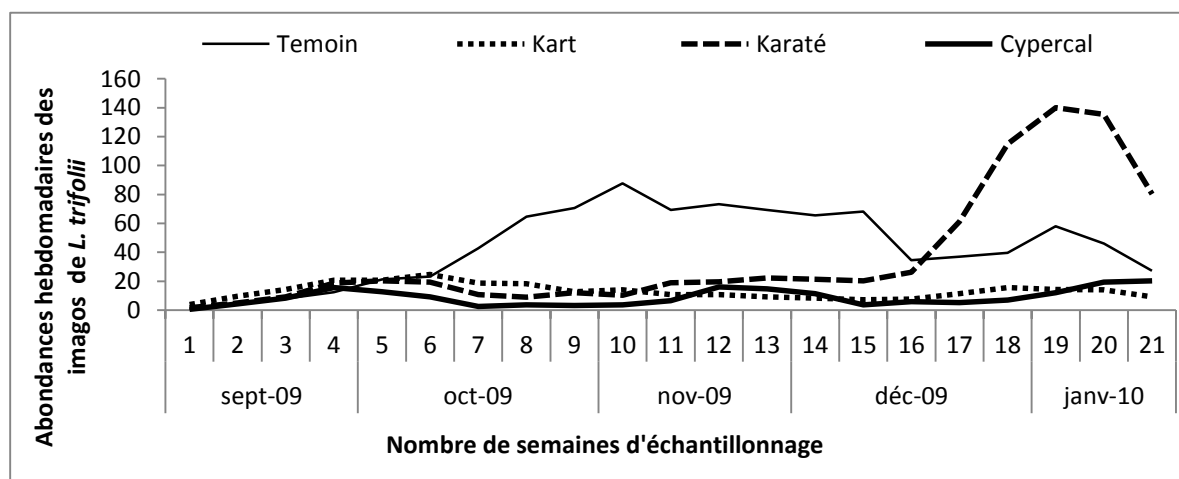


Figure 17: Variation des abondances hebdomadaires des imagos de *Liriomyza trifolii* dans les parcelles expérimentales de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom

Tableau XVII: Comparaison des abondances moyennes des imagos de *Liriomyza trifolii* dans les différentes parcelles expérimentales

Différents traitements	N	Abondances moyennes des imagos de <i>L. trifolii</i> / parcelle	Test de Fisher ddl =3; P <10 ⁻³
Témoin	21	44,01±5,54 ^{abc}	F = 9,75
Karaté		37,01±9,17 ^{ab}	
Cypercal		8,88±1,23 ^a	
Kart		13,15±1,10 ^a	

Légende : les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes;

N = Nombre d'échantillonnage.

III.1.4.2.3 Abondances hebdomadaires et moyennes de *Opius agromyzicola* dans les différentes parcelles expérimentales

De la transplantation à la 4^{ème} semaine d'observation, les abondances hebdomadaires de *O. agromyzicola* ont augmenté de manière relativement uniforme pour atteindre une valeur d'environ 22 individus dans chacune des parcelles expérimentales. A partir de cette semaine, les abondances hebdomadaires de *O. agromyzicola* sur le Témoin ont augmenté considérablement pour atteindre dès la 13^{ème} semaine une valeur maximale de 192 individus / parcelle. Suite aux récoltes commerciales et sanitaires, ces valeurs ont connu une diminution progressive jusqu'à la 16^{ème} semaine (87 individus / parcelle). Malgré ces récoltes commerciales et sanitaires, ces abondances ont encore augmenté pour atteindre à la 19^{ème} semaine 135 individus / parcelle. Ensuite, ces abondances ont baissé avec le vieillissement de la parcelle pour atteindre une moyenne de 37 individus / parcelle à la fin de l'expérimentation.

Sur la parcelle Karaté, les abondances hebdomadaires de *O. agromyzicola* ont augmenté légèrement vers la fin de l'expérimentation de manière à atteindre à la 16^{ème} semaine une valeur maximale de 41 individus / parcelle. A partir de la 16^{ème} semaine, ces abondances hebdomadaires ont baissé rapidement malgré la disponibilité des larves hôtes dans la parcelle pour s'annuler de la 20^{ème} semaine jusqu'à la fin de l'expérimentation.

Les abondances hebdomadaires de *O. agromyzicola* sur les parcelles traitées respectivement au Cypercal et Kart ont été presque similaires. En effet, ces valeurs ont diminué rapidement de la 4^{ème} à la 7^{ème} semaine avant de prendre des valeurs relativement constantes et très faibles jusqu'à la fin de l'expérimentation ; soit 2 individus / parcelle pour

le Cypercal et 1 individu / parcelle pour le Kart (**Figure 18**). Les données de base ont été consignées dans l'**Annexe 7**.

Des différences hautement significatives ($F = 35,69$; $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$) ont été obtenues entre les abondances moyennes des imagos de *O. agromyzicola* (**Tableau XVIII**) dont les traitements insecticides ont affecté négativement l'existence dans les parcelles. Le test de Fisher a montré que ces différences sont dues à des abondances moyennes extrêmes obtenues sur le Cypercal ($5,95 \pm 1,25$ individus / parcelle) et le Témoin ($65,94 \pm 12,29$ individus / parcelle). Ces différences ont traduit une variabilité d'efficacité des différents traitements sur le nombre de *O. agromyzicola* par parcelle.

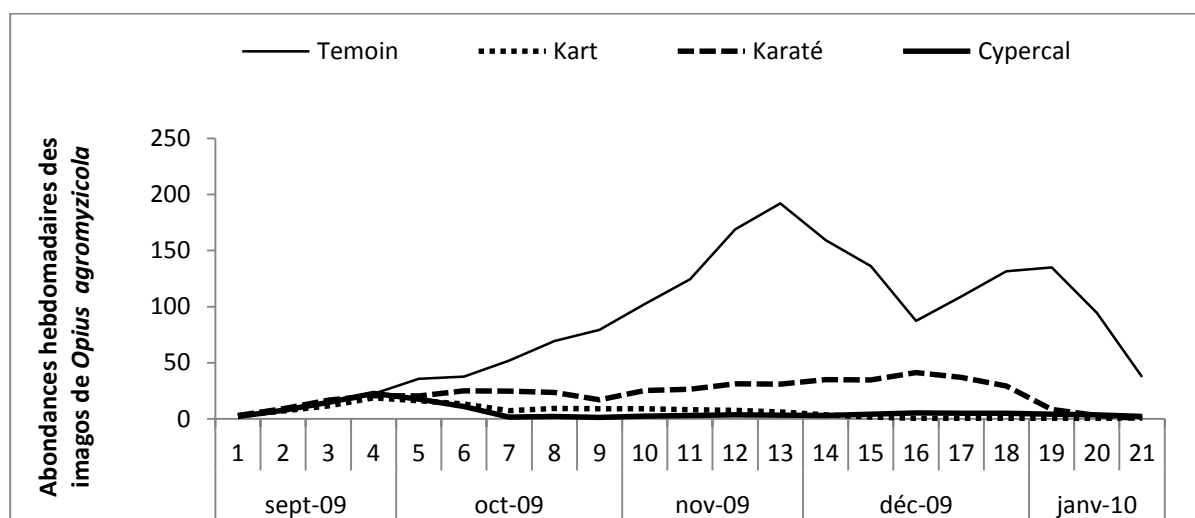


Figure 18 : Variation des abondances hebdomadaires des imagos de *Opius agromyzicola* dans les parcelles expérimentales

Tableau XVIII: Comparaison des abondances moyennes des imagos de *Opius agromyzicola* dans les différentes parcelles expérimentales

Différents traitements	N	Abondances moyennes des imagos de <i>O. agromyzicola</i> / parcelle	Test de Fisher $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$
Témoin	21	$85,74 \pm 12,29^{abc}$	$F = 35.69$
Karaté	21	$22,03 \pm 2,59^{ab}$	
Cypercal	21	$5,95 \pm 1,25^a$	
Kart	21	$6,31 \pm 1,21^{ab}$	

Légende: les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes;

N = Nombres d'échantillonnage.

III.1.4.2.2.4 Abondances hebdomadaires et moyennes de *Neochrysocharis agromyzae* dans les parcelles expérimentales

De la transplantation à la 4^{ème} semaine d'observation, les abondances hebdomadaires de *N. agromyzae* ont augmenté de manière relativement uniforme pour atteindre une valeur d'environ 27 individus dans chacune des parcelles. A partir de cette semaine, les abondances hebdomadaires de *N. agromyzae* sur le Témoin ont augmenté considérablement pour atteindre à la 13^{ème} semaine une valeur maximale de 371 individus / parcelle. Les récoltes commerciales et sanitaires ont provoqué une diminution progressive jusqu'à la 16^{ème} semaine (161 individus / parcelle). Ces abondances hebdomadaires de *N. agromyzae* ont ensuite augmenté pour atteindre à la 19^{ème} semaine 253 individus / parcelle. Ces abondances ont enfin baissé avec le vieillissement des plants pour atteindre une moyenne de 78 individus / parcelle à la fin de l'expérimentation.

Au niveau de la parcelle traitée au Karaté, les abondances hebdomadaires de *N. agromyzae* ont augmenté légèrement vers la fin de l'expérimentation pour atteindre à la 16^{ème} semaine une valeur maximale de 76 individus / parcelle. A partir de la 16^{ème} semaine, ces moyennes se sont accrues très rapidement pour atteindre à la 20^{ème} semaine une valeur maximale de 275 individus / parcelle. Cette valeur a ensuite baissé à l'image des larves hôtes dans la parcelle jusqu'à 76 individus / parcelle à la fin de l'expérimentation.

Les abondances hebdomadaires de *N. agromyzae* sur les parcelles traitées respectivement au Cypercal et au Kart ont été approximativement identiques de la 4^{ème} semaine (environ 27 individus / parcelle) à la fin de l'expérimentation. Ainsi, de cette 4^{ème} semaine, ces abondances sont restées relativement constantes pour le Kart jusqu'à la fin de l'expérimentation où la valeur obtenue a été de 28 individus / parcelle. Par contre, celles du Cypercal ont augmenté légèrement pour atteindre 28 individus / parcelle à la fin de l'expérimentation (**Figure 19**). Les données de base sont consignées dans l'**Annexe 8**.

Des différences hautement significatives ($F = 21,93$; $ddl = 3$; $P < 10^{-3}$) ont été obtenues en comparant entre elles les abondances moyennes des imagos de *N. agromyzae* issus des différents traitements (**Tableau XIX**). Le test de comparaison multiple a montré une grande différence entre la très forte abondance moyenne obtenue sur le Témoin ($167,40 \pm 23,65$ individus / parcelle) et celles obtenues au niveau des autres parcelles. Ces différences ont également traduit un impact spécifique de chaque insecticide sur le nombre de *N. agromyzae* par parcelle.

Figure 19 : Variation des abondances hebdomadaires des imagos de *Neochrysocharis agromyzae* de septembre 2009 à janvier 2010 à Nkolondom

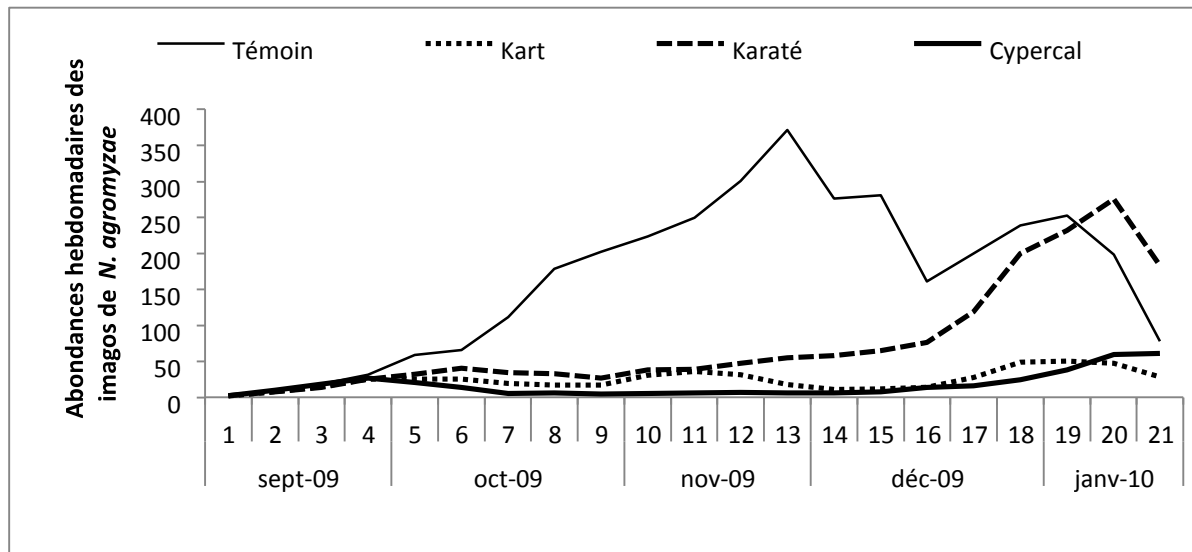


Tableau XIX: Comparaison des abondances moyennes des imagos de *Neochrysocharis agromyzae*

Différentes traitements	N	Abondances moyennes des imagos de <i>N. agromyzae</i> / parcelle	Test de Fisher; ddl = 3; $P < 10^{-3}$
Témoïn	21	167,4±23,65 ^{abc}	F = 21,93
Karaté		76,63±17,10 ^{ab}	
Cypercal		17,39±2,91 ^a	
Kart		24,38±2,91 ^a	

Légende: les abondances moyennes suivies de la même lettre ne sont pas statistiquement différentes;

N = Nombre d'échantillonnage

III.1.5 Impact des facteurs biotiques sur les fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii* et de ses parasitoïdes

III.1.5.1 Influence de l'état de la ressource alimentaire sur le potentiel reproducteur de *Liriomyza trifolii*

III.1.5.1.1 Comparaison des caractères morphométriques des pupes du groupe 1 et du groupe 2

A la suite du prélèvement des feuilles infestées des jardins de Nkolondom, le suivi des larves au laboratoire a permis d'obtenir des pupes réparties en deux groupes. Le groupe 1 a été constitué des pupes donc le diamètre latéral était compris entre 0.44 mm inclus et 0,73 mm

exclu pour une moyenne de $0,67\pm 0,09$ mm. Leurs diamètres antéro-postérieurs étaient compris entre 1 mm inclus et 1,74 mm exclu pour une moyenne de $1,65\pm 0,2$ mm.

Le groupe 2 a été constitué des pupes donc le diamètre latéral était compris entre 0,73 mm inclus et 0,92 mm exclu pour une moyenne de $0,78\pm 0,08$ mm. Leurs diamètres antéro-postérieurs étaient compris entre 1,74 mm inclus et 1,98 mm exclu pour une moyenne de $1,77\pm 0,3$ mm.

Le diamètre antéro-postérieur moyen ($1,77\pm 0,3$ mm) des pupes du groupe 2 a été statistiquement différent ($t= 0,08$; $P<0,0001$) de celui des pupes du groupe 1 $1,65\pm 0,2$ mm. De même, le diamètre latéral moyen des pupes du groupe 2 ($0,78\pm 0,03$ mm) a également été statistiquement différent ($t= 0,04$; $P<0,0001$) de celui des pupes du groupe 1 ($0,67\pm 0,06$ mm) (**Tableau XX**).

Tableau XX: Comparaison des paramètres morphométriques des pupes du groupe 1 et du groupe 2

N	Dimensions	Groupe 2	Groupe 1	Test de Turkey
48	diamètre antéro-postérieur (mm)	Min = 1,74	Min = 1mm	Q= 0,08; P<0,0001 ***
		Max = 1,98	Max = 1,74	
		$1,77\pm 0,3$ mm	$1,65\pm 0,2$ mm	
48	Diamètre latéral (mm)	Min = 0,73	Min = 0,44	Q= 0,04; P<0,0001***
		Max = 0,92	Max = 0,73	
		$0,78\pm 0,08$ mm	$0,67\pm 0,09$ mm	

Légende : Min : Minimum ; Max : Maximum ; N= nombre d'individus

III.1.5.1.2 Influence de l'état de la ressource alimentaire des adultes sur les taux de survie larvaire et nymphale de leurs descendances

De la parcelle à trois planches, 223 et 321 larves ont été respectivement recensées de celles dont les plants étaient infestés par les adultes issus des pupes du lot 2 et du lot 4. Des précédentes larves (223 et 321 larves) se sont formées respectivement 180 et 278 pupes, soit des taux de survie larvaire de 80,71 % et de 86,60 %. Aucune différence statistique ($\chi^2 = 6,25$; ddl = 1; $P = 0,12$) n'a existé entre les taux de survie larvaire des 2 descendances.

Au terme de la vie nymphale, des 180 pupes ont émergé 151 imagos de *L. trifolii* correspondant à la descendance des adultes issus des pupes du lot 2, soit un taux de survie nymphale de 83,88 %. De la descendance des adultes issus des pupes du lot 4 ont émergé 246

imagos de 278 pupes, soit un taux de survie nymphale de 88,48 %. Ces résultats n'ont révélé aucune différence statistique ($\chi^2= 0,23$; ddl = 1 ; P = 0,62) entre les taux de survie nymphale des 2 descendance (Tableau XXI).

Par ailleurs, 160 larves ont été recensées sur la planche dont les plants étaient infestés par les adultes issus des pupes du lot 1. Ces 160 larves ont au terme de la phase larvaire produit 31 pupes. Le taux de survie larvaire de la descendance des adultes issus des pupes du lot 1 a été de 19,30 %. Des différences significatives ($\chi^2 = 10,85$; ddl = 1; P < 0,0001) ont existé entre les taux de survie larvaire des descendance des adultes du lot 1 et du lot 2.

Au terme de la vie nymphale, 5 imagos de *L. trifolii* ont émergé des 31 pupes descendant des adultes issus des pupes du lot 1. Ces résultats ont révélé des différences significatives ($\chi^2= 10,16$; ddl = 1 ; P < 0,0001) entre les taux de survie nymphale des descendance des adultes du lot 1 et du lot 2 (Tableau XXII). Ce résultat atteste que la pratique des maraîchers qui consiste à couper et à abandonner au champ les feuilles parasitées en guise de récoltes sanitaires réduit la durée du développement préimaginal de *L. trifolii*. De ce fait, cette pratique ne constitue pas une technique de lutte efficace contre ce ravageur.

Tableau XXI: Comparaison des potentiels reproducteurs des adultes issus des pupes du lot 2 et du lot 4

Descendance	Origine des parents de la descendance				χ^2 -test
	Pupes du lot 2		Pupes du lot 4		
Taux de survie larvaire	NL= 223	80,71 %	NL= 312	86,60 %	$\chi^2 = 6,25$; ddl = 1; P = 0,12*
	NP = 180		NP = 278		
Taux de survie nymphale	NP = 180	83,88 %	NP = 278	88,48 %	$\chi^2 = 0,23$; ddl = 1; P = 0,62*
	NI = 151		NI = 246		

Légende : NL= Nombre de larves ; NP = Nombre de pupes ; NI = Nombre d'imagos ; * : pas significatif

Tableau XXII: Comparaison des potentiels reproducteurs des adultes issus des pupes du lot 1 et du lot 2

Descendance	Origine des parents de la descendance				χ^2 -test
	Pupes du lot 2		Pupes du lot 1		
Taux de survie larvaire	NL= 223	80,71 %	NL= 160	19,37 %	$\chi^2 10,85$; ddl = 1; P < 0,0001***
	NP = 180		NP = 31		
Taux de survie nymphale	NP = 180	83,88 %	NP = 31	16,12 %	$\chi^2 = 10,16$; ddl = 1 ; P < 0,0001***
	NI = 151		NI = 5		

Légende : NL= Nombre de larves ; NP = Nombre de pupes ; NI = Nombre d'imagos ; *** : hautement significatif.

III.1.5.1.3 Variation de la sex-ratio des descendance de mouches mineuses issues des pupes du lot 2 et des pupes du lot 4

Les adultes issus des pupes du lot 2 ont une descendance constituée de 74 mâles et de 77 femelles représentant respectivement 49 % et 51% de la descendance soit une sex-ratio de (1/0,96). Par contre, les adultes issus des pupes du lot 4 ont donné 120 mâles et 126 femelles représentant respectivement 48,78 % et 51,21 % de la descendance soit une sex-ratio de (1/0,95).

En considérant les effectifs du lot 4 obtenus sur les plants sur pied comme étant des effectifs théoriques, le test de Khi deux montre l'absence de différence significative ($\chi^2 = 2,38$; ddl = 1; P=0,12) entre la sex-ratio (1/0,96) de la descendance de ces imagos et celle de la descendance des imagos issus des pupes du lot 2 de valeur (1/0,95) (**Tableau XXIII**). Ce résultat montre que la sex-ratio de *L. trifolii* est femelle biaisée ; ce phénomène qui est congénital n'a pas été perturbé par le fait que le ravageur s'est développé à partir d'une ressource alimentaire dont les éléments nutritifs ne se renouvèlent pas.

Tableau XXIII: Variation de la sex-ratio des descendance de mouches mineuses issues des pupes du lot 2 et des pupes du lot 4

Origine des parents de la descendance	Descendance				
	Mâle (nombre et pourcentage)	Femelle (nombre et pourcentage)	Total	Sex-ratio	χ^2 -test ddl = 1; P=0,12
Pupes du lot 2	74 (49,01 %)	77 (50,99 %)	151	1/0,92	$\chi^2 = 2,38$
Pupes du lot 4	120 (48,78 %)	126 (51,22 %)	246	1/0,95	

III.1.5.2 Caractéristiques des parasitoïdes de *Liriomyza trifolii*

Le processus de production des imagos a donné de constater que des imagos de *O. agromyzicola* ont émergé des pupes de *L. trifolii* tandis que des larves momifiées ont émergé des imagos de *N. agromyzae*. Ces deux espèces inattendues ont présenté des caractéristiques communes et des caractéristiques spécifiques. A titre de caractéristiques communes nous avons observé que :

**O. agromyzicola* et *N. agromyzae* sont des Hyménoptères parasitoïdes. Chaque femelle dispose d'un ovipositeur lui permettant d'insérer ses œufs dans l'organisme de l'hôte.

* les individus des espèces *N. agromyzae* et *O. agromyzicola* sont des parasitoïdes de *L. trifolii* car la fin de leur développement préimaginal correspond inéluctablement à la mort de l'hôte.

* ce sont des parasitoïdes solitaires. Un seul individu a émergé respectivement d'une larve momifiée ou d'une pupa.

* *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* sont des endoparasitoïdes. Les phases du développement préimaginal (embryonnaire, larvaire et nymphal) se déroulent dans l'hôte.

A propos des caractéristiques spécifiques on peut noter que :

* *O. agromyzicola* est un parasitoïde koïnobionte. Lorsque sa femelle exploite un hôte, ce dernier continue à suivre une évolution apparemment normale jusqu'à la pupaison.

* *N. agromyzae* est un parasitoïde idiobionte. La larve hôte que sa femelle exploite à des fins reproductives se momifie généralement (paralyse suivie de la mort caractérisée par la décomposition lente des organes). Les femelles de ce parasitoïde pratiquent également le phénomène de mort induite de l'hôte. Ce dernier sèche carrément après l'introduction de l'ovipositeur du parasitoïde dans son organisme.

III.1.5.2.1 Impact des compétitions intra et interspécifiques sur les fluctuations numériques des populations de *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes

III.1.5.2.1.1 Exploitation des larves hôtes par les parasitoïdes

L'exploitation d'un hôte a été traduite par l'introduction en une ou plusieurs reprises de l'ovipositeur du parasitoïde femelle dans l'organisme dudit hôte. Initialement placée à l'horizontale lorsqu'elle évalue l'hôte, elle dresse les pattes antérieures et rabat ainsi son abdomen afin de mieux introduire son ovipositeur dans l'organisme de ce dernier. Le plus souvent, elle a ramené ses pièces buccales au niveau du point d'introduction de son ovipositeur

III.1.5.2.1.2 Compétitions intra et interspécifiques chez les parasitoïdes de *Liriomyza trifolii*

Lors de l'exploitation des larves de *L. trifolii*, les femelles de parasitoïdes ont été observées en situation de compétition pour la même larve. Cette compétition qui s'est traduite par (1) des interférences caractérisées par des affrontements d'antennes et de pattes mettant aux prises des femelles de la même espèce ou d'espèces différentes convoitant le ou les même(s) hôte(s) (2) l'exploitation du maximum des larves hôtes au détriment des autres femelles de la même ou d'espèces différentes. En situation de compétition intraspécifique, au moins deux femelles de *O. agromyzicola* se sont retrouvées sur la même larve hôte 9 fois tandis que dans des conditions similaires celles de *N. agromyzae* l'ont été 31 fois. En situations

de compétitions interspécifiques, les femelles de *N. agromyzae* et de *O. agromyzicola* se sont retrouvées 39 fois sur le même hôte. Lorsque les femelles de *N. agromyzae* ont été les premières à détecter les hôtes, elles ont résisté aux attaques des femelles de *O. agromyzicola* 9 fois sur 15 soit un taux de réussite de 60%. Dans des circonstances similaires, les femelles de *O. agromyzicola* se sont imposées face à celles de *N. agromyzae* 5 fois sur 15 soit un taux de réussite de 30%. Dans les 9 autres confrontations, les deux parasitoïdes se sont tous envolés, abandonnant ainsi les larves hôtes. Les femelles de *N. agromyzae* ont été les plus aguerries lors des conflits interspécifiques et la probable importance de ce caractère dans sa prolifération sera démontrée dans la suite de ce travail.

III.1.5.2.1.3 Durées du développement préimaginal de *Opius agromyzicola* et de *Neochrysocharis agromyzae*

III.1.5.2.1.3.1 Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur la durée de développement de *Opius agromyzicola*

La durée moyenne de développement préimaginal de *Opius agromyzicola* à partir des larves hôtes d'âge différents a donné les résultats ci-dessous :

- 13,46±0,19 jours (minimum = 13 jours; maximum = 14 jours) à partir des larves de 2 jours d'âge ;
- 12,78±0,16 jours (minimum = 12 jours; maximum = 14 jours) à partir des larves de 3 jours d'âge ;
- 11,66±0,20 jours (minimum = 11 jours; maximum = 13 jours) avec des larves de 4 jours d'âge ;
- 10,15±0,19 jours (minimum = 9 jours; maximum = 11 jours) à partir des larves de 5 jours d'âge.

Lors de nos manipulations, nous avons observé que malgré la présence de ce parasitoïde dans son hôte, ce dernier a continué de mener un développement apparemment normal jusqu'à la pupaison. Deux alternatives permettent d'expliquer un tel résultat :

- l'œuf du parasitoïde est maintenu dans un état de latence en attendant que les réserves de l'hôte atteignent un certain seuil vers la fin de son développement larvaire;
- la larve parasitoïde consomme les organes non vitaux de son hôte.

Le présent travail a révélé que la durée moyenne de développement préimaginal de *O. agromyzicola* a diminué avec la vieillesse des larves hôtes. Ainsi, d'abondantes réserves

nutritives accumulées par les larves hôtes de plus en plus âgées avant leurs infestations ont d'avantage assurées un développement rapide de *O. agromyzicola*.

Ces durées de développement de *O. agromyzicola* ont statistiquement varié ($\chi^2 = 167,78$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$) selon que les larves exploitées de *L. trifolii* étaient de 2 jours, de 3 jours, de 4 jours et de 5 jours d'âge (**Tableau XXIV**).

Tableau XXIV: Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur la durée de développement de *Opius agromyzicola*

Age des larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation		1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours
Nombre de larves de <i>L. trifolii</i> exposées aux femelles de <i>O. agromyzicola</i> .		30	30	30	30	30
Nombre larves de <i>L. trifolii</i> exploitées par <i>O. agromyzicola</i>		0	14	23	17	15
Nombre d'émergences de <i>O. agromyzicola</i>		0	13	19	12	13
Durée de développement de <i>O. agromyzicola</i> (jours)	Minimum	0	13	12	11	9
	Maximum	0	14	14	13	11
	Moyenne	0	13,46±0,19	12,78±0,16	11,66±0,20	10,15±0,19
Test de χ^2		$\chi^2 = 167,78$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$				

III.1.5.2.1.3.2 Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur la durée de développement de *Neochrysocharis agromyzae*

La durée moyenne de développement préimaginal de *N. agromyzae* à partir des larves hôtes d'âge différents a donné les résultats ci-dessous :

- 10,25±0,73 jours (8 jours minimum ; 12 jours maximum) à partir des larves hôtes de 2 jours d'âge ;
- 11,50±0,39 jours (9 jours minimum ; 14 jours maximum) à partir des larves de 3 jours d'âge ;
- 13,30±0,46 jours (11 jours minimum ; 16 jours maximum) à partir des larves de 4 jours d'âge ;
- 14,16±0,59 jours (12 jours minimum ; 17 jours maximum) à partir des larves de 5 jours d'âge.

La durée moyenne de développement préimaginal de *N. agromyzae* a augmenté progressivement des larves hôtes jeunes aux larves hôtes âgées. Ainsi, en présence d'un hôte

aux réserves nutritives moins abondantes et au dispositif immunitaire moins développé (larve hôte jeune), la larve de *N. agromyzae* s'est développée rapidement. Cette accélération de son développement chez les hôtes jeunes se justifie par le fait que sa larve éviterait un stress physiologique consécutif à une carence alimentaire. Par ailleurs, la longue durée de son développement chez les hôtes âgés se justifie par le fait que sa larve consacrerait plus de temps pour exploiter une importante quantité de réserves nutritives.

