

UNIVERSITÉ DE YAOUNDÉ I
UNIVERSITY OF YAOUNDÉ I



FACULTÉ DES SCIENCES
FACULTY OF SCIENCE

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

LABORATOIRE DE PARASITOLOGIE ET ÉCOLOGIE
LABORATORY OF PARASITOLOGY AND ECOLOGY

**Impact des foreurs de tiges et identification des biotypes de
Orseolia oryzivora Harris et Gagné, 1982 (Diptera :
Cecidomyiidae) dans les bassins rizicoles du Sud -
Cameroun**

THÈSE

Présentée en vue de l'obtention du Doctorat/PhD
En Biologie des Organismes Animaux
Option : Parasitologie et Écologie

Par

MOCHE Karine
Matricule 06Q965
Master en Biologie Animale
Option : Parasitologie et Écologie



Devant le jury composé de :

Président: M. FOMENA Abraham, *Professeur*, Université de Yaoundé I;
Rapporteur: M. DJIETO LORDON Champlain, *Professeur*, Université de Yaoundé I;
M. WOIN Noé, *Directeur de Recherche*, IRAD;
Membres: M. NJIOKOU Flobert, *Professeur*, Université de Yaoundé I;
M. KENNE Martin, *Maître de Conférences*, Université de Douala;
Mme. MONY Ruth épouse. Ntonè, *Maître de Conférences*, Université de
Yaoundé I.

Année 2018



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 Parasitologie et Écologie) de madame **MOCHE Karine**, matricule 06Q965, soutenance autorisée par la correspondance N° 18-990/UY1/VREPDTIC/DAAC/DEPE/SPD du Recteur de l'Université de Yaoundé I en date du 21 Mars 2018, attestons que les corrections exigées au candidat lors de cette évaluation faite le 19 Juillet 2018, 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

Président du Jury

Examineur


Fomena Abraham
Professeur


Ruth Mong-Nione, Ph.D
Associate Professor
University of Yaoundé I

Chef de Département


Charles Felix
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 2017/2018

(Par Département et par Grade)

DATE D'ACTUALISATION : 10 Mars 2018

ADMINISTRATION

DOYEN : AWONO ONANA Charles, *Professeur*

VICE-DOYEN / DPSAA : DONGO Etienne, *Professeur*

VICE-DOYEN / DSSE : OBEN Julius ENYONG, *Professeur*

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

ABOSSOLO Monique, *Maitre de Conférences*

1- DÉPARTEMENT DE BIOCHIMIE (BC) (41)

N°	NOMS ET PRÉNOMS	GRADE	OBSERVATIONS
1	FEKAM BOYOM Fabrice	Professeur	En poste
2	MBACHAM FON Wilfried	Professeur	En poste
3	MOUNDIPA FEWOU Paul	Professeur	Chef de Département
4	NINTCHOM PENLAP V. épse BENG	Professeur	En poste
5	OBEN Julius ENYONG	Professeur	En poste
6	ATOGHO Barbara Mma	Maître de Conférences	En poste
7	BELINGA née NDOYE FOE M. C. F.	Maître de Conférences	Chef DAF / FS
8	BIGOGA DIAGA Jude	Maître de Conférences	En poste
9	BOUDJEKO Thaddée	Maître de Conférences	En poste
10	EFFA NNOMO Pierre	Maître de Conférences	En poste
11	FOKOU Elie	Maître de Conférences	En poste
12	KANSCI Germain	Maître de Conférences	En poste
13	NANA Louise épouse WAKAM	Maître de Conférences	En poste
14	NGONDI Judith Laure	Maître de Conférences	En poste
15	NGUEFACK Julienne	Maître de Conférences	En poste
16	NJAYOU Frédéric Nico	Maître de Conférences	En poste
17	ACHU Merci BIH	Chargée de Cours	En poste
18	DEMMANO Gustave	Chargé de Cours	En poste
19	DJOKAM TAMO Rosine	Chargée de Cours	En poste
20	DJUIDJE NGOUNOUE Marcelline	Chargée de Cours	En poste
21	DJUIKWO NKONGA Ruth Viviane	Chargée de Cours	En poste
22	EVEHE BEBANDOUÉ Marie- Solange	Chargée de Cours	En poste
23	EWANE Cécile Anne	Chargée de Cours	En poste
24	KOTUE KAPTUE Charles	Chargé de Cours	En poste
25	LUNGA Paul KEILAH	Chargé de Cours	En poste
26	MBONG ANGIE M. Mary Anne	Chargée de Cours	En poste

27	MOFOR née TEUGWA Clotilde	Chargée de Cours	Inspecteur de Service MINESUP
28	NJAYOU Frédéric Nico	Chargé de Cours	En poste
29	Palmer MASUMBE NETONGO	Chargé de Cours	En poste
30	TCHANA KOUATCHOUA Angèle	Chargée de Cours	En poste
31	PACHANGO NSANGO Sylvain	Chargé de Cours	En poste
32	DONGMO LEKAGNE Joseph Blaise	Chargé de Cours	En poste
33	FONKOUA Martin	Chargé de Cours	En poste
34	BEBOY EDZENGUELE Sara Nathalie	Chargée de Cours	En poste
35	DAKOLE DABOY Charles	Chargée de Cours	En poste
36	MANANGA Marlyse Joséphine	Chargée de Cours	En poste
37	MBOUCHE FANMOE Marceline Joëlle	Assistante	En poste
38	BEBEE Fadimatou	Assistante	En poste
39	TIENTCHEU DJOKAM Leopold	Assistant	En poste

2- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE ANIMALES (BPA) (44)

1	BILONG BILONG Charles-Félix	Professeur	Chef de Département
2	DIMO Théophile	Professeur	En Poste
3	DJIETO LORDON Champlain	Professeur	En poste
4	ESSOMBA née NTSAMA MBALA	Professeur	<i>VDoyen/FMSB/UIYI</i>
5	FOMENA Abraham	Professeur	En Poste
6	KAMTCHOUING Pierre	Professeur	EN POSTE
7	NJAMEN Dieudonné	Professeur	En poste
8	NJIOKOU Flobert	Professeur	En Poste
9	NOLA Moïse	Professeur	En poste
10	TAN Paul VERNYUY	Professeur	En poste
11	TCHUEM TCHUENTE Louis Albert	Professeur	<i>Coord. Progr. MINSANTE</i>
12	AJEAGAH Gidéon AGHAINDUM	Maître de Conférences	Chef Service DPER
13	DZEUFJET DJOMENI Paul Désiré	Maître de Conférences	En poste
14	FOTO MENBOHAN Samuel	Maître de Conférences	En poste
15	KAMGANG René	Maître de Conférences	<i>C.S. MINRESI</i>
16	KEKEUNOU Sévilor	Maître de Conférences	En poste
17	MEGNEKOU Rosette	Maître de Conférences	En poste
18	MONY Ruth épouse NTONE	Maître de Conférences	En Poste
19	TOMBI Jeannette	Maître de Conférences	En poste
20	ZEBAZE TOGOUET Serge Hubert	Maître de Conférences	En poste
21	ALENE Désirée Chantal	Chargée de Cours	En poste
22	ATSAMO Albert Donatien	Chargée de Cours	En poste
23	BELLET EDIMO Oscar Roger	Chargé de Cours	En poste
24	BILANDA Danielle Claude	Chargée de Cours	En poste
25	DJIOGUE Séfirin	Chargée de Cours	En poste
26	DONFACK Mireille	Chargée de Cours	En poste
27	GOUNOUE KAMKUMO Raceline	Chargée de Cours	En poste
28	LEKEUFACK FOLEFACK Guy B.	Chargé de Cours	En poste

29	MAHOB Raymond Joseph	Chargé de Cours	En poste
30	MBENOUN MASSE Paul Serge	Chargé de Cours	En poste
31	MOUNGANG LucianeMarlyse	Chargée de Cours	En poste
32	MVEYO NDANKEU Yves Patrick	Chargée de Cours	En poste
33	NGOUATEU KENFACK Omer Bébé	Chargé de Cours	En poste
34	NGUEGUIM TSOFAK Florence	Chargée de Cours	En poste
35	NGUEMBOK	Chargé de Cours	En poste
36	NJATSA Hermine épouse MEGAPTCHE	Chargée de Cours	En Poste
37	NJUA Clarisse Yafi	Chargée de Cours	CD/UBa
38	NOAH EWOTI Olive Vivien	Chargée de Cours	En poste
39	TADU Zephyrin	Chargée de Cours	En poste
40	YEDE	Chargée de Cours	En poste
41	ETEME ENAMA Serge	Assistant	En poste
42	KANDEDA KAVAYE Antoine	Assistant	En poste
43	KOGA MANG DOBARA	Assistant	En poste
3- DÉPARTEMENT DE BIOLOGIE ET PHYSIOLOGIE VÉGÉTALES (BPV) (26)			
1	AMBANG Zachée	Professeur	Chef Division/UYII
2	BELL Joseph Martin	Professeur	En poste
3	YOUMBI Emmanuel	Professeur	Chef de Département
4	MOSSEBO Dominique Claude	Professeur	En poste
5	BIYE Elvire Hortense	Maître de Conférences	En poste
6	DJOCGOUE Pierre François	Maître de Conférences	En poste
7	KENGNE NOUMSI Ives Magloire	Maître de Conférences	En poste
8	MALA Armand William	Maître de Conférences	En poste
9	NDONGO BEKOLO	Maître de Conférences	<i>CE / MINRESI</i>
10	NGONKEU MAGAPTCHE Eddy L.	Maître de Conférences	En poste
11	ZAPFACK Louis	Maître de Conférences	En poste
12	MBARGA BINDZI Marie Alain	Maître de Conférences	CT/Univ Dschang
13	MBOLO Marie	Maître de Conférences	En poste
14	ANGONI Hyacinthe	Chargée de Cours	En poste
15	MAHBOU SOMO TOUKAM. Gabriel	Chargé de Cours	En poste
16	ONANA JEAN MICHEL	Chargé de Cours	En poste
17	GOMANDJE Christelle	Chargée de Cours	En poste
18	NGODO MELINGUI Jean Baptiste	Chargé de Cours	En poste
19	NGALLE Hermine BILLE	Chargée de Cours	En poste
20	NGOUO Lucas Vincent	Chargé de Cours	En poste
21	NSOM ZAMO Annie Claude épouse PIAL	Chargée de Cours	<i>Expert national /UNESCO</i>
22	TONFACK Libert Brice	Chargé de Cours	En poste
23	TSOATA Esaïe	Chargé de Cours	En poste
24	DJEUANI Astride Carole	Assistante	En poste
25	MAFFO MAFFO Nicole Liliane	Assistante	En poste
26	NNANGA MEBENGA Ruth Laure	Assistante	En poste
27	NOUKEU KOUAKAM Armelle	Assistante	En poste

4- DÉPARTEMENT DE CHIMIE INORGANIQUE (CI) (33)			
1	AGWARA ONDOH Moïse	Professeur	<i>Vice Recteur Univ ,Bamenda</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>Directeur Cabinet PM</i>
5	LAMINSI Samuel	Professeur	En poste
6	NANSEU Njiki Charles Péguy	Professeur	En poste
7	NDIFON Peter TEKE	Professeur	<i>ISI MINRESI/Chef de Département</i>
8	NENWA Justin	Professeur	En poste
9	NGAMENI Emmanuel	Professeur	<i>DOYEN FS Univ. Dschang</i>
10	BABALE née DJAM DOUDOU	Maître de Conférences	<i>Chargée Mission P.R.</i>
11	DJOUFAC WOUMFO Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
12	KEMMEGNE MBOUGUEM Jean C.	Maître de Conférences	En poste
13	KONG SAKEO	Maître de Conférences	<i>Chargé de Mission au P. M.</i>
14	NDIKONTAR Maurice KOR	Maître de Conférences	<i>Vice-Doyen Univ. Bamenda</i>
15	NGOMO Horace MANGA	Maître de Conférences	VC/UB
16	NJIOMOU C. épse DJANGANG	Maître de Conférences	En poste
17	YOUNANG Elie		En poste
18	ACAYANKA Elie	Chargé de Cours	En poste
19	EMADACK Alphonse	Chargé de Cours	En poste
20	KAMGANG YOUNBI Georges	Chargé de Cours	En poste
21	NDI NSAMI Julius	Chargée de Cours	En poste
22	NJOYA Dayirou	Chargé de Cours	En poste
23	PABOUDAM GBAMBIE A.	Chargée de Cours	En poste
24	TCHAKOUTE KOUAMO Hervé	Chargé de Cours	En poste
25	BELIBI BELIBI Placide Désiré	Chargé de Cours	En poste
26	CHEUMANI YONA Arnaud M.	Chargé de Cours	En poste
27	NYAMEN Linda Dyorisse	Chargée de Cours	En poste
28	KENNE DEDZO GUSTAVE	Chargé de Cours	En poste
29	KOUOTOU DAOUDA	Chargé de Cours	En poste
30	MAKON Thomas Beauregard	Chargé de Cours	En poste
31	MBEY Jean Aime	Chargé de Cours	En poste
32	NCHIMI NONO KATIA	Chargé de Cours	En poste
33	NEBA nee NDOSIRI Bridget NDOYE	Chargé de Cours	En poste
5- DÉPARTEMENT DE CHIMIE ORGANIQUE (CO) (34)			
1	DONGO Etienne	Professeur	Vice-Doyen / DPSAA
2	GHOGOMU TIH Robert Ralph	Professeur	Dir IBAF/UDS
3	MBAFOR Joseph	Professeur	En poste
4	NGADJUI TCHALEU Bonaventure	Professeur	En poste
5	NGOUELA Silvère Augustin	Professeur	En poste

6	NKENGFACK Augustin Ephraïm	Professeur	Chef de Département
7	NYASSE Barthélemy	Professeur	<i>Directeur/UN</i>
8	PEGNYEMB Dieudonné Emmanuel	Professeur	<i>Directeur/ MINESUP</i>
9	WANDJI Jean	Professeur	En poste
10	Alex de Théodore ATCHADE	Maître de Conférences	<i>DEPE/ Rectorat/UYI</i>
11	FOLEFOC Gabriel NGOSONG	Maître de Conférences	<i>En poste</i>
12	KEUMEDJIO Félix	Maître de Conférences	En poste
13	KOUAM Jacques	Maître de Conférences	En poste
14	MBAZOA née DJAMA Céline	Maître de Conférences	En poste
15	NOUNGOUE TCHAMO Diderot	Maître de Conférences	En poste
16	TCHOUANKEU Jean-Claude	Maître de Conférences	<i>VR/ UYII</i>
17	YANKEP Emmanuel	Maître de Conférences	En poste
18	TIH née NGO BILONG E. Anastasie	Maître de Conférences	En poste
19	MKOUNGA Pierre	Maître de Conférences	En poste
20	NGO MBING Joséphine	Maître de Conférences	En poste
21	TABOPDA KUATE Turibio	Maître de Conférences	En poste
22	KEUMOGNE Marguerite	Maître de Conférences	En poste
23	AMBASSA Pantaléon	Chargé de Cours	En poste
24	EYONG Kenneth OBEN	Chargé de Cours	En poste
25	FOTSO WABO Ghislain	Chargé de Cours	En poste
26	KAMTO Eutrophe Le Doux	Chargé de Cours	En poste
27	NGONO BIKOBO Dominique Serge	Chargé de Cours	En poste
28	NOTE LOUGBOT Olivier Placide	Chargé de Cours	Chef Service/Minesup
29	OUAHOUE WACHE Blandine M.	Chargée de Cours	En poste
30	TAGATSING FOTSING Maurice	Chargé de Cours	En poste
31	ZONDENDEGOUMBA Ernestine	Chargée de Cours	En poste
32	NGOMO Orléans	Chargée de Cours	En poste
33	NGNINTEDO Dominique	Assistant	En poste

6- DÉPARTEMENT D'INFORMATIQUE (IN) (25)

1	ATSA ETOUNDI Roger	Professeur	Chef de Département
2	FOUDA NDJODO Marcel Laurent	Professeur	<i>Chef Dpt ENS/ I.G.A.MINESUP</i>
3	NDOUNDAM René	Maître de Conférences	En poste
4	KOUOKAM KOUOKAM E. A.	Chargé de Cours	En poste
5	CHEDOM FOTSO Donatien	Chargé de Cours	En poste
6	MELATAGIA YONTA Paulin	Chargé de Cours	En poste
7	MOTO MPONG Serge Alain	Chargé de Cours	En poste
8	TINDO Gilbert	Chargé de Cours	En poste
9	TSOPZE Norbert	Chargé de Cours	En poste
10	WAKU KOUAMOU Jules	Chargé de Cours	En poste
11	TAPAMO Hyppolite	Chargé de Cours	En poste
12	ABESSOLO ALO'O Gislain	Assistant	En poste
13	BAYEM Jacques Narcisse	Assistant	En poste
14	DJOUWE MEFFEJA Merline Flore	Assistante	En poste

15	DOMGA KOMGUEM Rodrigue	Assistant	En poste
16	EBELE Serge	Assistant	En poste
17	HAMZA Adamou	Assistant	En poste
18	KAMDEM KENGNE Christiane	Assistante	En poste
19	KAMGUEU Patrick Olivier	Assistant	En poste
20	KENFACK DONGMO Clauvice V.	Assistant	En poste
21	MEYEMDOU Nadège Sylvianne	Assistante	En poste
22	MONTHÉ DJIADEU Valéry M.	Assistant	En poste
23	JIOMEKONG AZANZI Fidel	Assistant	En poste