Ces durées de développement de *N. agromyzae* ont statistiquement varié ($\chi^2 = 26,28$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$) selon que les larves exploitées de *L. trifolii* étaient de 2 jours, de 3 jours, de 4 jours et de 5 jours d'âge (**Tableau XXV**).

Tableau XXV: Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur la durée de développement de *Neochrysocharis agromyzae* au laboratoire

Age des larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation		1 jour	2 jours	3 jours	4 jours	5 jours
Nombre de larves de <i>L. trifolii</i> exposées aux femelles de <i>N. agromyzae</i>		30	30	30	30	30
Nombre larves de <i>L. trifolii</i> exploitées par <i>N. agromyzae</i>		0	12	26	17	10
Nombre d'émergences de <i>N. agromyzae</i>		0	4	14	10	6
Durée de développement de <i>N. agromyzae</i> (jours)	Minimum	0	8	9	11	12
	Maximum	0	12	14	16	17
	Moyenne \pm ES	0	10,25 \pm 0,73	11,50 \pm 0,39	13,30 \pm 0,46	14,16 \pm 0,59
Test de χ^2		$\chi^2 = 26,28$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$				

III.1.5.2.1.4 Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Opius agromyzicola* et *Neochrysocharis agromyzae* en situation de compétition intraspécifique

Lors de l'exploitation des larves hôtes, les femelles des parasitoïdes *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* ont utilisé le polyparasitoïdisme et/ou le multiparasitoïdisme. Le polyparasitoïdisme est caractérisé par la présence dans l'hôte de nombreux œufs de même espèce issus de la même femelle ou de ses congénères. Le multiparasitoïdisme est caractérisé par la présence dans l'hôte de nombreux œufs issus des parasitoïdes femelles d'espèces différentes.

III.1.5.2.1.4.1 Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Opius agromyzicola* en situation de compétition intraspécifique

Les femelles de *O. agromyzicola* ont exploité les larves hôtes en effectuant entre 1 à 4 piqûres, soit une moyenne de $1,83 \pm 0,1$ piqûres. Ces femelles ont effectué plus de 2 piqûres sur 35 larves hôtes. Ces piqûres ont été successives ou ont alterné avec (1) des périodes de recherche d'autres hôtes ou (2) de veille au-dessus de celui en cours d'exploitation. Ces périodes de veille ont duré entre 30 et 60 secondes. La recherche d'autres larves hôtes dans les environs de la précédente s'est soldée par 31 réussites sur les 69 cas d'exploitation et le parasitoïde a détecté une nouvelle larve hôte. Par ailleurs, 12 fois sur 69, la femelle de *O. agromyzicola* est avant 30 secondes retournée directement sur la larve de *L. trifolii* qu'elle venait de quitter ; enfin pour les 26 autres fois, le parasitoïde s'est déposé loin d'une larve hôte. L'abandon de la larve hôte par le parasitoïde a été constaté 30 secondes après que le parasitoïde ne soit plus revenu ou dès qu'il a détecté un autre hôte. Chacune des 69 larves de *L. trifolii* exploitées par les femelles de *O. agromyzicola* s'est immobilisée entre 60 à 300 secondes avant de reprendre son alimentation. Elles vont ainsi s'alimenter jusqu'à la fin de leur développement larvaire. De l'exploitation de l'hôte par le parasitoïde jusqu'à la fin du développement larvaire de *L. trifolii*, l'œuf ou la larve de *O. agromyzicola* (s'il y'a eu ponte) s'adapte au système immunitaire de la larve de *L. trifolii* sans provoquer la mort de cette dernière. Le développement préimaginal de *O. agromyzicola* s'est déroulé entièrement dans la larve et la puppe de *L. trifolii*.

L'évolution des larves de *L. trifolii* exposées aux femelles de *O. agromyzicola* a permis de constater que :

- aucune larve d'un jour d'âge sur 30 n'a été exploitée ;
- sur 30 larves de 2 jours d'âge, 14 (46,66 %) ont été exploitées. De ces 14 larves exploitées, 13 (43,33 %) ont évolué normalement pour donner 13 adultes de *O. agromyzicola* alors que 1 (3,33 %) a donné une puppe morte dont le contenu après dissection a révélé un résidu de nature indéterminée. Le troisième appareil squeletto-pharyngial a été retrouvé dans les vestiges de ladite puppe.

- sur 30 larves de 3 jours d'âge, 23 (76,66 %) ont été exploitées. De ces 23 larves exploitées, 19 (63,33%) ont évolué normalement pour donner 19 adultes de *O. agromyzicola* alors que 3 (10,00 %) ont donné 3 puppes mortes dont le contenu après dissection a révélé des résidus de nature indéterminée. Enfin, l'une d'elle (3,33 %) a donné une puppe morte dont le contenu après dissection a révélé des vestiges de *O. agromyzicola*.

- sur 30 larves de 4 jours d'âge, 17 (56,66 %) ont été exploitées. De ces 17 larves exploitées, 12 (40%) ont évolué normalement pour donner 12 adultes de *O. agromyzicola* alors que 1 (3,33 %) a donné 1 puppe morte dont le contenu après dissection a révélé des résidus de nature indéterminée. Enfin, l'une d'elle (3,33 %) a donné une puppe morte dont le contenu après dissection a révélé des vestiges de *Opius agromyzicola*.

- sur 30 larves de 5 jours d'âge, 15 (50 %) ont été exploitées. De ces 15 larves exploitées de départ, 13 (43,33 %) ont évolué normalement pour donner 19 adultes de *O. agromyzicola* alors que 1 (3,33 %) a donné 1 puppe morte dont le contenu après dissection a révélé des résidus de nature indéterminée. Enfin, l'une d'elle (3,33 %) a donné une puppe morte dont le contenu après dissection a révélé des vestiges de *O. agromyzicola*.

Globalement, sur 150 larves hôtes exposées aux femelles de *O. agromyzicola* dès le départ, 69 (57,5 %) larves ont évolué normalement pour donner 69 adultes de *O. agromyzicola* ont été exploitées par ces dernières. Des larves infestées ont émergés 57 imagos soit un taux d'émergence de 82,60 %.

Les taux d'exploitation de *O. agromyzicola* ont statistiquement varié en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* exposées ($\chi^2 = 9,67$; ddl = 3; P=0,02), les larves de 3 jours d'âge étant les plus exploités (**Tableau XXVI**). Les taux de survie nymphale de *O. agromyzicola* ont statistiquement varié ($\chi^2 = 16,83$; ddl = 3; P<10⁻³) en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* (**Tableau XXVI**).

Durant ces exploitations, les femelles de ce parasitoïde se sont alimentées sur 26 hôtes (17,33 %) en ramenant leurs pièces buccales sur les points d'impact des piqûres.

Par ailleurs, les larves de 3 jours d'âge sont les plus indiquées dans le cadre de la multiplication des parasitoïdes destinés à la lutte inondative car elles permettent la production du plus grand nombre de parasitoïdes.

Tableau XXVI: Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Opius agromyzicola* en situation de compétition intraspécifique

Age des larves hôtes avant l'infestation (jour)	1	2	3	4	5	Test de χ^2
Nombre de larves hôtes avant l'infestation	30	30	30	30	30	$\chi^2 = 9,67$; ddl = 3; P=0,02
Nombre de larves hôtes exploitées par <i>O. agromyzicola</i>	0	14	23	17	15	
Taux d'exploitation de <i>O. agromyzicola</i> (%)	0	46,66	76,66	56,66	50	
Nombre de larves hôtes exploitées par <i>O. agromyzicola</i>	0	14	23	17	15	$\chi^2 = 16,83$; ddl = 3 P<10 ⁻³
Nombre d'émergences de <i>O. agromyzicola</i>	0	13	19	12	13	
Taux d'émergence de <i>O. agromyzicola</i> (%)	0	92,85	82,60	70,58	86,66	

III.1.5.2.1.4.2 Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Neochrysocharis agromyzae* en situation de compétition intraspécifique

La femelle de *N. agromyzae* a exploité les larves de *L. trifolii* à des fins diverses en effectuant entre 1 à 11 piqûres, soit une moyenne de $7,3 \pm 0,1$ piqûres dans leurs organismes. Ces femelles ont au total exploité 62 larves hôtes. Ces piqûres de l'hôte ont été successives ou alternées avec des périodes de recherche d'autres hôtes ou de garde au-dessus de celui en cours d'exploitation. Ces périodes de garde chez *N. agromyzae* ont duré entre 30 secondes et 45 minutes soit une moyenne de $3,06 \pm 0,8$ secondes. La recherche d'autres larves hôtes dans les environs de la précédente s'est soldée par le retour du parasitoïde femelle sur la même larve de départ ou par son départ qui est constaté 30 secondes après.

Les larves de *L. trifolii* que *N. agromyzae* a exploitées à titre de reproduction ont été reconnaissables par leur momification, contrairement à celles tuées par mort induite qui progressivement se desséchaient et s'aplatissaient. La recherche d'autres larves hôtes dans les environs de la précédente s'est soldée par 11 réussites sur les 66 cas d'exploitation et le parasitoïde a détecté une nouvelle larve hôte. Par ailleurs, 42 fois sur 69, la femelle de *N. agromyzae* est retournée directement sur la larve de *L. trifolii* en cours d'exploitation dans moins de 30 secondes ; enfin pour les 9 autres fois, le parasitoïde a détecté une nouvelle larve hôte.

L'abandon de la larve hôte par le parasitoïde a été constaté 30 secondes après que le parasitoïde ne soit plus revenu ou dès qu'il a détecté un autre hôte. Les phases embryonnaire et larvaire se sont déroulées dans la momie. Toutefois, lorsque le contenu de la momie a été très aqueux, la prépupe du parasitoïde est sortie de la momie pour se retrouver directement

dans la galerie sur 13 des 34 cas de nymphose. C'est alors dans ces conditions que les précipitations de fortes intensités ont abîmé la mince cuticule épidermique recouvrant la galerie, emportant par la même occasion la mmnymphé de *N. agromyzae*. Le suivi des larves des différentes tranches d'âge a donné les résultats suivants :

- aucune larve d'un jour d'âge sur 30 n'a été exploitée ;
- sur 30 larves de 2 jours d'âge, 12 (38,70%) ont été exploitées. A propos de ces larves exploitées, 4 (13,33%) ont évolué normalement jusqu'au stade adulte alors que 5 (16,66%) ont été tuées dans la galerie par mort induite tandis que 2 (6,66%) d'entre elles sont sorties de leurs galeries avant de se dessécher.

- sur 30 larves de 3 jours d'âge, 26 (86,66%) ont été exploitées. A propos de ces larves exploitées, 14 (46,66%) ont évolué normalement jusqu'au stade adulte alors que 7 (23,33%) ont donné 7 momies dont les imagos de *N. agromyzae* sont morts avant l'émergence et 5 (20%) ont été tuées par mort induite.

- sur 30 larves de 4 jours d'âge, 17 (56,66%) ont été exploitées. A propos de ces larves exploitées, 10 (30%) ont évolué normalement jusqu'au stade adulte alors que 4 (13,33%) ont donné 4 momies dont les imagos de *N. agromyzae* sont morts avant l'émergence. Enfin, 2 (6,66%) d'entre elles ont été tuées par mort induite et 1 (3,33%) a donné 1 puppe renfermant après dissection des résidus de *N. agromyzae*.

- sur 30 larves de 5 jours d'âge, 11 (36,66%) ont été exploitées. A propos de ces larves exploitées, 6 (20%) ont évolué normalement jusqu'au stade adulte alors que 2 (6,66%) ont donné 2 momies dont les imagos de *N. agromyzae* sont morts avant l'émergence. Le troisième appareil squeletto-pharyngial a été retrouvé dans les vestiges desdites momies. Enfin, 2 (6,66%) ont été tuées par mort induite et 1 (3,33%) a donné 1 puppe renfermant après dissection des résidus de *N. agromyzae*.

Les pupes renfermant les vestiges de *N. agromyzae* attestent que dans 2 cas sur 28, le système immunitaire de la larve hôte âgée de *L. trifolii* a réussi à imposer la pupaison en lieu et place de la momification.

Globalement, sur 150 larves hôtes exposées aux femelles de *N. agromyzae* dès le départ, 66 larves correspondant à un pourcentage de 55% ont été exploitées par ces dernières. De ces larves exploitées ont émergé 28 imagos soit un taux de survie nymphale de 42,42%.

Les taux d'exploitation de *N. agromyzae* ont statistiquement varié en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* exposées ($\chi^2 = 35,38$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$), les larves de 3 jours d'âge étant les plus exploitées. Les taux de survie nymphale de *N. agromyzae* ont statistiquement

varié ($\chi^2 = 14,39$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$) en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* (**Tableau XXVII**).

Durant ces exploitations, les femelles de ce parasitoïde se sont alimentées sur 37 hôtes (24,66 %) en ramenant leurs pièces buccales sur les points d'impact des piqûres. Par ailleurs, les larves de 3 jours d'âge sont les plus indiquées dans le cadre de la multiplication des parasitoïdes destinés à la lutte inondative. De toutes les autres tranches d'âge, elles permettent la production du plus grand nombre de parasitoïdes.

Tableau XXVII: Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Neochrysocharis agromyzae* en situation de compétition intraspécifique

Age des larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation (jour)	1	2	3	4	5	Test de χ^2
Nombre de larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation	30	30	30	30	30	$\chi^2 = 35.38$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$
Nombre larves hôtes exploitées par <i>N. agromyzae</i>	0	12	26	17	11	
Taux d'exploitation de <i>N. agromyzae</i> (%)	0	40	86.66	56.66	36.66	
Nombre larves hôtes exploitées par <i>N. agromyzae</i>	0	12	26	17	11	$\chi^2 = 14.39$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$
Nombre d'émergences de <i>N. agromyzae</i>	0	4	14	10	6	
Taux d'émergence de <i>N. agromyzae</i> (%)	0	33.33	53.84	58.82	60	

III.1.5.2.1.5 Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Opius agromyzicola* et de *Neochrysocharis agromyzae* en situation de compétition interspécifique

Les larves de *L. trifolii* exposées simultanément aux femelles de *N. agromyzae* et de *Opius agromyzicola* a permis de constater que sur 300 larves de *L. trifolii*, 105 d'entre elles ont été globalement exploitées par les femelles de *O. agromyzicola*, soit un pourcentage d'exploitation de 35 %. De ces larves exploitées ont émergés 57 imagos soit un taux d'émergence de 19%.

Par ailleurs, 74 larves correspondant à un taux d'exploitation de 24,66 % ont été globalement exploitées par les femelles de *N. agromyzae*. De ces larves exploitées, 52 d'entre elles l'ont été au moins à des fins d'alimentation. Du suivi de ces larves exploitées les résultats suivants ont été obtenus :

- émergence de 43 imagos soit un taux d'émergence de 14,33 % ;
- 11 larves tuées par mort induite correspondant à un taux de mortalité de 3,66 %.

Ces résultats ont montré que certaines larves hôtes ont été à la fois exploitées à des fins de mort induite, de reproduction et/ou d'alimentation.

Les taux d'exploitation de *O. agromyzicola* ont statistiquement varié en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* exposées ($\chi^2 = 255,82$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$), les larves de 3 jours d'âge étant les plus exploitées.

Les taux d'émergence de *O. agromyzicola* ont statistiquement varié en fonction des tranches d'âge des larves hôtes exposées ($\chi^2 = 5,12$; ddl = 3; $P = 0,05$), les larves de 4 jours d'âge étant celles d'où ont le plus émergé des imagos de *O. agromyzicola* (**Tableau XXVIII**).

Les taux d'exploitation de *N. agromyzae* ont statistiquement varié en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* exposées ($\chi^2 = 250,01$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$), les larves de 3 jours d'âge étant les plus exploitées.

Les taux d'émergence de *N. agromyzae* ont statistiquement varié en fonction des tranches d'âge des larves de *L. trifolii* exposées ($\chi^2 = 11,97$; ddl = 3; $P < 10^{-3}$), les larves de 3 jours d'âge étant celles d'où ont le plus émergé des imagos de *N. agromyzae* (**Tableau XXIX**).

Une analyse explicite des résultats précédents a montré que :

- sur 105 larves de *L. trifolii* exploitées par des femelles de *O. agromyzicola*, 39 d'entre elles ont été antérieurement ou secondairement exploitées par les femelles de *N. agromyzae*. Ainsi, 66 larves ont été exploitées uniquement par des femelles de *O. agromyzicola* à travers des exploitations multiples. De ces 66 larves de *L. trifolii*, 3 pupes se sont formées dans les galeries. Aucun imago de *O. agromyzicola* n'a pu émerger des 3 pupes emprisonnées dans les galeries de la feuille. Le suivi des 63 autres pupes ont fourni les résultats ci-dessous:

- 57 imagos de *O. agromyzicola*;
- 2 imagos de mouches mineuses ;
- 4 imagos morts de *O. agromyzicola*.

- ensuite, sur 74 larves de *L. trifolii* conjointement exploitées par des femelles de *N. agromyzae*, 39 ont été antérieurement ou secondairement exploitées par les femelles de *O. agromyzicola*.

Des 35 autres larves de *L. trifolii* exploitées uniquement par les femelles de *N. agromyzae* à travers des exploitations multiples il a été donné de noter:

- 2 pupes de *L. trifolii* qui ont chacune un imago mort de *N. agromyzae*;
- 2 pupes desquelles ont émergé 2 imagos de mouches mineuses ;
- 8 larves tuées par mort induite (contenu ne présentant aucun vestige de parasitoïde).

- 23 larves momifiées de *L. trifolii* qui ont donné 19 imagos vivants et 4 imagos morts de *N. agromyzae*;

Enfin, à propos des 39 larves de *L. trifolii* exploitées par les femelles des 2 espèces de parasitoïde à travers des exploitations multispécifiques, les femelles de *O. agromyzicola* ont précédé celles de *N. agromyzae* dans 21 cas. Au terme de 18 jours de suivi, les résultats suivant ont été obtenus :

- 27 larves de *L. trifolii* momifiées qui ont donné respectivement 24 imagos de *N. agromyzae* vivants et 3 imagos de *N. agromyzae* morts dans la momie sans doute gorgée d'eau;

- 12 ont été tuées par mort induite ;

- aucun imago de *O. agromyzicola* (aucune larve de *O. agromyzicola* n'a pu se développer dans une larve de *L. trifolii* momifiée par *N. agromyzae*).

Par ailleurs, la mort induite s'est avérée comme une stratégie de compétition par élimination des hôtes (réduction de la disponibilité des hôtes) pour d'autres congénères de *N. agromyzae* et même de *O. agromyzicola*.

Tableau XXVIII: Impact de l'âge de la larve de *Liriomyza trifolii* sur le parasitoïdisme de *Opius agromyzicola* en situation de compétition interspécifique

Age des larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation (jour)	1	2	3	4	5	Test de χ^2
Nombre de larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation	60	60	60	60	60	$\chi^2 = 255,82$; ddl =3; P<0,0001
Nombre larves exploitées par de <i>O. agromyzicola</i>	0	22	38	25	20	
Taux d'exploitation de <i>O. agromyzicola</i> (%)	0	36,66	63,33	41,66	33,33	
Nombre de larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation	0	22	38	25	20	$\chi^2 = 5,12$; ddl =3 ; P=0,05
Nombre d'émergences de <i>O. agromyzicola</i>	0	11	21	16	9	
Taux d'émergence de <i>O. agromyzicola</i> (%)	0	50	55,26	64	45	

Tableau XXIX: Impact de l'âge de la larve de *L. trifolii* sur le parasitoïdisme de *N. agromyzae* en situation de compétition interspécifique

Age des larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation (jour)	1	2	3	4	5	Test de χ^2
Nombre de larves de <i>L. trifolii</i> avant l'infestation	60	60	60	60	60	$\chi^2 = 250,01$; ddl = 3; P<0,0001
Nombre larves de <i>L. trifolii</i> exploitées par <i>N. agromyzae</i>	0	11	29	21	13	
Taux d'exploitation de <i>N. agromyzae</i> (%)	0	18,33	48,33	35	21,66	
Nombre larves de <i>L. trifolii</i> exploitées par <i>N. agromyzae</i>	0	11	29	21	13	$\chi^2 = 11,97$; ddl = 3; P<0,0001
Nombre d'émergences de <i>N. agromyzae</i>	0	5	17	13	8	
Taux d'émergence de <i>N. agromyzae</i> (%)	0	45,45	58,62	61,90	61,53	

III.1.5.2.2 Comparaison du parasitoïdisme obtenu par chaque parasitoïde en situations de compétitions intraspécifique et interspécifique

III.1.5.2.2.1 Cas de *Opius agromyzicola*

Durant les compétitions intraspécifiques, *O. agromyzicola* a exploité 69 larves de *L. trifolii* desquelles ont émergé 57 imago alors que durant les compétitions interspécifiques, ce parasitoïde a exploité 105 larves de *L. trifolii* desquelles ont émergé 57 imagos. Des variations statistiques ($\chi^2 = 30,08$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$) ont existé entre le taux d'exploitation de *O. agromyzicola* en situations de compétition intraspécifique (57,50%) et celui obtenu en situations de compétitions interspécifiques (43,75%). Des variations statistiques ($\chi^2 = 52,72$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$) ont existé entre le taux de survie nymphale de *O. agromyzicola* en situations de compétitions intraspécifiques (80,60%) et celui obtenu en situations de compétitions interspécifiques (54,28%) (**Tableau XXX**).

Tableau XXX: Comparaison du parasitoïdisme de *Opius agromyzicola* obtenu respectivement en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique

	Parasitoïdisme de <i>O. agromyzicola</i>	
	Taux d'exploitation (%)	Taux de survie nymphale (%)
Compétitions intraspécifiques	57,5	80,60
Compétitions interspécifiques	43,75	54,28
Test de χ^2	$\chi^2 = 30.08$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$	$\chi^2 = 52.72$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$

III.1.5.2.2.2 Cas de *Neochrysocharis agromyzae*

Durant les compétitions intraspécifiques, *N. agromyzae* a exploité 66 larves de *L. trifolii* desquelles ont émergé 34 imagos; tandis que lors des compétitions interspécifiques, *N. agromyzae* a exploité 74 larves de *L. trifolii* desquelles ont émergé 43 imagos. Des variations statistiques ($\chi^2 = 93,50$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$) ont ainsi existé entre le taux d'exploitation de *N. agromyzae* en situations de compétitions intraspécifiques (22,91%) et celui obtenu en situations de compétitions interspécifiques (30,83%) (**Tableau XXXI**). De même, des variations statistiques ($\chi^2 = 52,90$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$) ont existé entre le taux de survie nymphale de *N. agromyzae* en situations de compétitions intraspécifiques (61,81%) et celui obtenu en situations de compétitions interspécifiques (58,10%).

Tableau XXXI: Comparaison du parasitoïdisme de *Neochrysocharis agromyzae* obtenu respectivement en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique

	Parasitoïdisme de <i>N. agromyzae</i>	
	Taux d'exploitation (%)	Taux de survie nymphale (%)
Compétitions intraspécifiques	22,91	61,81
Compétitions interspécifiques	30,83	58,10
Test de χ^2	$\chi^2 = 93.50$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$	$\chi^2 = 52.90$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$

III.1.5.2.3 Comparaison des taux de reproduction de chaque espèce de parasitoïdes en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique

En situation de compétitions intraspécifiques, 34 imagos de *N. agromyzae* et 57 imagos de *O. agromyzicola* ont respectivement émergé des 150 larves de *L. trifolii* exposées aux femelles de chaque espèce de parasitoïde.

En situation de compétitions interspécifiques, 43 imagos de *N. agromyzae* et 57 imagos de *O. agromyzicola*, ont respectivement émergé des 300 larves de *L. trifolii* simultanément exposées aux femelles des 2 espèces de parasitoïdes. Ainsi, en situation de compétitions intraspécifiques, des variations statistiques ($\chi^2 = 126,41$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$) ont existé entre les taux de reproduction de *N. agromyzae* (22,66 %) et celui de *O. agromyzicola* (38 %). De même, en situation de compétitions interspécifiques, des variations statistiques ($\chi^2 = 255,16$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$) ont existé entre les taux de reproduction de *N. agromyzae* (14,33 %) et celui de *O. agromyzicola* (19 %) (**Tableaux XXXII**).

En milieu clos, *O. agromyzicola* a tendance à se reproduire mieux que *N. agromyzae*, qu'on soit en situation de compétitions intraspécifique ou interspécifique. Par ailleurs, les taux de reproduction des femelles des 2 espèces de parasitoïdes montrent que les compétitions interspécifiques leurs sont défavorables. En effet, l'étroitesse des cages a favorisé les contacts entre les femelles des deux espèces de parasitoïde. Le polyparasitoïdisme qui est l'une des conséquences de ces contacts réguliers a négativement affecté la reproduction des parasitoïdes.

Tableau XXXII: Comparaison des taux de reproduction respectivement obtenus par les espèces de parasitoïdes en situation de compétitions intraspécifique et interspécifique

	Situation de compétition intraspécifique		Situation de compétition interspécifique	
	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>
Espèces de parasitoïde	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>
Nombre de larves exposées	150	150	300	
Nombre d'imagos	34	57	43	57
Taux de reproduction (%)	22,66	38	14,33	19
Test de χ^2	$\chi^2 = 126,41$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$		$\chi^2 = 255,16$; ddl = 1; $P < 10^{-3}$	

III.1.5.3 Capacité de fourragement des parasitoïdes

III.1.5.3.1 Temps consacré pour exploiter une larve hôte par chaque espèce de parasitoïde et disponibilité des larves hôtes sur les feuilles visitées

L'expérimentation qui s'est déroulée dans les parcelles de la série 3 a permis de constater que :

- durant la période sèche, les femelles de *N. agromyzae* se sont posées sur 58 feuilles parasitées au niveau desquelles elles ont exploité 242 larves de *L. trifolii* sur les 313 présentes. Ces femelles de *N. agromyzae* ont mis 69300 secondes pour exploiter les 242 larves de *L. trifolii* soit une moyenne de 286 secondes / larve. Dans la même période, les femelles de *O. agromyzicola* se sont posées sur 78 autres feuilles parasitées où elles ont exploité 80 larves de *L. trifolii* sur les 239 présentes. Ces femelles de *O. agromyzicola* ont mis 5280 secondes pour exploiter les 80 larves de *L. trifolii* soit une moyenne de 66 secondes / larve.

- en période pluvieuse, les femelles de *N. agromyzae* se sont posées sur 46 feuilles parasitées au niveau desquelles elles ont exploité 66 larves de *L. trifolii* sur les 73 présentes. Ces femelles de *N. agromyzae* ont mis 46260 secondes pour exploiter les 66 larves de *L. trifolii* soit une moyenne de 700 secondes / larve. Lors de ces exploitations, ce fait de passer beaucoup de temps qui va de pair avec le polyparasitoïdisme a été très accentué durant la période 2 caractérisée par la raréfaction des larves hôtes. Dans la même période, les femelles de *O. agromyzicola* se sont posées sur 152 autres feuilles parasitées où elles ont exploité 188 larves de *L. trifolii* sur les 244 présentes. Ces femelles de *O. agromyzicola* ont mis 11280 secondes pour exploiter les 180 larves de *L. trifolii* soit une moyenne de 62 secondes / larve.

Ainsi, des différences hautement significatives ($F=271,8$; ddl=1 ; $p < 10^{-3}$) ont été observées entre le temps moyen d'exploitation de larves hôtes par *N. agromyzae* (286.36 secondes / larve) et par *O. agromyzicola* (66 secondes / larve) durant la période sèche

(Tableau XXXIII). Des différences hautement significatives ($F=294$; $ddl=1$; $p<10^{-3}$) ont également été observées entre le temps moyen d'exploitation de larves hôtes par *N. agromyzae* (700 secondes / larve) et par *O. agromyzicola* (62 secondes / larve) durant la période pluvieuse (Tableau XXXIII). Le temps consacré par *O. agromyzicola* pour exploiter une larve hôte a été relativement court et presque constant quel que soit la période d'étude. Le temps d'exploitation consacré par *N. agromyzae* a été assez long, surtout durant la période pluvieuse lorsque les larves hôtes sont rares et solitaires sur les feuilles parasitées. Contrairement à *O. agromyzicola*, le parasitoïde *N. agromyzae* investit habituellement beaucoup de temps dans l'exploitation des hôtes voire à prospecter plusieurs fois une galerie même vide. Ce parasitoïde en fait davantage lorsque ces hôtes sont rares dans les parcelles. D'ailleurs, cette rareté des larves hôtes s'est davantage révélée comme une autre justification du polyparasitoïdisme chez *N. agromyzae*.

Tableau XXXIII: Comparaison du temps d'exploitation d'une larve par *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola* durant la même période

	Période sèche		Période pluvieuse	
	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>
Nombre de larves exploitées	242	80	66	180
Durée totale des exploitations (s)	69300	5280	46260	11280
Durée moyenne d'une exploitation (s / larve)	286	66	700	62
Test de Fischer	$F= 271,8$; $ddl = 1$; $P<10^{-3}$ ***		$F= 294$; $ddl = 1$; $P<10^{-3}$ ***	

III.1.5.3.2 Taux d'exploitation de chaque espèce de parasitoïde et disponibilité des larves hôtes sur les feuilles visitées

III.1.5.3.2.1 Variation entre les taux d'exploitation obtenus par chaque espèce de parasitoïde durant la même période d'étude

Dans les parcelles de la série 3 durant la période sèche, les femelles de *N. agromyzae* ont exploité 242 larves de *L. trifolii* sur les 313 présentes soit un taux d'exploitation de 81,49 %. Dans la même période, les femelles de *O. agromyzicola* ont exploité 80 larves de *L. trifolii* sur les 239 présentes soit un taux d'exploitation de 41,78 %. Des différences significatives ($F = 59,53$; $ddl = 1$; $P<10^{-3}$) ont prévalu entre le taux d'exploitation des hôtes par les femelles des 2 espèces de parasitoïdes. Le parasitoïde *N. agromyzae* recherche généralement d'autres hôtes à côté de celui qu'il a parasité. Durant la période sèche, les hôtes sont nombreux et

disponibles sur les feuilles parasitées de céleri, d'où la possibilité aux individus de cette espèce d'exploiter plusieurs voire la totalité des larves hôtes présentes sur la feuille visitée. Le parasitoïde *O. agromyzicola* s'envole généralement après l'exploitation de l'une des larves hôtes malgré leur abondance et leur disponibilité sur les feuilles parasitées qui ont été visitées par ce dernier.

En période pluvieuse, les femelles de *N. agromyzae* ont exploité 66 larves de *L. trifolii* sur les 73 présentes. Dans la même période, les femelles de *O. agromyzicola* ont exploité 180 larves de *L. trifolii* sur les 244 présentes. Des différences significatives ($F = 2,61$; $ddl = 1$; $P = 0.10$) n'ont pas existé entre le taux d'exploitation des femelles de *N. agromyzae* (90,98 %) et le taux d'exploitation des femelles de *O. agromyzicola* (84,67 %) (**Tableau XXXIV**). Durant la période pluvieuse, les hôtes sont rares et généralement solitaires sur les feuilles parasitées ; de ce fait, les femelles de chaque espèce de parasitoïde ont eu les mêmes opportunités d'exploiter la larve hôte généralement unique qui est présente sur la feuille visitée.

Tableau XXXIV: Comparaison entre les taux d'exploitation obtenus par *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola* durant la même période d'étude

	Période sèche		Période pluvieuse	
	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>
Nombre de larves présentes	313	239	73	244
Nombre de larves exploitées	242	80	66	180
Taux d'exploitation (%)	81,49	41,78	90,98	84,67
Test de Fischer	$F = 59,53$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3}$ ***		$F = 2,61$; $ddl = 1$; $P = 0.10$	

Légende : *** hautement significative

III.1.5.3.2.2 Variation entre les taux d'exploitation obtenus par la même espèce de parasitoïde durant les 2 périodes d'étude

Dans les parcelles de la série 3 en période sèche, les femelles de *N. agromyzae* ont exploité 242 larves de *L. trifolii* sur les 313 présentes soit un taux d'exploitation de 81,49 %. En période pluvieuse (période 2) par contre, ces femelles ont exploité 66 larves de *L. trifolii* sur les 73 présentes soit un taux d'exploitation de 90,41 %. Des différences significatives ($F = 85,80$; $ddl = 1$; $P = 0,03$) ont existé entre les taux d'exploitation obtenus par ce parasitoïde

respectivement durant les 2 périodes. Ces différences sont dues au fait que *N. agromyzae* qui a tendance à exploiter la totalité des hôtes présents sur la feuilles l'a davantage fait lorsque ces derniers étaient solitaires sur les feuilles visitées.

Dans les mêmes parcelles durant la période sèche, les femelles de *O. agromyzicola* ont exploité 80 larves de *L. trifolii* sur les 239 présentes soit un taux d'exploitation de 41,78 % ; alors qu'en période pluvieuse, ces femelles ont exploité 180 larves de *L. trifolii* sur les 244 présentes, soit un taux d'exploitation de 84,67 %. Des différences hautement significatives ($F = 85,80$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3}$) ont existé entre le taux d'exploitation des hôtes obtenus par les femelles de cette espèce de parasitoïde durant les 2 périodes d'étude (**Tableau XXXV**). Ces différences hautement significatives sont dues au fait que *O. agromyzicola* très mobile exploite davantage les larves hôtes lorsque ces dernières sont généralement rares et solitaires sur les feuilles parasitées.

Tableau XXXV: Comparaison entre les taux d'exploitation obtenus par *Neochrysocharis agromyzae* ou *Opius agromyzicola* entre les deux périodes d'étude

	<i>N. agromyzae</i>		<i>O. agromyzicola</i>	
	Période sèche	Période pluvieuse	Période sèche	Période pluvieuse
Nombre de larves présentes	313	73	239	244
Nombre de larves exploitées	242	66	80	180
Taux d'exploitation (%)	81,49	90,98	41,78	84,67
Test de Fischer	$\chi^2 = 211,85$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3***}$		$\chi^2 = 3,19$; $ddl = 1$; $P = 0.03^*$	

Légende : *** hautement significative ; * peu significative

III.1.5.3.3 Variation des taux de reproduction obtenus par les 2 espèces durant la même période d'étude

Durant la période sèche, des imagos de *N. agromyzae* (99 individus) et de *O. agromyzicola* (68 individus) ont respectivement émergé de 242 et 80 larves de *L. trifolii* précédemment exploitées par les femelles de ces 2 espèces de parasitoïdes. Au cours de la période pluvieuse par contre ; 62 et 207 imagos ont émergé de 66 et 244 larves respectivement exploitées par *N. agromyzae* et *Opius agromyzicola*. Ainsi, durant la période sèche, des variations statistiques ($F = 126,41$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3}$) ont existé entre le taux de reproduction de *N. agromyzae* (40,90%) et celui d'*Opius agromyzicola* (84,51%) (**Tableaux XXXVI**). De

même, des variations statistiques ($F = 255,16$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3}$) ont existé entre le taux de reproduction de *N. agromyzae* (93,93%) et celui d'*Opius agromyzicola* (84,83%) durant la période pluvieuse (**Tableaux XXXVI**). Ces résultats ont montré que les femelles de *O. agromyzicola* ont essentiellement exploité les larves de *L. trifolii* à des fins reproductives quelle que soit la période d'étude, ces taux de reproduction étant dans les 2 cas supérieurs à 84 %. Le parasitoïde *N. agromyzae* a eu des taux de reproduction de 40,90 % au cours de la période sèche, taux qui a été très élevé au cours de la période pluvieuse (93,93 %). En période sèche qui est celle d'abondance des larves de *L. trifolii*, *N. agromyzae* a tué une bonne partie de ses hôtes par mort induite (112 sur les 242 larves exploitées) d'où son taux de reproduction très bas. Par contre, durant la période pluvieuse caractérisée par la rareté des larves hôtes ce parasitoïde a éliminé très peu d'hôtes par mort induite (5 sur les 73 larves présentes), d'où son taux de reproduction qui a été de loin le double de celui obtenu au cours de la période sèche.

Tableau XXXVI: Comparaison des taux de reproduction obtenus par *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola* durant la même période d'étude

	Période sèche		Période pluvieuse	
	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>	<i>N. agromyzae</i>	<i>O. agromyzicola</i>
Nombre de larves exploitées	242	80	66	244
Nombre d'imagos	99	68	62	207
Taux de reproduction (%)	40,90	84,51	93,93	84,83
Test de Fischer	$F = 126,41$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3}$		$F = 255,16$; $ddl = 1$; $P < 10^{-3}$	

III.2 Discussion

III.2.1 Statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom

L'entomofaune du céleri à Nkolondom a révélé un effectif cumulé de 13602 insectes appartenant à 7 Ordres, 24 familles et 51 espèces dont plusieurs mènent des activités préjudiciables pour la plante. La diversité et la richesse spécifique de cette plante demeure modeste par rapport à celle du gombo où Bowombé (2010) a recensé en 6 mois 147652 individus appartenant à 40 familles et à 123 espèces. A côté des familles aux effectifs

importants comme celles des Agromyzidae, Aphididae, Aleyrodidae, Eulophidae et Braconidae, les autres étaient faiblement représentées avec des proportions de moins de 2 % des effectifs (Dajoz, 1982).

Le céleri possède tout comme la plupart des cultures maraichères un large spectre de déprédateurs dont *L. trifolii* en est le principal. Les travaux de Mvogo (2005) évoquent à juste titre que *L. trifolii* a entraîné l'abandon de la culture du céleri dans certaines zones de production telle que Mvog-Dzigui, localité située non loin de Yaoundé. Cette mouche mineuse a provoqué d'importants dégâts sur le chrysanthème et le céleri en Amérique du nord, la tomate et le gerbera en Europe et en Asie (Parrella 1987 ; INRA 2006). Elle parasite particulièrement le céleri et la tomate en Afrique (Abe & Kawahara, 2001) et s'est avéré comme étant l'un des principaux ravageurs de diverses plantes ornementales et maraichères (Keil & Parrella 1990 ; Sher *et al.* 2000).

Les parasitoïdes *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* tous inféodés à la culture du céleri se sont avérés comme les principaux ennemis naturels de *L. trifolii*. De toute évidence, au moins une de ces espèces de parasitoïdes peut être impliquée dans une stratégie de lutte intégrée. Dans un contexte similaire, il a été démontré que la lutte intégrée contrôle avec succès les populations de *L. trifolii* à travers l'utilisation des ennemis naturels à laquelle sont associées d'autres techniques de lutte telle que l'application périodique des insecticides (Johnson, 1987).

III.2.2 Fluctuations de la taille des populations de *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes *Opius agromyzicola* et *Neochrysocharis agromyzae*

D'importantes fluctuations de la taille des populations des insectes temporairement inféodés au céleri ont été observées durant ce travail, précisément entre les années 2008 et 2009. Les mois de pullulation et de raréfaction des individus de ces espèces ont présenté un caractère relativement cyclique. Ceci montre que la probabilité de survenue et l'impact de chacun des facteurs environnementaux dont la résultante est la fluctuation d'une espèce donnée ont varié dans le temps. Ce résultat corrobore celui de Calatayud (2011) qui estime que comme facteur environnemental, la composition biochimique de la sève phloémique peut influencer non seulement le développement du déprédateur du manioc *Phenacoccus herreni* mais également celui de ses parasitoïdes. Dans la même logique, Felix-Antoine (2015) a montré que les femelles parasitoïdes exploitant un agrégat d'hôtes doivent adapter leurs comportements en fonction des facteurs environnementaux auxquels elles sont soumises, dont la présence des compétiteurs dans l'environnement.

III.2.3 Impact des facteurs abiotiques sur les fluctuations de la taille des populations de *Liriomyza trifolii*, de *Neochrysocharis agromyzae* et de *Opius agromyzicola*

III.2.3.1 Facteurs climatiques

III.2.3.1.1 Facteurs macroclimatiques

Les larves de *L. trifolii*, les adultes de *L. trifolii* et de *N. agromyzae* ont eu respectivement des abondances maximales de 578 ; 164 et 361 individus en saison sèche ; par contre, en saison des pluies leurs abondances minimales respectives ont été de 136 ; 22 et 15 individus. Ces diminutions seraient dues sans doute aux précipitations qui perturberaient les accouplements des adultes de *L. trifolii*, la ponte de leurs femelles, événements dont la conséquence est la rareté des larves hôtes pour *Neochrysocharis agromyzae*. De même, suivant l'intensité des précipitations, la mince cuticule épidermique recouvrant la galerie a été détruite et la nymphe tuée. Nos résultats corroborent ceux de Mariau & Morin (1974), Coffi *et al.* (2013) qui ont montré que les fortes précipitations pouvaient détruire les galeries de toutes les tailles, emportant ainsi les larves et nymphes de la mineuse *Cotesia lameensis* et par conséquent la réduction de sa population. Lors d'une étude antérieure, Coly & Diop (1984) ont constaté que les précipitations ont des effets particulièrement néfastes sur les mineuses. Dans la même logique, Coley (1998) estime que les parasitoïdes sont tués par les fortes précipitations. Wakisaka *et al.* (1992), Capinera (2005) et Cobblah *et al.* (2012) ont constaté que dans les zones de forêts tropicales humides, la population de *Cotesia plutellae* diminue avec de fortes précipitations. Par ailleurs, les infestations de diverses plantes hôtes par *L. trifolii* sont très élevées en saison sèche et très faibles durant la saison pluvieuse, d'où les variations saisonnières de la taille de la population de ce ravageur (Foba *et al.* 2015). Boivin (2001) a généralement constaté qu'à propos de la reproduction des insectes, la contrainte la plus importante demeure le climat qui est considéré comme la cause d'échec dans le tiers des cas et ce d'autant plus pour les parasitoïdes que pour les prédateurs.

Du point de vue comparatif, les populations de *N. agromyzae* et de *O. agromyzicola* ont atteint leurs valeurs maximales respectivement en saisons sèches en saisons des pluies. Ces résultats montrent que chaque parasitoïde a proliféré durant une période où il peut être exploité dans la lutte adaptative ou dans la lutte inondative contre *L. trifolii*. Dans une étude similaire, Chaput (2000) a observé que *Diglyphus* sp. s'est avérée plus efficace en été, tandis que *Dacnusa* sp. a donné de meilleurs résultats en hiver. La présence des parasitoïdes ainsi que l'efficacité d'une espèce donnée varie en fonction de la région et/ou du climat saisonnier (Tran *et al.*, 2007; Mujica and Kroschel, 2011; Ueno and Tran, 2015). C'est ainsi que *Cotesia plutellae* a étalé une grande variation saisonnière lors du parasitoïdisme de *Plutellae*

xylostella en Chine, en Thaïlande et au Ghana (Liu *et al.* 2000; Rowell *et al.* 2005 ; Cobblah *et al.* 2012). Malgré les variations saisonnières observées entre la taille des populations de *N. agromyzae* ou de *O. agromyzicola* nos résultats ont montré que leurs reproductions étaient étroitement dépendantes de la présence des larves de *L. trifolii*. Cette observation suggère leur utilisation plausible comme agents de lutte biologique dans le cadre de l'élaboration d'un programme de lutte intégrée contre *L. trifolii*. Ces résultats confirment ceux de Shaaban (2006) et Cobblah *et al.* (2012) qui ont montré que l'utilisation des espèces de parasitoïdes *Diglyphus isaea*, *Dacnusa sibirica* et *C. plutellae* respectivement contre *L. trifolii* et *P. xylostella* ont donné des résultats très satisfaisants. Ainsi, plusieurs auteurs préconisent l'élevage de *Diglyphus* sp. *Dacnusa sibirica*, *Opius pallipes*, pour lutter contre *Liriomyza* sp. (Van de Veire 1991; Van der Linden 1991; Benuzzi & Raboni 1992).

III.2.3.1.2 Facteurs micro climatiques

Les facteurs micro climatiques ont contribué à la fluctuation de la taille des populations des insectes temporairement inféodés au céleri dès lors qu'ils ont impacté sur leurs durées de développement voir leur développement d'une manière générale. Au cours de la présente étude, la femelle de mouches mineuses à l'aide de son ovipositeur a creusé au niveau de la face supérieure du limbe une cavité dans laquelle elle a souvent déposé un œuf. Même si le nombre moyen d'œufs pondus par femelle n'a pas été évalué, il a été donné de constater au jardin que le nombre de larves à l'éclosion sur un plant en période sèche (184 individus pour une hygrométrie moyenne de 73,18 %) a été plus important que celui obtenu durant la période pluvieuse (129 individus pour une hygrométrie moyenne de 84,78 %). Il ressort des études similaires qu'une moyenne de 173 œufs par femelle a été obtenue à 30% d'humidité relative; valeur 3 à 4 fois supérieure à celles obtenues à des niveaux d'humidité relative plus élevés (Costa-Lima *et al.* 2010). En saison sèche par contre, le nombre de larves à l'éclosion sur plants sur pied au laboratoire en période sèche (142 individus pour une hygrométrie moyenne de 56,11 %) a été moins important que celui des périodes humides (161 individus pour une hygrométrie moyenne de 76,45 %). Tous ces résultats montrent que la température et l'hygrométrie impactent de manière générale sur la ponte des mouches mineuses, l'éclosion de leurs œufs et le développement de *L. trifolii*. L'importance du microclimat chez *L. trifolii* a été confortée par le fait que ses femelles ont pondu exclusivement sur la face supérieure des feuilles de céleri. Ce résultat est semblable à celui de Parrella & Bethke (1984) qui montrent que l'oviposition de *L. sativae* se fait sur la face supérieure des feuilles du niébé, contrairement à *L. huidobrensis* (Blanchard) (Diptera:

Agromyzidae) qui pond sur les 2 faces de la feuille. D'après Schoonhoven *et al.* (2005), la face inférieure de la feuille est plus fraîche et plus humide que la face supérieure. Les différences de température et d'hygrométrie se sont avérées déterminantes au sujet de la préférence de *L. sativae* et de *L. trifolii* pour la face supérieure de la feuille.

De même, la durée moyenne du développement pré imaginal de *L. trifolii* a varié de $16,53 \pm 0,26$ jours au laboratoire en période sèche (température comprise entre $27,69^{\circ}\text{C}$ et $31,40^{\circ}\text{C}$; hygrométrie comprise entre 46,24% et 57,86%) à $21,98 \pm 0,3$ jours au jardin en période pluvieuse (température comprise entre $19,80^{\circ}$ et $23,47$; hygrométrie comprise entre 81,16% et 86,30%). Sur la base de la température, nos résultats corroborent ceux de nombreux auteurs tel que Leibe (1982, 1984) qui a montré que sur plants sur pied de céleri, *L. trifolii* clôt son cycle (de la ponte à l'imago) en 12 jours à 35°C , 26 jours à 20°C , 54 jours à 15°C et 19 jours en 25°C . Minkenber (1988) a montré qu'à 25°C avec *L. trifolii* la phase embryonnaire nécessite 2,5 jours, la phase larvaire 4,6 jours, la phase nymphale 9,3 jours avec le céleri. Au-delà du développement préimaginal de *L. trifolii*, plusieurs travaux ont montré l'influence de la température sur le cycle de développement de quelques espèces d'insectes. Ainsi, la sortie des adultes de toutes les espèces du genre *Liriomyza* se produit entre 7 et 14 jours après la nymphose, à des températures comprises entre 20°C et 30°C (Leibe, 1982). Lange *et al.* (1957) ont relevé qu'en Californie, *L. huidobrensis* (Diptera-Agromyzidae) boucle son cycle biologique entre 17 à 30 jours en été et entre 50 à 65 jours en hiver. Les travaux de Capinera (2006) ont montré que le cycle de développement de *L. sativae* dure 25 jours à 15°C et 15 jours à 30°C . Les températures variant entre 22°C et 27°C favorisent une émergence élevée d'insectes par rapport à celles qui sont basses ou fortes (Gouinguene *et al.* 2002). Le développement embryonnaire de *Lymantria dispar* nécessite dans la nature environ 3 semaines pour son déroulement (Kadiri *et al.* 1989); au laboratoire, il peut durer 2 semaines à 26°C (Fraval *et al.* 1989). Bruno (1986) a suggéré que l'Aphididé *Rhopalosiphum prunifolia* (Hemiptera-Aphididae) boucle son cycle en 4,7 jours à 25°C ou en 21,3 jours à 10°C .

De manière générale, la durée des insectes décroît avec la baisse de la température de leurs milieux de vie. Ces observations confirment les résultats des travaux de Mauchamp (1988) qui a constaté que les insectes sont des animaux à sang froid à la température corporelle étroitement liée à celle du milieu et dont le métabolisme diminue lorsque cette température décroît.

III.2.3.2 Impact des traitements insecticides sur les fluctuations de la taille des populations d'insectes temporairement inféodés au céleri

III.2.3.2.1 Abondances de larves et des adultes de *Liriomyza trifolii* dans les parcelles expérimentales

Des différences hautement significatives ont été obtenues entre les abondances des larves et des adultes de *L. trifolii* dans les parcelles expérimentales. Ces différences sont dues au fait que le Karaté présente une action dérisoire telle que l'eau vis-à-vis de *L. trifolii* contrairement au Kart et au Cypercal.

Malgré l'utilisation intensive du Karaté, les abondances des larves et des adultes de *L. trifolii* ont connue des augmentations importantes vers la fin de l'expérimentation avant de retomber suite au vieillissement des parcelles. Ce résultat laisse penser que ce ravageur a développé une résistance par rapport à cet insecticide qui est utilisé dans la localité depuis 1990. Une évolution similaire a été observée ailleurs sur *L. trifolii* avec divers pesticides (Saito *et al.* 1992), tel qu'au Texas (USA) où la protection du piment à base de lambdacyhalotrine durant une longue période a abouti à la résurgence de mouches mineuses (Hernández *et al.* 2010). Ce résultat corrobore également ceux d'autres chercheurs qui attestent qu'actuellement plus de 500 espèces d'insectes ravageurs ont montré une telle résistance (An Enlightening Organic Gardening Guide, 2006 ; Rogers & Dewdney, 2012). Par ailleurs, Martin *et al.* (2000) ont montré que l'utilisation massive des pyrethroïdes pour lutter contre les larves du complexe *Heliothis - Helicoverpa* est à l'origine des premiers cas de résistance en Australie (1983), suivi de la Turquie et de la Thaïlande (1984 -1985) où la culture du coton a diminué de façon drastique. Cette diminution est due au fait que plusieurs ravageurs ont montré une formidable habileté à développer une résistance à l'égard des insecticides conventionnels (Saha & Mukhopadhyay, 2013). Des études parallèles ont d'ailleurs montré que la résistance se développe dès lors qu'un certain nombre de ravageurs survivant à la suite de chaque traitement se multiplient et transmettent leurs gènes résistants à la génération suivante. Lorsque les individus résistants sont dominants au sein de la population, le pesticide devient inefficace (Kershner, 2000).

III.2.3.2.2 Abondances de *Opius agromyzicola* dans les parcelles expérimentales

Des différences hautement significatives ont été obtenues entre les abondances de *O. agromyzicola* dans les parcelles expérimentales. Ces différences sont dues au fait que le Témoin a présenté des abondances de *O. agromyzicola* très élevées par rapport au Karaté, au Kart et au Cypercal. Ce résultat obtenu avec le Témoin corrobore ceux de plusieurs études

basées sur les systèmes culturaux qui montrent que les cultures non-traitées ou celles soumises à de faibles doses d'insecticides ont un pourcentage important de parasitoïdes (Galantini Vignez & Redolfi de Huiza 1992 ; Adachi 2002 ; Chen *et al.* 2003a). Dans la même logique, des programmes basés sur le contrôle biologique avec *Trichogramma* spp. et d'autres parasitoïdes Hyménoptères sont faiblement utilisés en Amérique du Nord ou en agriculture intensive en Europe à cause de la pollution environnementale générale due aux insecticides (Li, 1994). D'autres travaux de recherche vont d'ailleurs évoquer qu'au sujet de la lutte intégrée il est important de déterminer si les insecticides utilisés sont compatibles avec les agents de contrôle biologique et d'identifier d'éventuels effets néfastes sur les insectes bénéfiques (Stapel, 1999).

La diminution des abondances de *O. agromyzicola* a eu pour conséquence l'explosion de celles des larves et adultes de *L. trifolii* au niveau des parcelles traitées aux insecticides. Un tel résultat réconforte ceux de Saito *et al.*, 1993 qui ont montré lors des études antérieures que le contrôle chimique provoque habituellement une grande croissance de la population des déprédateurs à cause de l'effet inverse sur les ennemis naturels. Le parasitoïde *O. agromyzicola* s'est avéré très vulnérable à l'égard des traitements insecticides dont il n'était pas la cible. Ce résultat confirme ceux de Bertheloot *et al.*, (2008) qui ont mis en exergue la non-sélectivité des insecticides vis-à-vis des organismes non-cibles qui sont parfois des ennemis naturels de certains ravageurs. Dans la même logique, les insecticides systémiques contaminent le nectar floral et extrafloral (Lord *et al.* 1968) et cause une forte mortalité des parasitoïdes consommateurs de nectar (Cate *et al.* 1972). Plusieurs insecticides de contact (les organochlorines tel que la cyperméthrine ou les pyréthroïdes) utilisés contre les mouches mineuses et d'autres ravageurs sont hautement toxiques pour leurs parasitoïdes (Reitz *et al.* 2013). Après la deuxième guerre mondiale, Hills et Taylor (1951) ont montré que les applications répétées de DDT contre *L. sativae* ont réduit la population du parasitoïde suivie d'une résurgence du ravageur. Les doses sub-létales d'insecticides réduisent sévèrement les performances (recherche des aliments, fertilité et longévité) des agents de contrôle biologique (Tipping & Burbulis 1983 ; Saito *et al.* 1993 ; Roger *et al.* 1995). Selon Hernández *et al.* (2010), les effets de la lambda-cyhalothrine (insecticide de contact) sur les parasitoïdes varient d'une espèce à l'autre; il est toxique pour *Geogarypus nigrimanus* et sans effet sur *Neochrysocharis formosa* Westwood.

Par ailleurs, l'efficacité de certains pesticides développés de nos jours serait incertaine, c'est ainsi que Reitz *et al.* (2013) proposent la liste de plusieurs matériels non-efficaces dans la lutte intégrée, liste constituée pour l'essentiel d'insecticides.

III.2.3.2.3 Abondances de *Neochrysocharis agromyzae* dans les parcelles expérimentales

Les différences très significatives ont été obtenues entre les abondances de *N. agromyzae* dans les parcelles expérimentales. Ces différences semblent être provoquées indirectement par l'action des insecticides. En effet, les insecticides ont différemment réduit le nombre de larves hôtes dans les parcelles ; ce qui a une incidence sur les abondances de *N. agromyzae*. Ce constat est davantage vérifié par les abondances de *N. agromyzae* qui ont augmenté à l'image de celles des larves de *L. trifolii* vers la fin de l'expérimentation dans toutes les parcelles traitées. Ces augmentations des abondances de *N. agromyzae* au niveau de certaines parcelles traitées s'expliqueraient en partie par l'élimination des adultes de *O. agromyzicola* par les insecticides. Cette situation a eu pour conséquence une reprise de la prolifération de *L. trifolii* suivie de celle de *N. agromyzae*. La présence non négligeable de *N. agromyzae* dans les parcelles traitées se justifierait aussi par le fait que:

- les larves de *N. agromyzae* s'alimenteraient sur des organes des larves momifiées qui ne peuvent plus être davantage polluées malgré l'utilisation des insecticides même systémiques;

- les larves de *N. agromyzae* auraient développé des gènes qui assurent le stockage ou la dégradation suivie de l'élimination à travers les fèces d'importantes quantités de substances toxiques issues des pesticides.

Cette prolifération *N. agromyzae* confirme les résultats de nombreux auteurs qui ont observés la survivance des parasitoïdes par rapport à certains insecticides incluant la perméthrine (Poe *et al.* 1978), le methomyl (Trumble 1985), et plusieurs autres composés (Lange *et al.* 1980). Ces résultats obtenus avec *N. agromyzae* corroborent ceux de Rogers & Dewdney (2012) qui ont constaté que plus de 500 insectes ont de nos jours développées une résistance. Selon Rathman *et al.* (1990), *Diglyphus begini* Ashmead (Hymenoptera: Eulophidae) a montré une tolérance vis à vis de l'oxamyl, le methomyl, la perméthrine et la fenvalerate. Dans l'optique d'expliquer un résultat similaire obtenu lors de ses travaux, (Liu 2012) estime que certains ravageurs détoxifieraient la matière active en la convertissant en une substance plus ou moins toxique et moins nocive pour l'endoparasitoïde.

N. agromyzae s'est présenté comme étant le parasitoïde le plus indiqué pour la lutte intégrée associant l'usage des insecticides. Ce résultat confirme celui de Reitz *et al.* (2013) qui estiment que lorsqu'un parasitoïde est résistant par rapport à un pesticide, ce dernier est approprié pour une stratégie intégrée de protection des cultures. Dans la même logique, Jones *et al.* (1998) estiment que cette protection sera efficace à la suite des tests effectués sur les différents stades de développement du parasitoïde. Ainsi, Stapel (1999) à la suite des travaux

similaires a suggéré que dans l'optique de développer une stratégie intégrée de protection des cultures, la détermination de la compatibilité entre les types de pesticide, leurs usages et leur sensibilité par rapport aux différents stades de développement de l'agent du contrôle biologique est un impératif.