7- DÉPARTEMENT DE MATHÉMATIQUES (MA) (35)

1	BEKOLLE David	Professeur	<i>Vice-Recteur UN</i>
2	BITJONG NDOMBOL	Professeur	<i>En poste</i>
3	DOSSA COSSY Marcel	Professeur	En poste
4	AYISSI Raoult Domingo	Maître de Conférences	Chef de Département
5	EMVUDU WONO Yves S.	Maître de Conférences	<i>CD/MINESUP</i>
6	NKUIMI JUGNIA Célestin	Maître de Conférences	En poste
7	NOUNDJEU Pierre	Maître de Conférences	En poste
8	TCHAPNDA NJABO Sophonie B.	Maître de Conférences	Directeur/AIMS Rwanda
9	AGHOUKENG JIOFACK Jean Gérard	Chargé de Cours	Chef Cellule MINPLAMAT
10	CHENDJOU Gilbert	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	MBEHOU Mohamed	Chargé de Cours	En poste
17	MBELE BIDIMA Martin Ledoux	Chargé de Cours	En poste
18	MENGUE MENGUE David Joe	Chargé de Cours	En poste
19	NGUEFACK Bernard	Chargé 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	DJIADEU NGAHA Michel	Assistant	En poste
27	MBIAKOP Hilaire George	Assistant	En poste
28	NIMPA PEFOUNKEU Romain	Assistant	En poste
29	TANG AHANDA Barnabé	Assistant	Directeur/MINTP

8- DÉPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE (MIB) (13)

1	ESSIA NGANG Jean Justin	Professeur	DRV/IMPM
2	ETOA François Xavier	Professeur	Chef de Département Recteur Université de Douala
3	NWAGA Dieudonné M.	Maître de Conférences	En poste

4	NYEGUE Maximilienne Ascension	Maître de Conférences	En poste
5	SADO KAMDEM Sylvain Leroy	Maître de Conférences	En poste
6	BOYOMO ONANA	Maître de Conférences	En poste
7	RIWOM Sara Honorine	Maître de Conférences	En poste
8	BODA Maurice	Chargé de Cours	En poste
9	BOUGNOM Blaise Pascal	Chargé de Cours	En poste
10	ENO Anna Arey	Chargée de Cours	En poste
11	ESSONO OBOUGOU Germain G.	Chargé de Cours	En poste
12	NJIKI BIKOÏ Jacky	Chargée de Cours	En poste
13	TCHIKOUA Roger	Chargé de Cours	En poste

9. DEPARTEMENT DE PYSIQUE(PHY)

10- DÉPARTEMENT DE SCIENCES DE LA TERRE (ST) (42)

1	NDJIGUI Paul Désiré	Professeur	Chef de Département
2	BITOM Dieudonné	Professeur	<i>Doyen / FASA / UDs</i>
3	NZENTI Jean-Paul	Professeur	En poste
4	KAMGANG Pierre	Professeur	En poste
5	MEDJO EKO Robert	Professeur	<i>Coseiller Technique/UYII</i>
6	FOUATEU Rose épouse YONGUE	Maître de Conférences	En poste
7	NDAM NGOUPAYOU Jules-Remy	Maître de Conférences	En poste
8	NGOS III Simon	Maître de Conférences	DAAC/Uma
9	NJILAH Isaac KONFOR	Maître de Conférences	En poste
10	NKOUMBOU Charles	Maître de Conférences	En poste
11	TEMDJIM Robert	Maître de Conférences	En poste
12	YENE ATANGANA Joseph Q.	Maître de Conférences	<i>Chef Div. /MINTP</i>
13	ABOSSOLO née ANGUE Monique	Maître de Conférences	<i>Chef div. DAASR / FS</i>
14	GHOGOMU Richard TANWI	Maître de Conférences	CD/UMA
15	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>Chef Div. MINIMDT</i>
16	ONANA Vincent	Maître de Conférences	En poste
17	TCHOUANKOUE Jean-Pierre	Maître de Conférences	En poste
18	ZO'O ZAME Philémon	Maître de Conférences	<i>DG/ART</i>
19	MOUNDI Amidou	Maître de Conférences	<i>CT/ MINIMDT</i>
20	BEKOA Etienne	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
21	BISSO Dieudonne	Chargé de Cours	<i>Directeur/Projet Barrage Memve'ele</i>
22	ESSONO Jean	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
23	EKOMANE Emile	Chargé de Cours	<i>En pste</i>
24	FUH Calistus Gentry	Chargée de cours	<i>Sec. D'Etat/MINMIDT</i>
25	GANNO Sylvestre	Chargé de Cours	En poste
26	LAMILÉN BILLA Daniel	Chargé de Cours	En poste
27	MBIDA YEM	Chargé de Cours	<i>En poste</i>
28	MINYEM Dieudonné-Lucien	Chargé de Cours	<i>CD/Uma</i>
29	MOUAFO Lucas	Chargé de Cours	En poste
31	NGO BELNOUN Rose Noël	Chargée de Cours	En poste
32	NGO BIDJECK Louise Marie	Chargée de Cours	En poste
33	NGUETCHOUA Gabriel	Chargé de Cours	CEA/MINRESI

34	NYECK Bruno	Chargé de Cours	En poste
35	TCHAKOUNTE J. épse NOUMBEM	Chargée de Cours	<i>CT / MINRESI</i>
36	METANG Victor	Chargé de cours	En poste
37	NOMO NEGUE Emmanuel	Chargé de cours	En poste
38	TCHAPTCHET TCHATO De P.	Chargé de cours	En poste
39	TEHNA Nathanaël	Chargé de cours	En poste
40	TEMGA Jean Pierre	Chargé de cours	En poste
41	MBESSE CECILE OLIVE	Chargée de cours	En poste
42	ELISE SABABA	Chargé de cours	En poste
43	EYONG JOHN TAKEM	Assistant	En poste
44	ANABA ONANA Achille Basile	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
B.C.	5 (1)	10 (5)	20 (10)	3 (1)	39 (16)
B.P.A.	11 (1)	9 (3)	20 (8)	3 (5)	43 (17)
B.P.V.	4 (0)	9(2)	10 (2)	4 (4)	27 (8)
C.I.	9(1)	8(2)	16 (4)	0 (2)	33 (9)
C.O.	8 (0)	13 (3)	8 (2)	1 (0)	30 (5)
I.N.	3 (0)	1 (0)	8 (0)	12 (3)	24 (3)
M.A.	3 (0)	5 (0)	18 (1)	4 (0)	30 (1)
M.B.	2 (0)	5 (2)	6 (2)	0 (0)	13 (4)
P.H.	8 (0)	17 (0)	15 (2)	2 (1)	42 (3)
S.T.	5 (0)	15 (2)	22 (3)	2 (0)	44 (5)
Total	58 (3)	92(19)	144 (33)	31(16)	325(71)

Soit un total de **325(71)** dont :

- Professeurs **58 (3)**
- Maîtres de Conférences **92 (19)**
- Chargés de Cours **144 (33)**
- Assistants **31 (16)**

() = Nombre de Femmes

DÉDICACE

À la mémoire de ma mère **MAPOUKAM Angèle**

SOMMAIRE

DÉDICACE.....	X
AVANT-PROPOS.....	XIII
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES.....	xiii
LISTE DES FIGURES.....	XVI
LISTE DES TABLEAUX.....	XVII
RÉSUMÉ.....	XVIII
ABSTRACT.....	XX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE.....	5
I.1- Généralités sur le riz.....	5
I.1.1- Origine et distribution du riz	5
I.1.2- Position Systématique du riz	6
I. 1.3- Biologie de la plante de riz	9
I. 1.4-Écologie	12
I. 1.5-Riziculture au cameroun.....	13
I.2- Entomofaune associée	16
I.2.1- Insectes déprédateurs.....	16
I.2.2- Autres ravageurs du riz(Lô, 2010)	28
I. 3-Maladies du riz	29
I. 4-Identification moléculaire des populations de <i>Orseolia</i> sp.....	31
I.4.1-ADN	31
I.4.2. Définition de la PCR	32
I.4.3. Étapes de réalisation	32
CHAPITRE II : SITES D'ÉTUDE, MATÉRIELS ET MÉTHODES.....	36
II.1- Sites d'étude.....	36
II.1.1- Site de Yaoundé.....	36
II.1.2- Site de Ntui	37
II.1.3- Site de Ébolowa	37
II.1.4- Sites de Santchou, Dschang, Ndop, Tonga, Baïgom	37
II.2-Matériels	38
II. 2.1- Matériel Végétal	38
II.2.2- Matériel Animal.....	39

II.3- Méthodes	40
II.3.1- Dispositif expérimental, méthode de semis et entretien de la culture	39
II.3.2- Méthode d'analyse des paramètres physicochimiques du sol	41
II.3.3- Méthodes d'analyse des phénols et des sucres totaux des tiges de riz.....	42
II.3.4- Méthode d'élevage des larves d'insectes	43
II.3.5- Identification moléculaire des individus de <i>Orseolia</i> sp.....	44
CHAPITRE III : RÉSULTATS ET DISCUSSION.....	47
III.1- Résultats.....	47
III.1.1.-Caractérisation agronomique des variétés de riz étudiées.....	47
III.1.2. Entomofaune déprédatrice des tiges de riz	58
III.1.3 Identification moléculaire des individus de <i>Orseolia</i> sp.....	67
III.1.4- Caractérisation Biochimique des tiges de riz	72
III.1.5- Sensibilité des variétés de riz au foreurs de tiges	76
III.2-Discussion.....	77
III.2.1- Paramètres descriptifs des variétés de riz dans le site de Yaoundé	77
III.2.2- Sensibilité des variétés de riz, diversité et dynamique des foreurs de tiges.....	77
III.2.3- Comparaison des résultats obtenus dans les sites de Ntui et de Yaoundé	81
III.2.4. Identification moléculaire des espèces de <i>Orseolia</i> sp.	83
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	85
BIBLIOGRAPHIE.....	88
ANNEXES	101

AVANT-PROPOS

Ce travail a été entrepris et poursuivi sous la codirection du Docteur **WOIN Noé** et du Professeur **DJIÉTO LORDON Champlain**. C'est le lieu ici pour moi de leur exprimer ma profonde et respectueuse reconnaissance pour la bonté et le support dont ils m'ont toujours entouré. En sa qualité de Directeur Général de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD) et Directeur de Recherche, le Docteur **WOIN Noé** a mis tous les moyens financiers et techniques nécessaires à la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements au Professeur **NJIOKOU Flobert** qui m'a accueilli au laboratoire de Parasitologie et Écologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I où j'ai effectué la partie consacrée à l'identification moléculaire. Sa gentillesse, simplicité et rigueur dans le travail scientifique et ses conseils m'ont été d'une grande aide. Je dis aussi merci à **M. MELACHIO Trésor** qui m'a reçu au laboratoire avec bienveillance et m'a fait profiter de son expérience. Je lui exprime ma profonde et respectueuse gratitude.

Les Docteurs **TADU Zéphirin** et **MOKAM Didi Gaëlle**, qui m'ont apporté un précieux soutien dans l'analyse des données, je les remercie sincèrement ; ainsi que mes camarades de laboratoire : **LABOU Judith**, **KAME Ginette**, **NGAMBIA Sougale** et **TCHAMI Carole** pour les moments d'échanges que nous avons partagés.

Je remercie également tous les enseignants du Département de Biologie et Physiologie Animales de la faculté des Sciences de l'Université de Yaoundé I pour avoir toujours manifesté un grand intérêt à l'évolution de mon travail.

Je dis merci aux riziculteurs et aux guides des différents sites de collectes d'échantillons, qui ont bien voulu nous accompagner dans les parcelles de riz.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à **M. TAO Patrick Stéphane**, merci à lui qui a toujours été là, pendant les bons et les mauvais moments. Son soutien a été d'un grand apport dans la réalisation de ce travail.

Ma reconnaissance va également à l'endroit de **M. TACHEMO André Marie** et **M. SIMO Félix**, leurs conseils m'ont été d'une grande aide.

J'adresse mes sincères remerciements à toute ma famille, mes amis et collègues ainsi qu'à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES

µl : Microlitre

ADN : acide désoxyribonucléique

ARN : acide ribonucléique

BEt : Bromure d'Éthidium

CTAB : Céthyl Trimethyl Ammonium Bromide

ATP : Adénosine Tri-Phosphate

dGTP : désoxy-Guanine Tri-Phosphate

dTTP : désoxy-Thymine Tri-Phosphate

dCTP : désoxy-Cytosine Tri-Phosphate

F : Forward

GPS : global positioning system

Ha : Hectare

IRAD: Institut de Recherche Agricole pour le Développement

PCR: Polymerase Chain Reaction

pH : potentiel d'Hydrogène

R : Reverse

Taq : *Thermus aquaticus*

M : Molaire

mM : millimolaire

Mt : Millions de tonnes

MgCl₂ : Chlorure de Magnésium

N : NERICA

NERICA : New Rice for Africa

t/ha : tonne par Hectare

SEMRY : Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture de Yagoua

UNVDA : Upper Noun Valley Development Authority

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : schéma annoté d'une plante de riz.	9
Figure 2 : sites de production du riz au Cameroun.	15
Figure 3 : symptômes des attaques de foreurs de tiges du riz.	17
Figure 4 : chenille de <i>Chilo partellus</i> dans la tige du riz.	18
Figure 5 : habitus larvaire (a) et adulte (b) de <i>Sesamia calamistis</i>	19
Figure 6 : morphologie de l'adulte de <i>Diopsis longicornis</i>	20
Figure 7 : développement chronologique des mouches à yeux pédonculés, attaque de <i>Diopsis longicornis</i> Macquart, sur une plante de riz, du stade de l'œuf à la pupe.	20
Figure 8 : distribution géographique de la cécidomyie africaine du riz.	23
Figure 9 : morphologie des stades pré-imaginaux de <i>Orseolia oryzivora</i> (Diptera : Cecidomyiidae) insecte ravageur du riz.	25
Figure 10 : schéma d'un individu adulte de <i>Orseolia oryzivora</i> Harris et Gagné (vue dorsale; × 7,25).	27
Figure 11 : molécule d'ADN.	32
Figure 12 : évolution de la température et des différents types de brins d'ADN au cours des quatre premiers cycles de la PCR.	34
Figure 13 : image montrant des bandes d'une migration électrophorétique sur gel d'agarose.	35
Figure 14 : diagramme ombrothermique de la région du Centre pour la période allant de Janvier 2014 à Décembre 2014.	36
Figure 15 : carte de localisation des sites d'étude.	38
Figure 16 : larves de Diptères foreurs de tiges dans l'alcool 95 %.	111
Figure 17 : dispositif expérimental utilisé lors des semis à Yaoundé.	41
Figure 18 : diagramme montrant les relations entre certains paramètres agronomiques, (A) : données 2014, (B) : données 2014 et 2015, (C) : données 2015.	55
Figure 19 : tubes d'oignons et variation hebdomadaire de leurs fréquences dans le jardin expérimental à Nkolbisson, Yaoundé.	59
Figure 20 : symptômes d'attaques d'insectes sur les tiges de riz. A : Panicules blanches, B : panicules saines.	61
Figure 21 : variations hebdomadaires des abondances de panicules blanches en fonction des variétés de riz étudiées.	62
Figure 22 : dégâts d'une larve de foreur Lépidoptère dans une tige de riz.	63
Figure 23 : individus de l'espèce <i>Chilo zacconius</i> , Lépidoptère Pyralidae.	64
Figure 24 : individu de l'espèce <i>Diopsis longicornis</i> , Diptère – Diopsidae.	64
Figure 25 : parcelles des sites d'étude au stade végétatif (A : Yaoundé ; B : Ntui).	66
Figure 26 : dégâts d'une larve de Diptère dans une tige de NERICA 3.	68
Figure 27 : sites présentant le phénomène de panicules blanches au cours de notre étude (août-décembre 2015).	68

Figure 28 : empreintes génétiques de <i>Orseolia</i> sp. (obtenues en utilisant la paire d'amorce SCAR OSSP-5_R OSSP 5_F; M : marqueur de poids moléculaire, pb : paire de bases, - : contrôle négatif.....	70
Figure 29 : empreintes génétiques de <i>Orseolia</i> sp. (obtenues en utilisant la paire d'amorce SCAR OSSP-1R et OSSP-1F; M : marqueur de poids moléculaire, - : contrôle négatif.....	70
Figure 30 : sites présentant des individus de <i>Orseolia</i> sp.....	72
Figure 31 : diagramme montrant les relations entre les variétés de riz, les sucres totaux, les phénols totaux et les foreurs.....	75
Figure 32 : hyménoptère Braconidae.....	76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : évaluation standard de la résistance des variétés de riz à la cécidomyie africaine .	45
Tableau II : séquences des amorces utilisées pour l'identification des espèces de la cécidomyie au Nigéria	46
Tableau III : hauteur moyenne des plantes de huit variétés de riz à Yaoundé et à Ntui (Centre, Cameroun), entre 2014 et 2015 (N = 30).....	47
Tableau IV : longueur moyenne des panicules de riz en fonction des années et des variétés sur les deux sites d'expérimentation.....	48
Tableau V : nombre moyen de panicules par plant de riz en fonction des années et des variétés sur les deux sites d'expérimentation	48
Tableau VI : nombre de ramifications par panicule de riz en fonction des variétés et des sites d'étude	49
Tableau VII : nombre de grains par panicule de riz en fonction des variétés et des sites d'étude	50
Tableau VIII : nombre de balles vides par panicule de riz en fonction des variétés et des sites d'étude	50
Tableau IX : rendement des différentes variétés de riz	51
Tableau X : pourcentage d'épiaison des variétés de riz en fonction du nombre de jours	52
Tableau XI : corrélations entre quelques paramètres agronomiques des variétés de riz.....	53
Tableau XII : nombre de panicule / m ² , Nombre moyen de grains/panicule, poids de 1000 grains en fonction des variétés.....	56
Tableau XIII : statistiques descriptives en fonction de l'origine géographique des variétés de riz	57
Tableau XIV : corrélations entre les paramètres de rendement en fonction de l'origine géographique des variétés de riz.....	58
Tableau XV : nombre de cœurs morts en fonction des variétés de riz.....	60
Tableau XVI : nombre de panicules blanches en fonction des variétés de riz.....	61
Tableau XVII : pourcentage d'émergence des espèces d'insectes foreurs en fonction du nombre de panicules blanches incubées	63
Tableau XVIII : occurrences phénologiques des larves des foreurs de tiges en relation avec cinq stades de développement de la plante de riz	65
Tableau XIX : paramètres physico-chimiques des sites d'étude de Yaoundé et Ntui	66
Tableau XX : superficies, modes de semis et variétés cultivées des sites d'étude prospectés ..	67
Tableau XXI : échantillons d'ADN des larves ayant amplifié.....	71
Tableau XXII : valeurs moyennes des densités optiques des sucres et phénols totaux	73
Tableau XXIII : nombre d'individus par espèce foreur de tige et par variété de riz ayant émergé panicules des incubées	76

RÉSUMÉ

Les données sur les foreurs de tiges du riz restent embryonnaires dans notre pays. On ignore le niveau de sensibilité des variétés cultivées face aux foreurs de tiges. La cécidomyie africaine du riz a été signalée comme ravageur majeur dans plus de vingt pays africains où plus d'un biotype existe. Au Cameroun, peu d'informations sont disponibles sur les régions endémiques tout comme les différents biotypes de ce ravageur. La présente étude a porté sur l'impact des foreurs de tiges et l'identification des biotypes de la cécidomyie africaine du riz dans les principaux bassins rizicoles au Sud du 6^{ème} parallèle du Centre Cameroun. De plus, l'influence des caractéristiques physico-chimiques des sols ainsi que les taux de polyphénols et sucres totaux des tiges des plantes, sur la sensibilité des différentes variétés de riz ont été analysés sur deux sites d'étude.

Il s'est agi d'évaluer les dégâts des foreurs de tiges, d'étudier leur diversité et leur dynamique et d'analyser les critères éventuels de sélection des variétés de riz cultivées dans le sud-Cameroun. Il s'est aussi agi de connaître l'espèce de foreur la plus dévastatrice, d'identifier ses principaux biotypes par la technique de la PCR (Polymerase Chain Reaction) et de répertorier les parasitoïdes éventuels.

Quatre variétés NERICA ont été semées (N 3, N 8, N 9 et N 13). Les variétés d'origine japonaise (*Oryza sativa*) ont été semées dans le but de déterminer si leurs parasites étaient présents dans le site d'étude. Le criblage des variétés résistantes aux foreurs de tiges a été basé sur les analyses de certains paramètres de rendement des variétés de riz cultivées ainsi que le dosage des sucres et des polyphénols totaux dans les tiges de riz.

Les variétés d'origine japonaise « Akitachomachi » et « Fukuhibiki » ont présenté des cycles de développement courts (deux mois), des taux de sucres totaux bas. Quant au taux de polyphénols totaux, il était élevé pour la variété « Akitachomachi » et petit pour la variété « Fukuhibiki » par rapport aux variétés africaines. Les variétés de riz d'origine japonaise n'ont pas été attaquées par les foreurs de tiges.

Jusqu'ici, la présence des espèces de foreurs de l'ordre des Diptères était insoupçonnée dans les panicules blanches. Les précédentes recherches sur les foreurs de tiges de riz attestaient que les espèces *Orseolia oryzivora* et *Diopsis apicalis* ne colonisaient les tiges de riz qu'au stade végétatif de la plante. L'élevage des larves contenues dans les panicules blanches observées dans les parcelles de variétés de riz NERICA cultivées a permis de mettre

en évidence les espèces *Orseolia oryzivora* et *Diopsis apicalis*, dont la présence jusqu'ici était insoupçonnée dans les panicules blanches. Après élevage, les adultes des espèces *O. oryzivora*, *Chilo zacconius* et *D. apicalis* ont émergé des tiges de panicules blanches. Toutefois, la liste est loin d'être exhaustive. Les espèces *O. oryzivora*, et *D. apicalis* ont été présentes dans les tiges durant tout le cycle de culture du riz (du stade végétatif au stade floraison) bien que la première espèce ait été prépondérante. L'espèce *C.zacconius* a été présente dans les tiges au stade de floraison. La variété NERICA 3 a été la plus sensible, elle a été sensible aux trois espèces de foreurs identifiées sur le site d'étude, nos observations dans le site de Ébolowa ne nous permettent pas de dire qu'elle a été résistante.

Les micro-hyménoptères, parasitoïdes inféodés à la cécidomyie ont été : *Platygaster diplosisae* (Hymenoptera, Platygasteridae) à Yaoundé, et *Aprostocetus procerae* (Hymenoptera, Eulophidae) à Santchou.

L'analyse des paramètres physico-chimiques des échantillons de sol des sites d'étude a révélé que des paramètres tels que le taux d'humidité, la quantité de P et de N dans le sol pourraient augmenter les taux d'attaques par des foreurs de tiges du riz en champs.

En effet, durant la deuxième année des travaux, il s'est agi de comparer les données obtenues dans les sites de Ntui et de Yaoundé. L'analyse des paramètres physico chimiques des échantillons de sol prélevés dans les deux sites révèle que les taux d'humidité, d'azote, de potassium, d'argile et de sable pourraient justifier les dégâts des foreurs de tiges observés dans le site de Yaoundé. Toutefois, les niveaux de dégâts ont été relativement bas. Les variétés locales de l'espèce *Oryza sativa* L., groupe variétal *Indica* (les variétés Tonga et FKR 60) ont été semées pour évaluer leurs niveaux de sensibilité.

En vue de l'identification moléculaire des individus de *O.oryzivora* des collectes de larves ont été effectuées dans les grands bassins rizicoles du Sud.

Les larves de *O.oryzivora* ont été trouvées dans les bassins de production de Ébolowa et Yaoundé.

Les amorces utilisées ont été celles sélectionnées parmi soixante autres au Nigéria par des chercheurs. Le PCR a permis de dire qu'il existerait plus d'un biotype de *O. oryzivora* dans les bassins rizicoles du Sud Cameroun.

Mots clés : Foreurs de tiges, *Oryza sativa*, NERICA, parasitoïdes, polyphénol, sucres totaux, paramètres physico-chimiques, PCR, biotypes, identification, *Orseolia oryzivora*.

ABSTRACT

Data on rice stem borers remains embryonic in our country. The level of susceptibility of crop varieties to stem borers is unknown. African rice gall midge has been reported as a major pest in more than 20 African countries where more than one biotype exists. In Cameroon, little information is available on endemic areas, on the different biotypes of this pest. The present study focused on the impact of stem borers and the identification of African rice midge biotypes in the rice-growing areas in the south of the 6th parallel of Central Cameroon. In addition, the influence of the physicochemical characteristics of soils as well as the polyphenol and total sugars levels of the plant stems sensitivity were analyzed at two study sites.

The aim was to assess the damage of stem borers, to study their diversity and dynamics, and to analyze the possible criteria for selecting rice varieties grown in southern Cameroon. It was also a question of knowing the most devastating species of driller, to identify its principal biotypes by the technique of the PCR (Polymerase Chain Reaction) and to catalog the possible parasitoids.

Four NERICA varieties were sown (N 3, N 8, N 9 and N 13). The Japanese varieties (*Oryza sativa*) were sown to know if their parasites were present in the study site. Screening of stem borers resistant varieties was based on analyzes of yield parameters of cultivated rice varieties as well as the determination of total sugars and polyphenols in the rice stem.

Japanese varieties «Akitachomachi» and «Fukuhibiki» had short development cycle (02 months) and their total sugar were low. The polyphenol level was high for the «Akitachomachi» variety and low for the «Fukuhibiki» variety. Japanese varieties were not attacked by the stem borers.

So far, the presence of the Dipteran species of stem borers was unsuspected in the white panicles. Previous research showed that the *Orseolia oryzivora* and *Diopsis apicalis* species colonized the rice stem only at the vegetative stage of the plant. After rearing larvae contained in the white panicles, adults of the *O. oryzivora*, *Chilo zacconius* and *D. apicalis* species emerged from the rice stem. However, the list is not exhaustive. *O. oryzivora* and *D. apicalis* were present in the rice stem throughout the rice growing cycle (from vegetative to flowering stage), although the *O. oryzivora* species was dominant. The *Chilo zacconius* species was present in the stem during the flowering stage. The NERICA 3 variety was the most sensitive, it was sensitive to the three species of borers identified on the study site, the observation we made in the Ebolowa site did not permit us to say that this variety was resistant.

The micro-Hymenoptera, parasitoids to the gall midge were: *Platygaster diplosisae* (Hymenoptera, Platygasteridae) in Yaoundé, and *Aprostocetus procerae* (Hymenoptera, Eulophidae) in Santchou.

The analyses of the soil samples of the study site revealed that parameters such as moisture content, the P and the N rates in the soil, could increase the levels of stem borers attacks.

During the second year of study, the data collected in Yaoundé and Ntui sites were compared. The analysis of the physicochemical parameters of the two study site revealed that the moisture, Nitrogen, Potassium, clay and sand levels could justify the stem borers damages observed in the Yaoundé site. However, the damage levels were relatively low. Local varieties of *Oryza sativa* L., Indica varietal group (Tonga and FKR 60) were sown to know their level of sensitivity.

The bio molecular identification of *O. oryzivora* individuals have been made, larval collections were carried out in the rice growing areas of South Cameroon. These were Santchou, Ndop, Tonga, Ébolowa, Baïgom and Yaoundé sites. *O. oryzivora* was found in the Ébolowa and Yaoundé sites.

The primers used were those selected from sixty others in Nigeria by some researchers. After the PCR reaction, the interpretation of the bands observed with ultraviolet rays allowed us to say that there could be more than one biotype of *Orseolia oryzivora* in the South Cameroon.

Key words: Stem borers, *Oryza sativa*, NERICA, parasitoids, polyphenol, total sugars, physicochemical parameters, PCR, biotypes, identification, *Orseolia oryzivora*.

INTRODUCTION

Le riz est un produit stratégique et prioritaire pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne (Macauley *et al.*, 2015). Sa consommation y augmente plus rapidement que celle de tous les autres produits alimentaires de base du fait de la forte croissance démographique, de l'urbanisation rapide et de l'évolution des habitudes alimentaires (Seck *et al.*, 2013). Selon ces auteurs, il constitue la première source de calories en Afrique occidentale et la troisième pour l'ensemble du continent africain (Sasaki & Burr, 2000). Bien que la production locale ait augmentée rapidement après la crise alimentaire des années 2007-2008 au Cameroun (Macauley *et al.*, 2015), la production rizicole reste largement inférieure à la demande comme dans la plupart des pays africains. Malgré un fort potentiel de production, le continent africain continue à dépendre des importations de riz en provenance d'Asie pour satisfaire une demande sans cesse croissante. La demande de riz blanchi en Afrique subsaharienne devrait ainsi augmenter de 30 millions de tonnes d'ici 2035, ce qui représenterait une augmentation de 130 % (Seck *et al.*, 2012). L'inquiétude qui prévaut actuellement est que les prix du riz ont augmenté de 10 à 20 % en 2015-2016 au Cameroun, principalement à cause des conditions climatiques (Macauley *et al.*, 2015). Les réserves mondiales de riz sont au niveau les plus bas depuis 2007-2008 et la Thaïlande, exportateur majeur vers l'Afrique, devrait réduire ses exportations de 10 % (<http://www.ers.usda.gov/media/>, 2015).

Jadis considéré comme un pays auto-suffisant sur le plan alimentaire, le Cameroun dépend de nos jours des importations de riz pour nourrir sa population (Horwitz, 2014). Il importe plus de 80% de ses besoins pour une valeur marchande estimée à 145 milliards de FCFA chaque année. Cette situation est un paradoxe car, il dispose de terres arables inexploitées suffisantes et d'une grande population agricole, capable de répondre à la demande sans cesse croissante dans les villes (Horwitz, 2014).

Le nouveau riz pour l'Afrique ou NERICA (New Rice for Africa), présente une grande plasticité écologique (Akintayo *et al.*, 2008) et devrait permettre une augmentation substantielle de la production dans les pays africains en général et au Cameroun en particulier. Il a été obtenu par croisements interspécifiques et combine la productivité du riz asiatique *O. sativa* et la hardiesse du riz africain *O. glaberrima* (ADRAO, 2003).

Toutefois, la culture du riz est sujette à diverses contraintes dont les maladies cryptogamiques et les attaques de déprédateurs, notamment les insectes (Seck *et al.*, 2012). Trois grands groupes d'insectes, principalement foreurs de tiges, provoquent de grandes pertes de rendements dans les agrosystèmes rizicoles des régions intertropicales africaines. Ce sont les

Lépidoptères de la famille des Noctuidés (Lô, 2010 ; Heinrichs & Barrion, 2004), les Diptères de la famille des Diopsides (Brenière, 1983 ; Olalekan, 2002 ; Heinrichs & Barrion, 2004), et de la famille des Cecidomyiidae (Williams *et al.*, 2002). En Asie où les pertes dues aux foreurs de tiges sont estimées à plus de 80 millions de dollars, de nombreux auteurs (Rajamani, 1982 ; Ramasamy & Jatileksono 1996 ; Vijaykumar *et al.*, 2009) ont démontré le rôle défensif des polyphénols contre les foreurs de tiges du riz.

Jusqu'à une époque récente, les études en systématique des insectes étaient basées essentiellement sur la description des caractères morphologiques. Cette technique est encore communément utilisée de nos jours. Cependant, elle présente souvent des lacunes, principalement dans le cas des espèces cryptiques ou des espèces jumelles. Les progrès en biologie moléculaire ont révolutionné l'étude des insectes, dans les domaines de la génétique des populations, de l'écologie moléculaire et chimique, de la bio systématique et de la physiologie moléculaire (Betelli, 2013). Les marqueurs moléculaires sont de plus en plus utilisés chez les insectes, notamment chez les phytophages, c'est à dire les hexapodes consommateurs de substances végétales (Alvarez *et al.*, 2005). L'utilisation de cette technique a permis d'identifier des biotypes (Adang *et al.*, 1996), améliorant par conséquent les stratégies de lutte contre les ravageurs.

A ce jour, peu d'études moléculaires ont été réalisées sur des espèces d'insectes d'origine africaine en général (exemple : *Dorylus molestus*, Kronauer *et al.*, 2004) et en particulier sur les ravageurs des cultures (exemple : *Eldana saccharina*, King *et al.*, 2002 ; *Ceratitis rosa* et *Ceratitis fasciventris*, Baliraine *et al.*, 2004, *Orseolia oryzivora*, Nwilene *et al.*, 2006 et 2010).

La connaissance de la diversité génétique au sein d'une espèce d'insecte ravageur est essentielle pour la définition de stratégies de lutte adaptées. L'identification des populations écologiquement et génétiquement différenciées (races ou lignées géographiques, races d'hôtes etc.) chez les insectes ravageurs des cultures et leur caractérisation à l'aide de marqueurs moléculaires est une base nécessaire à la définition des stratégies de lutte (Sezonlin, 2006). Cette caractérisation moléculaire permet d'appréhender l'histoire évolutive et phylogéographique des insectes ravageurs de plantes cultivées en vue de comprendre les causes géographiques ou écologiques qui ont conduit à la différenciation génétique de leurs populations.

- Les foreurs de tiges de céréales représentent un problème agro-économique majeur en Afrique Subsaharienne (Nwilene *et al.*, 2006). Si les différents programmes de lutte contre ces

ravageurs ont connu très peu de succès, c'est en partie dû à la méconnaissance de la diversité génétique de leurs populations et de leur histoire évolutive (Nwilene *et al.*, 2006). A cela, s'ajoute le manque de connaissances sur les parasitoïdes spécifiques à chaque espèce de ravageurs, principal frein à la lutte biologique. Observée pour la première fois au Soudan (Joyce, 1954), *Orseolia oryzivora* a été longtemps confondue avec la cécidomyie asiatique *Orseolia oryzae* Wood-Masson, 1889 jusqu'à ce que Harris & Gagné, séparent les deux espèces sur des caractères morphologiques (Harris & Gagné, 1982) ; l'expansion rapide de *O. oryzivora* à travers le continent semble être en relation avec la progression de la culture du riz (Ukwungwu & Joshi, 1992).