III.2.4 Impact des facteurs abiotiques sur les fluctuations de la taille des populations de *Liriomyza trifolii*, de *Neochrysocharis agromyzae* et de *Opius agromyzicola*

III.2.4.1 Etat de la ressource alimentaire des larves de *Liriomyza trifolii*

L'état de la ressource alimentaire a été un facteur déterminant de la durée moyenne du développement préimaginal de *L. trifolii*. Durant la présente étude, cette durée moyenne a varié de $16,53 \pm 0,26$ jours avec les feuilles coupées à $21,98 \pm 0,3$ jours avec les plants sur pied de céleri. En effet, contrairement aux plants entiers où la circulation de la sève est normale, le flux de la sève est presque nul chez les feuilles coupées d'où l'absence de renouvellement de la matière organique. Dès lors que la température ambiante est de nature à stimuler l'activité enzymatique dans l'œuf, ce dernier a aussitôt enclenché et accéléré l'embryogenèse à la suite de sa sensibilité au stress alimentaire (eau et matières organiques). Le futur embryon partant de cet œuf a exploité le plus rapidement possible les réserves limitées contenues dans la feuille. A terme, il y'a eu raccourcissement des durées des phases embryonnaire et larvaire. Ainsi, l'adaptation de *L. trifolii* en réaction au stress alimentaire aurait été la réduction de la durée de ses phases de développement embryonnaire et larvaire voire de son développement préimaginal. Ces résultats confirment ceux de Harris & Tate (1933) qui ont estimé que la disponibilité des ressources et la température sont les principaux facteurs ayant des effets sur la durée des différentes phases de développement des insectes. Sur la base de la disponibilité des ressources alimentaires, les travaux de Poe (1981) ont montré que le développement préimaginal de *L. trifolii* se complète en 24 jours à 20°C sur *Vigna sinensis* alors que sur *Phaseolus lunatus* il faut 20 jours uniquement à la même température.

III.2.4.2 Potentiel reproducteur de *Liriomyza trifolii*

III.2.4.2.1 Potentiel reproducteur des adultes de *Liriomyza trifolii* issus des pupes du lot 1 et du lot 2

Des différences significatives ont été obtenues entre le potentiel reproducteur des mouches issues des pupes du lot 1 et du lot 2. Ces différences ont révélé que les taux de survie larvaire et nymphale de la descendance des parents obtenus des pupes du lot 1 étaient faibles par rapport à ceux de la descendance des parents obtenus des pupes du lot 2. En effet, les

larves à l'origine des pupes du lot 1 se sont plus mal développées du fait qu'elles n'ont pas pu accumuler assez de réserves du parenchyme des feuilles coupées dont les ressources alimentaires ne se renouvellent pas. Ce mauvais développement aurait eu pour conséquence le faible potentiel reproducteur des parents. A la suite de telles observations, les adultes de petites tailles issues des pupes du lot 1 seraient incapables de transmettre des gènes vigoureux à leurs descendances d'où leurs taux de survie larvaire et nymphale faibles comparés à ceux de la descendance des parents obtenus des pupes du lot 2.

III.2.4.2.2 Potentiel reproducteur des adultes de *Liriomyza trifolii* issus des pupes du lot 2 et du lot 4

Aucune différence n'a été obtenue entre le potentiel reproducteur des mouches provenant des pupes du lot 2 (151 imagos) et celles issues des pupes du lot 4 (246 imagos). Il est important de noter que malgré les nutriments en quantité limitée et le stress hydrique caractéristiques des feuilles coupées, plusieurs descendants des mouches provenant des pupes du lot 2 (feuilles coupées) ont effectué avec succès leurs phases embryonnaire, larvaire et nymphale autant que ceux issus des pupes du lot 4 (plants entiers).

Les résultats obtenus des pupes du lot 2 ont montré que les feuilles coupées, synonyme de récoltes sanitaires effectuées par les paysans dans leurs parcelles présentent trois inconvénients démontrant leur inadéquation à être utilisée dans la protection du céleri contre *L. trifolii*. Ces inconvénients sont:

- (i) la non-inhibition du développement des phases préimaginales obtenues à partir des feuilles coupées ;
- (ii) le raccourcissement de la durée du développement préimaginal de *L. trifolii* entraînant l'augmentation du nombre de générations du déprédateur à Nkolondom ;
- (iii) l'inaccessibilité des parasitoïdes aux larves des mouches mineuses recouvertes par d'autres feuilles coupées et entassées dans les sillons.

III.2.4.3 Sex-ratio des mouches mineuses issues du lot 2 et du lot 4

Aucune différence significative n'a été observée entre la sex-ratio des individus obtenus des pupes du lot 2 (1/0,96) et celle des individus issus des pupes du lot 4 (1/0,95). Dans les 2 cas, la sex-ratio de *L. trifolii* a été légèrement biaisée en faveur des femelles. Ces résultats sont proches de ceux de Sushila Nadagouda *et al.* (1997) qui ont trouvé que la sex-ratio de *L. trifolii* a été légèrement biaisée en faveur des femelles avec respectivement 1/0,8

sur le coton; 1/0,6 sur le pois et 1/0,7 sur la tomate. Nos résultats corroborent également ceux des travaux antérieurs sur la sex-ratio des imagos de *Liriomyza* spp. qui selon de nombreux auteurs est de type 1/1 (Speyer *et al.* 1949 ; Oatman *et al.* 1959;) ou est légèrement biaisé en faveur des femelles (Aguilera, 1972; Beri, 1974). Ce biais n'est pas préjudiciable à la perpétuation des populations de *L. trifolii* dès lors qu'un même mâle s'est accouplé avec plusieurs femelles. Parrella (1987), estime qu'un seul accouplement est suffisant pour fertiliser tous les œufs pondus par une femelle.

III.2.4.4 Spécificités des parasitoïdes et observations complémentaires à la notion de parasitoïde

III.2.4.4.1 Cas de *Opius agromyzicola*

A la suite de multiples exploitations relatives à la reproduction de *O. agromyzicola*, un seul individu s'est développé dans chaque larve hôte. Cette caractéristique fait de *O. agromyzicola* un hyménoptère parasitoïde solitaire de divers insectes dont les larves des mouches mineuses du céleri (Stegmaier, 1972). Les stades embryonnaire, larvaire et nymphale se déroulent dans l'hôte. Ainsi, *O. agromyzicola* est un endoparasitoïde koïnobionte dont les femelles ne tuent pas l'hôte au cours de la ponte (Cournoyer, 2000) d'une part et dont la larve parasitoïde ne tue pas la larve hôte d'autre part. En général, l'hôte continue à suivre une évolution apparemment normale, réalisant ses mues jusqu'à ce que la larve parasitoïde boucle sa phase larvaire (Bordat *et al.*, 1995a). Suite à l'exploitation de l'hôte par la femelle parasitoïde, l'hôte subit un moment d'immobilisme avant de reprendre la consommation du parenchyme. Cette paralysie temporaire de l'hôte est due à un venin paralysant injecté au cours de la ponte (Pennachio & Strand, 2006) dont la taille de l'œuf chez *O. agromyzicola* est d'environ 0.28 mm (Bordat *et al.* 1995a). A l'image des parasitoïdes koïnobiontes, *O. agromyzicola* a développé des stratégies de résistance à l'égard de l'organisme hôte. Ces stratégies de subtilité du parasitoïde femelle peuvent être définies comme une aptitude de son œuf ou de sa larve à utiliser des structures ou des substances pour inactiver les défenses immunitaires de l'hôte sans le tuer tant que certaines conditions ne soient réunies. D'après (Davies & Vinson, 1986 ; Coudron, 1991; Strand & Pech, 1995a) les stratégies «actives» ou de régulation, principalement caractérisées chez des espèces endoparasitoïdes, reposent sur des facteurs maternels ou ovo-larvaires (virus, particules de type viral, protéines venimeuses et ovariennes, tératocytes).

III.2.4.4.2 Cas de *Neochrysocharis agromyzae*

N. agromyzae s'est avéré comme étant un endoparasitoïde solitaire. Il ressort des études antérieures que c'est également un parasitoïde généraliste qui s'attaque à une large gamme d'hôtes incluant principalement des larves d'Agromyzidae (Diptera) auxquelles il faut ajouter des Chrysomelidae, des Curculionidae (Coleoptera); des Cimbicidae, des Diprionidae, des Pamphiliidae, des Tenthredinidae (Hymenoptera); des Argyresthiidae, des Coleophoridae, des Elachistidae, des Gelechiidae, des Gracillariidae, des Lyonetiidae et des Nepticulidae (Lepidoptera) (Noyes, 2002). A la suite de chaque ponte (insertion de l'ovipositeur dans l'organisme hôte suivie du dépôt d'au moins un œuf), l'hôte en question a été paralysé. Cette paralysie est caractérisée par un arrêt physiologique suivie de la mort de l'hôte. Cette paralysie suivie de la mort qui fait de *N. agromyzae* un parasitoïde idiobionte est rendue possible grâce aux sécrétions d'une glande à venin ou à des virus injectés dans l'organisme hôte lors de la ponte du parasitoïde femelle (Pennachio et Strand, 2006). En effet, le venin des parasitoïdes idiobiontes introduit dans l'hôte lors de l'oviposition contient divers enzymes qui digèrent les tissus de l'hôte tout en empêchant la décomposition de ces tissus par les bactéries. (Moreau & Guillot, 2005 ; Toshiharu & Chieka, 2012). Coudron (1991) et Strand & Pech (1995a) estiment que la mort déclenchée par l'altération sévère du système immunitaire de l'hôte repose sur les facteurs maternels et ovo-larvaires (virus, les tératocytes, les protéines venimeuses et ovariennes). Ces mêmes auteurs ont déterminé que les facteurs impliqués dans cette mort peuvent avoir vis-à-vis du système immunitaire de l'hôte une action: locale, non locale, précoce, tardive et complémentaire, immunodépressive, immunosuppressive. Feddersen *et al.* (1986) ont trouvé que lors de leur sortie des ovarioles, les œufs de *Venturia canescens* se couvrent de particules de type viral produites par les cellules du calice. Une protéine présente sur ces particules, et donc à la surface des œufs du parasitoïde, possède des homologues antigéniques avec la protéine hémolympatique P42 de l'hôte *Ephestia kuhniella* (Lépidoptère Pyralide) (Schmidt *et al.* 1990). Berg *et al.* (1988) ont constaté que cette protéine limite l'adhésion des hémocytes, et participerait donc au mécanisme endogène de contrôle de l'activité des cellules immunitaires ; en outre, le chorion des œufs de *V. canescens* contient une protéine de type hémomucine capable de former un complexe avec les lipophorines de son hôte (protéines hémolympatiques de transport lipidique) (Kinuthia *et al.* 1999). Contrairement aux cas ci-dessus où l'activité de ces facteurs est locale, précoce, immunodépressive, elle est parfois immunosuppressive, non locale, tardive et complémentaire à la précédente. Ainsi, la protection du parasitoïde *Asobara citri* vis-à-vis du système immunitaire de *D. melanogaster* résulte à la fois d'une incapacité des hémocytes à adhérer à

la surface des œufs parasites et d'une sévère altération de l'organe hématopoïétique des larves hôtes (Moreau *et al.* 2003). Le rôle immunosuppresseur des protéines ovariennes de *Campoletis sonorensis* (Ichneumonidae) est relayé par l'effet à plus long terme des polydnavirus de cette même espèce (Luckhart & Webb 1996 ; Webb et Luckhart 1994 et 1996 ; Cui *et al.* 2000). Les polydnavirus peuvent altérer sévèrement les hémocytes des hôtes en provoquant une désorganisation de leur cytosquelette (Tanaka 1987a ; Li et Webb 1994; Strand 1994 ; Asgari *et al.* 1997), l'induction d'une apoptose (Strand & Pech 1995b), ou une inhibition de leurs capacités d'adhésion (Strand *et al.* 1997, 1999 ; Stettler *et al.* 1998).

III.2.4.4.3 Caractéristiques des parasitoïdes de *L. trifolii*

Au cours du présent travail, les parasitoïdes *N. agromyzae* et *O. agromyzicola* ont été les deux principaux ennemis naturels de *L. trifolii*. Ces espèces sont des parasitoïdes car au moins une partie de leur développement se déroule dans la larve hôte qui finit généralement par mourir. Ce constat confirme la conception de Eggleton & Gaston (1990) qui disent en définition qu'un parasitoïde est « un organisme qui se développe sur ou dans un autre organisme (son hôte) d'où il tire sa subsistance et qu'il tue comme résultat direct ou indirect de son développement ». Aussi, Eggleton & Gaston (1990) ont estimé que d'une manière générale, les parasitoïdes peuvent être des insectes, des nématodes, des champignons, des bactéries, des protistes et des virus.

En observant méticuleusement les parasitoïdes *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* durant nos expérimentations, trois faits majeurs ont été relevés au sujet de la notion de parasitoïde.

1- *N. agromyzae* et *O. agromyzicola* ont exploité plusieurs hôtes comme source de nourriture d'autant plus qu'en dehors du miel dilué qui a été offert, l'hémolymphe des hôtes a été l'autre source d'alimentation des femelles de parasitoïdes. Ce résultat corrobore ceux de (Jervis & Kidd 1986, Heimpel & Collier 1996 ; Strand & Casas 2008) qui ont montré que les parasitoïdes acquièrent principalement des nutriments en s'alimentant sur les hôtes même si leurs adultes peuvent avoir pour source additionnelle de nutriments le nectar. Par ailleurs, les femelles de *N. agromyzae* ont tué certaines larves à travers la mort induite qui est caractérisée par des scènes d'exploitation sans oviposition. Ce résultat confirme ceux de Jones *et al.* (1986) qui estiment qu'en plus de la mortalité à la suite de l'oviposition, les parasitoïdes présentent également deux autres comportements qui augmentent la mortalité des mineuses tels que la mort induite et l'alimentation.

2- Des adultes de *L. trifolii* ont émergé des larves exploitées par *O. agromyzicola* de même que nous avons constaté des imagos de *N. agromyzae* qui se sont développés dans les pupes de *L. trifolii*. Ces observations faites au niveau de certaines larves hôtes âgées (4 à 5 jours d'âge) attestent que celles-ci ont présenté un dispositif de défense assez efficace vis-à-vis des structures de virulence des parasitoïdes. Dans ce contexte, le parasitoïde adulte se doit au préalable de sélectionner l'hôte et le stade de développement appropriés pour sa reproduction. Ces résultats confirment ceux de Moreau *et al.* (2003) qui ont montré que l'issue de la relation physiologique entre un Hyménoptère parasitoïde et son hôte, obligatoirement marquée par la mort d'un des deux protagonistes, dépend de leurs capacités respectives à mettre en œuvre des stratégies de virulence ou de résistance à l'égard de l'organisme adverse.

3- Les parasitoïdes *O. agromyzicola* ou *N. agromyzae* ont chacun tué son hôte au terme de leur développement. Par contre, les champignons, les bactéries, les protistes et les virus procèdent à travers plusieurs cycles de développement pour tuer leurs hôtes.

Sur la base des observations précédentes, nous définissons un parasitoïde comme étant un organisme vivant présentant une spécificité d'hôte et dont le succès du cycle reproductif est conditionné par la capacité d'un de ses stades de développement à tuer ce dernier.

III.2.4.5 Compétitions intra et interspécifiques observées chez les parasitoïdes

III.2.4.5.1 Suivi des parasitoïdes femelles en situation de compétition intraspécifique ou interspécifique

Plusieurs parasitoïdes femelles de la même ou d'espèces différentes se sont retrouvées à la fois sur les mêmes hôtes; face à cette situation, ils utilisent une bonne partie de leurs temps à compétition pour les sites de ponte. Ces compétitions intraspécifiques et interspécifiques ont été caractérisées par des combats d'antennes, de pattes, du désistement de l'une ou des deux protagonistes compte tenu de la ténacité de chacun d'entre eux et par leurs manières d'exploiter les hôtes. De tels résultats corroborent ceux de (Lawrence 1981a, Waage 1982b, Griffiths & Godfray 1988, Hardy & Blackburn 1991, Hughes *et al.* 1994, Petersen & Hardy 1996, Field *et al.* 1997, Field & Calbert 1999, Stokkebo & Hardy 2000, Pérez-Lachaud *et al.* 2002) qui ont observé des combats physiques entre les parasitoïdes femelles de différentes espèces. Au cours de ces combats, les femelles se donnent des coups d'antennes, se mordent, se piquent avec leur ovipositeur ou se battent avec leurs ailes (Godfray 1994).

Lorsqu'une femelle de *N. agromyzae* a détecté une larve hôte non infestée, elle a effectué entre 1 à 11 scènes d'exploitation alors que dans les mêmes conditions, la femelle de *O. agromyzicola* a effectué en moyenne 1 à 4 scènes d'exploitation. Par ailleurs, ces femelles

ont réduit le nombre de scènes d'exploitation à la suite de la détection d'un hôte déjà infesté. Cette réduction de l'effort d'exploitation contribuerait à réduire la compétition entre les larves de parasitoïdes dans l'hôte même si de nombreux auteurs ont montré que chez certaines espèces de parasitoïdes, les femelles sont capables de détruire les œufs présents sur les hôtes déjà parasités. Elles peuvent le faire en les perçant avec leur ovipositeur (Price 1970b, Arakawa 1987, van Alebeek *et al.* 1993, Antolin *et al.* 1995), en les mangeant (Goertzen & Doult 1975, Hardy & Blackburn 1991, Mayhew 1997) ou en leur injectant des substances toxiques au moment de la ponte (Mackauer, 1991).

III.2.4.5.2 Evolution de la physiologie des larves hôtes exploitées par *Neochrysocharis agromyzae*

Les femelles de *N. agromyzae* ont exploité les larves hôtes pour leur reproduction, leur alimentation et par mort induite. Contrairement aux larves exploitées sans oviposition par *N. agromyzae* qui se dessèchent, l'état hydraté des larves momifiées d'où émergeront les imagos de ce parasitoïde montre que la présence de l'œuf dans l'hôte modifie la vitesse de dégradation des organes de ce dernier. Ce résultat corrobore celui de Drezen *et al.* 2010 qui ont montré qu'après son injection dans la chrysalide hôte, l'ascovirus du parasitoïde entraîne la lyse (destruction) des cellules de ses différents tissus. La caractéristique intéressante de ce modèle est la suivante: lorsque le virus est injecté avec l'œuf du parasitoïde, la lyse des tissus de la chrysalide se produit beaucoup plus lentement que si le virus est introduit seul, à l'aide d'une aiguille contaminée. Ce délai permet à la larve du parasitoïde de consommer les tissus de l'hôte avant leur désagrégation totale et d'achever ainsi son développement (Drezen *et al.* 2010).

Les femelles de *N. agromyzae* n'ont pas exploité les larves d'un jour d'âge. Elles se seraient rendues compte après évaluation de ces dernières qu'elles n'ont pas assez de réserves nutritives pour leurs progénitures, surtout qu'après oviposition il y'a momification entraînant le non renouvellement de ces réserves. Ce résultat a confirmé l'hypothèse émise par de nombreux auteurs qui estiment que le polyparasitoïdisme provoquerait la mortalité des parasitoïdes jeunes (Vinson 1980; Hanks *et al.* 2000), à cause de la surpopulation des larves parasitoïdes à l'intérieur du jeune hôte (Santolamazza-Carbone *et al.* 2003).

Le trouble de comportement des larves de 2 jours se traduisant par leur sortie des galeries constituerait pour elles une manière d'échapper au parasitoïdisme de *N. agromyzae*. Ce résultat concorde avec celui de Drezen *et al.* (2010) qui expliquent que le fluide génital, liquide qui permet notamment l'expulsion des œufs, est également injecté dans l'hôte au cours de la ponte. Il s'agit d'une sécrétion complexe contenant un cocktail de substances qui jouent

un rôle dans la suppression de la réponse immunitaire de l'hôte, la perturbation de son développement et la modification de son comportement (Drezen *et al.* 2010).

Les larves de 3 jours ont été les plus propices à la reproduction de *N. agromyzae*. A la suite de la ponte de *N. agromyzae*, les larves hôtes de 3 jours ont été généralement momifiées, ce qui a facilité la sortie de la larve ou de l'imago des vestiges de la larve hôte. Les larves de 4 jours et davantage celles de 5 jours d'âge ont été de moins en moins exploitées par *N. agromyzae*. D'ailleurs, certaines de ces larves ont effectué rapidement la pupaison de sorte que l'imago du parasitoïde a été emprisonné dans la pupa. Ces pupes ont de ce fait emprisonné des imagos de *N. agromyzae* qui se sont révélés morts après dissection. Ces larves hôtes de plus en plus âgées auraient un système immunitaire assez développé susceptible d'entraîner leur non momification à la suite des exploitations à des fins de reproduction par *N. agromyzae*. Ce résultat a permis de constater que la momification de l'hôte empêchait la pupaison, assurant ainsi la mobilité de la larve de parasitoïde et l'évasion de l'imago au terme du développement nymphal. Cette momification qui se réalise avec beaucoup de succès chez les larves hôtes moins âgées est un phénomène déterminant dans la reproduction de *N. agromyzae*. Ces résultats confirment ceux d'autres auteurs qui ont montré que l'espèce d'hôte approprié ainsi que son âge sont des facteurs déterminant le développement convenable voire le succès reproductif des parasitoïdes (Godfray 1994; Abe 2009).

En situations de compétitions intraspécifique et interspécifique, *N. agromyzae* a exploité par la mort induite 28.64 % de ses hôtes lors de la présente étude. Ce résultat corrobore celui de Feath (1990); Auerbach *et al.* (1995) et Eber (2004) qui ont estimé que la mort induite de l'hôte représente une importante cause de la mortalité des larves de mouches mineuses. L'exemple le plus célèbre est celui du parasitoïde *Diglyphus intermedius* qui tue plus d'hôtes par mort induite qu'il n'en parasite pour sa reproduction (Patel & Schuster, 1991). Lors des études antérieures, Heinz et Parrella (1990a) ont observé que *Diglyphus begini* a utilisé environ 23% de larves de *L. trifolii* pour l'oviposition et ne fait plus aucune distinction si le reste de larves est utilisé pour l'alimentation ou tués par mort induite. Aussi, Patel *et al.* (2003) ont montré que la proportion de larves tuées en absence d'oviposition augmente de 8 à 20% au fur et à mesure que la densité des hôtes augmente.

Des mouches adultes ont émergé de certaines larves de *L. trifolii* exploitées par *N. agromyzae*. Ce résultat laisse croire que ces larves exploitées ont activé des dispositifs de résistance leur permettant d'échapper à l'action de virulence provoquée par les antigènes injectés dans leurs organismes au moment de leurs exploitations. Lors d'une étude similaire,

Woctts *et al.* (1985) ont découvert que *L. trifolii* est capable d'encapsuler les œufs du parasitoïde *Dacnusa sibirica*.

III.2.4.5.3 Evolution de la physiologie des larves hôtes exploitées par *Opius agromyzicola*

Les larves de 2 à 5 jours ont été les plus propices à la reproduction de *O. agromyzicola*. Ces larves appartiendraient à l'intervalle de vulnérabilité « Windows of vulnerability » qui est la période allant du moment où l'hôte est profitable au parasitoïdisme à celui où il est assez âgé pour être attaqué avec succès (Craig *et al.*, 1990). Les larves d'un jour d'âge n'ont pas fait partie de cette fenêtre de vulnérabilité pour *O. agromyzicola*. Après évaluation de ces larves d'un jour d'âge, ces parasitoïdes ont estimé qu'elles n'étaient pas indiquées pour une éventuelle exploitation. Ces résultats constituent une exception aux travaux de Vinson (1998) qui ont montré que les koïnobiontes attaquent des hôtes de divers âges, car après l'oviposition, les hôtes sont capables de grandir suffisamment pour assurer le développement des parasitoïdes. Par ailleurs, les femelles de *O. agromyzicola* ont infesté peu de larves hôtes de 5 jours qui auraient un système immunitaire suffisamment développé pour inhiber le développement de l'embryon ou de la larve parasitoïde.

La dissection de pupes mortes initialement exploitées par *O. agromyzicola* a révélé des résidus de nature indéterminée ou des vestiges de ce parasitoïde. Ce résultat montre que le système de virulence de la larve de *L. trifolii* serait capable d'inhiber celui de ce parasitoïde.

III.2.4.5.4 Comportements des larves de parasitoïdes dans les organismes hôtes exploités

O. agromyzicola ou *N. agromyzae* ont utilisé lors de l'exploitation des larves hôtes le polyparasitoïdisme et/ou le multiparasitoïdisme. Ces deux phénomènes ont induiraient chez l'hôte la présence de plusieurs œufs voire de plusieurs larves parasitoïdes. Or, à l'émergence un seul imago de parasitoïde a émergé de chacune des larves de *L. trifolii* ayant subi une ou plusieurs exploitations à des fins reproductives par *O. agromyzicola* et/ou par *N. agromyzae*. Au-delà des affrontements observés entre les parasitoïdes femelles lors de l'exploitation des hôtes, des compétitions s'effectuent entre les larves de *O. agromyzicola* et/ou de *N. agromyzae* dès lors qu'elles se battent pour des ressources limitées. A l'issue de telles compétitions, la larve la plus apte élimine les autres protagonistes. Des études précédentes ont montré que chez les ectoparasitoïdes, le premier stade larvaire a généralement été considéré comme le stade combattif (Goubault 2003). Toutefois, une exception à ce résultat a été observée avec *Pachycrepoideus dubius*, chez qui tous les stades larvaires sont combattifs, les stades les plus âgés étant les plus aptes à remporter la compétition (Goubault 2003).

III.2.4.5.5 Incidence de l'âge de la larve hôte sur la durée du développement préimaginal des parasitoïdes

La durée du développement préimaginal de *O. agromyzicola* a varié entre 11 et 13 jours de la pupaison à l'émergence quel que soit l'âge de la larve hôte parasitée. Ce résultat signifie que soit l'œuf est resté en veilleuse, soit à la suite de l'éclosion, les larves de premier, de deuxième et de troisième stade se sont nourries des organes non vitaux de l'hôte jusqu'à la pupaison de ce dernier. La pupaison est alors considérée comme une étape sanctionnant une accumulation suffisante de ressource nutritive pour *L. trifolii* et dans le cas d'espèce pour *O. agromyzicola*. Un tel comportement n'entraînant pas la mort précoce de la larve hôte a été signalé Chez *Trybliographa rapae* qui peut avec succès parasiter chaque stade larvaire de son hôte (Abe 2009). Dans la suite de ses travaux, Abe (2009) montre qu'après l'éclosion, le premier stade larvaire du parasitoïde demeure à ce stade jusqu'à la pupaison.

La durée du développement préimaginal de *N. agromyzae* a varié entre 8 et 18 jours à la température ambiante qui a été d'environ 25°C. De tous les stades larvaires, ce développement a été de courte durée moyenne au niveau des larves de 2 jours d'âge ; ce qui permet de croire que les larves de *N. agromyzae* se développent assez rapidement dans des hôtes disposant des réserves alimentaires réduites. Ce raccourcissement de la durée de développement du parasitoïde permet à ce dernier de reproduire en un temps davantage réduit par rapport à celui de son hôte. Ce phénomène a aussi été observé au niveau de la population de *Diglyphus isaea* qui se développe plus vite qu'une population de mouches mineuses à une température de 15°C. Ce résultat est bénéfique pour la lutte biologique car à terme il y'aura plus de générations de parasitoïdes l'an et par conséquent plus d'individus pour assurer le parasitoïdisme des hôtes (ravageurs). Nos résultats confirment également ceux de Van Drische et Bellows (1996) qui attestent que Chez *Diglyphus isaea*, la durée du développement préimaginal varie entre 13 jours à 25°C et 33 jours à 16°C.

III.2.4.5.6 Potentiel reproducteur des parasitoïdes en situation de compétition intraspécifique et interspécifique

III.2.4.5.6.1 Potentiel reproducteur des parasitoïdes en situation de compétition intraspécifique

Sur 150 larves hôtes exposées et exploitées en situation de compétition intraspécifique (exploitations multiples des hôtes) par les femelles de *O. agromyzicola*, 69 larves correspondant à un pourcentage de 46% ont été exploitées. De ces larves infestées ont émergé 55 imagos soit un taux d'émergence de 79,71%. Dans les mêmes circonstances les femelles

de *N. agromyzae*, 66 larves correspondant à un pourcentage de 44% ont été exploitées par ces dernières. De ces larves exploitées ont émergé 28 imagos soit un pourcentage d'émergence de 42,42%. Ces taux sont relativement supérieurs à 35% observé par Patel *et al.* (2003) qui ont également manipulé dans des cages.

En situation de compétitions intraspécifiques, les taux de reproduction de *N. agromyzae* (22,66 %) a été inférieur à celui de *O. agromyzicola* (38 %). En situation de compétitions interspécifiques, ces taux de reproduction de *N. agromyzae* (14,33 %) a toujours été inférieur à celui de *O. agromyzicola* (19 %). Dans le meilleur des cas, les observations faites sur les parasitoïdes dans notre travail devraient être menées dans un large espace qui permet à ces derniers de se mouvoir naturellement. Ceci permettrait aux parasitoïdes de se comporter naturellement et d'accéder hasardeusement à l'hôte. C'est ainsi que les résultats obtenus en milieu confiné durant la présente étude sont largement supérieurs à ceux de Heinz & Parrella (1990b) qui ont observé des taux de polyparasitoïdisme de 0 et 31% avec *D. begini* libéré dans les serres (milieu non confiné) pour le contrôle de *L. trifolii*.

III.2.4.5.6.2 Potentiel reproducteur des parasitoïde en situation de compétition interspécifique

Les larves de *L. trifolii* exposées simultanément aux femelles de *N. agromyzae* et de *O. agromyzicola* (en situation de compétition interspécifique) a permis de constater que sur 300 larves de *L. trifolii* qui ont été mises en jeu dès le départ, 105 d'entre elles ont été globalement exploitées par les femelles de *O. agromyzicola*, soit un pourcentage d'exploitation de 35%. De ces larves exploitées ont émergé 57 imagos soit un pourcentage d'émergence de 19%. Dans le même contexte, 74 larves correspondant à un pourcentage de 24,66% ont été globalement exploitées par *N. agromyzae* femelle. De ces larves exploitées ont émergés 43 imagos soit un pourcentage d'émergence de 14,33%. Ces taux d'exploitation et d'émergence de ces parasitoïdes ont nettement régressé comparés aux résultats similaires obtenus par ce parasitoïde en situation de compétition intraspécifique.

Les taux de reproduction de *O. agromyzicola* obtenus respectivement en situations de compétitions intraspécifique 38 % et interspécifique 19 % ont été supérieurs à ceux de *N. agromyzae* (22,66 %) et (8 %) obtenus dans les mêmes circonstances. Les 2 parasitoïdes ont réussi à coexister malgré le multiparasitoïdisme à travers lequel *N. agromyzae* a momifié plusieurs larves initialement exploitées par *O. agromyzicola*. Face à cette situation, de *O. agromyzicola* a maintenu sa présence dans les parcelles en usant de sa grande mobilité pour exploiter plusieurs hôtes qui de par leur dispersion ont en parti échappé à *N. agromyzae*. Ce

résultat confirme celui de Rihab (2012) qui lors d'une étude similaire a constaté que *Eupelmus vuilleti* semble dominer par exploitation *Dacnusa basalis* qui à travers le multiparasitoïdisme et son statut d'ovocide semble dominer en situation de compétition par interférence.

Ces résultats ont montré qu'à propos de la lutte biologique, les larves de *L. trifolii* exposées à une seule espèce de parasitoïde présentent un taux de parasitoïdisme meilleur comparé à celui obtenu en présence de deux espèces de parasitoïdes. Ces résultats corroborent ceux de Bader *et al.* (2006) qui lors des études antérieures nécessitant l'usage des parasitoïdes ont indiqué que deux espèces libérées ensemble ne contrôlent pas mieux les ravageurs que lorsque chacune d'elles est libérée toute seule. Turnbull (1967) a précisé que l'espèce de parasitoïde la plus efficace est en mesure de réduire la population du ravageur à un niveau bas lorsqu'elle est présente seule, par rapport au cas où elle compétit avec d'autres espèces.

Par ailleurs, durant la présente étude, 35 larves hôtes exploitées plusieurs fois par le même parasitoïde ou celui de la même espèce (polyparasitoïdisme) concernant *O. agromyzicola* alors qu'avec *N. agromyzae* ce phénomène a été observé sur 62 larves. Un total de 39 larves hôtes a été exploité par les 2 espèces de parasitoïdes (multiparasitoïdisme). Ces fréquences ont été assez importantes à cause de la concentration des parasitoïdes femelles dans les cages d'élevage, ce qui a emmené ces dernières à infester plusieurs fois les mêmes hôtes. Ce résultat confirme ceux de nombreux auteurs ont qui estimé que généralement le polyparasitoïdisme) et le multiparasitoïdisme augmentent avec le nombre de compétiteurs (van Alphen & Visser 1990; Visser *et al.* 1990; van Dijken & van Alphen 1991). De même, Patel & Schuster (1991) ont constaté que les taux très élevés de polyparasitoïdisme seraient dus au confinement de *Diglyphus intermedius* dans les cages.

III.2.4.5.7 Capacité de fourragement des hôtes par les parasitoïdes

III.2.4.5.7.1 Temps moyen mis pour exploiter une larve hôte par chaque espèce de parasitoïde

Le temps moyen pour exploiter une larve hôte a été de 286,36 secondes / larve pour *N. agromyzae* et de 66 secondes / larve pour *O. agromyzicola* durant la période sèche. En période humide qui est celle de raréfaction des larves hôtes, ce temps a été de 700,90 secondes / larve pour *N. agromyzae* et 62,66 secondes / larve pour *O. agromyzicola*. Quelle que soit la période d'étude, *O. agromyzicola* a consacré significativement moins de temps par rapport à *N. agromyzae* lors de l'exploitation d'un hôte. Le fait de consacrer peu de temps lors de l'exploitation d'un hôte associé à sa grande mobilité aurait certainement contribué à une

meilleure détection voire une meilleure exploitation des larves hôtes lorsque ces dernières sont rares et dispersées dans les parcelles de céleri.

Le parasitoïde *N. agromyzae* a consacré plus de temps pour exploiter un hôte en période humide qu'en période sèche. Du fait de la rareté des hôtes, ce parasitoïde a davantage passé de temps à exploiter une même larve, voire à parcourir plusieurs fois une galerie même vide. Ces résultats sont complémentaires à ceux Patel *et al.* (2003) qui lors d'une étude similaire ont montré que les parasitoïdes fourrageant sur une grande portion de la feuille mettent plus de temps par rapport à ceux qui à nombre égale fourragent sur une portion de feuille réduite.

III.2.4.5.7.2 Capacité de fourragement des parasitoïdes

III.2.4.5.7.2.1 Taux d'exploitation de *N. agromyzae* et de *O. agromyzicola*

Durant la période 1, les femelles de *N. agromyzae* ont exploité 242 larves de *L. trifolii* sur les 313 présentes sur les feuilles soit un taux d'exploitation de 81,49 %. Dans la même période, les femelles de *O. agromyzicola* ont exploité 80 larves de *L. trifolii* sur les 239 présentes soit un taux d'exploitation de 41,78 %. La femelle de *N. agromyzae* fourrage généralement sur toute la surface de la foliole, ce qui lui permet de détecter et d'exploiter le maximum voire l'intégralité d'hôtes présents. La femelle de *O. agromyzicola* par contre abandonne généralement la foliole une fois qu'elle a exploité une ou deux larve(s) hôte(s) ; d'où son taux très bas durant cette période d'abondance des larves hôtes.

Durant la période pluvieuse, les femelles de *N. agromyzae* ont exploité 66 larves de *L. trifolii* sur les 73 présentes. Dans la même la période, les femelles de *O. agromyzicola* ont exploité 180 larves de *L. trifolii* sur les 244 présentes. Ces parasitoïdes ont eu respectivement des taux d'exploitation de 90,98 % pour *N. agromyzae* et de 84,67 % pour *O. agromyzicola*. Ces taux relativement égaux laissent entrevoir le que fait les femelles des 2 parasitoïdes ont exploité les mêmes proportions d'hôtes lors des 11 journées d'échantillonnage effectué durant cette période. En effet, durant cette période, les larves de *L. trifolii* sont rares et dispersées dans les parcelles (généralement unique sur la feuille parasitée de céleri). Dans ces conditions, la femelle de chaque espèce de parasitoïde a exploité presque la totalité des larves hôtes détectées même si *O. agromyzicola* qui est assez mobile a détecté plus d'hôtes que celle de *N. agromyzae*. La femelle de *O. agromyzicola* très mobile serait particulièrement sensible aux substances volatiles variées produites par la larve hôte et/ou la plante hôte parasitée, ce qui lui permettrait de détecter plus de larves que *N. agromyzae* en période de rareté de ces dernières. Cette hypothèse confirme les résultats de Conti & Colazza (2012) qui ont suggéré que les

kairomones produites par les hôtes et les synomones dégagées par la plante hôte parasitée agissent à une distance considérable comme des signaux indirects utilisés par les parasitoïdes pour localiser la communauté d'hôtes ou l'habitat des hôtes. De même, des moyens indirects de localisation des œufs hôtes ont été révélés par *Trissolcus basalis* et *Telenomus podisi*, parasitoïdes exploitant les synomones des plantes, induites par l'oviposition et/ou la nutrition des hôtes *Nezara viridula* et *Euschistus heros*. (Capinera 2005 ; Moraes *et al.* 2005 ; Michereff *et al.* 2011).

III.2.4.5.7.2.2 Taux de reproduction obtenus par *Neochrysocharis agromyzae* et *Opius agromyzicola*

Les femelles de *O. agromyzicola* avec des taux de reproduction supérieurs à 84 % quelle que soit la période d'étude ont essentiellement exploité les larves de *L. trifolii* à des fins reproductives. Par contre, durant la période chaude sèche, les femelles de *N. agromyzae* ont exploité 63 hôtes à des fins de mort induite et 5 hôtes en période froide humide qui est celle de rareté des larves hôtes. Cette rareté des hôtes a poussé *N. agromyzae* à exploiter davantage d'hôtes à des fins de reproduction (taux de reproduction = 93,93 %) en période pluvieuse mieux qu'en période sèche où ce taux a été de 40,90 %. En effet, Rowfida *et al* (2017) ont montré lors d'une étude similaire que l'humidité relative peut être le principal facteur déterminant le taux de parasitoïdisme des parasitoïdes.

Par ailleurs, la présente étude a permis de constater qu'en cas de rareté d'hôtes (phénomène récurrent en saison des pluies), le parasitoïde *N. agromyzae* est appelé à disparaître s'il ne réduit pas considérablement son activité relative à l'exploitation des hôtes à des fins de mort induite. Une situation semblable a été évoquée par Iyatomi (1943); DeBach & Rosen (1991) qui ont estimé évident que l'usage des parasitoïdes dans le contrôle biologique des ravageurs peut échouer à cause d'une baisse substantielle de leurs populations.

- CONCLUSION**
- RECOMMENDATIONS**
- PERSPECTIVES**

Conclusion

Au terme de la présente étude, nous avons constaté que l'entomofaune du céleri à Nkolondom est assez diversifiée et dominée à l'échelle ordinaire par les hyménoptères. Cette entomofaune est caractérisée par la présence de trois espèces d'insectes dont le cycle de développement est temporairement inféodé aux plants de céleri. Ces espèces appartiennent à deux ordres soit la mouche mineuse *L. trifolii* qui est un Diptère et les parasitoïdes *N. agromyzae* et *O. agromyzicola* qui sont des Hyménoptères. La taille des populations de ces insectes inféodés aux plants de céleri a fluctué durant cette étude. Le caractère cyclique de ces fluctuations montre que l'occurrence et l'impact des facteurs qui en sont responsables ont varié plus ou moins périodiquement en fonction du temps. De ce fait, les constats suivants ont été effectués selon que le climat ait été sec ou pluvieux:

- climat pluvieux

L. trifolii a moins infesté les plants de céleri durant les périodes de précipitations ce qui a eu pour conséquence une importante réduction de ses pontes d'où sa non-prolifération. Avec la raréfaction et la dispersion des larves hôtes, *N. agromyzae* qui consacre beaucoup de temps à rechercher d'autres hôtes à côté de celui qu'il a exploité n'a pas proliféré. Par contre, *O. agromyzicola* qui consacre peu de temps à rechercher d'autres hôtes à côté de celui qu'il a exploité a pu détecter et exploiter de nouveaux hôtes sur d'autres plantes d'où sa prolifération.

- climat sec

L. trifolii a mieux infesté les plants de céleri durant les périodes de sécheresse ce qui a eu pour conséquence une importante augmentation de ces pontes d'où sa prolifération. Avec l'abondance des larves hôtes, *N. agromyzae* qui consacre beaucoup de temps à rechercher d'autres hôtes à côté de celui qu'il a exploité en a trouvé à suffisance d'où sa prolifération. *O. agromyzicola* a exploité aussi plusieurs larves hôtes en cette période d'abondance mais a connu une baisse considérable de la taille de sa population à cause du phénomène de momification que lui impose *N. agromyzae* à travers le multiparasitoïdisme.

Par ailleurs, durant les périodes de transition entre deux saisons consécutives, *N. agromyzae* est en prolifération selon que la saison précédente était pluvieuse. Cette prolifération s'observe chez *O. agromyzicola* selon que la saison précédente était sèche.

- l'état de la ressource alimentaire

La durée du développement préimaginal de *L. trifolii* a été influencée par des paramètres tels que l'état de la ressource alimentaire. Cette durée a été plus courte avec les

feuilles coupées comme support alimentaire d'où la prolifération des mouches mineuses à travers l'augmentation de leur nombre de générations au cours de l'an. D'ailleurs, cette technique de lutte n'affecte pas le potentiel reproducteur de ce ravageur du céleri.

- les compétitions interspécifiques entre espèces de parasitoïdes

La coexistence des parasitoïdes *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* dans les jardins de Nkolondom a généré des compétitions interspécifiques au sujet de la recherche des larves hôtes. Ces compétitions ont été défavorables pour chacune des espèces de parasitoïdes tant sur le plan de leur reproduction que sur celui de la lutte biologique dès lors que moins de larves hôtes seront exploitées.

- les traitements insecticides.

L'utilisation intensive des insecticides s'est montrée particulièrement préjudiciable à la survie de *O. agromyzicola* qui est pourtant ennemi naturel des larves de mouches mineuses.

Recommandations

Les résultats de la présente étude ont inspiré la formulation de quelques recommandations allant dans le sens de la modification des pratiques culturales paysannes, gage d'un développement durable de la culture du céleri dans la localité. Ainsi, les paysans devraient s'atteler à :

- * l'application rigoureuse des soins aux parcelles;
- * l'utilisation rotative des insecticides.
- * éviter le sous-dosage qui favorise l'apparition des ravageurs résistants ;
- * éviter le surdosage qui, en dehors des pertes économiques, peut entraîner la présence des résidus sur les végétaux et aliments destinés à la consommation ; mais aussi avoir un impact très négatif sur l'entomofaune utile ;
- * respecter le délai de carence recommandé pour chaque pesticide afin d'éviter la contamination des humains à travers les aliments récoltés dans leurs jardins ;
- * préserver leurs cultures dans l'avenir quelle que soit la période de l'année en enfouissant profondément les feuilles issues des récoltes sanitaires ;

Au sujet de la lutte intégrée contre *L. trifolii*, les feuilles issues des récoltes sanitaires devraient être enterrées profondément ainsi que les résidus des plantes à la fin des récoltes.

En saison sèche il sera en plus préconisé l'utilisation de *N. agromyzae* à des fins de lutte inondative couplée à l'emploi raisonné des insecticides systémiques dont les molécules actives varieront par campagne afin d'éviter les résistances. En saison des pluies, les maraichers devraient plutôt procéder à l'utilisation de *O. agromyzicola* à des fins de lutte inondative.

Perspectives

Nous nous proposons à la suite de la présente étude de rechercher les meilleures techniques de lutte contre *L. trifolii* afin d'affiner davantage le dispositif de protection intégré du céleri dans les bassins maraichers péri-urbains de Yaoundé. Il s'agira de:

- mener des essais de protection de la culture du céleri à travers la lutte inondative nécessitant les parasitoïdes *O. agromyzicola* et *N. agromyzae* et former les maraichers à cet effet;

- tester l'efficacité des infusions et décoctions de plantes utilisées par certains paysans dans la protection du céleri contre *L. trifolii* et autres insectes nuisibles ;

- tester les effets de certaines associations de plantes dans la protection du céleri.

- effectuer des études similaires à celles du présent travail dans d'autres bassins maraichers où la culture du céleri est importante (celui de Nkolbisson) dans l'optique de maîtriser la liste des ennemis naturels de *L. trifolii* présents dans les bassins maraichers périurbains de Yaoundé.

Références bibliographiques

- Abdul-Nasr, Assem A. H. 1961. A leaf miner, *Liriomyza bryoniae* (Kalt), attacking cucurbitaceous plants in Egypt. *Bulletin of Entomology Society of Egypt*. 45: 401-403.
- Abe Y., Kawahara T. 2001. Coexistence of the vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae), with *L. trifolii* and *L. bryoniae* on commercially grown tomato plants. *Applied Entomological Zoology*. 36 (3): 277-281.
- Abe Y., Takeuchi T., Tokumartou S., Kamata J. 2005. Comparison of the suitability of three pest leafminers (Diptera: Agromyzidae) as host for the parasitoid *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera- Braconidae). *European Journal of Entomology*. 102: 805-807.
- Abe Y. 2009. The effect of the age of the serpentine leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on parasitism by the parasitoid wasp *Gronotoma micromorpha* (Hymenoptera: Figitidae: Eucoilinae). *European Journal of Entomology* 106(4): 595-598.
- Adachi I. 2002. Evaluation of generational percent parasitism on *Lyonetia clerkella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) larvae in peach orchards under different management intensity. *Applied Entomological Zoology*. 37: 347-355.
- Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC). 2010. *Profil comparatif des consommateurs Canada et États-Unis*. Rapport d'analyse de marché. 25 p.
- Ahouangninou A. C. C. 2008. *Etude des pratiques phytosanitaires maraîchères et évaluation de leur risque sur la santé et l'environnement dans la commune de Tori-Bossito au Sud Bénin*. Mémoire de DESS. Université d'Abomey- Calavi, Benin. 159 p.
- Akogbéto M. C., Djouaka R., Noukpo H. 2005. Utilisation des insecticides agricoles au Bénin. *Bulletin of the society of Pathology and Exotism*, 98(5): 400-405.
- Aguilera A. P. 1972. Biología de *Liriomyza langei* (Frick) (Diptera-Agromyzidae) y evaluación de los parasitos que emergen del puparium. *Idesia*. 2: 71-85.
- Albert S., Hastir P., Hance T. 2000. Biodiversité agricole et lutte contre la mouche des carottes. *Notes fauniques de Gembloux*. 50: 3-8.
- Alex J. F. 1992. Ontario Weeds, Ontario Ministry of Agriculture and food. Publ. 505. 304.
- An Enlightening Organic Gardening Guide 2006. *The Pesticide Problem Science*. 56: 549-554.

- Anderson R. C., Paschke J. D. 1969. Additional observations on the biology of *Anaphes flavipes* (Hymenoptera: Mymaridae), with special reference to the effects of the temperature and superparasitism on development. *Annual of Entomological Society of America*. 62 : 1316-1321.
- Anonyme 1998. *Reconnaissance des familles d'hyménoptères parasitoïdes d'importance économique: clé iconographique pour l'identification des genres. Protection intégrée en Afrique de l'Ouest*. IITA / CIRAD / CNEARC. Bénin. 312p.
- Anonymous 2006. *Status of active substances under EU review*, European Commission (EC), Brussels.http://europa.eu.int/comm/comm/food/plant/protection/evaluation/stat_active_s_ubs_3010_en.xls.
- Asgari S., Schmidt O., Theopold U. 1997. A polydnavirus-encoded protein of an endoparasitoid wasp is immunosuppressive. *The Journal of General Virology*. 78 : 3061-3070.
- Assogba-Komlan F., Anihouvi P., Achingan E., Sikirou R., Boko A. 2007. Pratiques culturales et teneur en éléments antinutritionnels (nitrates et pesticides) du *Solanum macrocarpum* au sud du Bénin. *African journal of food, agriculture, nutrition and development*. 7(4) : 22-27
- Appert J., Deuse J. 1986. *Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères. Vol II.*, ACCT-CTA, Maisonneuve et Larose. Paris. 267p.
- Atta A. H. & Alkofahi A. 1998. Anti-nociceptive and anti-inflammatory effects of some Jordanian medicinal plant extracts. *Journal of Ethnopharmacology*. 60(2): 117-124.
- Aubert de la Rüe E. 1932. La flore et la faune des Iles Saint-Paul et Amsterdam. *La Terre et la Vie*. 2: 642-662.
- Aubertot J. N., Barbier J. M., Carpentier A., Gril J. J., Guichard L. 2005. Pesticides, agriculture et environnement. *Réduire l'utilisation des pesticides et en limiter les impacts environnementaux*. Synthèse de rapport d'expertise scientifique collective INRA-Cemagref. France. 64p.
- Auerbach, M. J., Connor, E. F.; Mopper S. 1995. Minor miners and major miners: population dynamics of leaf mining Insects. P. 83-110. *In* : Cappuccino N. and Price P. W. (Eds). Population dynamics. Academic. San Diego. California.

- Autrique A., Perreaux D. 1989. *Maladies et ravageurs des cultures de la région des grands lacs d'Afrique centrale*. AGCD-ISABU. Bruxelles. 232p.
- Bader, A. E., Heinz, K. M., Wharton, R. A., Bogran, C. E. 2006. Assesment of interspecific interactions among parasitoids on the outcome of inoculative biological control of leafminers attacking *Chrysanthemum*. *Biological Control*. 39: 441-452.
- Baguette M., Hance T. 1997. Carabid beetles and agricultural practices: influence of soil ploughing. *Biological agriculture and horticulture*. 15: 185-190.
- Baker R. H. A. 1979. *Studies on the interactions between Drosophila parasites*.– Ph. D. Dissertation. University of Oxford, 173 p.
- Baldi I., Lebailly P., Mohammed-Brahim B., Letenner L., Dartigues J. F., Brochard P. 2003. Neurodegeneratives diseases and exposure to pesticides in the elderly. *American Journal of Epidemiology*. 157: 409-15.
- Beier R. C., Oertli E. H. 1983. Psoralen and other linear furocoumarins as phytoalexins in celery. *Phytochemistry* 22: 2595-2597.
- Belokobilskij S. A., Wharton R. A. and la Salle J. 2004. Australian species of genus *Opius* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae) attacking leaf mining Agromyzidae, with the description of a new species from South-east. *Asia.Australian Journal of Entomolgy*. 43: 138-147.
- Bennett D.M., Hoffmann A. A. 1998. Effects of size and fluctuating asymmetry on field fitness of the parasitoid *Trichogramma carverae* (Hymneoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Animal and Ecology*. 67: 580-591.
- Benuzzi M., Raboni F. 1992. *Diglyphus isaea*. *Informatore Fitopatologico*. 42 (11): 29-34.
- Beri S. K. 1974. Biology of leafminer *Liriomyza brassicae* (Riley) (Diptera-Agromyzidae). *Journal of Natural History*. 8:143-151.
- Beckage N. E., Kanost M. R. 1993. Effects of parasitism by the braconid wasp *Cotesia congregata* on host hemolymph proteins of the tobacco hornworm, *Manduca sexta*. *Journal of Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 23: 643-653.
- Berg R., Schuchmann-Feddersen I., Schmidt O. 1988. Bacterial infection induces a moth (*Ephestia kuhniella*) protein which has antigenic similarity to virus-like particle proteins of a parasitoid wasp (*Venturia canescens*). *Journal of Insect Physiology*. 34: 473-480.
- Bertheloot J., Martre P., Andrieu B. 2008. Dynamics of light and nitrogen distribution during grain filling within wheat canopy. *Plant Physiology*. 148 (3):1707-1720.

- Béthune J. C. 1995. Protection intégrée des cultures légumières en région chaudes. In: ACCT-CPIU-CTA-UDEAC (ed):«*Rapport de mission au Sénégal, préalable à la session de formation*», 43p.
- Biholong M. 1986. *Contribution à l'étude de la flore du Cameroun: Cas des Astéracées*. Thèse de doctorat d'université Bordeaux III. Bordeaux. 363p.
- Bijlmakers H. W. L., Verhoek B. A. 1995. *Guide de Défense des Cultures au Tchad Cultures Vivrières et Maraîchères*. 414p.
- Boivin G. 1996. Évolution et diversité des insectes parasitoïdes. *Antennae*. Numéro spécial : 6-12.
- Boivin G. 1999. La recherche sur les entomophages: Etat de situation. *Annales de la Société Entomologique de France*. 35: 348-355.
- Boivin G. 2001. *Parasitoïdes et lutte biologique: paradigme ou panacée ?* Dossier: La Lutte Biologique. 2 (2) : 12p.
- Bordat D. 1995a. Morphometric, biological and behavioral differences between (Hymenoptera Eulophidae) and (Hym., Braconidae) parasitoids of (Dipt., Agromyzidae). *Journal of Applied Entomology*. 119: 423-427.
- Bordat D. 1995b. Influence of temperature on (Hyménoptera: Braconidae), a parasitoid of (Diptera: Agromyzidae). *Entomophaga*. 40: 119-124.
- Bordat D., Daly P. 1995. *Catalogue des principaux Arthropodes présents sur les cultures légumières de Nouvelle-Calédonie*. CIRAD-FLHOR. Montpellier. 95p.
- Bordat D., Goudegnon E. 1991. *Catalogue des principaux ravageurs des cultures maraîchères au Bénin*. CIRAD-FLHOR. Montpellier. 34p.
- Bowombe Toko M. P. 2010. *Contribution à la connaissance de l'arthropodofaune de *Abelmoschus esculentus* (linné, 1753) Moench (Malvaceae) à Yaoundé*. Mémoire DEA. Université de Yaoundé. 63p.
- Breniere J. 1983. *The principal insect's pests of rice in West Africa and their control*. WARDA. Monrovia. 87p.
- Brevault T., Beyo J., Nibouche S., Vaissayre M. 2002. La résistance des insectes aux insecticides : Problématique et enjeux en Afrique Centrale. In Jamin J.Y., Seiny Boukar L., Floret C. (eds) *Savanes Africaines : des espaces en mutation, des acteurs face à de*

- nouveaux défis. Actes du colloque, Mai 2002, Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad. Cirad. Montpellier. 6p.
- Brown M. W., Tworkoski T. 2004. Pest management benefits of compost mulch in apple orchards. *Agricultural Ecosystem and Environment*. 103: 465-472.
- Bruneton J. 2009. *Pharmacognosie - Phytochimie, plantes médicinales, 4^e éd., revue et augmentée*, Paris, Tec & Doc - Éditions médicales internationales. 1288 p.
- Bruno D. 2006. Le temps des insectes. *Insectes*. 143: 4p.
- CABI/EPPO 1990. *Fiche informative sur les organismes de quarantaine Liriomyza sativae* Liste A1 OEPP: n° 152 Désignation Annexe Union Européenne: I/A1 P. 5p
- Bublin M.; Radauer C.; Wilson, I. B.; Kraft D; Scheiner O.; Breiteneder H.; Hoffmann-Sommergruber K. 2003. "Cross-reactive N-glycans of Api-g5, a high molecular weight glycoprotein allergen from celery, are required for immunoglobulin E binding and activation of effector cells from allergic patients". *The FASEB Journal* **17** (12): 1697–9. doi:10.1096/fj.02-0872fje. PMID 12958180.
- Burks R. A. 2003. Key to the nearctic genera of Eulophidae, subfamilies Entedoninae, Eudorinae and Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea). World Wide Web electronic publication. <http://cache.ucr.edu/%Eheraty/Eulophidae> (accessed 04-042007).
- Capinera J. L. 2005. *Featured Creatures*. Publication number EENY-119.
- Capinera J. L. 2006. *Liriomyza sativae* Blanchard (Insecta: Diptera: Agromyzidae) University of Florida. 5p.
- Capinera J. L. 2009. American Serpentine Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Insecta: Diptera: Agromyzidae). Publication #EENY254.
- Calatayud P.-A. 2011. *Interactions plantes-insectes*. Habilitation à Diriger des Recherches (HDR). IRD (UR 72), CNSR (UPR 9034), Université Paris-Sud. Paris. 86p.
- Célini L. 2001b. Le puceron du cotonnier : *Aphis gossypii* (Glover) et son parasite *Aphelinus gossypii* (Timberlake) en République Centrafricaine. *Insectes*. 123 (4): 23-25.
- Chaput J. 2000. *Mineuses sinuantes qui s'attaquent aux légumes de plein champ et aux cultures serricoles*. Fiche technique.
- Chen A. D., Chen Z. Q., Luo K. J., Miao S. 2003a. Effects of some insecticides on field population fluctuation and parasitism of the leafminer parasitoid. *Journal of Yunnan Agricultural University*. 18: 249-252.

- Chow A., Heinz K. M. 2006. Control of *Liriomyza langei* on chrysanthemum by *Diglyphus isaea* produced with a standard or modified parasitoid rearing technique. *Journal of Apply Entomology*. 130: 113-121.
- Cloutier C., C. Cloutier. 1992. *Les solutions biologiques de lutte pour la répression des insectes et acariens ravageurs des cultures*:19-88. In: Vincent C., Coderre D., (ed) «*la lutte biologique*». Gaëtan Morin, Boucherville.
- Coderre V., Panneton B. 2001. Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides. *Vertigo*. 2 (2): 7p.
- Cobblah M. A., Afreh-Nuamah K., Wilson D., Osaë M. Y. 2012. Parasitism of *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Plutellidae) Populations on Cabbage *Brassica oleracea* var. *capitata* (L) by *Cotesia plutellae* (Kururdjunov) (Hymenoptera: Braconidae) in Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, 20 (1): 37 - 45.
- Coffi A., Philippe R., Glitho I. 2013. Fluctuations in Natural Populations of the Leaf Miner (*Coelaenomenodera lameensis*) in Relation to Different Origins of Oil Palm (*Elaeis* sp.) in South Benin. *American Journal of Plant Sciences*. 4: 1846-1852.
- Colazza S., Fucarino A., Peri E., Salerno G., Conti E., Bin F. 2004. Insect oviposition induces volatile emission in herbaceous plants that attracts egg parasitoids,” *Journal of Experimental Biology*, 207 (1): 47-53.
- Coley P. D. 1998. Possible effects of climate change on plant/herbivore interactions in moist tropical forests. *Climatic Change*. 39: 455-72.
- Coly E. V. & Diop S. 1984. La mouche Mineuse des Cultures Maraîchères *Liriomyza trifolii* Burgess au Sénégal. Projet FAO/CTP/SE@/2202. 35p.
- Conti E., Colazza S. 2012. Chemical ecology of egg parasitoids associated with true bugs. *Psyche*. doi:10.1155/2012/651015.
- Cooper J. and Dobson H. 2007. The benefits of pesticides to making and the environment. *Crop Protection* 26: 1337-1348.
- Costa-Lima T. C., Geremias L. D., Parra J. R. P. 2010. Reproductive activity and survivorship of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) at different temperatures and relative humidity levels. *Environmental Entomology*. 39(1):195-201.
- Coodin S., Caveney S. 1992. Lipophorin inhibits adhesion of cockroach (*Periplaneta americana*) haemocytes *in vitro*. *Journal of Insect Physiology*. 38 : 853-862.