Lô (2010) a rapporté qu'au Sénégal, dans les agrosystèmes rizicoles de Haute -Casamance, les communautés d'insectes rencontrées sur le terrain étaient composées à hauteur de 4,9% par les foreurs de tiges dont les adultes n'étaient pas inféodés au riz, mais dont les larves vivent dans les tiges où elles causent d'importants dégâts aux plantes. Une attaque précoce entraîne le dessèchement du tallo et le phénomène de « cœur mort », alors qu'une attaque en fin de montaison entraîne le dessèchement de la panicule et le phénomène de « panicule blanche » Lô (2010). Dans les champs fortement infestés, les dégâts dus aux foreurs de tiges en général peuvent induire une perte de production variant entre 60% et 100% (Heinrichs & Barrion, 2004).

La résistance naturelle ou induite de la plante hôte est le moyen le plus efficace pour le contrôle des ravageurs (Nwilene *et al.*, 2002). Des études sur la sensibilité de certaines variétés de riz à la cécidomyie, réalisées de façon continue sur trois ans sur des sites différents, ont fourni la preuve qu'il existe une grande variation géographique de la résistance à la cécidomyie (Nwilene *et al.*, 2002). Ces variations suggèrent une probable variabilité des biotypes du ravageur en Afrique. La biologie moléculaire pourrait représenter un outil important pour la ségrégation de ces biotypes, étape cruciale pour améliorer les stratégies de lutte contre ce ravageur.

Les informations sur la diversité des insectes foreurs des tiges du riz (de bas-fonds ou pluviale) au Cameroun sont rares. De plus, les facteurs responsables de la variation de la sensibilité des différentes variétés de riz aux attaques de ces ravageurs n'ont fait l'objet d'aucune étude. Identifier ces variations et comprendre les mécanismes qui en sont responsables permettraient d'effectuer une sélection variétale en vue de limiter les dégâts de ces insectes.

Le présent travail a pour objectif de rechercher les voies et moyens pour l'amélioration des stratégies de gestion des ravageurs dans les agrosystèmes rizicoles dans le Sud Cameroun.

Hypothèses de recherche :

Hypothèse (1) : les insectes Diptères foreurs ne sont présents dans les tiges qu'au stade végétatif de la plante de riz,

Hypothèse (2) : l'espèce *Orseolia oryzivora* est présente au Cameroun sous plus d'un biotype,

Hypothèse (3) : certaines variétés hybrides (NERICA) à haut rendement; sont résistantes aux foreurs de tiges,

Hypothèse (4) : l'espèce *Orseolia oryzae*, cécidomyie asiatique du riz est absente au Cameroun,

Hypothèse (5) : la composition physico-chimique du sol ainsi que les taux de polyphénols et sucres totaux contenus dans les tiges de riz, peuvent influencer les niveaux de sensibilité des variétés de riz face aux foreurs de tiges.

Pour ce faire, nous nous proposons de :

- Faire une Caractérisation agronomique des variétés de riz concernée par l'étude ;
- Étudier la diversité et l'impact des foreurs de tiges sur les rendements
- Évaluer la fluctuation des populations des foreurs de tiges;
- Analyser la sensibilité des variétés de riz aux foreurs ;
- Identifier les parasitoïdes éventuels des larves de foreurs ;
- Identifier à partir des outils moléculaires, les biotypes de la cécidomyie africaine du riz.

Horsmis l'introduction, la conclusion et les perspectives, ce travail est subdivisé en trois chapitres. Le premier est une revue de la littérature qui, en situant le thème, insiste sur le riz dans ses généralités et plus particulièrement sur les foreurs de tiges du riz. Le second renseigne sur le cadre géographique des sites de collecte des données et décrit le matériel et les méthodes ou techniques utilisés. Le dernier est consacré à la présentation des résultats obtenus et à la discussion.

CHAPITRE I :
REVUE DE LA LITTÉRATURE

I.1- Généralités sur le riz

I.1.1- Origine et distribution du riz

Les variétés de riz cultivées dans la plupart des pays appartiennent au genre *Oryza*. Ce genre compte une vingtaine d'espèces dont deux seulement présentent un intérêt agricole pour l'homme : d'*Oryza sativa* Linné, 1753 et *Oryza glaberrima* Steud. 1855.

- *Oryza sativa* est une Poaceae originaire d'Asie, plus précisément de l'Extrême-Orient, dont la domestication a été faite à partir d'*Oryza rufipogon* Griff. en Inde et en Chine il y a plus de 8 000 ans (Portères, 1950). Cette espèce de riz est présente dans la plupart des pays rizicoles du monde où elle domine la production. Cette domination dans les agrosystèmes est liée notamment à sa grande plasticité et à ses caractéristiques organoleptiques (Portères, 1950). L'espèce a été introduite en Afrique dès le XV^{ème} siècle et plus tard en Amérique par les Européens.

- *Oryza glaberrima* est une espèce originaire d'Afrique Occidentale, plus précisément du Delta Central du Niger au Sénégal (<http://rO.unctad.org/>, 2013 ; CIRAD-GRET, 2002) où elle a été domestiquée il y a au moins 3500 ans (Portères, 1950). Elle dérive de la domestication, probablement dans le Delta intérieur du Niger, de l'espèce *Oryza breviligulata* Chev. et Roch (Poaceae). Cette dernière est elle-même issue de l'espèce pérenne à rhizome *Oryza longistaminata* Chev. et Roch (Poaceae) (CIRAD-GRET, 2002). A cause de sa faible productivité, la culture de *O. glaberrima* est presque abandonnée par les agriculteurs en Afrique (ADRAO, 2003). Par contre, elle est de plus en plus utilisée comme source de caractères d'intérêt agronomique dans les programmes d'amélioration variétale du riz pour l'Afrique (CIRAD-GRET, 2002).

La culture du riz semble avoir été initiée depuis plus de 6500 ans (<http://rO.unctad.org/>, 2013) en extrême orient, principalement en Chine, en Thaïlande, au Cambodge, au Vietnam et en Inde du Sud. À partir de là, la culture de l'espèce *O. sativa* (Poaceae) s'est étendue vers les autres pays asiatiques dont la Corée, le Japon, Myanmar, le Pakistan, le Sri Lanka, les Philippines et l'Indonésie (<http://rO.unctad.org/>, 2013). Dans cette zone géographique, cette espèce est représentée par deux sous espèces *Oryza sativa japonica* Linné (Poaceae) à grains moyens ou petits et *Oryza sativa indica* Linné (Poaceae) à grains allongés, minces et plats (Annexe 1). Le riz *O. sativa* fait également partie intégrante de l'histoire africaine car, il y est cultivé depuis plus de 3500 ans (ADRAO, 2005).

L'Afrique est le seul continent où les deux espèces sont cultivées. De plus, on y trouve de nouvelles variétés issues de croisements de *O. sativa* et *O. glaberrima* appelées NERICA qui, de nos jours sont en pleine diffusion dans les exploitations rizicoles.

Importance alimentaire, socio-économique et culturelle du riz

Le riz est une culture hautement stratégique en raison de sa contribution au développement économique et à l'amélioration de la qualité de vie de la majorité des populations humaines dans le monde (Schalbroeck, 2001 ; Courtois, 2007). Outre son utilisation directe dans l'alimentation humaine, il est utilisé en industrie dans la fabrication de l'alcool, de l'amidon, de l'huile, des produits pharmaceutiques, des aliments diététiques, etc. Les sous produits issus de sa transformation et la paille sont utilisés dans l'alimentation animale. Les balles servent de combustible et les cendres d'engrais. La paille est également utilisée comme litière ou comme matière première pour la fabrication de la pâte à papier ou pour la production de la fumure organique.

Le riz représente la base de l'alimentation de plus de 2,5 milliards de personnes dans les pays en voie de développement (Courtois, 2007) où près d'un milliard de personnes, en majorité des petits exploitants se consacrent à sa production. De nos jours, sa culture et sa consommation sont ancrées dans le patrimoine culturel de nombreuses sociétés humaines. Le Cameroun importe plus de 80 % de ses besoins en riz d'une valeur de 145 milliards de FCFA par an, alors qu'il dispose de terres arables inexploitées suffisantes et d'une grande population agricole pour répondre à la demande (Horwitz, 2014).

I.1.2- Position systématique du riz

Le riz est une céréale de la famille des Graminées, tribu des oryzées, ordre des Cypérales et du genre *Oryza*. Le genre comporte 23 espèces (Annexe 1), dont deux sont domestiquées (Megan & McCouch, 2007 ; Tang *et al.*, 2010 ; Vaughan *et al.*, 2003).

I. 1.2.1- Quelques caractéristiques agronomiques de *O. glaberrima*

L'espèce, *O. glaberrima* présente d'importants traits caractéristiques qui lui permettent de résister aux stress biotiques et abiotiques. En effet, le riz africain montre une résistance à la salinité, à la sécheresse et à la toxicité ferrique (Bezançon & Diallo, 2006). *Oryza glaberrima* peut survivre dans des conditions de faible apport en intrant et de compétitivité avec les herbes

indésirables (Sarla & Swamy, 2005) ; de même elle survit dans des écosystèmes contraignants telles que les zones très pluvieuses, les zones côtières et les zones de mangrove (Sarla & Swamy, 2005 ; Bezançon & Diallo, 2006). Sa capacité de compétition face aux adventices est due à sa vigueur, son faible coefficient d'extinction et son efficacité dans l'utilisation du rayonnement solaire (Bezançon & Diallo, 2006). Elle possède des feuilles pendantes qui évitent que les rayons solaires n'atteignent le sol. En plus de sa grande accumulation de biomasse aérienne, elle possède de nombreuses racines minces qui permettent une bonne exploration de la rhizosphère. Ces caractères lui permettent de résister efficacement en cas d'invasion par les adventices (Bezançon & Diallo, 2006). Aussi, l'espèce a un tallage abondant, ce qui permet une couverture rapide du sol et, lui permet d'étouffer et d'éliminer les adventices (ADRAO, 2002). En plus de sa capacité à résister à l'invasion des adventices, l'espèce *O. glaberrima* dispose d'autres caractéristiques avantageuses sur le plan agronomique qu'a énuméré ADRAO en 2002. Il s'agit de:

- la maturité précoce : *O. glaberrima* arrive, en général, à maturité entre 90 et 100 jours en Afrique contre 120 et 140 jours pour les variétés pluviales de l'espèce *O. sativa* améliorée ;
- la tolérance à la sécheresse ;
- la résistance à la cécidomyie africaine du riz ;
- la résistance au virus de la panachure jaune, une maladie importante en riziculture de bas-fond ;
- la résistance à la pyriculariose ;
- Les qualités organoleptiques : goût, arôme et autres qualités de grains prisées par les paysans.

Par contre, *O. glaberrima* présente des caractéristiques qui peuvent entraver son adoption par les populations humaines et sa production à grande échelle. On peut ainsi noter que sur le plan agronomique, les panicules s'égrènent facilement, ce qui est préjudiciable à son potentiel de rendement ; les graines ont une longue dormance, caractère peu apprécié par les producteurs. Aussi, faut-il retenir que l'espèce est hautement exposée au phénomène de la verse. En effet, l'espèce africaine a des tiges trop fragiles, donc ne supporte pas les fleurs et les grains. Ainsi, elle cède facilement sous le poids des graines avant la maturité: c'est la verse.

I. 1.2.2- Quelques caractéristiques agronomiques de *Oryza sativa*

De nombreux caractères sont aussi appréciés chez l'espèce *O. sativa*. C'est ce qui justifie son succès en Afrique malgré l'existence de l'espèce autochtone de l'Afrique. Au rang de ceux-ci, son fort potentiel de rendement lorsque comparé à celui de *O. glaberrima* (Linares, 2002); l'absence du phénomène de la verse contrairement à l'espèce africaine. En effet, *O. sativa* a un port érigé, principalement au stade reproductif. Ce dernier caractère permet à la plante de supporter des panicules lourdes de graines, depuis la maturité jusqu'à la récolte (ADRAO, 2002). De plus cette espèce, possède des ramifications secondaires sur la panicule, ce qui implique un nombre élevé de grains donc un rendement élevé. Enfin, elle répond parfaitement à la fertilisation minérale.

L'espèce *Oryza sativa* possède certains caractères qui ne sont pas appréciés. Il s'agit de : sa faible résistance aux contraintes environnementales, son exigence en engrais et sa mauvaise adaptation à l'écologie du riz pluvial.

I. 1.2.3- Autres caractéristiques de *O. glaberrima* et origine des variétés NERICA

Du point de vue morphologique, nous observons que :

- *O. glaberrima* a la ligule arrondie et tronquée mais pointue alors que la ligule est longue et bifide chez *O. sativa* ;
- à maturité, la panicule reste dressée chez *O. glaberrima* alors qu'elle retombe en forme de crosse chez *O. sativa*. (ADRAO, 2002)

L'avenir de la production rizicole est ainsi devenu une préoccupation majeure pour les chercheurs compte tenu de la place qu'elle occupe tant dans l'économie que dans l'alimentation de divers pays. Selon Tia (2006), pour faire face à ce grand défi de production et de qualité, la recherche agricole doit apporter sa contribution pour réduire les coûts de production, intensifier la riziculture et créer des écotypes améliorés à haut rendement. La mise en place de variétés à rendement élevé dépend surtout de l'accès aux ressources génétiques locales constituées aussi bien d'espèces sauvages que d'espèces modernes (Jackson, 1995). Un tel accès est garanti par la préservation des ressources phylogénétiques.

Toutefois, de nouvelles variétés ont été créées par l'ADRAO: les NERICAs notamment, dans la perspective de sélectionner du matériel végétal plus productif et mieux adapté aux différentes écologies.

Oryza glaberrima, qui n'est cultivée qu'en Afrique de l'Ouest, a risqué la disparition dans les années 1980 au profit de *O. sativa*(Courtois, 2007). Les tentatives d'exploitation de la présence des deux espèces pour l'amélioration de la productivité n'avaient pas donné de résultats probants du fait de la stérilité des croisements *O.sativa* x *O.glaberrima*. Mais les croisements entrepris dans les années 90 par des sélectionneurs de l'ADRAO (Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest) en Côte d'Ivoire, ont cependant permis de contourner cet obstacle et de produire une série de variétés très appréciées des paysans, les NERICAs (Jones *et al.*, 1997). Il semble que l'utilisation des parents *O.glaberrima* bien choisis, puisse être partiellement introgressée par *O.sativa* (Barry *et al.*, 2007) et que, le passage par la culture d'anthers ai permis de fixer des combinaisons intéressantes.

I. 1.3- Biologie de la plante de riz

Le complexe *O. sativa* regroupe des plantes herbacées annuelles, diploïdes ($2n = 24$), autogames, présentant une tige ronde et creuse. Cette tige est subdivisée en entre-nœuds par des nœuds et munie des feuilles plates et lancéolées, d'une panicule terminale et d'un système racinaire simple (Figure 1). Comme toutes les graminées, le riz comprend deux parties (Figure 1) : une partie végétative, composée des racines, de chaume ou tige dont la partie supérieure constitue le talles et les feuilles et une partie reproductive, constituée de panicules qui portent les épillets.

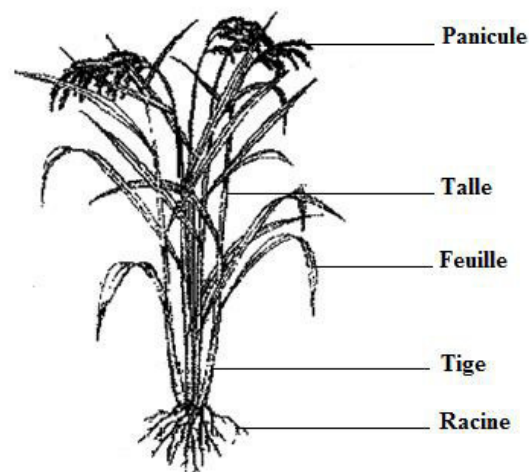


Figure 1: Schéma annoté d'une plante de riz (adapté de Lacharme, 2001).

I.1.3.1- Organes végétatifs du riz

▪ Racines

Le plant de riz présente un système racinaire fibreux composé de deux types de racines (Lacharme, 2001):

- les racines embryonnaires qui poussent à partir de la radicule et ont une vie éphémère,
- les racines secondaires (ou adventives), remplaçant les premières et qui se ramifient librement ou se développent à partir des nœuds inférieurs de la tige.

▪ Tige

La tige est constituée de nœuds, limitant un certain nombre d'entre-nœuds et portant chacun une feuille et un bourgeon qui peut se transformer en talle ou tige secondaire. Les nœuds sont pleins tandis que les entre-nœuds sont creux. Les talles partent de la tige principale en ordre alternatif (Lô, 2010). Les talles de premier ordre prennent naissance aux nœuds inférieurs et donnent naissance aux talles de second ordre et éventuellement, à des talles de troisième ordre. La talle constitue l'unité structurale et reproductrice de la plante de riz. Il est doté d'une croissance indépendante (Arraudeau, 1998).