- Coudron T. A. 1991. Host-regulating factors associated with parasitic Hymenoptera. *In* : Hedin P. A. (ed.), *Naturally Occurring Pest regulators*. Washington. *American Chemical Society*. ASC Symposium Series. 449: 41-65.
- Cournoyer M. 2000. Les insectes parasitoïdes et leur utilisation en lutte biologique *Antennae*. 7 (3): 2p.
- Cowles R. S., Cowles E. A., McDermott A. M., Ramoutar D. 2000. Inert formulation ingredients with activity: toxicity of trisiloxane surfactant solutions to two spotted spider mites (Acari: Tetranychidae). *Journal of Economic Entomology*. 93 (2): 180-188.
- Craig, T. P., Itami, J. K., Price, P. W. 1990. The Window of vulnerability of a shoot-galling sawfly to attack by a parasitoid. *Ecology*. 71: 1471-1482.
- Crawford J. C. 1912. Description of new Hymenoptera, N^o.5. *Proc. US Natural Museum*. 43 : 163-188.
- Cui L., Soldevila A., Webb B.A. 2000. Relationships between polydnavirus gene expression and host range of the parasitoid wasp *Campoletis sonorensis*. *Journal of Insect Physiology*. 46: 1397-1407.
- Dabiré-Binso C. L., Ba M. N., Somé K. O., Sanon A. 2009. Preliminary studies on incidence of insect pest on okra, *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench in central Burkina Faso. *African Journal of Agricultural Research* 4 (12): 1488-1492.
- Dahlman D. L. 1990. Evaluation of teratocyte functions: an overview. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 13: 159-166.
- Dajoz R. J. 2000. Précis d'écologie. Dunod, Paris, 615 pages.
- Damesse F. 2003. *Diagnosis of urban and peri-urban horticulture in Yaoundé*. Agriculture Project FRBC peri (*Progress Report No. 2*). IRAD Yaoundé. 25 p.
- Daniels J. L., Olshan A. L., Savitz D. A. 1997. Pesticides and childhood cancers. *Environmental Health Perspectives*. 105: 1068-77.
- Davidson G. 1969. The potential use of sterile hybrid males for the eradication of member species of the *Anopheles gambiae* complex. *Bulletin World Organization*. 40: 8-211.
- Davies D. H., Vinson S. B. 1986. Passive evasion by eggs of braconid parasitoid, *Cardiochiles nigriceps*, of encapsulation in vitro by haemocytes of host *Heliothis virescens*. Possible role for fibrous layer in immunity. *Journal of Insect Physiology*. 32 : 1003-1010.

- DeBach P., Rosen D. 1991. *Biological Control by Natural Enemies*. 2nd ed. Cambridge University Press. New York. 440pp.
- DeBach P., Rosen D. 1992. Biological Control by Natural Enemies. *Journal of Tropical Ecology*. 8 : 216-216.
- Declert C. 1990. *Manuel de phytopathologie maraîchère tropicale*: Côte d'Ivoire. DID. 334 p.
- Delvare G., Aberlenc P. 1989. *Les insectes d'Afrique et d'Amérique tropicale*. Clés pour la reconnaissance des familles. PRIFAS, CIRAD édition.
- Desneux N., Decourtye A., Depluech J M. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Reviews Entomology*. 52: 81- 106.
- De Vilmorin R. L. 1950. "Pascal celery and its origin". *Journal of the New York Botanical Garden* 51: 39-41.
- Djiéto-Lordon C., Aléné D. C. 2002. *Inventaire des insectes ravageurs et auxiliaires des cultures maraîchères dans la région de Yaoundé*. Rapport - CIRAD Yaoundé. 35 p.
- Djiéto-Lordon C., Aléné D. C. 2006. *Essai de lutte contre Liriomyza trifolii Burgess (Agromyzidae), mouche mineuse des feuilles de céleri (Apium graveolens) en zone périurbaine de Yaoundé*. Rapport-CIRAD Yaoundé. 11p.
- Drezen J. M., Savary S., Poirié M., Periquet G. 1999. Les polydnavirus, des entités virales domestiquées par les guêpes parasites. *Virologie*. 3: 11-21.
- Dupriez H., Silas N., Colin J. 2001. *Champ et jardin sains: Lutte intégrée contre les maladies et les ravageurs des cultures*. Terre et Vie. Belgique. 240 p.
- Duyck P. F. 2005. *Compétitions interspécifique et capacités invasives. Le cas des Tephritidae de l'île de La Réunion*. Thèse Doctorat en Biologie Animale. Université de la Réunion. 93p.
- Eber S. 2004. Bottom-up density régulation in the holly leafminer *Phytomyza illicis*. *Journal of Animal and Ecology*. 73: 948-958.
- Ebwongu, M., Adipala E., Kyamanywa S., Ssekabembe C. K., Bhagsari A. S. 2001. Influence of spatial arrangements in maize/Solanum potato intercrops on incidence of potato aphids and leaf hoppers in Uganda. *African Crop Science Journal*. 9: 175-184.
- Edwards-Jones G. 2008. Do benefits accrue to "pest control" or "pesticides": a comment on Cooper and Dobson. *Crop Protection*. 27: 965-967.

- Eggleton P., Gaston K. J. 1990. "Parasitoid" species and assemblages: convenient definitions or misleading compromises? *Oikos*. 59: 417-421.
- Ellers J., van Alphen J. J. M., Sevenster J. G. 1998. A field study of size-fitness relationships in the parasitoid *Asobara tabida*. *Journal of Animal and Ecology*. 67: 318-324.
- Elliott N. C., French B. W., Burd J. O., Kindler S. D., Reed D. K. 1994. "Parasitism, adult emergence, sex ratio, and Size of *Aphidius colemani* (Hymenoptera: Aphidiidae) on several aphid species". *The Great Lake Entomologist*. 27: 137-14.
- Elzen G. W., O'Brien P. J., Powell, J. E. 1989. Toxic and behavioral effects of selected insecticides on the Heliothis parasitoid *Microplitis croceipes*. *Entomophaga*. 34: 87-94.
- Encyclopedia of entomology. 2004. vol. 2. Sous "Fitness". Capinera L. (éd.). Dordrecht (Boston): Kluwer Academie.
- EPPO/CABI 1996. *Amauromyza maculosa*, *Liriomyza sativae*, *Liriomyza trifolii*. In: Smith I. M.; McNamara D. G., Scott P. R., Holdemess M., (ed) *Organismes de quarantaine l'Europe. 2ème édition*). Wallingford. 2p.
- Eslin P., Prévost G. 1996. Variation in *Drosophila* concentration of haemocytes associated with different ability to encapsulate *Asobara tabida* larval parasitoid. *Journal of Insect Physiology*. 42: 549-555.
- Etang J. ; Simard F. 2002. Résistance d'*Anopheles gambiae* s.l. aux insecticides. In : Résistance des insectes aux insecticides en Afrique de l'ouest et du centre. Actes de l'atelier, 06-07 mars 2002, Maroua, Cameroun : Volume 1 : résumés et recommandations. Volume 2 : communications et présentations. Brévault Thierry (ed.), Nibouche Samuel (ed.). CIRAD, PRASAC, IRAD. Montpellier: CIRAD, Diaporama. 35-43.
- FAO 1987. *Population, society and agricultural planning*, 170p. FAO Economic and Social Development. Paper No. 51.
- FAO. 2015. L'état de l'insécurité alimentaire dans le monde. 66p.
- Feath S. H. 1990. Aggregation of leafminer, *Cameraria* sp. Nov. (Davis): consequences and causes. *Journal of Animal and Ecology*. 59: 569-586.
- Feddersen I., Sander K., Schmidt O. 1986. Virus-like particles with host protein-like antigenic determinants protect an insect parasitoid from encapsulation. *Experimentia*. 42 : 1278-1281.

- Fraival A., Graf P., Hamdaoui M., Kadiri Z., Ramzi H., Villemant C. 1989. *Lymantria dispar* au Maroc. *Actes Editions*. Rabat. 220p.
- Filliat P. 2012. *Les plantes de la famille des Apiacées dans les troubles digestifs*. Thèse présentée pour l'obtention du titre de docteur en pharmacie ; diplôme d'état. Thèse soutenue publiquement à la Faculté de Pharmacie de Grenoble, Grenoble. 140p.
- Felix-Antoine R. 2015. *La compétition et l'exploitation optimale des ressources chez les parasitoïdes*. Mémoire présenté à la Faculté des Arts et Sciences en vue de l'obtention du grade de M. Sc. en Sciences Biologiques. Université de Montréal. Montréal. 129 p.
- Fisher N., La Salle J. 2005. A new species of *Neochrysocharis* Kurdjumov (Hymenoptera ; Eulophidae), parasitoid of serpentine leafminers (Dipt : Agromyzidae) in Southeast Asia. *Zootaxa*. 1044: 27-34.
- Foba, C. N.; Salifu D. ; Lagat Z. O. ; Gitonga L. M.; Akutse K. S.; Fiaboe K. K. M. 2015. Species Composition, Distribution, and Seasonal Abundance of *Liriomyza* Leafminers (Diptera: Agromyzidae) Under Different Vegetable Production Systems and Agroecological Zones in Kenya. *Environmental Entomology*. 1–10 (2015); DOI: 10.1093/ee/nvu0651,4
- Fortin N. D. 2009. *Food Regulation: Law, Science, Policy and Practice*. John Wiley and Sons, ISBN 0-470-12709-0. 288 p.
- Foster R. E.; Sanchez C. A. 1988. Effect of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larval damage on growth, yield and cosmetic quality of celery in Florida. *Journal of Economic Entomology*. 81 : 1721-1725.
- Fournet J. 2002. *Flore illustrée des phanérogames de Guadeloupe et de Martinique. Nouvelle édition revue et augmentée*. CIRAD, Montpellier - Gondwana Editions, La Trinité. 2538 p.
- Furlong M. J., Wright D. J. 1993. Effect of the acylurea insect growth regulator Teflubenzuron on the endo-larval stages of the hymenopteran parasitoids *Cotesia plutellae* and *Diadegma semiclausum* in a susceptible and an acylurea-resistant strain of *Plutella xylostella*. *Pesticid's Science*. 19 : 305-312.
- Galantini Vignez L., Redolfi de Huiza I. 1992. Niveles de infestación y parasitismo de *Liriomyza huidobrensis* en papa cultivada sin aplicación de insecticida. *Review Periodic of Entomology*. 35: 101-106.

- Gandhi I., Gunasekaram K., Sa T. 2006. Neem oil as a potential seed dresser for managing Homopterous sucking pests of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. *Journal of Pest Science*. 79 : 103-111.
- Gelernter, W. D., Trumble I. T. 1999. Factors in the success and failure of microbial insecticides in vegetable crops. *Integrated Pest Management Review*. 4: 301-306.
- Gerling D., Sinai P. 1994. Buprofezin effects on two parasitoid species of whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economical Entomology*. 87: 842-846.
- Getzin L. W. 1960. Selective insecticides for vegetable leaf-miner control and parasite survival. *Journal of Economical Entomology*. 53: 872-875.
- Girardoz S., Kenis M., Quicke D. L. J. 2006a. *Mortality factors affecting the different development stages of Cameraria ohridella Deschka and Dimic in Switzerland*. 11p. In: International Cameraria Symposium *Cameraria ohridella* and other invasive Leafminer in Europe Prague, Czechoslovakia.
- Gitonga Z. M., Chabi-Olaye A., Mithöfer D., Okello J. J., Ritho C. N. 2010. Control of invasive *Liriomyza* leafminer species and compliance with food safety standards by small scale snow pea farmers in Kenya. *Crop Protection*. 29: 1472-1477.
- Godfray H. C. J. 1994. Parasitoids Behavioural and evolutionary ecology. *Princeton (N.J.): Princeton University Press*. 473 p.
- Goubault M., 2003. *Exploitation des hôtes chez un hyménoptère parasitoïde solitaire : conséquences adaptatives de la compétition intraspécifique sur les stratégies comportementales des femelles*. N° Ordre : 2925, devant l'université de rennes 1: 195p.
- Goulet H., Huber J. T. 1993. *Hymenoptera of the world: An identification guide to families*. Agriculture Canada, research branch, 668p.
- Gupta S., Sharma R. K., Gupta R. K., Sinha S. R., Singh R., Gajbhiye V. T. 2009. Persistence of New Insecticides and Their Efficacy Against Insect Pest of Okra. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology*. 82: 243-247.
- Gouinguene S. P., Turlings T. C. 2002. The effects of abiotic factors on induced volatile emissions in corn plants. *Plant Physiology*. 129:1296-307.
- Grabenweger G. 2003. Parasitism of different larval stages of *Cameraria ohridella*. *Biocontrol*. 48 : 671-684.

- Grosch D. S. 1970. Reproductive performance of a braconid after heptachlor poisoning. *Journal of Economical Entomology*. 63: 1348-1349.
- Grosch D. S. 1975. Reproductive performance of *Bracon hebetor* after sublethal doses of carbaryl. *Journal of Economical Entomology*. 68: 659-662.
- Haghani M., Fathipour Y., Asghar A., Talebi A. A., Baniamiri V. 2006. Comparative demography of *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) on cucumber at seven constant temperatures. *Insect Science*. 13: 477-483.
- Hance T.; van Baaren J.; Vernon P.; Boivin G. 2007. Impact of Extreme Temperatures on Parasitoids in a Climate Change Perspective. *Annual Review of Entomology*. 52: 1071-1076.
- Hanks L. M., Millar J. G., Paine T. D., Campbell C. D. 2000. Classical biological control of the Australian weevil *Gonipterus scutellatus* (Coleoptera: Curculionidae) in California. *Biological Control*. 29: 369-375.
- Hanna H. Y., Story R. N., Adams A. J. 1987. Influence of cultivar, nitrogen, and frequency of insecticide application on vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) population density and dispersion on snap beans. *Journal of Economic Entomology*. 80: 107-110.
- Harper D. G. C. 1991. Communication. In: Krebs JR, Davis NB (eds) Behavioural ecology: an evolutionary approach. 3rd edition. *Blackwell Scientific Publications*. Oxford. 374-397.
- Harris H. M.; Tate H. D. 1933. A leafminer attacking the cultivated onion. *Journal of Economic Entomology*. 26: 515-516.
- Harvey J. A., Kadash K., Strand M. R. 2000. Differences in larval feeding behavior correlate with altered developmental strategies in two parasitic wasps: implications for the size-fitness hypothesis. *Oikos*. 88: 621-629.
- Hassell M. P., Godfray H. C. J. 1992. *The population biology of insect parasitoids*. Pages 265-293 dans M. J. Crawley (éd.), Natural enemies. The population biology of predators, parasites and diseases. Blackwell Scientific Publications, Boston. (éds.), Parasitoid Community Ecology. Oxford University Press, New York. Insect parasitoid. Academic Press, London.
- Hawkins B. M., Thomas M., Hochberg M. E. 1993. Refuge theory and classical biological control. *Science*. 262: 1429-1432.

- Heimpel G. E., Collier T. R. 1996. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. *Biological Reviews*. 71: 373-400.
- Heinz K. M. 1990. *Biological control of leafminers and other floriculture pests-It is practicle?* Proceedings of the sixth Conference on Insect and Disease Management on Ornamentals. 50-56.
- Heinz K. M., Parrella M. P. 1990a. Biological control of insect pests on greenhouse marigolds. *Environmental Entomology*. 19: 825-835.
- Heinz K. M., Parrella M. P. 1990b. The influence of host size on sex ratios in the parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). *Ecological Entomology*. 15: 391-399.
- Herth A. 2011. *Le bio-contrôle pour la protection des cultures : 15 recommandations pour soutenir les technologies vertes*. Rapport au Premier ministre François Fillon - Mission parlementaire auprès de Bruno Le Maire, ministre de l'Agriculture, de l'Alimentation, de la Pêche, de la Ruralité et de l'Aménagement du territoire, confiée à Antoine Herth, député du Bas-Rhin. 156 p.
- Hills O. A., Taylor E. A. 1951. Parasitism of Dipteran leafminers in Cantaloupe and lettuce in Salt River Valley, Arizona. *Journal of Economic Entomology*. 44:759-62.
- Hondo T., Koike A., Sugimoto T. 2000. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). Japan. *Applied Entomology and Zoology*. 41(1): 73-82.
- Hondo T.; Koike A.; Sugimoto T. 2006. Comparison of thermal tolerance of seven native species of parasitoids (Hymenoptera: Eulophidae) as biological control agents against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Japan. *Applied Entomology and Zoology*. 41 (1): 73-82.
- Hsieh C. Y.; Allen W. W. 1986. Effects of insecticides on emergency, survival, longevity, and fecundity of the parasitoid *Diaeretiella rapae* (Hymenoptera; Apidiidae) from mummified *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae). *Journal of Economical Entomology*. 79: 1599-1602.
- Immaraju J. A. 1998. The commercial use of azadirachtin and its integration into viable pest control programs. *Pesticid's. Science*. 54: 285-289.
- INRA 2006. *Mouche mineuse américaine*. Montpellier. 2p.

- Isma M. B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annual Review of Entomology*. 51: 45-66.
- Iyatomi K. 1943. Studies of utilization of *Trichogramma japonicum*, an egg parasite of rice stem borer. Spec. Rep. Shizuoka Agric. Exp. Sta. 2, 1-107. *Journal of Economical Entomology*. 63. 1348-1349.
- Jinying H., Wangxi D., Schicheng Y., Wang Z. 1999. Studies on life-table of experimental population of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Acta de Entomologica Sinica*. 42: 291-296.
- Jacob-Remacle A. 1990. *Abeilles sauvages et pollinisation*. Unité de Zoologie générale et appliquée de la Faculté des Sciences agronomiques de Gembloux. 40p.
- Jacobs R. J., Kouskolekas C. A., Gross H. R. Jr. 1984. Responses of *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to residues of permethrin and endosulfan. *Environmental Entomology*. 13 : 355-358.
- Jinying H., Wangxi D., Schicheng Y., Wang Z. 1999. Studies on life-table of experimental population of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Acta Entomol Sin*. 42: 291-296.
- Javed H., Aziz M. A., Leghari R. A. K. 2009. Resistance in different okra cultivars (*Abelmoschus esculentus* L.) against American bollworm (*Helicoverpa armigera* Hub.). *Journal of Agricultural Research* 47 (4): 433-438.
- Jervis M. A., Kidd N. A. C. 1986. Host-feeding strategies in Hymenopteran parasitoids. *Biological Reviews*. 61: 395-434.
- Johnson M. W. 1987. Parasitization of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) Infesting Commercial Watermelon Plantings in Hawaii. *Journal of Economical Entomology*. 80(1): 56-61.
- Johnson M. W., Oatman E. R., Wyman J. A. 1980a. Effects of insecticides on populations of the vegetable leafminer and associated parasites on summer pole tomatoes. *Journal of Economical Entomology*. 73: 61-66.
- Jones V. P., Parrella M. P., Hodel D. R. 1986. Biological control of leafminers in greenhouse chrysanthemums. *California Agriculture*. 10-12.
- Jones W. E., Ciomperlik, M. A., Wolfenbarger, D.A. 1998. Lethal and sublethal effects of insecticides on two parasitoids attacking *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control*. 11: 70-76.

- Joomaye A., Price N. S. 2000. *Pest risk analysis and quarantine of fruit flies in the Indian Ocean Region*. 36 p.
- Kadiri Z., Ramzi H., Villemant C. 1989. *Le cycle biologique de Lymantria dispar*. Documents scientifiques et techniques. n°3 actes éditions. Rabat.
- Kaneshiro L. N., Johnson M. W. 1996. Tritrophic Effects of Leaf Nitrogen on *Liriomyza trifolii* (Burgess) and an associated parasitoid *Chrysocharis oscinidis* (Ashmead) on Bean. *Biological Control*. 6:186-192.
- Kazmer D. J., Luck R. F. 1995. Field tests of the size-fitness hypothesis in the egg parasitoid *Trichogramma pretiosum*. *Ecology*. 76: 412-425.
- Keil C. B., Parrella M. P. 1983. *Liriomyza trifolii* on chrysanthemums and celery: managing an insecticide resistant population. *Proc. Annu. Industry Conf. Leafminer*. 3: 162-167.
- Keil C. B., Parrella M. P. 1990. Characterization of insecticide resistance in two colonies of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economical Entomology*. 83: 18-26.
- Kekeunou S., Messi J., Weise S., Tindo M. 2006. Insect pests' incidence and variations due to forest landscape degradation in humid forest zone of southern Cameroon: famers' perception and need for adoption and integred pest management strategy. *African Journal of Biotechnology*. 5 (7): 555.
- Kershen L. D. 2000. The concept of natural: implications for biotechnology regulation. *AgroBiotechnology Forum* 3 (1): 69-74.
- King B. H. 1987. Offspring sex-ratios in parasitoids wasps. *Quarterly Review of Biology*. 62:367395.
- Kinuthia W., Li D., Schmidt O., Theopold U. 1999. Is the surface of endoparasitic wasp eggs and larvae covered by a limited coagulation reaction? *Journal of Insect Physiology*. 45: 501-506.
- Knott J. E. & Deanon Jr. 1967. *Vegetable production in South-East Asia*. University of the Philippines Press, Los Baños, Philippines. 366 p.
- Ko F.N.; Huang T.F.; Teng C.M. 1991. Vasodilatory action mechanisms of apigenin isolated from *Apium graveolens* in rat thoracic aorta. *Biochimica and Biophysica Acta*. 1115(1): 69-74.

- Koller M. 2018. *Conseils phytosanitaires pour la culture maraichère bio*. FIBL Fiche technique. Paper N° 1649.
- Krebs J. R., Dawkins R. 1984. Animal signals: mind-reading and manipulation. In: Krebs JR, Davis NB (eds) *Behavioural ecology: an evolutionary approach*. 2nd edition. *Blackwell Scientific Publications*. Oxford. 380-402.
- Kumar R. 1991. *La lutte contre les insectes ravageurs: La situation de l'agriculture africaine (régions tropicales)*. ed: Karthala-CTA: 310p.
- Lange W. H., Gricarick A. A., Carlson E. C. 1957. Serpentine leafminer damage. *California Agriculture*. 11: 3-5.
- Lange W. H., Agosta G. G., Goh K. S., Kishiyama J.S. 1980. Field effect of insecticides on chrysanthemum leafminer and a primary parasitoid, *Chrysocharis ainsliei* (Crawford), on artichokes in California. *Environmental Entomology*. 9 : 561-562.
- LaSalle J. 1993. *Hymenoptera and biodiversity* In LaSalle J. and Gauld I.D. (éd) *Hymenoptera and biodiversity*. CAB International, Wallingford. 197-215.
- Latour X., Faure D., Diallo S. 2008. Lutte contre les maladies bactériennes de la pomme de terre dues aux *Pectobacterium* spp. (*Erwinia carotovora*). *Cahiers Agriculture*. 17 : 355-60. doi : 10.1684/agr.2008.0210.
- Lawrence P. O. 1986. Host-parasitoid hormonal interactions: an overview. *Journal of Insect Physiology*. 32: 295-298.
- Lawrence P. O. 1990. The biochemical and physiological effects of insects hosts on the development and ecology of their parasites: an overview. – *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 13: 217-228.
- Leibee G. L. 1981. Insecticidal control of *Liriomyza* spp. on vegetables. Proc. IFAS -Industry conf. on biology and control of *Liriomyza* leafminers. 2: 216-220.
- Leibee G. L. 1984. Influence of temperature on development and fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on celery. *Environmental entomology*. 68: 497-501.
- Letouzey R. 1968. *Etude phyto-géographique du Cameroun*. Ed: Paul le Chevalier. (Paris V°). Paris. 511p.

- Leung W-T.W., Busson F., Jardin C. 1968. *Food composition table for use in Africa*. FAO, Rome, Italy. 306 pp.
- Li L-Y. 1994. Worldwide use of *Trichogramma* for biological control on different crops: a survey. 37-51pp. Dans E. Wajnberg et S.A. Hassan (éds.), *Biological control with egg parasitoids*. CAB INTERNATIONAL, Wallingford.
- Li X., Webb B. A. 1994. Apparent functional role for a cysteine-rich polydnavirus protein in suppression of insect of insect cellular immunity. *Journal of Virology*. 68: 7482-7489.
- Liquido N. J., Shinoda L. A., Cunningham R. T. 1991. Host plant of the Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae): an annotated world review. *Entomology Society of America*. 52 p.
- Liu S., Wang X., Guo S., He J., Shi Z. 2009. Seasonal abundance of the parasitoid complex associated with the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) in Hangzhou, China. *Bulletin of Entomological Research*. 90 (3): 221-231.
- Lizardi P. S., O'rourke M. K., Morris M. J. 2007. The effects of organophosphate pesticide exposure on Hispanic children's cognitive and behavioral functioning. *Journal of Pediatric Psychology*. 14p.
- Locker E. S. 1994. On being a parasite in an invertebrate host: a short survival course. – *The Journal of Parasitology*. 80 : 728-747.
- Lord K. A., May M. H., Stevenson J. H. 1968. The secretion of the systemic insecticides dimethoate and phorate into nectar. *Annual of Apply Biology*. 61: 19-27.
- Losch B., Defina C., Deveze J. C. 1996. Rappels sur la diversité agro-écologique des zones tropicales humides. In: «*Les agricultures des zones tropicales humides*». CiradMinistère de la coopération française : 47-56.
- Lucas P.-D., Sylvanielo C., François E., Ragot S. 2018. La Protection Biologique Intégrée contre les insectes ravageurs en cultures maraichères, par l'utilisation de ressources locales et de techniques agro-écologiques. *Innovations Agronomiques*. 64 : 61-70
- Luck R. F.; Nunney L. 1999. A Darwinian view of host selection and its practical implications. In Hawkins A. & Cornell H.V. (eds): *Theoretical Approaches to Biological Control*. Cambridge University Press, Cambridge, UK. 283–303.
- Luckhart S., Webb B. A. 1996. Interaction of a wasp ovarian protein and polydnavirus in host immune suppression. *Developmental and Comparative Immunology*. 20: 1-21.

- Lynch J. A. 1986. *Distribution of Liriomyza Leafminers and Associated Hymenopterous Parasites on Watermelon in Hawaii*. M.S. Thesis. Department of Entomology, University of Hawaii at Manoa.
- Mackauer M. 1991. Host discrimination and larval competition in solitary endoparasitoids. In: *Critical issues in biological control* (ed. M. Mackauer L. E. Ehler & J. Roland). 41-62.
- Maier C. T. 2001. Exsotic Lepidopteran leafminer in North American apple orchards: rise to prominence, management, and future treats. *Boil. Invasions*. 3: 283-293.
- Mariau, Morin 1974. "The Biology of *Coelaenomenodera elaeidis* MLK, the Natural Larvae Mortality," *Oléagineux*. 29 (12): 551-555.
- Marmaras S. L., Charalambidis N., Zervas N. 1996. – Immune response in insects: role of phenoloxidase in defense. – *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 31: 119133.
- Martin T., Ochou Ochou, G., Hala N'klo, F., Vassal J.M., Vaissayre M. 2000. Pyrethroid resistance in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner), in West Africa. *Pest Management*. 56: 549-554.
- Mauchamp B. 1988. *La diapause ou comment passer l'hiver dehors quand on est un insecte...* insectes N° 69 (1988-2000).
- Mayhew P. J., Van Alphen J. J. M. 1999. Gregarious development in alysiine parasitoids evolved through a reduction in larval aggression. *Animal Behaviour*. 58: 131-141.
- Messi J., Tchuengem fohouo F. N. 1998. Activités d'*Apis mellifera*. (Hymenoptera: Aphidae) sur les inflorescences de *Zeas mays*. (Poaceae) et ses conséquences sur les rendements en grains à Yaoundé (Cameroun). *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I. Série Sciences Naturelles et Vie*. 34 (2): 217-222.
- Messiaen C. M. 1989. *Le potager tropical*. 2nd ed: ACCT-CILF. P U F Paris. 580 p.
- Messiaen C.-M. 1974. *Le potager tropical*. 2. Cultures spéciales. Presses Universitaires de France, Paris, France. 374-379.
- Micha S. G., Kistenmacher S., Mölck G., Wyss U. 2000. Tritrophic interactions between cereals, aphids and parasitoids: discrimination of different plant-host complexes by *Aphidius rhopalosiphi* (Hymenoptera: Aphidiidae). *European Journal of Entomology*. 97: 539-43.