▪ Feuilles

Chaque feuille est rattachée au nœud par la gaine foliaire (Lô, 2010). Cette dernière recouvre en général l'entre-nœud. En début de croissance, la tige est essentiellement constituée par la gaine foliaire. À l'articulation gaine/limbe se trouve une paire de lamelles en forme de faucille appelées auricules, recouverte d'une membrane triangulaire, la ligule ; ces deux organes permettent la différenciation du riz des autres graminées (Lacharme, 2001).

I.1.3.2-Organes reproductifs du riz

D'après Lô (2010), les organes reproductifs ou épillets sont portés par la panicule qui est l'inflorescence de la plante. Le nœud situé entre l'entre-nœud supérieur de la tige et l'axe principal de la panicule est la base de la panicule. Il se présente souvent comme un anneau cilié et sert de limite pour la détermination de la longueur de la panicule et de la tige. Selon les variétés, la panicule porte des ramifications primaires ou racèmes, subdivisées en ramifications

secondaires ou axiles et parfois même en ramifications tertiaires. Ces ramifications sont les supports des épillets. Chaque épillet est composé de deux glumes, d'une cupule ou rachilla et d'une fleur terminale fertile, entourée de glumelles supérieure et inférieure. La glumelle inférieure est prolongée par une arête chez certaines variétés. Une panicule est érigée au moment de la floraison et tend généralement à prendre la forme d'une faucille au fur et à mesure que les épillets se remplissent, mûrissent et deviennent des graines.

I.1.3.3-Phase de développement du riz

Le cycle de vie d'un plant de riz passe par trois phases de développement (végétative, reproductive et maturation).

- **Phase végétative**

Après le semis qui se fait en ligne par poquet de trois à cinq graines ou à la volée, les premières plantules émergent en général au bout de trois jours. Au cours de la phase végétative, le développement de la plante de riz passe par trois stades (Lô, 2010) :

- le stade plantule va de l'émergence des feuilles cotylédonaires à l'apparition du premier talle;
- le stade du tallage coïncide avec l'apparition du premier talle et commence dès l'apparition de cinq feuilles sur la tige principale et dure jusqu'au tallage maximum;
- le stade de l'élongation de la tige est observable avant l'initiation paniculaire chez les variétés à cycle long ; ou après l'initiation paniculaire, chez les variétés à cycle court.

- **phase reproductive**

D'après Lô (2010), pendant la phase reproductive, la plante de riz réalise les étapes suivantes:

- l'initiation paniculaire ou formation de l'ébauche de la panicule, qui dure approximativement 70 jours avant la maturité ;
- la montaison, intervient deux semaines environ après l'initiation paniculaire (à ce stade, la gaine de la feuille paniculaire commence à gonfler sous l'effet du développement de la panicule) ;
- l'épiaison, est la sortie de la panicule de la gaine de la feuille paniculaire;

➤ la floraison ou anthèse, est caractérisée par l'ouverture des épillets en partant du haut vers le bas de la panicule ; elle débute chez toutes les variétés, 25 jours environ après l'initiation paniculaire pour se terminer par la pollinisation et la fécondation (ADRAO, 1986).

- **Phase de maturation**

C'est la phase pendant laquelle la graine se forme. Elle rassemble les différentes étapes suivantes (ADRAO, 1986) :

- le stade laiteux, caractérisé par un état à consistance laiteuse du caryopse; stade où les dégâts d'oiseaux et de piqueurs-suceurs sont à craindre;
- le stade pâteux mou et dur, caractérisé par la solidification du contenu du grain;
- le stade de maturité lorsque le grain a atteint ses dimensions définitives et a perdu toute sa coloration verte (Lô, 2010).

I. 1.4-Écologie

Lô a montré que, pour sa croissance, les températures minimales de 13°C assurent une bonne germination, tandis que celles de 22°C est nécessaire pour la floraison et la pollinisation, 19°C pour la maturation et une moyenne de 22 à 30°C durant le cycle végétatif (Funel & Laucoin, 1980, Lô, 2010).

Les besoins en eau du riz pluvial dépendent de la durée du cycle de la variété cultivée et du climat local qui régit l'importance de la transpiration de la plante. Ils sont généralement situés autour de 450 mm chez les variétés à cycle court et de 650 mm chez les variétés à cycle long (Funel & Laucoin, 1980).

La riziculture peut être pratiquée dans des conditions écologiques variées. Au Sénégal par exemple, les différentes situations écologiques de la culture du riz vont des terres exondées du plateau aux talwegs des vallées intérieures ou à la mangrove, en bordure des bras de mer. La typologie des rizicultures est alors fonction des conditions environnementales qui prévalent dans les milieux de culture (Mbodj, 1991).

- La riziculture pluviale stricte est pratiquée sur des terres exondées, au niveau le plus élevé de la toposéquence. Elle dépend exclusivement des pluies pour son alimentation hydrique et de ce fait, est tributaire des poches de sécheresse qui surviennent au cours de la saison pluvieuse. Pour ce type de riziculture, il est recommandé des variétés présentant un tallage

relativement réduit, à cycle court (90 jours), se limitant à la durée de la saison des pluies et avec un système racinaire se développant en profondeur (Djiba & Coly, 2007).

- La riziculture submergée d'eau douce, se pratique en eau douce ; deux sous-types se distinguent: pluvial et irrigué. Le premier sous-type se fait sans aucune maîtrise de l'eau et la submersion est le fait de l'accumulation des eaux de pluies. Il est pratiqué dans les vallées intérieures et sur des sols de transition entre le plateau et la mangrove. Quant à la riziculture irriguée, elle est caractérisée par la maîtrise de l'eau tant pour l'irrigation que pour le drainage (Mbodj, 1991).

- La riziculture submergée d'eau salée ou de mangrove est pratiquée dans des plaines récupérées de la mangrove et sur des sols sableux situés à proximité de la mangrove. Sa principale caractéristique est la forte présence de sel dans le sol; ce qui constitue la contrainte majeure.

I. 1.5-Riziculture au Cameroun

I. 1.5.1-Atouts et contraintes de la riziculture

Une observation sur l'évolution des techniques culturales au Cameroun indique que le riz est largement produit en système irrigué. Malgré cela, les riziculteurs dépendent encore des pluies et la période des semis coïncide avec le début de cette saison (Goufo, 2008). Les facteurs favorables à la production du riz et au développement de la filière sont essentiellement:

- les conditions climatiques ;
- l'existence d'une demande locale fortement supérieure à l'offre ;
- l'existence d'un marché national porteur, notamment le riz de Ndop;
- l'existence des centres de recherche (IRAD, SEMRY...) œuvrant pour l'amélioration des rendements et de la productivité ;
- l'intérêt actuellement porté à la filière par plusieurs bailleurs de fonds (Banque Mondiale et Union Européenne) à travers le financement des projets ;
- la volonté manifeste des producteurs à faire de la riziculture, une activité rentable et capable de contribuer au développement du pays;
- la diversité des écotypes de riz existants et la grande disponibilité de bas-fonds sur le territoire national;
- L'intérêt manifeste du gouvernement pour la culture du riz.

En ce qui concerne les contraintes, la liste n'est pas exhaustive. Les difficultés liées à la culture du riz au Cameroun se retrouvent à tous les maillons de la filière, depuis la production jusqu'à la consommation en passant par la transformation et la commercialisation. Les plus importantes se résument à la production et à la commercialisation compte tenu de 'la non' compétitivité avec le riz importé (Goufo, 2008).

I. 1.5.2-Les bassins rizicoles au Cameroun

La République du Cameroun est administrativement divisée en 10 Régions géopolitiques couvrant cinq zones agro écologiques (Chambre d'Agriculture, 2009 ; cf. Annexe 2): la zone forestière à pluviométrie uni modale, correspondant globalement à la plaine littorale (Amiet, 2012) ; la zone forestière à pluviométrie bimodale, correspondant globalement au plateau sud-Camerounais, les hautes terres de l'Ouest, qui se composent de hauts plateaux et de montagnes boisées, volcaniques ou non, y compris le Mont Cameroun; la zone des hautes terres Guinéennes qui correspond au plateau de l'Adamaoua, et la zone soudano-sahélienne, qui est essentiellement une vaste plaine tropicale qui descend vers le bassin du Tchad(Biandoun *et al.*, 2002 ; Chambre d'Agriculture, 2009 ; Amiet, 2012). Les grands bassins rizicoles sont rencontrés dans les hautes terres de l'Ouest Cameroun (Régions du Nord-Ouest et de l'Ouest) et dans la zone soudano-sahélienne (Régions du Nord et de l'Extrême-Nord) ; de petites exploitations sont rencontrées sur le plateau sud camerounais (Régions du Centre, du Sud-Est et de l'Est). Les grands projets de culture de riz sont basés à Maroua et à Kousseri dans l'Extrême-Nord et à Ndoum dans la Région du Nord-Ouest (Figure2).

L'Extrême-Nord abrite le plus grand bassin de production rizicole du Cameroun, avec environ 85% de la production nationale. La Société d'Expansion et de Modernisation de la Riziculture de Yagoua (SEMRY) est chargée de la supervision de la culture dans cette région (Ndame& Briltey, 2004). Elle y a établi trois stations, à savoir la SEMRY I (Yagoua), SEMRY II (Maga), et la SEMRY III (Logone et Chari à Kousseri). Le riz est également cultivé à petite échelle le long de la vallée de Lagdo par les populations Toupouri, Guiziga et Matal (Goufo, 2008).

La production du riz dans les Hautes terres de l'Ouest Cameroun (5°20' et 7 ° N. ; 9°40' ; 11°10 'E) est concentrée dans la Région du Nord-Ouest, avec de petites exploitations à l'Ouest (Baïgom, Santchou, Tonga) (Goufo, 2008).La production moderne de riz dans le Nord-Ouest (vallée de Menchum) est administrée par la « Upper Noun Valley Development

Authority »(UNVDA) ; Les principaux villages où l'on cultive le riz sont Bamunka, Bamali et Babungo à Ndop (Lotsmart & Mbah, 2007).



Figure 2 : sites de production du riz au Cameroun (Goufo, 2008).

I. 1.5.3- Entretien de la culture du riz

- **Fertilisation de la culture du riz**

Le riz possède une remarquable faculté d'adaptation au climat, au milieu et aux systèmes culturaux ; il est par contre très sensible à l'indisponibilité des éléments nutritifs (Azote, Phosphore, Potassium...).

- **Protection phytosanitaire de la culture du riz (Lô, 2010)**

Mauvaises herbes

Afin de limiter les pertes de récolte du riz dues à la compétition des adventices, il est essentiel de prendre des mesures de lutte adéquates. Parmi celles-ci, on peut noter :

- **mesures préventives**

Elles sont destinées à réduire l'infestation du terrain par les adventices. Deux approches sont communément utilisées:

- utilisation de semences de bonne qualité, non contaminées par des semences de mauvaises herbes;
- préparation adéquate du sol, afin d'avoir un bon lit de semis, pour une meilleure germination des semences d'une part et l'élimination de tous les adventices au moment du semis ou du repiquage, d'autre part.

Les méthodes de lutte proprement dites concernent :

- **pratiques culturales :** elles consistent principalement en la rotation des cultures, en la mise en culture d'espèces particulièrement compétitives vis-à-vis des adventices;
- **lutte mécanique:** elle comprend des actions telles que l'arrachage ou le sarclage manuel, le binage, la submersion, le «mulching »;
- **lutte chimique:** elle consiste en une application de produits chimiques (herbicides);
- **lutte biologique:**elle fait référence à l'emploi d'un agent biotique ennemi naturel de l'adventice.

2- Entomofaune associée

Les insectes qui circulent dans les agrosystèmes à base de riz peuvent être groupés en deux grands groupes fonctionnels ; les déprédateurs qui se nourrissent de divers organes végétaux et peuvent induire des pertes de production et les auxiliaires (prédateurs et parasitoïdes d'une part, pollinivores et nectarivores d'autre part).

I.2.1- Insectes déprédateurs

Les déprédateurs peuvent en fonction des organes végétaux être répartis en plusieurs catégories.

I. 2. 1. 1-Lépidoptères foreurs de tige

- ***Chilo zacconius* Bleszynski, 1970 (Lépidoptère : Pyralidae)**

La chenille de *Chilo zacconius* mesure environ 13 mm de long et présente une tête de couleur marron et un abdomen de teinte ivoire, avec 7 bandes longitudinales rosâtres sur la face dorsale (Heinrichs & Barrion, 2004) ; les jeunes larves rencontrées d'abord entre les gaines foliaires pénètrent ensuite dans la tige où leur alimentation a pour effet l'apparition des "cœurs morts" (Figure 3) et des panicules blanches (Figure 3) (Bijlmakers & Verhoek, 1995) ; les larves de *C. zacconius* ne sont pas spécifiques au riz, mais s'alimentent également sur le sorgho, le mil et le blé ; les adultes sont jaunâtres et pourvus de taches marron sur les faces supérieures des ailes antérieures ; rencontré principalement en riziculture pluviale, *C. zacconius* est le lépidoptère le plus nuisible en Afrique de l'Ouest.

Distribution géographique (Heinrichs & Barrion, 2004) : Bénin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Mali, Niger, Nigéria, Sénégal, Togo, Sierra Léone.



Figure 3: Symptômes des attaques de foreurs de tiges du riz (Silvie *et al.*, 2012).

- ***Chilo partellus* (Swinhoe, 1885) (Lépidoptère : Pyralidae)**

La chenille est blanc-crème, avec 2 rangées de taches brunes sur la vue dorsale ; elle mesure 20 à 25 mm de long (Figure 4). Les dégâts sur de jeunes plants sont semblables à ceux causés par les autres foreurs de tiges (“cœurs morts”, panicules blanches) (Bijlmakers & Verhoek, 1995). Les larves, oligophages causent également les dégâts sur le sorgho, le mil et le blé. Les adultes sont jaunâtres et dépourvus de taches marron sur les faces supérieures des ailes antérieures. L'espèce *C. partellus* est abondante en riziculture pluviale.

Distribution géographique (Heinrichs & Barrion, 2004): Kenya, Tanzanie, Malawi, Soudan et Uganda.

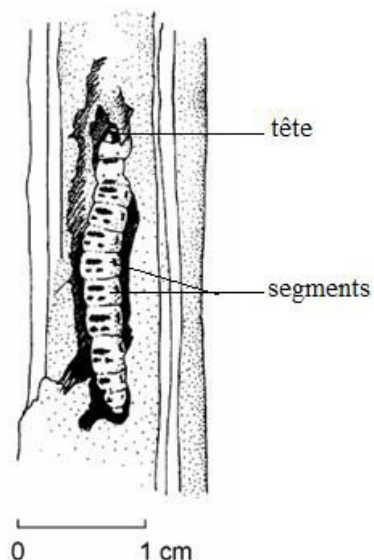


Figure 4 : Chenille de *Chilo partellus* dans la tige du riz(Bijlmakers &Verhoek, 1995).

- ***Maliarpha separatella* Ragonot, 1888 (Pyralidae)**

La chenille, d'aspect général fin et allongé, est blanc-jaunâtre ou nacré et peut atteindre 26 mm de long; la tête est petite, de couleur variable du brun clair au brun foncé (Bijlmakers &Verhoek, 1995) ; les larves, oligophages, causent également les dégâts sur le sorgho, le mil et le blé. Les adultes sont de couleur blanche avec une tache noire sur les faces supérieures des ailes antérieures. Les ailes antérieures et postérieures sont dépourvues de nervures.D'après Heinrichs & Barrion (2004), l'espèce *Maliarpha separatella* est très abondante en riziculture de bas fond.

Distribution géographique (Heinrichs & Barrion, 2004) : Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Nigéria, Sénégal, Sierra Léone, Gambie et Togo.

- ***Sesamia calamistis* Hampson, 1910 (Noctuidae)**

La chenille (Fig. 5 a), de couleur rose, blanche ou blanc-jaunâtre, peut atteindre 28 à 34 mm de long. La tête et les stigmates sont de couleur brune. Leurs attaques provoquent un jaunissement des feuilles centrales, suivi du dessèchement ; les plants minés se brisent et les panicules avortent (Bijlmakers & Verhoek, 1995). Les adultes sont de couleur rose et la face dorsale du thorax présente un aspect cilié (Figure 5).L'espèce *S. calamistis* est abondante en riziculture pluviale.

Distribution géographique : Benin, Burkina Faso, Cameroun, Côte d'Ivoire, Gambie, Ghana, Mali, Niger, Nigeria, Sénégal, Togo.