- Michel B., Bournier J. P. 1997. *Les auxiliaires dans les cultures*: CIRAD. Montpellier. 88p.
- Michereff M. F. F., Laumann R. A., Borges M. *et al.* 2011. Volatiles mediating a plantherbivore-natural enemy interaction in resistant and susceptible soybean cultivars, *Journal of Chemical Ecology*. 37 (3): 273-285.
- Miller D., Watt M. N. 1915 Contributions to the study of New Zeland Entomology. *Economical and Biological Standpoint*. 47: 274-284.
- Ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). 2009. *Dépenses alimentaires des Québécois dans la grande distribution au détail*. 52 p.
- Minkenberg O. P. J. M., Van Lenteren J. 1986. The leafminer *Liriomyza bryoniae* and *L. trifolii* (Diptera: Agromyzidae), their parasites and host plants: Agricultural University Wagenigen. *Papers*. 86: 1-50.
- Minkenberg O. P. J. M. 1988. Dispersal of *Liriomyza trifolii*. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin*. 18: 173-182.
- Minkenberg O. P. J. M. 1989. Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. *Annals of Apply Biology*. 115: 381-397.
- Mitchell E. R., Tingle F.C., Navasero-Ward R.C., Kehat M. 1997. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae): parasitism by *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) in cabbage. *Florida Entomologist*. 80: 477-489.
- Moraes M. C. B., Laumann R., Sujii E. R., Pires C., Borges M. 2005. Induced volatiles in soybean and pigeon pea plants artificially infested with the neotropical brown stink bug, *Euschistus heros*, and their effect on the egg parasitoid *Telenomus podisi*, *Entomologia Experimentalis y Applicata*. 115 (1): 227-237.
- Moreau S. J. M., Eslin P., Giordanengo P., Doury G. 2003. Comparative study of the strategies evolved by two parasitoids of the *Asobara* genus to avoid the immune response of the host, *Drosophila melanogaster*. – *Developmental and Comparative Immunology*. 27: 273-282.
- Moreau S. J. M.; Guillot S (2005) Advances and prospects on biosynthesis, structures and functions of venom proteins from parasitic wasps. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 35: 1209-1223

- Morrison L. W., Gilbert L. E. 1999. Host specificity in two additional *Pseudatona* spp. (Diptera: Phoridae), parasitoids of *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Florida Entomologist*. 82: 404-409.
- Mouches C., Pauplin Y., Agarwal M., Lemieux L., Herzog O., de Saint Vincent T. B. R., Georgiou G. P., Pasteur N. 1990. Characterization of amplification core and esterase B1 gene responsible for insecticide resistance in culex. *Process of Natural and Academic Science. USA*. 87(7): 297-302.
- Mujica N., Kroschel J. (2011). Leafminer fly (Diptera: Agromyzidae) occurrence, distribution, and parasitoid associations in field and vegetable crops along the Peruvian coast. *Environmental Entomology*. 40: 217-230.
- Murphy S. T., LaSalle J. 1999. Balancing biological control strategies in the IPM of New World invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. *Biocontrol News and Informations*. 20: 91-104.
- Musgrave C. A., Poe S. L., Weems H. V. 1975. The vegetable leafminer *Liriomyza sativae* Blanchard. *Entomology Circular, Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry* 162: 1-4.
- Mvogo C., 2005. *Référentiel technico-économique du maraîchage péri-urbain à Yaoundé*; Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome. Université de Dschang. Dschang. 97 p.
- Nestle M., Nesheim M. C. 2012. *Why Calories Count: From Science to Politics*. University of California Press. p. 189. ISBN 9780520262881.
- Nguimdo J. D. 2007. *Contribution à la recherche d'une stratégie de protection d'Apium graveolens* Linné, 1753 (Apiaceae) contre *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera Agromyzidae). Mémoire DEA. Université de Yaoundé. 46p.
- Nguegang A. P. 2008. L'agriculture urbaine et périurbaine à Yaoundé : analyse multifonctionnelle d'une activité montante en économie de survie. Thèse. ULB. 200 p.
- Noyes J. S. 2002. *Interactive Catalogue of World Chalcidoidea* (2001 - second edition). CDROM. Taxapad and The Natural History Museum, London, UK.
- Noyes J. S. 2004. Universal Chalcidoidea. Data base. The Natural History Museum (On line). Available on the <http://www.nhm.ac.uk/entomology/chalcidoids> (Accessed on 02-032007).

- O'Brien P. J., Elzen G. W., Vinson S. B. 1985. Toxicity of Azinphos methyl and chlordimeform to parasitoid *Bracon mellitor* (Hymenoptera: Braconidae): Lethal and reproductive effects. *Environmental Entomology*. 14: 891-894.
- Oatman E. R.; Michelbacher A. E. 1959. The melon leafminer, *Liriomyza pictella* (Thompson) (Diptera-Agromyzidae). II. Ecological studies. *Journal of Economical Entomology*. 52 (1): 83-89.
- Oliveira C., Bordat D., Letourmy P. 1995. Effect of temperature on oviposition behaviour of female *Liriomyza trifolii* and *L. huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) leaf miners. *Fruits*. 49: 17-21.
- Ouédraogo I., Savadogo P., Tigabu M., Cole R., Oden P.C., Ouadba J.M. 2009. Is rural migration a threat to environmental sustainability in southern Burkina Faso? *Land Degradation and Develop.* 20(2): 217-230.
- OMAFRA Staff 2008. *Fight against pests: pest resistance to insecticides, fungicides and acaricides*. www.omafra.gov.on.ca/.../2resistance.htm. Site maintained by the Government of Ontario, Canada.
- Ontario Ministry of Agriculture and Food. 1989. 1990-91 insects and diseases control in the home garden. *Publication*. 64-95.
- Ortiz R. G. 2009. *Bio-systematic contributions to Agromyzidae (Diptera)*. Thesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. P. 422.
- Panneton B., Vincent C., Fleurat-Lessard F. 2000a. *Place de la lutte physique en phytoprotection*, 1-24 pp. in Vincent C., Panneton B. et Fleurat-Lessard F. (Eds.) *La lutte physique en phytoprotection*. INRA Editions. Paris. 347 p.
- Panneton B., Vincent C., Fleurat-Lessard F. 2000b. *Bilan et perspectives pour la lutte physique en phytoprotection*. 333-339 pp. in C. Vincent, B. Panneton et F. Fleurat Lessard (Eds.) *La lutte physique en phytoprotection*. INRA Editions. Paris. 347 p.
- Paré-Chamontin A. 2010. *Contribution au développement d'une organisation vigilante : cas de la detection d'organismes nuisibles aux végétaux agricoles en France métropolitaine*. 234p.
- Parkinson N., Smith I., Weaver R., Edwards J. P. 2001. A new form of arthropod phenoloxidase is abundant in venom of the parasitoid wasp *Pimpla hypochondriaca*. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 31: 57-63.

- Parrella M. P., Robb K.L., Bethke J. 1983. Influence of selected host plants on biology of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Annals of the Entomological Society of America*. 76:112-115.
- Parrella M. P., Bethke J. A. 1984. Biological studies of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) on chrysanthemum, aster and pea. *Journal of Economic Entomology*. 77: 342-345.
- Parrella M. P., Keil, C. B. 1985. Toxicity of methamidophos to four species of Agromyzidae. *Journal of Agricultural Entomology*. 2(3): 234-37.
- Parrella M. P. 1987. Biology of *Liriomyza*. *Annual Review of Entomology*. 32: 201 -224.
- Parrella M. P., Jones V. P. 1987. Development of integrated pest management strategies in floricultural crops. *Bulletin of Entomological Society of America*. 33: 28-34.
- Parrella M.P.; Yost J.T.; Heinz K.M.; Ferrentino G.W. 1989. Mass rearing of *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economical Entomology*. 82: 420-425.
- Patel K. J., Schuster D. J. 1991. Temperature-dependent fecundity, longevity, and host-killing activity of *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae) on third instars of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Environmental Entomology*. 20: 1195-1199.
- Patel K. J., Schuster D. J., Smerage G. H. 2003. Density dependent parasitism and host-killing of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) by *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae). *Florida Entomologist*. 86(1): 7p.
- Pauly A. 1998. Hymenoptera - Apoidea du Gabon. *Annal of Science and Zoology. Tervuren*. 282 : 121 p.
- Petcharat J. 2002. Larval parasitoids of agromyzid leafminer genus in the southern Thailand: species and their host plants. *Songklanakarin Journal of Scientific Technology*. 24: 467-472.
- Pennocchio F., Strand M. R. 2006. Evolution of developmental strategies in parasitic Hymenoptera. *Annual review of entomology*. 51: 233-258. Peterson R. L., Peterson C. A., Melville L. H. 2008. *Teaching Plant Anatomy Through Creative Laboratory Exercises*. NRC Press. ISBN 9780660197982.

- Petitt L. F. 2004. Rearing and release of (Hymenoptera: Braconidae) for biological control of leafminers at the Walt Disney World Resort. Symposium: Advances In Management For Agromyzid Leaf Miners. 2004. *Entomological Society of America*. Annual Meeting and Exhibition.
- Petitt F. L., Turlings T. C. J., Wolf S. P. 1992. Adult experience modifies attraction of the leafminer parasitoid *Opius dissitus* (Hymenoptera: Braconidae) to volatile semiochemicals. *Journal of Insect Behavior*. 5: 623-634.
- Pimentel D., Mc Nair S. *et al.*, 2001. "Economic and environmental threats of alien plant, animal, and microbe invasions", *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 84: 1-20.
- Poe S. L., Everett P. H., Schuster D. J., Musgrave C. A. 1978. Insecticidal effects on *Liriomyza sativae* larvae and their parasites on tomato. *Journal of Georgia Entomological Society*. Th. 13: 322-324.
- Pohronezny K., Waddill V. H., Stall W. M., Dankers W. 1978. Integrated control of the vegetable leafminer (*Liriomyza sativae* Blanchard) during the 1977-78 tomato season in Dade County, Florida. *Process of Florida Horticulture Society*. 91: 264-267.
- Potier D. 2014. *Pesticides et agro-écologie, les champs du possible*. Rapport de Dominique Potier, député de Meurthe-et-Moselle, au premier ministre Manuel Valls, 252 p.
- Potter D. A. 1985. Population regulation of the native holly leafminer, *Phytomyza ilicicola* Loew (Diptera: Agromyzidae), on American holly. *Oecologia*. 66: 499-505.
- Potting R. P. J., Snellen H. M., Vet L. E. M. 1997. Fitness consequence of superparasitism and mechanism of host discrimination in the stem borer parasitoid *Cotesia flavipes*. *Entomological Experimental and Applied*. 82: 341-348.
- Price J. F., Harbaugh B. K. 1981. *Effect of cultural practices on Liriomyza* : 156-185. In: D. J. Schuster (ed.). Proc. I FAS Conf. Biol. Control of Liriomyza leafminers. Buena Vista Lake, Florida, U.S.A.
- Prolinnova Cameroun 2011. *Rapport de l'atelier de formation en développement participative de l'innovation paysanne*. Yaoundé-Cameroun 21p.
- Quiros C. F. 1998. Molecular markers and their application to genetics, breeding and evolution of *Brassica*. *Journal of Japan Society of Horticultural School*. 67: 1180-1185.
- Rafalimanana H. J. 2003. *Évaluation des effets d'insecticides sur deux types d'Hyménoptères auxiliaires des cultures, l'abeille domestique (Apis mellifera L.) et les parasitoïdes de*

- pucerons : études de terrain à Madagascar et de Laboratoire en France*. Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris-Grignon, France. 206p.
- Rathman R. J., Johnson, M. W., Rosenheim, J. A., and Tabashnik, B. E. 1990. Carbamate and Pyrethroid resistance in the leafminer parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Economical Entomology*. 83: 2153-2158.
- Read D. C. 1962. Notes on life history of *Aleochara bilineata* (Gyll.) (Coleoptera: Staphilinidae) and on its potential value as a control agent for the Cabbage maggot, *Hylemya brassicae* (Bouche) (Diptera: Antomyiidae). *Canadian Entomologist*. 94: 417-424.
- Reddy G. V. P., Holopainen J., K., Guerrero A. 2002. Olfactory responses of *Plutella xylostella* natural enemies to host pheromone, larval frass, and green leaf cabbage volatiles. *Journal of Chemical Entomology*. 28:131-43.
- Reina P., La Salle J. 2004. Two new species of *Quadrastichus* Girault (Hymenoptera: Eulophidae), parasitoids of the leafminers *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) and *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Hymenoptera Research*. 13: 108-119.
- Reitz S. R., Kund G. S., Carson W.G., Phillips P. A., Trumble J. T. 1999. Economics of reducing insecticide use on celery through low-input pest management strategies. *Agricultural Ecosystem and Environment*. 73: 185-197.
- Reitz S. R., Gao Y, Lei Z. 2013. Insecticide use and the ecology of invasive *Liriomyza* leafminer management. doi.org/10.5772/53874.
- Riba G., Silvy C. 1989. *Combattre les ravageurs des cultures : enjeux et perspectives*. Ed. INRA Paris. 230p.
- Richards E. H., Parkinson N. M. 2000. Venom from the endoparasitic wasp *Pimpla hypochondriaca* adversely affects the morphology, viability, and immune function of hemocytes from larvae of the tomato moth *Lacanobia oleracea*. *Journal of Invertebrates Pathology*. 76: 33-42.
- Riechert S. E., Lockley T. 1984. Spiders as biological control agents. *Annual Review of Entomology*. 29: 299-320.

- Rihab M. 2012. *Compétition, intra- et interspécifique chez deux parasitoïdes sympatriques : résolutions des conflits sur les stratégies d'exploitation des hôtes*. Université FrançoisRabelais, Tours. Tours. 229p.
- Roger C., Vincent C., Coderre D. 1995. Mortality and predation efficiency of *Coleomegilla lengi* Timb. (Col., Coccinellidae) following application of Neem extracts (*Azadirachta indica* A. Juss., Meliaceae). *Journal of Applied Entomology*. 119: 439-443.
- Rogers M. E., Dewdney M. M. 2012. Florida Citrus Pest Management Guide: Pesticide Resistance and Resistance Management. Publication ENY-624.
- Rogers M. E., Stansly P. A., Stelinski L. L. 2012. *Florida Citrus Pest Management Guide: Asian Citrus Psyllid and Citrus*. Publication ENY -734.
- Rose M., DeBach P. 1990. *Foreign exploration and importation of natural enemies*. In Rosen D (éd) Armored scale insects: their biology, natural enemies and control. p. 417-431. Elsevier, Amsterdam. Simberloff D, Stiling P (1996a) How risky is biological control? *Ecology*. 77: 1965-1974.
- Rosenheim J. A., Rosen D. 1991. Foraging and oviposition decisions in the parasitoid *Aphytis lingnanensis*: distinguishing the influences of egg load and experience. *Journal of Animal and Ecology*. 60: 873-893.
- Roth M. 1974. *Initiation à la morphologie, la systématique et la biologie des insectes*. ORSTOM: Paris. 259p.
- Roush T. R., Mc Kenzie A. J. 1987. Ecological genetics of insecticide and acaricide resistance. *Annual Reviews Entomology*. 32: 361- 380.
- Rowell B., Bunsong N., Sathaporn K., Phithamma S. and Doungsa-Ard C. 2005. Hymenopteran parasitoids of diamondback moth (Lepidoptera: Ypeunomeutidae) in northern Thailand. *Entomology Society of America*. 98 (2): 449–456.
- Rowfida A. B., Abou-attia F. A., Samy M. A., Asmhan E., Youssef, Ueno T. 2007. Parasitoid Wasps Attacking the American Serpentine Leafminer *Liriomyza trifolii* in Kafr ELShiekh, Egypt. *International Journal of Zoological Investigations*. 3 (1) 15-20.
- Rubatzky V. E., Yamaguchi M. 1997. *World vegetables: principles, production and nutritive values*. 2nd Edition. Chapman & Hall, New York, United States. 843 p.

- Saha D., Mukhopadhyay A. 2013. Insecticide resistance mechanisms in three sucking insect pests of tea with reference to North-East India: an appraisal. *International Journal of Tropical Insect Science* 33(1): 46–70.
- Saito T., Oishi T., Ikeda F. T., Sawai 1992. Effect of insecticides on the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). Japan. *Journal of Applied Entomology and Zoology*. 36: 183-191.
- Saito T; Oishi T., Ikeda F. 1993. Resurgence of *Liriomyza trifolii* Burgess caused by the application of permethrin in a greenhouse. *Process of Kanto Plant Protection Society*. 40: 233-234.
- Salt G.1961. Competition among insect parasitoids. Symposium. *Society of Experimentation and Biology*. 96-119.
- Sanborn M., Cole D., Kerr K., Vakil C., Sanin L. H., Bassil K., 2004. *Pesticides Literature Review*. Ontario College of Family Physicians. 186 p.
- Salvo A., Valladares G. R. 2007. Leafminer parasitoids and pest management. *Cien. Invertebrates and Agriculture*. 34(3):125-142.
- Santolamazza-Carbone S., Cordero Rivera A., 2003. Superparasitism and sex-ratio adjustment in a wasp: results at variance with Local Mate Competition? *Oecologia*. 136: 365-373.
- Schmidt O., Schuchmann-Fedderson I. 1989 – *Role of virus-like particles in parasitoid-host interaction of insects*. In: Harris J. R. (ed.), *Subcellular Biochemistry*. p. 91-118. New York: Plenum Publishing Corporation. serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Annual Report of Kanto-Tosan Plant Protection Society*, Tsukuba, Japan; 49: 109-112.
- Schmidt O., Andersson K., Will A., Schuchmann-Fedderson I. 1990. Viruslike particle proteins from a hymenopteran endoparasitoid are related to a protein component of the immune system in the lepidopteran host. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 13: 107-115.
- Schoonhoven L. M., Loon J. A. V., Dicke M. 2005. *Insect-plant biology, 2nd ed.* Oxford University Press, Hampshire, United Kingdom.
- Schuster D. J., Wharton R. A. 1993. Hymenopterous parasitoids of leaf-mining spp. (Diptera: Agromyzidae) on tomato in Florida. *Environmental Entomology*. 22: 1188-1191.

- Sentenac G., Thiéry D., Delbac L. 2008. Les méthodes de lutte biologiques ou biotechniques contre les insectes et acariens nuisibles à la vigne. *Progrès Agricole et Viticole*. 127(19) : 401- 407.
- Simon S., Kougang Mboueda G., Bikoula Nanga E. 2010. Extension de la pourriture molle du céleri branche en maraîchage périurbain de Yaoundé (Cameroun). *Cahiers Agricultures*. 19(6): 460-464.
- Shaaban A. 2006. Biological control of the leafminer, *Liriomyza trifolii* by introduction, releasing, evaluation of the parasitoids *Diglyphus isaea* and *Dacnusa sibirica* on vegetables crops in greenhouses in Egypt. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 39: 439-443.
- Sharkey M. J., Wharton R. A. 2007. In key Data Sets. World wide web electronical publication. <http://www.uky.edu> (accessed on 04-04-2007).
- Shelby K. S., Webb B. A. 1999. Polydnavirus-mediated suppression of insect immunity. *Journal of Insect Physiology*. 45: 507-514.
- Shelby K. S., Adeyeye O. A., Okot-Kotber B. M., Webb B. A. 2000. Parasitism-linked block of host plasma melanization. *Journal of Invertebrates and Pathology*. 75: 218-225.
- Sher R. B., Parella M. P., Kaya K. M. 2000. Biological control of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess): Implications for intraguild predation between *Diglyphus begini* Ashmead and *Steinernema carpocapsae* (Weiser). *Biological Control*. 17: 155-163.
- Simon S., Mboueda Kougang G., Nanga Bikoula E. 2010. Extension de la pourriture molle du céleri branche en maraîchage périurbain de Yaoundé (Cameroun). *Cahiers Agricultures*. 19(6):460-464.
- Smith F.F.; Boswell A. L.; Wave H. E. 1962. New chrysanthemum leaf miner species. *Florists' Review*. 130: 29-30.
- Sorrentino R. P., Carton Y., Govind S. 2002. Cellular immune response to parasite infection in the *Drosophila* lymph gland is developmentally regulated. *Developmental Biology*. 243 : 65-80.
- Soua N. J., Gockowski P. A., Elong David O. 2004. *Urban agriculture in Yaoundé: socioeconomic contribution in the household*. Urban Harvest Report. 53p.
- Spencer K. A. 1973. *Agromyzidae (Diptera) of economic importance*. Series Ent. 9. Dr W. Junk. The Hague. The Netherlands. 418p.

- Speyer E. R., Parr W. J. 1949. Animal pest. I. Tomato leafminer (*Liriomyza solani*) (Hering). *Report of Experimental Research Stn. Sheshunt.* 35: 48-56.
- Staley J. T., Mortimer S. R., Masters G. J., Morecroft M. D., Brown V. K., Taylor M. E. 2006. Drought stress differentially affects leaf-mining species. *Ecology and Entomology.* 31: 460-469
- Stapel J. O., Cortesero A. M., Lewis W. J. 1999. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Biological Control.* 17: 243-249.
- Statistique Canada. 2010. *Statistiques sur les aliments.* No 21-020-X au catalogue. 45 p.
- Stegmaier C. E. 1966. Host plants and parasites of *Liriomyza trifolii* in Florida (Diptera: Agromyzidae). *Florida Entomologist.* 49: 75-80.
- Stettler P., Trenczek T., Wyler T., Pfister-Wilhelm R., Lanzrein B. 1998. Overview of parasitism associated effects on host haemocytes in larval parasitoids and comparison with effects of the egg-larval parasitoid *Chelonus inanitus* on its host *Spodoptera littoralis*. *Journal of Insect Physiology.* 44: 817-831.
- Stoll G. 2000. *Natural crop protection in the tropics.* CTA/AGRECOL. 376 p.
- Strand M. R. 1994. *Microplitis demolitor* polydnavirus infects and expresses in specific morphotypes of *Pseudoplusia includens* haemocytes. *The Journal of General Virology.* 75: 3007-3020.
- Strand M. R., Casas J. 2008. Parasitoid and host nutritional physiology in behavioral ecology. *Behavioural Ecology of Insect Parasitoids: From Theoretical Approaches to the field.* 114-128.
- Strand M. R., Pech L. L. 1995a. Immunological basis for compatibility in parasitoid-host relationships. *Annual Review of Entomology.* 40: 31-56.
- Strand M. R., Whiterell R., Trudeau D. 1997. Two *Microplitis demolitor* polydnavirus mRNAs expressed in hemocytes of *Pseudoplusia includens* contain a common cysteinrich domain. *Journal of Virology.* 71: 2146-2156.
- Strand M. R., Clark K. C., Gardiner E. M. M. 1999. Plasmacyte spreading peptide does not induce *Microplitis demolitor* polydnavirus infected plasmacytes to spread on foreign surfaces. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology.* 40: 41-52.

- Suchel J. B. 1988. *Les climats du Cameroun*. Thèse de doctorat d'état, Université de SaintEtienne, France. 1188p + 332 figures.
- Sushila Nadagouda K., Thulassiram B. V. P., Somasekhar 1997. Developmental periods of leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on different host plants. *Kamataka Journal of Agricultural Science*. 10 (4): 1003-1007.
- Tagne A., Ngeufack J., The C., Amvam Zollo P. H. 2002. Introduction aux pesticides: Les pesticides botaniques. In: «*Bulletin d'information phythosanitaire: utilisation des plantes à effets pesticides*». Organisation de l'Unité Africaine/ Conseil Phythosanitaire Interafricain. N° 33: 8 p.
- Tanaka T. 1987a. Morphological changes in haemocytes of the host, *Pseudaletia separata*, parasitized by *Microplitis mediator* or *Apanteles kariyai*. *Development and Comparative Immunology*. 11: 57-67.
- Tanaka T. 1987b. Effect of the venom of the endoparasitoid, *Apanteles kariyai* Watanabe, on the cellular defence reaction of the host, *Pseudaletia separata* Walker. *Journal of Insect Physiology*. 33: 413-420.
- Tanaka T., Wago H. 1990. Ultrastructural and functional maturation of teratocytes of *Apanteles kariyai*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 13: 187-197.
- Tanaka T, Chieka M. 2012. *Insecticides and Parasitoids, Insecticides - Advances in Integrated Pest Management*. Dr. Farzana Perveen (Ed.), ISBN: 978-953-307-780-2.
- Tchuenguem Fohouo F.N., Messi J., Pauly A. 2001. Activité de *Meliponula erythra* sur les fleurs de *Dacryodes edulis* et son impact sur la fructification. *Fruits*. 56: 179 - 188.
- Teague T. G., Horton D. L., Yearian, W. C., Phillips J. R. 1985. Benomyl inhibition of *Cotesia* (5 *Apanteles*) *marginiventris* survival in four Lepidopterous hosts. *Journal of Entomology and Science*. 20: 76-81.
- Timberlake P. H. 1924. Description of new Chalcid flies from Hawaii and Mexico (Hymenoptera). *Process of Hawai Entomology Society*. 5: 395-460.
- Tipping P. W., Burbutis P. P. 1983. Some effects of pesticide residues on *Trichogramma nubinale* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Journal of Economy and Entomology*. 76: 892-896.
- Tjosvold S. A., Chaney W. E. 2001. Evaluation of reduced risk and other biorational miticides on the control of spider mites (*Tetranychus urticae*). *Acta Horticultura*. 547: 93-96.

- Trumble, J. T. 1985. Integrated pest management of *Liriomyza trifolii*: influence of Avermectin, Cyromazine, and Methomyl on leafminer ecology in celery. *Agriculture and the Economy of the Environment*. 12(3): 181-188.
- Tsia D., Tan B. K. 2000. The mechanism underlying the hypocholesterolaemic activity of aqueous celery extract, its butanol and aqueous fractions in genetically hypercholesterolaemic RICO rats. *Life Science*. 66(8):7 55-67.
- Tran D. H., Tran T. T. A, Mai L. P., Ueno T., Takagi M. 2007. Seasonal abundance of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) and its parasitoids on vegetables in southern Vietnam. Kyushu University. *Journal of the Faculty of Agriculture*. 52: 49-55.
- Turnbull A. L. 1967. Populations dynamics of exotic Insects. *Bulletin of Entomology Society of America*. 13: 333-337.
- Ueno T.; Tran D. H. (2015) *Neochrysocharis okazakii* (Hymenoptera: Eulophidae) as a major parasitoid wasp of stone leek leafminer *Liriomyza chinensis* (Diptera: Agromyzidae) in Central Vietnam. DOI:10.1155/2015/179560.
- Ueno T. 1997. Effects of superparasitism, larval competition, and host feeding on offspring fitness in the parasitoid *Pimpla nipponica* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Annales of Entomology Society of America*. 90: 682-688.
- Van Alphen J. J. M., Janssen A. R. M. 1982. Host selection by *Asobara tabida* Nees (Hymenoptera: Alysiinae), a larval parasitoid of fruit inhabiting *Drosophila* species. II. Host species selection. – *Netherlands Journal of Zoology*. 32: 215-231.
- Van Alphen J.J. M., Visser M.E. 1990. Superparasitism as an adaptive strategy for insect parasitoids. *Annual Review Entomology*. 35: 59-79.
- Van Baaren J., Nénon J.P. 1996. Intraspecific larval competition in two solitary parasitoids, *Apoanagyrus (Epidinocarsis) lopezi* and *Leptomastix dactylopii*. *Entomology Experimented and Applied*. 81: 325-333.
- Van Baaren J., Landry B. L., Boivin G. 1999. Sex allocation and larval competition in a superparasitizing solitary egg parasitoids: competing strategies for an optimal sex-ratio. *Functional Ecology*. 13: 66-71.
- Van De Veire M. 1991. Progress in the IPM in the glasshouse vegetables in Belgium. *Bulletin SROP*.14: 22-32.

- Van den Assem J., van Iersel J. J. A., Los-Den Hartogh. 1989. "Is being large more important for female than for male parasitic wasps?". *Behaviour*. 108: 160-195.
- Van Der Linden A. 1991. Biological control of the leafminer *Liriomyza huidobrensis* in Dutchglasshouse tomatoes. Parasitoid *Epidinocarsis lopezi*. Rijksuniversiteit Gent. *Mededelingen Van de Faculteit Landbouwwetenschappen*. 6: 265-271.
- Van Der Linden A. 1993. Overwintering of *Liriomyza bryoniae* and *Liriomyza huidobrensis* in the Netherlands proceedings of the Section of Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society. 4: 145-150.
- Van der Meulen, van Leeuwen P. A. 1929. A study of the insecticidal properties of soap against the Japanese beetle. *Journal of Economical Entomology*. 22: 812-814.
- Van Dijken M.J., Waage J.K. 1987. Self and conspecific superparasitism by the egg parasitoid *Trichogramma evanescens*. *Entomology Experimented and Applied*. 43:183-192.
- Van Dijken M. J., Van Alphen J.J.M. 1991. Mutual interference and superparasitism in the solitary parasitoid *Epidinocarsis lopezi*. Rijksuniversiteit Gent. *Mededelingen Van de Faculteit Landbouwwetenschappen*. 56 (3b): 1003-1010.
- Van Driesche R. G., Bellows J. T. S. 1996. Biological control. Chapman et Hall. Toronto. In: the Netherlands proceedings of the Section Experimental and Applied Entomology of the Netherlands Entomological Society. 4: 145-150.
- Van Driesche R. G., Mason J. L., Wright S. E., Prokopy R. J. 1998. Effect of reduced insecticide and fungicide use on parasitism of leafminers (*Phyllonorycter* spp) (Lepidoptera: Gracillariidae) in commercial apple orchards. *Environmental Entomology*. 27: 578-582.
- Van Lenteren J. C., Overholt W. A. 1994. Ecology and Integrated Pest Management. *Insect Science Applied*. 6: 557-582.
- Van Mele P.; van Lenteren J. C. 2002. Survey of current crop management practices in a mixed-ricefield landscape, Mekong Delta, Vietnam potential of habitat manipulation for improved control of citrus leafminer and citrus red mite. *Agriculture Ecosystem and Environment*. 88: 35-48.
- Vayssiere. 1956. *La lutte biologique contre les ennemis des cultures*. CRA Agriculture. Fr. +1.

- Vayssières J. F., Goergen G., Lokossou O., Dossa P., Akponon C. 2005. A new *Bactrocera* species in Benin among mango fruit fly (Diptera: Tephritidae) species. *Fruits*. 60: 371-377.
- Vegetables, Herbs and Spices in Greek Antiquity (900 B.C. to 400 B.C.)". *Environmental Archeology* 10 (1): 73–82. doi:10.1179/146141005790083858.
- Vercambre B., Catalayud P. A. 1996. Interactions insectes-plantes. In: ORSTOM-CIRAD (ed): «actes des 5èmes journées de travail: Relations insectes-plantes. Montpellier. 98 p.
- Vet L. E. M., Datema A., Janssen A., Snellen H. 1994. Clutch size in a larval-pupal endoparasitoid: consequences for fitness. *Journal of Animal Ecology*. 63: 807-815.
- Vicat J. P., Bilong P. 1998. Introduction environnements et paléo-environnements. In Presses.
- Vincent C., Coderre D. 1992. *La lutte biologique*. Gaëtan Morin Editeur (Montréal) et Lavoisier Tech Doc (Paris). 671 p.
- Vincent C., Panneton B. 2001. Les méthodes de lutte physique comme alternatives aux pesticides. *Vertigo*. 2(2):
- Vinson S.B. 1976. Host selection by insect parasitoids. *Annual Review of Entomology*. 21: 109-133.
- Vinson S. B. 1980. Host suitability for insect parasitoids. *Annual Review of Entomology*. 25: 397-41.
- Vinson S. B. 1985. *The behaviour of parasitoids*. In: Kerkut G. A., Gilbert L. I. (eds). *Comprehensive insect physiology, biochemistry and pharmacology*. Pergamon, Oxford. 9: 417-469.
- Vinson S. B. 1998. The general host selection behavior of parasitoid hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larviphagous and oophagous species. *Biological Control*. 11: 79-96.
- Vinson S. B., Hegazi E. M. 1998. A possible mechanism for the physiological suppression of conspecific eggs and larvae following superparasitism by solitary endoparasitoids. *Journal of Insect Physiology*. 44: 703-712.
- Visser M. E. 1994. The importance of being large: the relationship between size and fitness in females of the parasitoid *Aphaereta minuta* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Animal and Ecology*. 63: 963-978.

- Visser M. E.; Driessen G. 1991. Indirect mutual interference in parasitoids. *Netherland Journal of Zoology*. 41:214-227.
- Visser M. E., van Alphen J. J., Nell H. W. 1990. Adaptive superparasitism and patch time allocation in solitary parasitoids: the influence of the number of parasitoids depleting a patch. *Behaviour*. 114: 21-36.
- Vuillet A. 1913. « La phytopathologie : son évolution récente », *Revue Scientifique*. 23: 718720.
- Waage J. K. 1982. Sex ratio and population dynamics of natural enemies-some possible interactions. *Annals of Applied Biology*. 101: 159-164.
- Waage J. K., Lane J. A. 1984. The reproductive strategy of a parasitic wasp. I. Optimal progeny and sex allocation in *Trichogramma evanescens*. *Journal of Animal and Ecology*. 53: 401-416.
- Waage J. K. 1986. Family planning in parasitoids: adaptive patterns of progeny and sexallocation. In: Waage JK, Greathead D.J., (eds) *Insect parasitoids*. Academic Press. London. 63-96.
- Waage J. K. 1990. Ecological theory and the selection of biological control agents. In: Mackauer M, Ehler LE, Ronald J. ed. *Critical Issues in Biological Control*. Intrecept Press. Andover. 135-158.
- Waage J. 1997. Global developments in biological control and the implication for Europe. EPPO bulletin. 27:5-13.
- Wajnberg E. 2010. *Genetics of the Behavioral Ecology of Egg Parasitoids*. 149-165.
- Wakisaka S., Tsukuda R., Nakasuji F. 1992. Effects of natural enemies, rainfall, temperature and host plants on survival and reproduction of the diamondback moth. In Diamondback moth and other crucifer pests: *Proceedings of the second International Workshop. 10–14 Dec. 1990, Asian Vegetable Research Centre, Shanshua, Taiwan*. (N. S. Talekar, ed). 15–26.
- Waterhouse D. F., Wilson F. 1968. Biological control of pests and weeds. *Science journal*. 4(12): 7-31.

- Webb B. A., Luckhart S. 1994. Evidence for an early immunosuppressive role for related *Campoletis sonorensis* venom and ovarian proteins in *Heliothis virescens*. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*. 26: 147-163.
- Wharton R. M. 2000. "Can braconid classification be restructured to facilitate portrayal of relationships?". In Austin, A. D.; Dowton, M. *Hymenoptera: evolution, biodiversity, and biological control*. 4th. International Hymenopterists Conference. Collingwood, Victoria, Australia: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). pp. 143–153.
- Webb B. A., Luckhart S. 1996. Factors mediating short- and long-term immune suppression in a parasitized insect. *Journal of Insect Physiology*. 42: 33-40.
- West S. A., Flangan K.W., Godfray H. C. J. 1996. The relationship between parasitoid size and fitness in the field, a study of *Achrysocharoides zwoelferi* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Animal and Ecology*. 65: 631-639.
- WHO 1986. *WHO Technical Report Service*. 87p.
- Woets J., Van Der Linden A. 1985. First experiments on *Chrysocharis parksi* Crawford (Hymenoptera: Eulophidae) as a parasite for leafminer control (*Liriomyza* spp.) (Diptera: Agromyzidae) in European greenhouse tomatoes. *Rijksuniversiteit Gent. Mededelingen Van de Faculteit Landbouwwetenschappen*. 50(2b):763-68.
- Wright D., Hugues R. D., Worrall J. 1960. The effect of certain predators on the numbers of cabbage root fly (*Erioischia brassicae* (Bouché)) and on the subsequent damage caused by the pest. *Annals of Applied Biology*. 48 (4): 756-763.
- Yu D. S., Achterberg C, Horstman K (2006). *Interactive Catalogue of World Ichneumonoidea, Taxonomy, biology, morphology and distribution*, Compact disc (Master version), Taxapad, Canada. 55p.
- Zheng G. Q., Kenney P. M., Zhang J., Lam L. K. 1993. Chemoprevention of benzo[a]pyrene induced fore stomach cancer in mice by natural phthalides from celery seed oil. *Nutrition and Cancer*. 19(1): 77–86.
- Zitter T. A., Tsai J. H., Harris K. F. 1980. Flies. In: *Vectors of plant pathogens* (éd. par Harris, K. F.; Maramorosch, K.), Academic Press, New York, Etats-Unis. 165-176.
- Zidorn C., Jöhrer K., Ganzera M., Schubert B., Sigmund E. M., Mader J., Greil R., Ellmerer E. P., Stuppner H. 2005. "Polyacetylenes from the Apiaceae Vegetables Carrot, Celery,

Fennel, Parsley, and Parsnip and Their Cytotoxic Activities". *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53** (7): 2518–23. doi:10.1021/jf048041s.

Zohary D., Hopf M. 2000. *Domestication of Plants in the Old World*, (3rd ed.) 202 p.

Liste des annexes

Annexe 1 : Statut agronomique des insectes circulant dans les agrosystèmes à base de céleri à Nkolondom

Groupe fonctionnel	Ordres	Familles	genres	Espèces	Abondances	Pourcentage (%)
Déprédateurs directs	Hémiptères	Coreidae	<i>Anoplocnemis</i>	<i>Anoplocnemis curvipes</i> Fabricius 1781	2	0,01
			<i>Cletus</i>	<i>Cletus</i> spp.	79	0,58
			<i>Leptoglossus</i>	<i>Leptoglossus australis</i> Fabricius	14	0,1
		Aphididae	<i>Aphis</i>	<i>Aphis gossypii</i> Glover	3927	28,87
		Pentatomidae	<i>Aspavia</i>	<i>Aspavia armigera</i> Fairmaire	39	0,28
			<i>Acrosternum</i>	<i>Acrosternum acutum</i> , Dallas	8	0,05
			<i>Nezara</i>	<i>Nezara viridula</i> Linné 1758	41	0,3
		Pyrrhocoridae	<i>Dysdercus</i>	<i>Dysdercus flavidus</i> Signoret 1860	47	0,34
				<i>Dysdercus völkeri</i> Schmidt	44	0,32
		Lygaeidae	<i>Graptostethus</i>	<i>Graptostethus Servus</i> (Fabricius, 1787)	27	0,19
			<i>Spilostethus</i>	<i>Spilostethus</i> spp.	17	0,12
			<i>Oxyceranus</i>	<i>Oxyceranus hyalinipennis</i> Costa	23	0,17
		Cicadellidae	<i>Jacobiasca</i>	<i>Jacobiasca hybrida</i> Bergevin & Zanon 1922	31	0,22
		Alydidae	<i>Riptortus</i>	<i>Riptortus dentipes</i> Fabricius 1787	9	0,06
			<i>Mirperus</i>	<i>Mirperus jaculus</i> Thunberg 1783	11	0,08
		Aleyrodidae	<i>Bemissia</i>	<i>Bemissia tabaci</i> Gennadius 1889	736	5,41
		Miridae	<i>Helopeltis</i>	<i>Helopeltis schoutedenis</i> , Reuter 1906	6	0,04
		Scutelleridae	<i>Sphaerocoris</i>	<i>Sphaerocoris annulus</i> Fabricius 1775	3	0,02
		Lépidoptères	Noctuidae	<i>Spodoptera</i>	<i>Spodoptera littoralis</i> Boisduval	176
	<i>Agrotis</i>			<i>Agrotis</i> sp.	4	0,02
	<i>Chrysodeixis</i>			<i>Chrysodeixis chalcites</i> Esper 1789	4	0,02
	<i>Hymenia</i>			<i>Hymenia recurvalis</i> Fabricius 1775	12	0,08
	<i>Acraea</i>			<i>Acraea eponina</i> Cramer 1780	3	0,02
	<i>Helicoverpa</i>			<i>Helicoverpa armigera</i> Hübner 1808	15	0,11
	<i>Spilarctia</i>			<i>Spilarctia flava</i>	60	0,44
	<i>Trichopulsia</i>			<i>Trichopulsia orichalcea</i> Fairmaire	17	0,12
	Tortricidae		<i>Tortrix</i>	<i>Tortrix</i> sp.	3	0,02
Orthoptères	Pyrgomorphidae	<i>Zonocerus</i>	<i>Zonocerus variegatus</i> Linné 1758	83	0,61	

		Acrididae	<i>Duronia</i>	<i>Duronia chloronata</i>	24	0,17
			<i>Horaeocerus</i>	<i>Horaeocerus nigricornis</i> Saussure, 1899	14	0,1
			<i>Atractomorpha</i>	<i>Atractomorpha acutipennis</i> Guerin-Méneville, 1844	17	0,12
			<i>Catantops</i>	<i>Catantops sacalava</i> Brancsik 1893	20	0,14
Déprédateurs directs et indirects	Hyménoptères	Braconidae	<i>Crématogaster</i>	<i>Crématogaster</i> sp.	55	0,4
			<i>Dorylus</i>	<i>Dorylus nigricans</i>	64	0,47
			<i>Myrmicaria</i>	<i>Myrmicaria opaciventris</i>	86	0,63
			<i>Camponotus</i>	<i>Camponotus</i> sp.	61	0,44
			<i>Pheidoles</i>	<i>Pheidoles megacephala</i>	44	0,32
			<i>Opius</i>	<i>O. agromyzicola</i>	2392	17,58
Ennemis naturels de <i>L. trifolii</i>		Eulophidae	<i>Neochrysocharis</i>	<i>N. agromyzae</i>	3097	22,76
	Névroptères	Chrysopidae	<i>Chrysops</i>	<i>Chrysops</i> sp.	7	0,05
Déprédateurs directs	Coléoptères	Lycidae	<i>Lycus</i>	<i>Lycus semiamplexus</i> Murray, 1868	7	0,05
		Chrysomelidae	<i>Altica</i>	<i>Altica nigrita</i> Laboissière	11	0,08
			<i>Medythia</i>	<i>Medythia quaterna</i> Fairmaire	21	0,15
			<i>Nisotra</i>	<i>Nisotra dilecta</i> Dalman 1823	13	0,09
			<i>Lema</i>	<i>Lema quadripartita</i> Lacordaire	5	0,03
		Tenebrionidae	<i>Aulacophora</i>	<i>Aulacophora foveicollis</i> Lucas 1849	16	0,01
			<i>Lamprocopa</i>	<i>Lamprocopa occidentalis</i> Weise 1895	11	0,8
			<i>Lagria</i>	<i>Lagria villosa</i> Fabricius, 1781	31	0,22
		Ennemis naturels des pucerons	Coccinellidae	<i>Cheilomenes</i>	<i>Cheilomenes lunata</i>	5
<i>Cheilomenes</i>	<i>Cheilomenes propinqua</i>			11	0,08	
Diptères	Syrphidae		<i>Ischiodon</i>	<i>Ischiodon aegypticus</i>	9	0,06
Ravageur principal	Diptères	Agromyzidae	<i>Liriomyza</i>	<i>Liriomyza trifolii</i>	2140	15,73

Annexe 2. Abondances mensuelles des larves et adultes de *Liriomyza trifolii* et des parasitoïdes

Différentes saisons	Mois et années	Température	Pluviométrie	Abondances mensuelles			
				larves	<i>N. agromyzae</i>	<i>L. trifolii</i>	<i>O. agromyzicola</i>
GSS	Janvier 2008	23,7	10,8	419	272	92	4
	Février 2008	25,2	6,8	528	346	119	0
PSP	Mars 2008	24,5	285,7	437	277	111	0
	Avril 2008	24,8	297,5	345	167	96	48
	Mai 2008	25,1	194,4	343	46	66	202
	Juin 2008	25,1	276,3	424	33	78	281
PSS	Juillet 2008	24,2	78,9	397	87	104	167
	Août 2008	24,6	93,7	378	171	90	73
GSP	Septembre 2008	23,6	241,4	330	46	89	159
	Octobre 2008	24,8	174,4	284	22	59	184
	Novembre 2008	25	48,7	177	15	35	82
GSS	Décembre 2008	24,5	89,5	299	83	72	73
	Janvier 2009	25,6	52,3	506	297	110	16
	Février 2009	25,9	67,8	578	361	164	1
PSP	Mars 2009	25,5	74	372	221	87	1
	Avril 2009	25	210	210	49	66	64
	Mai 2009	24,8	302,7	205	32	43	106
	Juin 2009	23,4	239,4	455	54	117	181
PSS	Juillet 2009	24	81,3	405	126	128	86
	Août 2009	23,5	182,2	338	47	106	142
GSP	Septembre 2009	24,4	257,9	250	21	62	133
	Octobre 2009	23,8	281,8	136	18	22	75
	Novembre 2009	24,9	97,1	173	68	38	38
GSS	Décembre 2009	24,7	0	324	199	91	0

Annexe 3: Valeurs de température et d'hygrométrie moyennes journalières au laboratoire et dans la parcelle du campus

Jours	T°LC	H°LC	T°PC	H°PC	T°LF	H°LF	T°PF	H°PF	T°LC	T°LF	H°LC	H°LF	T°PC	H°PC	T°PF	H°PF
1	29,09	56,22	24,54	74,28	24,16	77,98	21,4	84,32	29,09	24,16	56,22	77,98	24,54	74,28	21,4	84,32
2	30,96	54,2	23,6	75,2	23,1	78,39	20,17	85,63	30,96	23,1	54,2	78,39	23,6	75,2	20,17	85,63
3	31,4	57,86	24,7	72,1	23,1	74,23	20,1	85,17	31,4	23,1	57,86	74,23	24,7	72,1	20,1	85,17
4	27,69	54,12	24,12	76,46	23,12	75,69	21,12	81,3	27,69	23,12	54,12	75,69	24,12	76,46	21,12	81,3
5	28,45	54,23	23,47	71,63	22,47	77,43	22,47	81,16	28,45	22,47	54,23	77,43	23,47	71,63	22,47	81,16
6	29,23	54,7	24,36	72,26	23,36	77,65	20,36	86,2	29,23	23,36	54,7	77,65	24,36	72,26	20,36	86,2
7	29,2	54,23	24,12	74,12	23,12	77,42	20,12	81,25	29,2	23,12	54,23	77,42	24,12	74,12	20,12	81,25
8	28,98	56,9	24,37	72,85	23,37	75,12	20,12	84,6	28,98	23,37	56,9	75,12	24,37	72,85	20,12	84,6
9	28,36	55,34	24,81	73,45	23,81	75,36	23,1	84,56	28,36	23,81	55,34	75,36	24,81	73,45	23,1	84,56
10	29,4	61,2	24,72	73,91	23,72	74,62	20,72	85,47	29,4	23,72	61,2	74,62	24,72	73,91	20,72	85,47
11	29,63	57,69	23,87	73,41	22,87	75,98	20,35	86,21	29,63	22,87	57,69	75,98	23,87	73,41	20,35	86,21
12	27,96	56,23	24,41	72,5	23,41	78,2	22,21	86,12	27,96	23,41	56,23	78,2	24,41	72,5	22,21	86,12
13	28,7	55,63	24,54	72,45	22,54	77,6	22,14	86,3	28,7	22,54	55,63	77,6	24,54	72,45	22,14	86,3
14	29,65	55,98	24,23	76,47	23,23	73,12	20,4	85,17	29,65	23,23	55,98	73,12	24,23	76,47	20,4	85,17
15	28,45	55,3	24,33	73,12	23,33	78,23	21,33	82,32	28,45	23,33	55,3	78,23	24,33	73,12	21,33	82,32
16	28,39	55,11	24,17	72,1	23,17	76,87	20,17	83,65	28,39	23,17	55,11	76,87	24,17	72,1	20,17	83,65
17	29,78	57,9	23,69	72,62	23,69	76,21	20,12	85,47	29,78	23,69	57,9	76,21	23,69	72,62	20,12	85,47
18	28,69	57,01	22,87	72,63	22,2	75,98	22,2	85,21	28,69	22,2	57,01	75,98	22,87	72,63	22,2	85,21
19	29,56	56,47	23,87	72,42	23,87	75,68	21,45	85,39	29,56	23,87	56,47	75,68	23,87	72,42	21,45	85,39
20	29,53	56,18	24,12	72,86	22,12	75,85	19,8	83,56	29,53	22,12	56,18	75,85	24,12	72,86	19,8	83,56
21	29,63	54,96	24,1	73,42	23,1	76,32	23,1	83,12	29,63	23,1	54,96	76,32	24,1	73,42	23,1	83,12
22	28,95	56,87	23,89	73,49	23,89	77,25	21,89	84,19	28,95	23,89	56,87	77,25	23,89	73,49	21,89	84,19
23	29,78	57,9	23,47	71,63	23,81	75,36	20,72	85,47	29,78	23,81	57,9	75,36	23,47	71,63	20,72	85,47
24	27,96	56,23	24,36	72,26	23,72	74,62	20,35	86,21	27,96	23,72	56,23	74,62	24,36	72,26	20,35	86,21
25	29,2	54,23	23,47	71,63	22,87	75,98	22,21	86,12	29,2	22,87	54,23	75,98	23,47	71,63	22,21	86,12
26	28,98	56,9	24,36	72,26	23,41	78,2	22,14	86,3	28,98	23,41	56,9	78,2	24,36	72,26	22,14	86,3
27	29,09	56,22	24,54	74,28	22,54	77,6	23,47	86,17	29,09	22,54	56,22	77,6	24,54	74,28	23,47	86,17
28	28,36	55,34	24,1	73,42	23,54	78,63	22,78	85,91	28,36	23,54	55,34	78,63	24,1	73,42	22,78	85,91

Légende : N= nombre de jours d'échantillonnage ; T°= température ; H°= hygrométrie ; L= laboratoire ; P= parcelle, C= période chaude –sèche ; F= période froide-humide

Annexe 4. Taux de pertes foliaires hebdomadaires dans les parcelles expérimentales

	Semaines	Témoin (%)	Karaté (%)	Cypercal (%)	Kart (%)
sept-09	1	5,96491228	8,05428857	3,70176358	4,25263158
	2	16,4185612	21,2263316	19,4237647	21,2342371
	3	26,1704557	33,7779498	31,2976423	29,6749873
	4	36,4027933	45,109668	43,3478693	37,2913743
oct-09	5	56,7785654	47,0891402	15,3707033	22,7110991
	6	74,2528444	50,8649069	10,2139955	23,9882483
	7	87,7228661	43,7136067	4,67197127	18,1447113
	8	87,3637928	44,8068172	4,77923863	18,5473495
	9	87,3560928	43,3918729	4,28833352	13,9891136
nov-09	10	87,4073621	52,4968112	5,19913846	18,8128265
	11	85,5084431	50,9743076	5,80957444	18,887038
	12	87,4004217	49,7530864	5,33819397	20,8945596
	13	88,0132648	44,0669516	4,53494554	20,8344717
déc-09	14	86,9550637	39,6204186	4,78656272	19,200949
	15	86,3945578	45,353549	6,19442372	16,9517869
	16	85,5111056	41,5307051	9,21791024	14,9234948
	17	88,6742066	53,0839245	10,5703686	16,3787644
	18	89,5245467	56,4490227	17,0539218	18,6893705
janv-10	19	88,8829445	61,7724864	24,5507433	17,6585087
	20	81,3547641	59,5044561	35,3861776	20,0671879
	21	70,4267646	44,7794468	35,6726966	21,9111595

Annexe 5. Charges foliaires des larves de *Liriomyza trifolii* par parcelle

	Semaines	Témoin	Karaté	Cypercal	Kart
sept-09	1	5,96491228	8,05428857	3,70176358	4,25263158
	2	16,4185612	21,2263316	8,75923484	10,4595281
	3	26,1704557	33,7779498	15,0851164	17,2856844
	4	36,4027933	45,109668	18,9130231	23,3342393
oct-09	5	56,7785654	47,0891402	15,3707033	22,7110991
	6	74,2528444	50,8649069	10,2139955	23,9882483
	7	87,7228661	43,7136067	4,67197127	18,1447113
	8	87,3637928	44,8068172	4,77923863	18,5473495
	9	87,3560928	43,3918729	4,28833352	13,9891136
nov-09	10	87,4073621	52,4968112	5,19913846	18,8128265
	11	85,5084431	50,9743076	5,80957444	18,887038
	12	87,4004217	49,7530864	5,33819397	20,8945596
	13	88,0132648	44,0669516	4,53494554	20,8344717
déc-09	14	86,9550637	39,6204186	4,78656272	19,200949
	15	86,3945578	45,353549	6,19442372	16,9517869
	16	85,5111056	41,5307051	9,21791024	14,9234948
	17	88,6742066	53,0839245	10,5703686	16,3787644
	18	89,5245467	56,4490227	17,0539218	18,6893705
janv-10	19	88,8829445	61,7724864	24,5507433	17,6585087
	20	81,3547641	59,5044561	35,3861776	20,0671879
	21	70,4267646	44,7794468	35,6726966	21,9111595

Annexe 6. Moyennes hebdomadaires des larves de *Liriomyza trifolii* par parcelle

	Semaines	Témoin	Kart	Karaté	Cypercal
sept-09	1	7,00	8,66666667	7	5
	2	23,33	24,33333333	21,66666667	22
	3	42,33	40,66666667	40	41,66666667
	4	66,33	64,66666667	65	65,33333333
oct-09	5	116,33	62	73	51
	6	127,00	63,33333333	85,33333333	34,66666667
	7	206,33	45,33333333	70,33333333	10
	8	313,00	45	66	12
	9	352,33	39	56,33333333	9,66666667
nov-09	10	413,67	53,66666667	74,33333333	11,66666667
	11	443,33	54,66666667	84,33333333	16
	12	543,33	50	98,33333333	26,66666667
	13	632,67	33,33333333	108,33333333	24,33333333
déc-09	14	501,33	23,33333333	114,66666667	21
	15	485,00	21	120	16
	16	283,33	22,33333333	144	25,33333333
	17	346,33	39	218	26,66666667
	18	410,00	64,66666667	344,66666667	37
janv-10	19	446,00	64,66666667	380,33333333	54,33333333
	20	339,33	62	413,66666667	83
	21	142,67	39,33333333	264	83,66666667

Annexe 7. Moyennes hebdomadaires des adultes de *Liriomyza trifolii*

	Semaines	Témoin	Kart	Karaté	Cypercal
sept-09	1	1	4	1,66666667	0,66666667
	2	4	9,66666667	5	4,33333333
	3	8	14,33333333	9,33333333	8,33333333
	4	12,33333333	20,66666667	18,66666667	15,66666667
oct-09	5	21,33333333	20,66666667	20,33333333	12,66666667
	6	23,33333333	24,66666667	19,33333333	9,33333333
	7	42,66666667	18,66666667	10,66666667	2,66666667
	8	64,66666667	18,33333333	9	3,66666667
	9	70,66666667	12,66666667	12	3,33333333
nov-09	10	87,66666667	14	10,33333333	3,66666667
	11	69,33333333	10,66666667	19	6,66666667
	12	73,33333333	10,66666667	19,66666667	16
	13	69,33333333	9,33333333	22,33333333	14,66666667
déc-09	14	65,66666667	8,33333333	21,33333333	11,33333333
	15	68,33333333	7,33333333	20,33333333	3,66666667
	16	34,66666667	7,66666667	26,33333333	6
	17	37	11,33333333	61,33333333	5,33333333
	18	39,66666667	15,66666667	115	7
janv-10	19	58	14,33333333	140	12
	20	46	14	135,333333	19,33333333
	21	27,33333333	9,33333333	80,33333333	20,33333333

Annexe 8 : Moyennes hebdomadaires des imagos de *Opius agromyzicola*

	Semaines	Témoin	Kart	Karaté	Cypercal
sept-09	1	2,3333333	2,6666667	3	2
	2	8,6666667	7	9	7,6666667
	3	15,666667	11,666667	16,666667	14,666667
	4	22,333333	18,666667	20,666667	22,666667
oct-09	5	35,666667	16	20,333333	17,666667
	6	37,666667	13,333333	25	11
	7	52	7,3333333	24,666667	1,6666667
	8	69,333333	9,3333333	23,666667	2
	9	79,333333	9	17	1,3333333
nov-09	10	102,33333	9	25,333333	2,3333333
	11	124,33333	8	26,333333	3
	12	169	7,6666667	31,333333	3,6666667
	13	192	6	31	3,3333333
déc-09	14	159,33333	3,6666667	35	3
	15	136	1,6666667	34,666667	4
	16	87,333333	0,3333333	41,333333	5,3333333
	17	109	0	37	5
	18	131,66667	0	29,333333	5
janv-10	19	135	0	8,3333333	4
	20	94,333333	0	3	3,6666667
	21	37,333333	1,3333333	0	2

Annexe 9. Moyennes hebdomadaires des imagos de *Neochrysocharis agromyzae*

	Semaines	Témoin	Kart	Karaté	Cypercal
sept-09	1	3,66666667	2	2,33333333	2,33333333
	2	10,66666667	7,66666667	7,66666667	10
	3	18,66666667	14,66666667	14	18,66666667
	4	31,66666667	25,33333333	25,66666667	27
oct-09	5	59,33333333	25,33333333	32,33333333	20,66666667
	6	66	25,33333333	41	14,33333333
	7	111,66666667	19,33333333	35	5,66666667
	8	179	17,33333333	33,33333333	6,33333333
	9	202,33333333	17,33333333	27,33333333	5
nov-09	10	223,66666667	30,66666667	38,66666667	5,66666667
	11	249,66666667	36	39	6,33333333
	12	301	31,66666667	47,33333333	7
	13	371,33333333	18	55	6,33333333
déc-09	14	276,33333333	11,33333333	58,33333333	6,66666667
	15	280,66666667	12	65	8,33333333
	16	161,33333333	14,33333333	76,33333333	14
	17	200,33333333	27,66666667	119,66666667	16,33333333
	18	238,66666667	49	200,33333333	25
janv-10	19	253	50,33333333	232	38,33333333
	20	199	48	275,33333333	60
	21	78	28,66666667	183,66666667	61,33333333

Liste des publications tirées de la thèse

Nguimdo J. D., Djiéto-Lordon C., Aléné D. C., Ngassam P. 2014. Impact of chemical pest control on *Liriomyza trifolii*'s (Burgess, 1880) and its parasitoids populations in celery's plots at Nkolondom (Yaounde - Cameroon). *African Journal of Agricultural Science and Technology*. 2(12): 210-217.

Nguimdo J. D., Djiéto-Lordon C., Aléné D. C., Ngassam P. 2014. Influence of food resource on the development of *Liriomyza trifolii* Burgess 1880 (Diptera-Agromyzidae) *African Journal of Agricultural Research*. 9(51): 3751-3760.