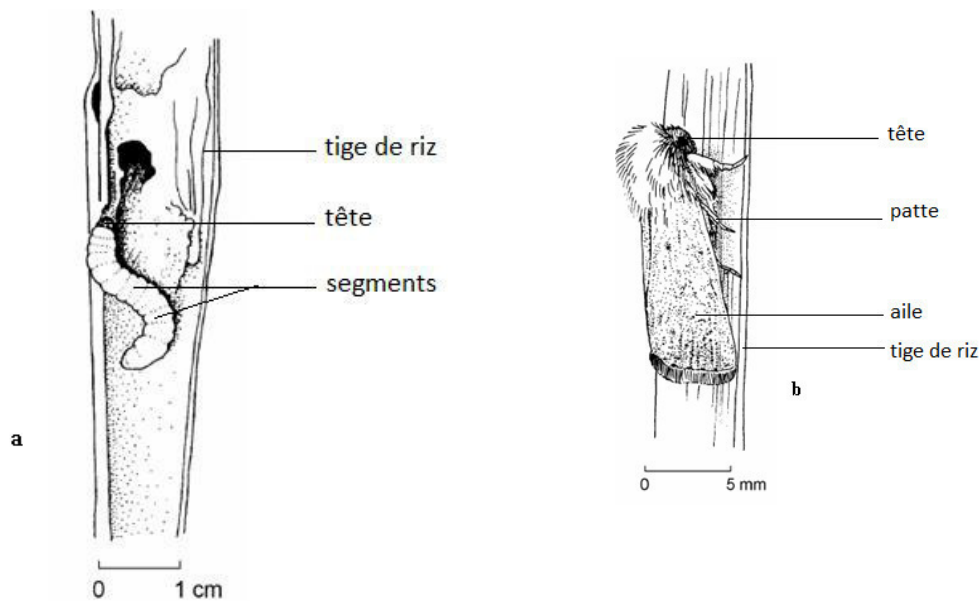


Figure 5: Habitus larvaire (a) et adulte (b) de *Sesamia calamistis* (Bijlmakers & Verhoek, 1995).

I. 2.1.2- Diptères foreurs de tige

- ***Diopsis* spp.**

Les diptères *Diopsis* spp. sont principalement représentés par deux espèces: *Diopsis longicornis* Macquart, 1835 et *Diopsis apicalis* Dalman, 1817. Les adultes sont des mouches à yeux pédonculés très caractéristiques (Figure 6) et à abdomen rouge. Les larves ou asticots se développent dans la tige et rongent le bourgeon terminal (Figure 7), déterminant la formation de “cœurs morts” (Heinrichs & Barrion, 2004).

Distribution géographique de *D. longicornis* : Benin, Burkina Faso, Tchad, Cameroun, Côte d’Ivoire, Ghana, Guinée Conakry, Guinée-Bissau, Liberia, Mali, Nigeria, Sénégal, Sierra Léone, et Togo.

Distribution géographique de *D. apicalis* : en plus des pays ci-dessus, l’espèce est présente en Gambie et en Mauritanie.

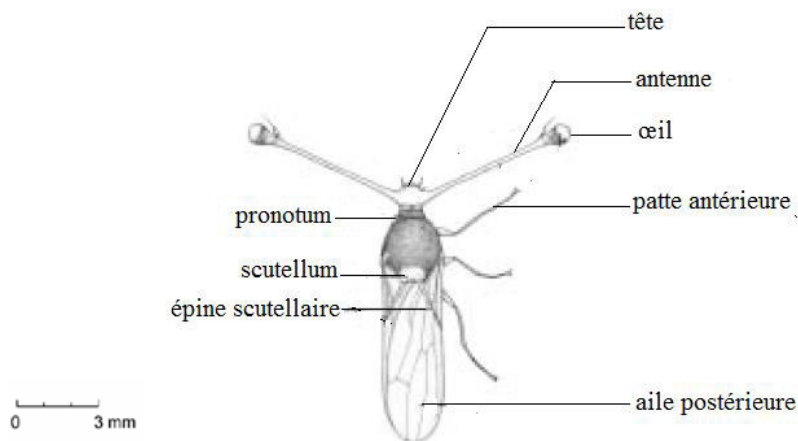


Figure 6 : morphologie de l'adulte de *Diopsis longicornis* (Heinrich & Barrion, 2004)

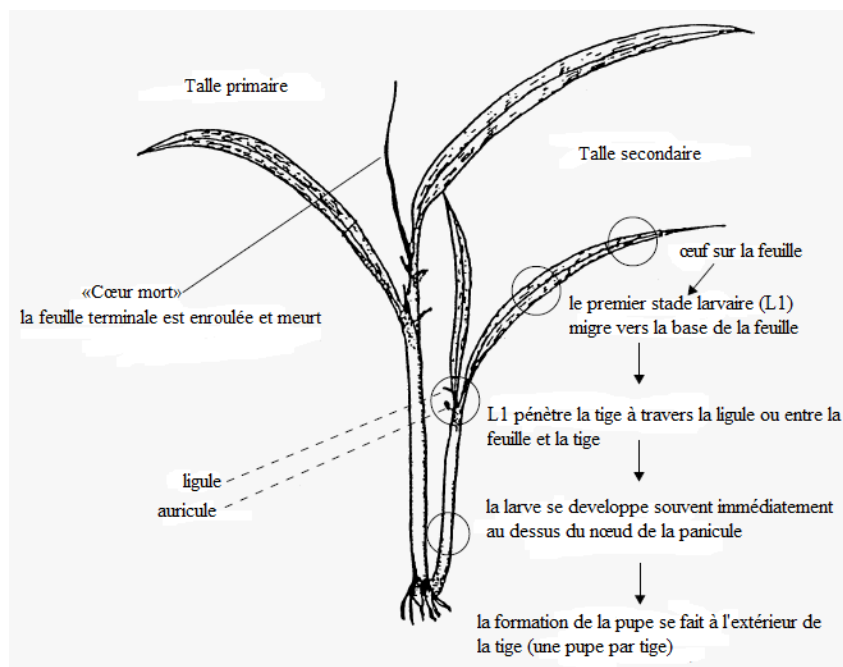


Figure 7: Développement chronologique des mouches à yeux pédonculés, attaque de *Diopsis longicornis* Macquart, sur une plante de riz, du stade de l'œuf à la pupue (modifié de Pollet, 1977).

I. 2.1.2.1- Généralités sur la cécidomyie gallicole du riz

En Afrique, trois espèces de cécidomyie sont redoutables dans les champs de céréales. Il s'agit de:

- ❖ la cécidomyie du sorgho, *Contarinia sorghicola* Coquillett, 1899 ;
- ❖ la cécidomyie du mil *Geromyia penniseti* (Felt, 1920) ;

❖ la cécidomyie africaine du riz, *Orseolia oryzivora* Harris & Gagné, 1982.

Elles appartiennent toutes à la famille des Cecidomyiidae, l'une des plus vastes familles de Diptères qui comporte en outre de nombreuses espèces gallicoles.

Gagné (1985) a montré que la cécidomyie asiatique du riz *O. oryzae* est une espèce oligophage qui ne peut accomplir son cycle de développement que sur les plantes du genre *Oryza*. De même, des travaux menés au Nigéria ont conduit à un constat similaire ; la cécidomyie africaine du riz se développe uniquement sur les plantes du genre *Oryza* (Williams *et al.*, 1999). Toutefois, Harris *et al.* (1999) avaient rapporté qu'au Nigeria, la cécidomyie se développait également sur la poacée sauvage *Paspalum scrobiculatum* L., 1767.

Les insectes ravageurs constituent l'une des contraintes majeures à la production du riz ; leurs attaques apparaissent plus marquées sur les accessions à haut potentiel de rendement (Ogah *et al.*, 2011). *Orseolia oryzivora* est à ce titre citée comme un ravageur important dans les champs de riz de bas-fonds et de riz irrigué (Ogah *et al.*, 2005; Nwilene *et al.*, 2006; Omoloye & Vidal, 2007). En Afrique, les pertes induites par ce ravageur peuvent atteindre 80% dans les régions endémiques (Heinrichs & Barrion, 2004).

La cécidomyie africaine du riz a été longtemps confondue avec l'espèce asiatique *Orseolia oryzae*. Cette confusion a persisté jusqu'à ce que Harris & Gagné (1982) discriminent les deux espèces sur la base des caractères morphologiques des stades larvaire, pupal et adulte et, nomment l'espèce africaine *Orseolia oryzivora*. Par ailleurs, la même année, Harris & Gagné ont établi des différences morphologiques entre *O. oryzivora* et une autre espèce de cécidomyie non décrite inféodée à *Paspalum scrobiculatum* et *Paspalum polystachyum* Salzmann. Steud. (Kunth & Raspail, 1825), (Harris *et al.*, 1999). Cette dernière espèce sera plus tard nommée *Orseolia bonzii* Harris, 2000 (Harris, 2000).

Les premières mentions de la cécidomyie en Afrique remontent aux travaux de Joyce (1954) au Soudan. Considérée comme ravageur mineur avant 1970, la cécidomyie africaine du riz a connu une véritable explosion dans bon nombre de pays africains et, est depuis 1990, considérée comme ravageur majeur dans des bassins rizicoles sous divers écosystèmes d'Afrique sub-saharienne. (Dakouo *et al.*, 1988; Williams *et al.*, 2000 ; Williams *et al.*, 2002).

Son expansion rapide à travers le continent semble être en relation avec l'intensification de la culture du riz (Ukwungwu & Joshi, 1992). La cécidomyie africaine sévit principalement en riziculture irriguée, mais elle se rencontre également en riziculture pluviale et de bas-fond.

Au Burkina Faso, ce ravageur est endémique dans la région du sud-ouest où il est responsable de plus de 60% de dégâts (Dakouo *et al.*, 1988; Nacro *et al.*, 1995).

Les cécidomyies du sorgho (*C. sorghicola*), du mil (*G. penniseti*), et du riz (*O. oryzivora*), appartiennent à la famille des Cecidomyiidae dans l'ordres Diptères. Les caractères généraux de la famille décrits par Harris & Gagné, 1982 sont les suivants :

- ❖ antennes généralement longues et minces, portant de nombreuses soies;
- ❖ nervation alaire réduite; avec quatre nervures au plus qui atteignent le bord de l'aile;
- ❖ adultes de petite taille rappelant un moustique;
- ❖ pattes longues et grêles;
- ❖ extrémité postérieure de l'abdomen de la femelle amincie en un oviscapte ;
- ❖ larves cylindriques, de couleur jaune à rouge, présentant une tête réduite avec des pièces buccales suceuses (Ouédraogo, 1980) ;
- ❖ larves bien développées, généralement longues de 3 à 10 mm (Harris, 1987) ;
- ❖ adultes discrets et éphémères avec des ailes atteignant 1 à 5 mm de long ;

L'insecte, *Orseolia oryzivora* Harris & Gagné, 1982, a été classé d'après les règles de nomenclature comme suit :

- Embranchement: Arthropodes
- Sous-Embranchement: Antennates ou Mandibulates
- Classe des insectes (Insecta)
- Sous-classe des Pterygotes
- Section des Néoptères oligo-néoptères
- Super-ordre des Mécoptéroïdes (Mecopteroïdes)
- Ordre des Diptères (Diptera)
- Sous-ordre des Nématocères (Nematocera)
- Groupe : Biblioniformi
- Super-famille : Cecidomyioidae
- Famille : Cecidomyiidae ou Itonidae
- Genre : *Orseolia*
- Espèce : *Orseolia oryzivora* Harris & Gagné, 1982.

Distribution géographique de la cécidomyie africaine du riz (William *et al.*, 2002)

La cécidomyie africaine du riz est signalée en Afrique de l'Ouest (Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Sénégal, Gambie, Ghana, Togo, Mali, Nigéria, Sierra Léone, Niger et Guinée

Bissau), en Afrique centrale (Cameroun, Tchad, Guinée équatoriale,) et en Afrique de l'Est et du Sud (Malawi, Soudan, Tanzanie, Uganda et Zambie) (Figure 8).

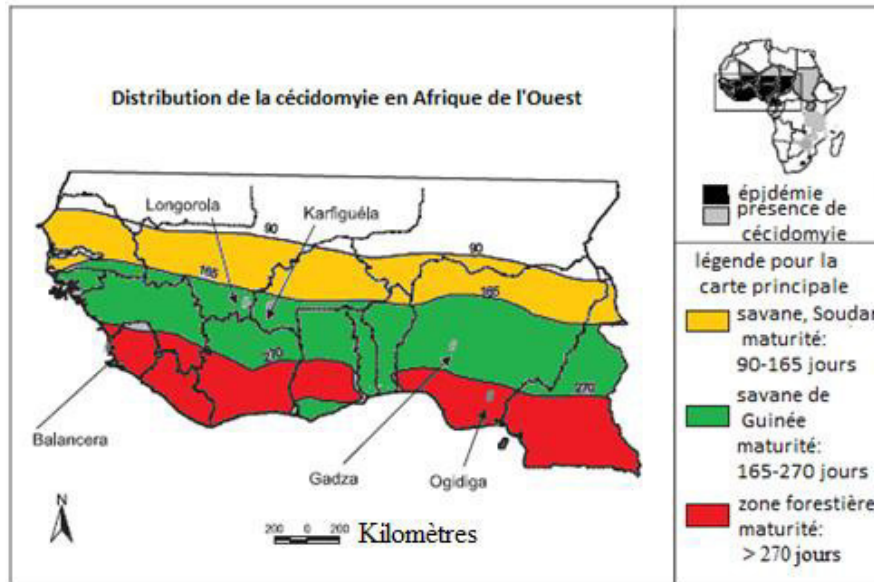


Figure 8 : distribution géographique de la cécidomyie africaine du riz (adaptée de William *et al.*, 2002).

I.2.1.2.2- Biologie de la cécidomyie africaine du riz

Les éléments de la biologie de *O. oryzivora* présentés ci-dessous sont empruntés essentiellement de CABI (2013).

- **Les œufs**

Les œufs sont cylindriques, de couleur blanche à la ponte puis jaune-orangé juste avant l'éclosion ; ils mesurent environ 0,5 mm de long (CABI, 2013).

- **Les larves**

Les pattes articulées ou d'autres appendices évidents manquent pendant les stades larvaires. La tête, petite, se rétracte partiellement dans les segments antérieurs du thorax. Il existe trois stades larvaires (Figure 9) au cours desquels la couleur de la larve varie du blanc au rose. Les larves à maturité peuvent atteindre 5 mm de long et présentent une spatule sternale en position médio-ventrale sur le premier segment thoracique (Figure 9.5).

- **La pupa**

Les pupes mesurent 5-7 mm de long et celles des femelles sont généralement plus grandes que celles des mâles. Les cornes des antennes rétrécissent en un seul point et les tergites abdominaux portent une série d'épines. La pupa est libre (Nacro *et al.*, 2015), et les ébauches

alaires et pédieuses sont nettement visibles. La tête porte 2 cornes à son extrémité antérieure (Figure 9.6).

- **L'adulte**

Les adultes sont de petits moucheron brun rougeâtre dont les ailes mesurent environ 3,0 à 3,5 mm de longueur chez les mâles et 3,5 à 4 mm de longueur chez les femelles. Le mâle et la femelle présentent de longues antennes composées de 12 flagellomères ; les antennes des mâles portent trois séries de sensoria filiformes (CABI, 2013). Les terminalia mâles forment un ptérygopode à symétrie bilatérale ; l'ovipositeur de la femelle est non rétractile avec une paire de cerques distales.

- **Plantes hôtes**

Les plantes hôtes de la cécidomyie en Afrique sont représentées par les espèces :

- *Oryza longistaminata* (riz sauvage), qui représente un hôte sauvage,
- *Oryza sativa* L., qui représente le riz cultivé.

Manifestations des attaques de la cécidomyie sur les plants de riz (CABI, 2013)

Le symptôme le plus évident des attaques de *Orseolia oryzivora* est la présence dans la tige de riz de galles cylindriques d'environ 3 mm de diamètre ; et moins de 1,5 cm de long. Ces galles sont généralement de couleur blanc argenté et connues sous le nom de « galles en feuilles d'oignon ». À de faibles niveaux d'infestation, les galles peuvent être difficiles à détecter, mais les infestations graves entraînent une diminution significative du nombre d'inflorescences et par conséquent une diminution du rendement des plants. Un examen attentif des galles complètement formées peut révéler la présence des larves de la cécidomyie et les pupes à l'intérieur de la tige, ou si les adultes ont déjà émergé, les coques de nymphe attachées aux pores de sortie près de l'extrémité des galles.

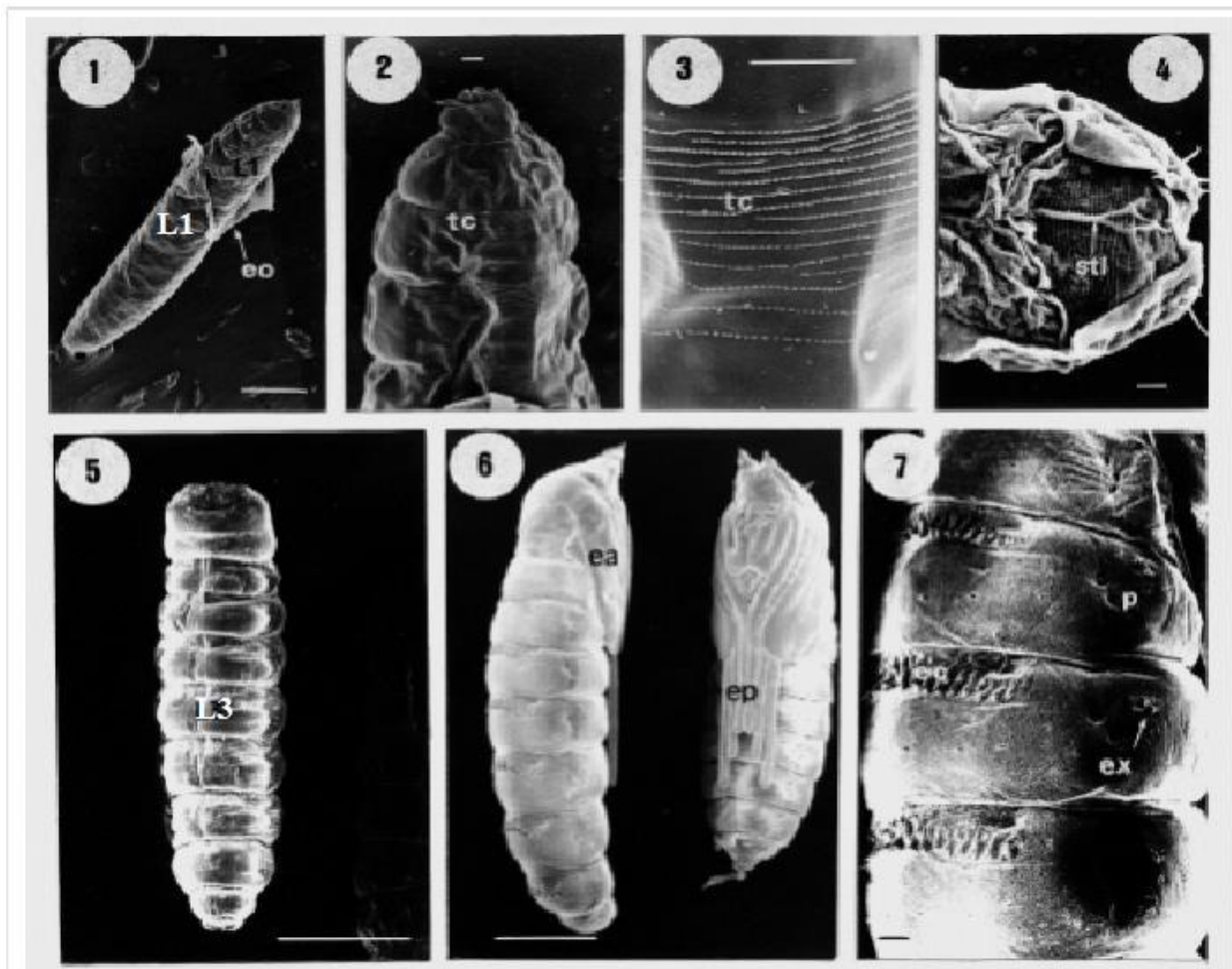


Figure 9 : Morphologie des stades pré-imaginaux de *Orseolia oryzivora* (Diptera : Cecidomyiidae) insecte ravageur du riz (Nacro *et al.*, 2015).

Légende :ea: ébauches alaires; eo: enveloppe de l'oeuf; ep: ébauches pédieuses; ex: expansionscuticulaires; L1: larve de 1er stade; L3: larve de 3^{ème} stade; p: pore; tc: tubercules cuticulaires; stl: spatule sternale

- **Stades de croissance du riz affectés par la cécidomyie**

La cécidomyie africaine attaque le riz principalement lors de la phase de croissance végétative (CABI, 2013).

- **Le cycle de vie de la cécidomyie**

D'après CABI (2013), les femelles de la cécidomyie du riz pondent des œufs isolés ou en poquets de trois à cinq sur la face intérieure ou extérieure de la gaine foliaire juste en dessous des ligules ; Les œufs peuvent également être déposés sur la face supérieure ou la face inférieure des limbes foliaires de jeunes plants de riz. Chaque femelle après l'accouplement peut pondre

jusqu'à 400 œufs au cours de sa vie, qui dure environ 3 jours. Les œufs éclosent environ trois jours après la ponte. Le premier stade larvaire se déroule au niveau des points de croissance de la plante où les larves se nourrissent pendant 2-3 semaines. L'alimentation des larves induit, dans la galle, le développement d'une vésicule courte et discrète qui persiste jusqu'à ce que les larves soient prêtes à se nymphoser. Au cours du développement larvaire, la vésicule s'allonge au fur et à mesure que la larve progresse ; au terme de son développement, celle-ci fait un trou d'émergence à travers lequel l'adulte fait saillie à l'émergence (Figure 10). Chaque galle contient une seule larve et les galles apparaissent à environ 20 à 40 jours après la transplantation des plantules de riz (ADRAO, 2000).

Des élevages en cages au Burkina Faso ont permis d'établir que la durée de développement pré imaginal de *O. oryzivora* à 27 °C varie 20 à 40 jours; l'émergence des adultes pouvait s'étaler sur 10 jours avec un pic d'émergence entre le troisième et le sixième jour (Bouchard *et al.*, 1992). Les mâles et les femelles ont émergé à peu près au même moment et le sexe ratio (rapport mâles- femelles) à l'émergence était de 1: 2. *Orseolia oryzivora* apparaît ainsi comme une espèce à fécondité potentielle élevée (Nacro *et al.*, 2015).

L'asticot blanchâtre peut atteindre 3 mm de long (Bijlmakers & Verhoek, 1995) ; le dernier stade qui atteint environ 5 mm de long présente sur la face ventrale, une spatule chitineuse en forme de "Y" (Bijlmakers & Verhoek, 1995). La larve se nourrit dans la zone de croissance de la plante, à l'intérieur du tallole, provoquant la formation d'une galle tubulaire où toute la vie larvaire et nymphale de l'insecte se déroule. La pupa est rosâtre et pourvue dorsalement de rangées d'épines obliques. Après la formation d'une galerie en forme de tube creux ("feuille d'oignon"), les jeunes pousses blanchissent et se dessèchent (Bijlmakers & Verhoek, 1995).

L'importance économique de la cécidomyie africaine du riz a justifié de nombreux travaux sur sa bio-écologie. Ces travaux ont notamment permis d'identifier deux importants hyménoptères parasitoïdes qui lui sont inféodés. Ce sont, *Platygaster diplosisae* Risbec, 1956 a (Hymenoptera, Platygasteridae) et *Aprostocetus procerae* Risbec, 1956 (Hymenoptera, Eulophidae) (Feijen & Schulten, 1983 ; Umeh & Joshi, 1993 ; Nacro *et al.*, 1995). Ces parasitoïdes occasionnent une mortalité cumulée d'environ 70 % chez la cécidomyie en fin de saison humide de culture dans le sud-ouest du Burkina Faso (Dakouo *et al.*, 1988 ; Nacro *et al.*, 1995) et agissent de façon complémentaire en s'attaquant à des stades différents de l'hôte (Nacro, 1994).

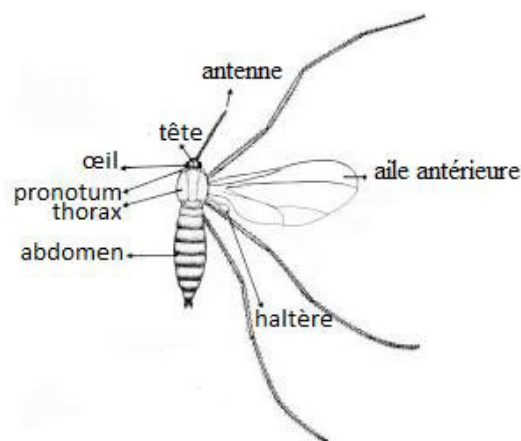


Figure 10 : schéma d'un individu adulte de *Orseolia oryzivora* Harris et Gagné (vue dorsale; × 7,25) (Heinrich & barrion, 2004).

I. 2.1.2.3- Parasitoïdes de la cécidomyie africaine du riz

Platygaster diplosisae est un endoparasitoïde grégaire des œufs et larves de la cécidomyie. Il dépose ses œufs dans les larves de premier stade de l'hôte avant que celles-ci ne s'installent dans la tige de riz (Nacro, 1994). Le développement de la larve infestée se poursuit jusqu'au troisième stade et elle meurt. Les adultes de *P. diplosisae* se libèrent de la dépouille de l'hôte, remontent la cavité gallicole et émergent en perçant de petits orifices sur la tige. D'une larve de cécidomyie émerge en moyenne 38 adultes de *P. diplosisae* (Nacro, 1994).

Aprostocetus procerae est le parasitoïde le plus important de la cécidomyie avec un taux de parasitisme pouvant dépasser 50 % (Sibomana, 1999). *A. procerae* est un ectoparasitoïde solitaire des pupes de la cécidomyie. La femelle paralyse la pupule de la cécidomyie à l'intérieur de la galle en lui injectant un venin puis dépose un œuf à côté d'elle. La larve du parasitoïde reste collée à la pupule de la cécidomyie, se développe à son dépend en aspirant l'hémolymphe ; l'adulte émerge de la galle en perçant un orifice (Nacro, 1994).

L'action des deux parasitoïdes reste limitée du fait qu'elle intervient à un moment où les dégâts de la cécidomyie sont déjà produits (Nacro *et al.*, 1995). De plus, les données sur leur biologie restent fragmentaires pour envisager leur utilisation effective en lutte biologique.

Ces parasitoïdes ont également été identifiées à l'intérieur des galles sur la mauvaise herbe *Paspalum scrobiculatum* dans des rizières de bas fond. Cette herbe pourrait donc être utilisée dans la lutte biologique (plantes de bordures) en vue de limiter les dégâts dus à la cécidomyie des galles du riz (Umaru, 2014 ; Nwilene *et al.*, 2008). De plus, l'importance des attaques de la

cécidomyie des galles de riz et l'impact du parasitisme de *P. diplosisae*, dépendent de la variété de riz concernée (Ogah *et al.*, 2012).

Pour lutter contre les déprédateurs des rizières, plusieurs stratégies ont été mises au point et proposées. Parmi celles-ci, figurent :

- L'utilisation de variétés tolérantes aux foreurs de tiges,
- Les semis regroupés, pour réduire l'incidence de la cécidomyie, le labour et la destruction des chaumes pour réduire les populations résiduelles de déprédateurs,
- La lutte chimique par utilisation de Carbofuran en cas d'infestation très sévère.

I.2.2- Autres ravageurs du riz (Lô, 2010)

Les ravageurs provoquent des dégâts à presque tous les stades de la culture du riz, en dévorant les grains après semis, en déracinant les jeunes plantes à la germination, en suçant les grains au stade laiteux et en les dévorant à la maturité. Les dégâts peuvent être très importants, atteignant 100% de la récolte en l'absence de mesure de protection. Parmi les ravageurs, nous pouvons citer:

Les nématodes : il existe plusieurs espèces de nématodes parasites du riz dont les peuplements varient selon les conditions du milieu. Certaines espèces sont essentiellement adaptées aux conditions de riziculture pluviale ou de plateau par contre d'autres sont spécifiques à la riziculture irriguée. Cependant, il en existe qui peuvent s'adapter dans les deux cas. *Aphelenchoides besseyi* et *Ditylenchus angustus*, parasites des feuilles sont rencontrés dans les types de riziculture pluviale, irriguée et de bas-fond. Les nématodes endoparasites des racines tels que *Hirschmaniella spinicaudata*, *H. oryzae*, *Meloidogyne* spp. sont observés en conditions irriguée et inondée. L'action des nématodes se traduit par la réduction de la photosynthèse au niveau des feuilles et la diminution de l'absorption des éléments minéraux et de l'eau assurée par les racines. En Afrique de l'Ouest, la réduction du rendement du riz due aux nématodes est estimée à 10-16% (ADRAO, 1995 ; Bijlmakers & Verhoek, 1995 ;).

▪ **les oiseaux granivores :** plusieurs espèces d'oiseaux granivores sont impliquées dans les dommages infligés aux cultures de riz ; les plus importants sont *Quelea quelea*, *Ploceus*

cuculatus et *Passer luteus* (Lô, 2010). Le gardiennage et l'utilisation des filets reste le moyen de lutte le plus efficace contre les oiseaux.

- **les rongeurs** : le piégeage est le principal moyen de contrôle de ces déprédateurs.

I. 3-Maladies du riz

Divers micro-organismes au rang desquels les champignons, et les virus sont responsables de maladies cryptogamiques du riz (Diarra, 1992 ; Bijlmakers & Verhoek, 1995 ; Ettore & Karpouzas, 2008).

- Champignons : *Helminthospora oryzae* Breda de Haan, Brunissure du riz (feuilles) ; *Pyricularia oryzae* Cavara, *Fusarium moniliforme* Sheld, etc. La plus insidieuse reste la pyriculariose qui peut causer des pertes pouvant atteindre 50% de la production (Mbodj, 1992).

- Virus : panachure jaune du riz « Rice Yellow Mottle Virus », les vecteurs sont des Chrysomèles (Coleoptera ; Chrysomelidae).

L'utilisation des variétés tolérantes ou encore l'application de bénomyl (Benlate) demeurent des moyens efficaces de contrôle de la pyriculariose et de l'helminthosporiose.

En dehors des maladies parasitaires causées par les organismes vivants, le riz peut être affecté par des dysfonctionnements physiologiques dus à des carences ou toxicités d'éléments minéraux. Ces affections dites maladies physiologiques sont directement liées aux conditions physico-chimiques du sol.

Récolte du riz

La récolte est le processus qui consiste à collecter les grains de riz du champ dès leur maturité. Elle peut se faire de trois manières (Lô, 2010):

- enlever seulement les grains (récolte de grains),
- couper les panicules (récolte de panicules),
- couper une partie ou la totalité des tiges (récolte de la paille).

Le riz doit être récolté lorsqu'il est à 80% de couleur jaune-paille (pour les variétés à glumelles paille); ou encore lorsque les 2/3 de la panicule sont jaune-paille; ou enfin lorsque les grains de la partie supérieure de la panicule sont translucides et durs (ceux de la base ayant dépassé le stade laiteux) et que les feuilles ont perdu leur couleur verte initiale. Physiologiquement, le riz peut être récolté 25 à 35 jours après 50% de floraison. Une récolte prématurée donne des semences immatures qui ne germent pas et un produit qui aura perdu sa valeur commerciale. Tandis qu'une récolte tardive favorise la chute de grains avant et au moment de la moisson et, occasionne la brisure des grains au battage et à l'usinage.

Les insectes (Hexapoda, Insecta) constituent l'un des groupes d'organismes vivants les plus importants et les plus diversifiés de la planète (Borror *et al.*, 1989). Ils représentent de nos jours le taxon animal le plus diversifié et le mieux adapté à la variabilité des conditions de vie sur le globe terrestre (Wigglesworth, 1948). Le nombre d'espèces d'hexapodes connus est estimé à environ un million, soit au moins 55 % de toutes les espèces décrites jusqu'à ce jour (Kumar 1991). Ils représentent environ 5/6 des animaux connus (Bland & Jaques, 1978). En tant qu'indicateurs de biodiversité, les insectes permettent de comprendre l'histoire évolutive d'une région donnée. Ils interfèrent directement avec le bien-être et les services écosystémiques que l'homme attend de son environnement; ils ont en effet un impact considérable sur l'alimentation, principalement l'agriculture (insectes ravageurs, pollinisateurs, et parasitoïdes des ravageurs de cultures) et la santé humaine (agents vecteurs de maladies). Ainsi, étudier les patrons de diversité et comprendre les mécanismes de diversification des insectes peut contribuer à résoudre des problèmes agricoles et médicaux. La connaissance de la variabilité génétique d'un ravageur d'importance économique majeure est essentielle pour la définition de la stratégie de lutte la mieux adaptée. L'identification des populations écologiquement et génétiquement différenciées (races ou lignées géographiques, races d'hôtes) chez les insectes ravageurs de cultures et leur caractérisation à l'aide de marqueurs moléculaires est un outil efficace pour définir les stratégies de lutte.

Dans la famille des Cecidomyiidae, la cécidomyie africaine du riz, *Orseolia oryzivora* Harris & Gagné, 1982 est connue comme le principal ravageur du riz dans une vingtaine de pays d'Afrique sub-saharienne (Williams *et al.*, 2002).

Orseolia oryzivora est un foreur des tiges au cours de son développement larvaire. Ce comportement alimentaire des larves, couplé au mode de floraison apicale du riz, induit de

graves dommages aux cultures pendant le stade végétatif (du stade des semis au stade de l'initiation des panicules) (Nwilene *et al.*, 2002).

I. 4-Identification moléculaire des populations de *Orseolia oryzivora*

I.4.1-ADN

L'ADN, support de l'hérédité, est une macromolécule contenant l'ensemble de l'information génétique. Il constitue le génome des organismes vivants et le vecteur des caractères héréditaires lors de la reproduction (Holland *et al.*, 1991). Il se compose de nucléotides qui sont eux-mêmes formés d'un sucre, d'une base azotée et d'un acide phosphorique. Le sucre et l'acide phosphorique forment le squelette de la molécule d'ADN tandis que les bases azotées se succèdent pour former le brin d'ADN. Il existe deux types de bases azotées : les bases pyrimidiques (Cytosine et Thymine) et les bases puriques (Adénine et Guanine) (Roberts, 1984). La complémentarité des brins est rendue possible grâce à deux liaisons Hydrogène entre l'Adénine et la Thymine, A=T et par 3 liaisons Hydrogène entre la Cytosine et la Guanine, confèrent à l'ADN une structure bicaténaire en double hélice (Figure 11). Pour former cette double hélice, les deux chaînes de nucléotides complémentaires s'enroulent autour du même axe. L'appariement des deux chaînes se fait dans une position antiparallèle, c'est à dire que les deux chaînes ont un sens inverse, l'une par rapport à l'autre (Arber & Linn, 1969).

Les propriétés de dénaturation et d'hybridation des brins complémentaires d'ADN sont créées, *in vitro*, grâce à des transitions de température répétées de manière cyclique par un thermocycleur.

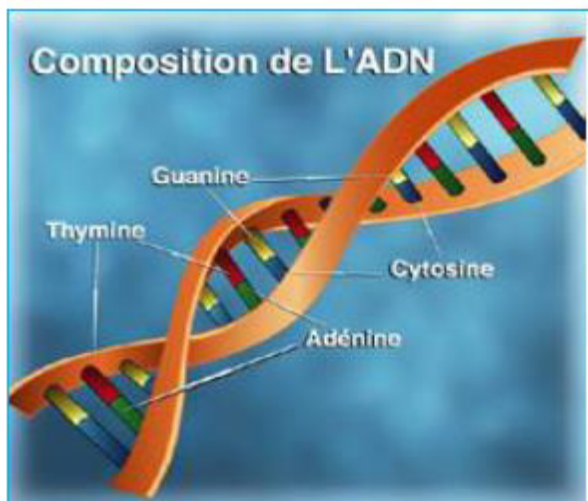


Figure 11 : Molécule d'ADN (Edward *et al.*, 1994).

I.4.2. Définition de la PCR

C'est une technique de biologie moléculaire qui repose sur l'amplification d'une portion d'acide nucléique *in vitro* et la détection de l'amplicon. Elle permet de copier en grand nombre, avec un facteur de multiplication de l'ordre du milliard, une séquence d'ADN connue, à partir d'une faible quantité (de l'ordre de quelques pictogrammes). En moins de dix ans, cette technique, maintenant capable de faire plus d'un milliard de copie en moins d'une heure, s'est imposée dans les laboratoires et a révolutionné la biologie moléculaire (Holland *et al.*, 1991).

I.4.3. Étapes de réalisation

- Extraction de l'ADN

Elle se déroule avant la PCR et peut être manuelle ou automatisée. Une lyse préalable des cellules est effectuée; elle est couramment faite par des produits chimiques ou par variation thermique. Les produits les plus fréquemment utilisés en lyse chimique sont le sulfate de guanidine et le chloroforme. Le reste du principe d'extraction consiste à capter les acides nucléiques et à éliminer les éléments non nécessaires par purification (Elyse & Alain, 2002). Les acides nucléiques sont le plus souvent captés par la silice magnétique, le fer et les résines échangeuses d'ions. La lyse thermique, effectuée par choc thermique ou variation thermique consiste à passer brusquement l'échantillon de -20°C à 100°C provoquant aussi une lyse de la paroi de la membrane et la libération de l'ADN.

- **Composantes de la PCR**

Les composantes de la PCR sont la matrice (constituée de l'ADN obtenu après l'extraction) et des amorces.

Les amorces s'hybrident à l'ADN matrice, et délimitent la région de l'ADN à amplifier avec leur extrémité 3'OH libre servant d'amorce pour l'ADN polymérase. Le choix des amorces est crucial, car les séquences d'amorces doivent être choisies de sorte à minimiser les possibilités d'appariement entre elles. De même, chaque amorce est choisie en sorte de ne pas pouvoir former une structure secondaire. Les séquences nucléotidiques des amorces doivent être spécifiques des séquences complémentaires de l'ADN simple-brin auxquelles elles vont s'apparier; la complémentarité parfaite n'est pas obligatoire. De plus, la spécificité de la séquence est importante dans le sens où celle-ci ne doit pas pouvoir s'apparier à une autre séquence de l'ADN que l'on ne souhaite pas répliquer.

Le procédé de la PCR repose sur des équilibres thermodynamiques (Elyse & Alain, 2002), les amorces doivent avoir des températures de fusion les plus proches possible, autrement dit le rapport entre les bases A-T et G-C des deux amorces ne doit pas être trop différent. **Le dNTP** est un mélange de quatre nucléotides triphosphates (dATP, dGTP, dCTP, dTTP). Il est utilisé au cours d'une PCR comme élément de synthèse des brins d'ADN. **Un cofacteur** est une substance dont la présence est nécessaire en plus d'une enzyme pour qu'une réaction se déroule. Le magnésium (Mg^{2+}) est le cofacteur le plus couramment utilisé. **Le tampon** : il sert à maintenir le pH du milieu réactionnel stable et au niveau optimal pour la Taq (*Thermus aquaticus*) polymérase.

- **Dénaturation initiale**

Avant de commencer les cycles de PCR proprement dit, une étape de chauffage (généralement 10 à 15 minutes à 95 °C) est réalisée. Cette étape permet de dénaturer les ADN double brin, de casser les structures secondaires, d'homogénéiser le milieu réactionnel par agitation thermique, d'activer les polymérases de type « Hot start », de dénaturer d'autres enzymes qui pourraient être dans la solution (Transcriptase Inverse, Uracil-N-Glycosylase).

- **Amplification de l'ADN**

La PCR est une technique basée sur une répétition de cycles de transition de température (Figure 12). A l'exception de certaines méthodologies utilisant des sondes d'hydrolyse, chaque cycle contient trois étapes (la dénaturation, l'hybridation et l'élongation) (David & Urlotte, 2002).

- **Phase de dénaturation**

Cette étape met généralement de 0 à 1 minute à 95 °C et permet de dénaturer l'ADN, de « décrocher » les polymérases qui seraient encore liées à une matrice et d'homogénéiser le milieu réactionnel. L'ADN initial adopte une conformation « linéaire » sans structure secondaire et simple brin (Figure 12). Les amorces, les dNTPs et les polymérases sont en large excès et répartis de façon homogène dans la solution.

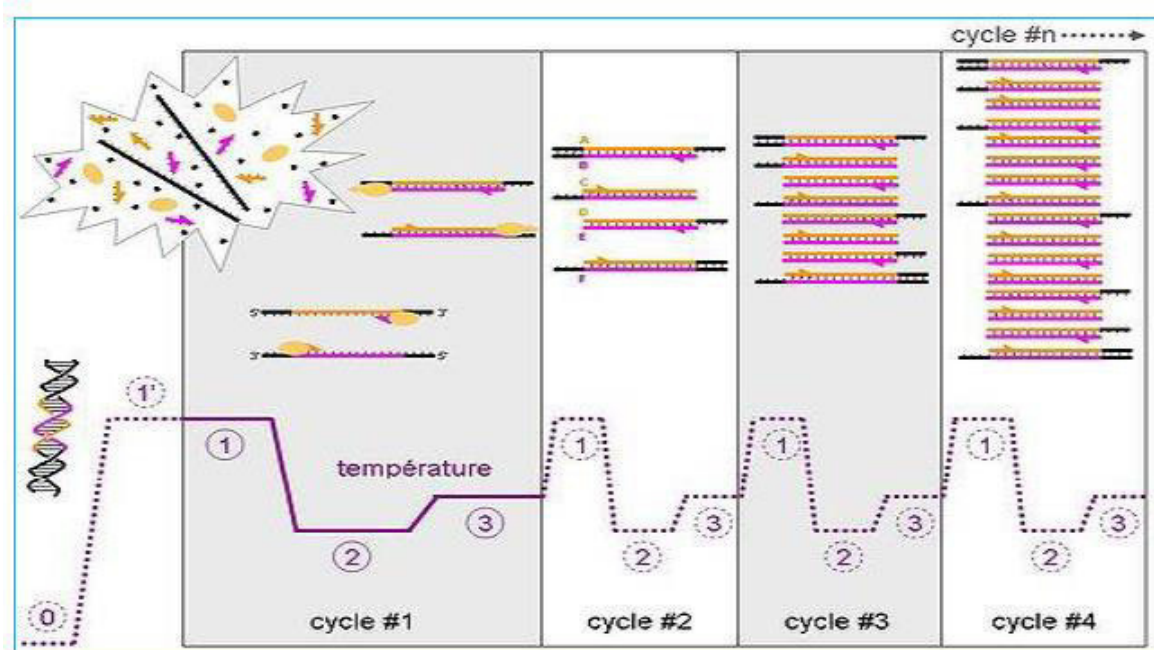


Figure 12 : évolution de la température et des différents types de brins d'ADN au cours des quatre premiers cycles de la PCR(Diarra, 2014).

- **Phase d'hybridation ou d'appariement des amorces**

Cette étape dure généralement de 2 à 60 secondes à 56-64 °C et permet aux amorces sens et anti-sens de s'hybrider aux ADN matrices grâce à une température qui leur est thermodynamiquement favorable. Certaines des amorces dites « sens » s'hybrident avec leur séquence complémentaire sur le brin anti-sens (en rose) ; d'autres amorces dites « anti-sens » se lient aux brins sens (en orange) (Figure 12). Deux polymérases peuvent alors interagir avec les deux complexes amorces/ADN matrice. Peu de brins d'ADN matrice peuvent s'hybrider avec leur brin complémentaire, ce qui empêcherait la fixation des amorces, car ces dernières sont bien plus courtes et en concentration bien plus importante.

- **Phase d'élongation**

Cette étape dure généralement 4 à 120 secondes à 72 °C et permet aux polymérase de synthétiser le brin complémentaire de l'ADN matrice à une température qui leur est optimale. Ce brin est fabriqué à partir des dNTPs libres présents dans le milieu réactionnel (Figure 12). La durée de cette étape dépend normalement de la longueur de la séquence à amplifier. Les polymérase parcourent le brin matrice de son extrémité 3' vers son extrémité 5' tout en synthétisant le brin complémentaire. Les polymérase s'arrêtent au bout de la séquence d'ADN matrice et sont décrochées par la phase de dénaturation du cycle suivant.

- **Détection**

La détection des produits de PCR varie selon le mode de PCR. Dans la PCR classique, la détection est faite soit en « end-point » c'est-à-dire à la fin des réactions de PCR, soit en couplant un test ELISA, ou en réalisant une migration électrophorétique sur gel d'agarose (Figure 13). Dans la migration électrophorétique, un agent intercalant comme le Bromure d'Éthidium (BEt) ou le Syber®Green est associé pour la visibilité des bandes. Un marqueur de poids moléculaire est utilisé comme échelle aidant à l'identification des bandes d'intérêt. Une bande contrôle de la taille de la bande d'intérêt doit être utilisée.

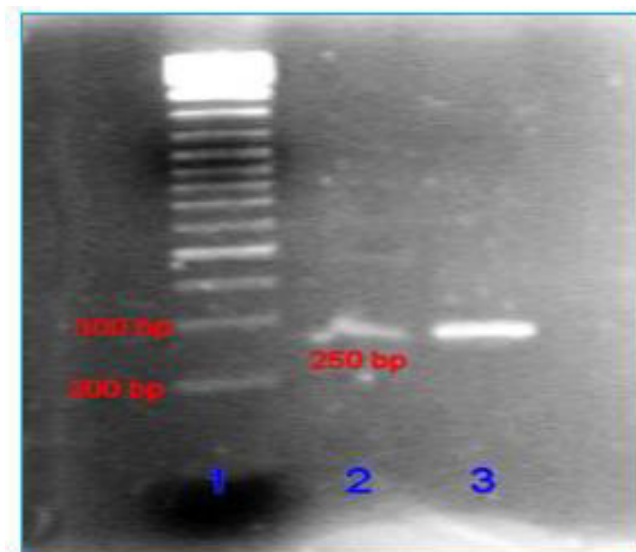


Figure 13: Image montrant des bandes d'une migration électrophorétique sur gel d'agarose (Diarra, 2014).

CHAPITRE II : SITES D'ÉTUDE, MATÉRIELS ET MÉTHODES

II.1- Période d'étude

La collecte des données de terrain pour la présente étude s'est déroulée de mars 2014 à août 2015 dans huit sites situés dans trois zones distinctes : trois sites sur les hautes terres de l'Ouest Cameroun, trois sites sur le Plateau Sud-Camerounais et deux sites dans la zone de transition entre la plaine littorale et les hautes terres de l'Ouest-Cameroun. Les analyses biochimiques et moléculaires ont été réalisées entre janvier et août 2016.

II.1.1- Site de Yaoundé

Les travaux ont été effectués à Nkolbisson (03°51'57''N, 011°27'11''E, altitude : 693 m) dans la banlieue Nord-Ouest de Yaoundé (Région du Centre, Cameroun). Le climat est de type subéquatorial de transition chaud et humide, atténué par l'altitude. Ce type de climat, propre à Yaoundé et ses environs, est qualifié de climat Yaoundéen (Suchel, 1987). La température moyenne annuelle est de 23,5°C contrastée entre 16°C et 31°C selon les saisons et la pluviométrie est de 1650 mm d'eau par an (Wéthé, 2001) ; l'hygrométrie relative moyenne annuelle est de 80% et varie dans la journée entre 35% et 98% ; les vents fréquents sont humides et soufflent en direction du Sud-ouest (Suchel, 1972 ; Wéthé, 2001). L'ensemble définit un climat équatorial de transition à pluviométrie bimodale (Wirmvem *et al.*, 2016). La grande saison sèche va de mi-novembre à février, la petite saison des pluies (de mi-mars à juin), la petite saison sèche (de juillet à août) et la grande saison des pluies (de septembre à mi-novembre) (Figure 14).

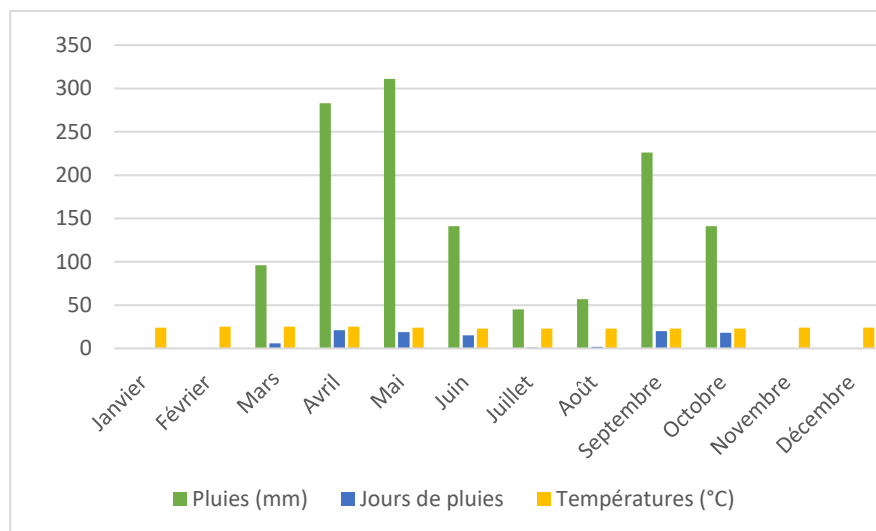


Figure 14 : diagramme ombrothermique de la région du Centre pour la période allant de Janvier 2014 à Décembre 2014 (source : station météorologique nationale).

Le site de Yaoundé est situé dans la zone agro-écologique V (Annexe 2 et 3). A Yaoundé la riziculture est embryonnaire. Les travaux y ont été conduits sur des parcelles expérimentales mises en place et entretenues par nos propres soins.

II.1.2- Site de Ntui

A Ntui au Nord de Yaoundé, le site d'étude (04°30'70,1'' N., 011°55'53'' E., altitude : 509 m) (II) est également situé dans la zone agro-écologique V comme celui de Yaoundé (cf. Annexe 2 et 3). L'introduction de la riziculture y est également très récente. Les travaux y ont été conduits sur des parcelles expérimentales mis en place et entretenues par nos propres soins.

II.1.3- Site de Ébolowa

La ville de Ébolowa est située au Sud de Yaoundé, (02°56'52,1''N., 011°07'9,7''E., altitude : 599 m). Cette cité est également située dans la zone agro-écologique V comme celles de Yaoundé et Ntui (Annexe 2 et 3) ; l'introduction de la riziculture y est également très récente. Les travaux y ont consisté uniquement en la recherche de échantillons de *Orseolia oryzivora* dans les parcelles des producteurs locaux.

II.1.4- Sites de Santchou, Dschang, Ndop, Tonga, Baïgom

Le site de Santchou (05°15'47''N, 009°58'10''E, altitude : 730 m) est situé sur la bordure Nord de la plaine littorale (Département de la Menoua, Région de l'Ouest, Cameroun). De même, Tonga (04°97'07''N, 010°69'35''E, altitude : 1344 m) est situé sur la bordure Nord Est de la plaine littorale (Département du Ndé, Région de l'Ouest, Cameroun). Ces deux sites font partie des plus vieux bassins rizicoles du Cameroun.

Dschang (05°45'70.1''N, 10°35'53''E, altitude : 1344 m) est situé dans le Département de la Menoua, Région de l'Ouest Cameroun et dans la zone agro-écologique III. Il en est de même pour le site de Ndop (06°04'03, 9''N, 010°27'03, 2'' E, altitude : 1152 m) (Annexe 2 et 3) dans le département du Ngo-Ketunjia dans la région du Nord-Ouest. Le site de Baïgom (04°49'09,8''N, 011°65'29,8''E, altitude : 503 m) dans la vallée du Noun est situé dans le Département du Noun, Région de l'Ouest Cameroun (Figure 15). Ces trois derniers sites sont situés sur les hautes terres de l'Ouest Cameroun. Cette zone agro-écologique est dite celle des hautes terres soumise à un climat humide à pluviométrie uni modale. Ces sites abritent certains des plus vieux bassins rizicoles du Cameroun, et présentent des terres agricoles très fertiles.

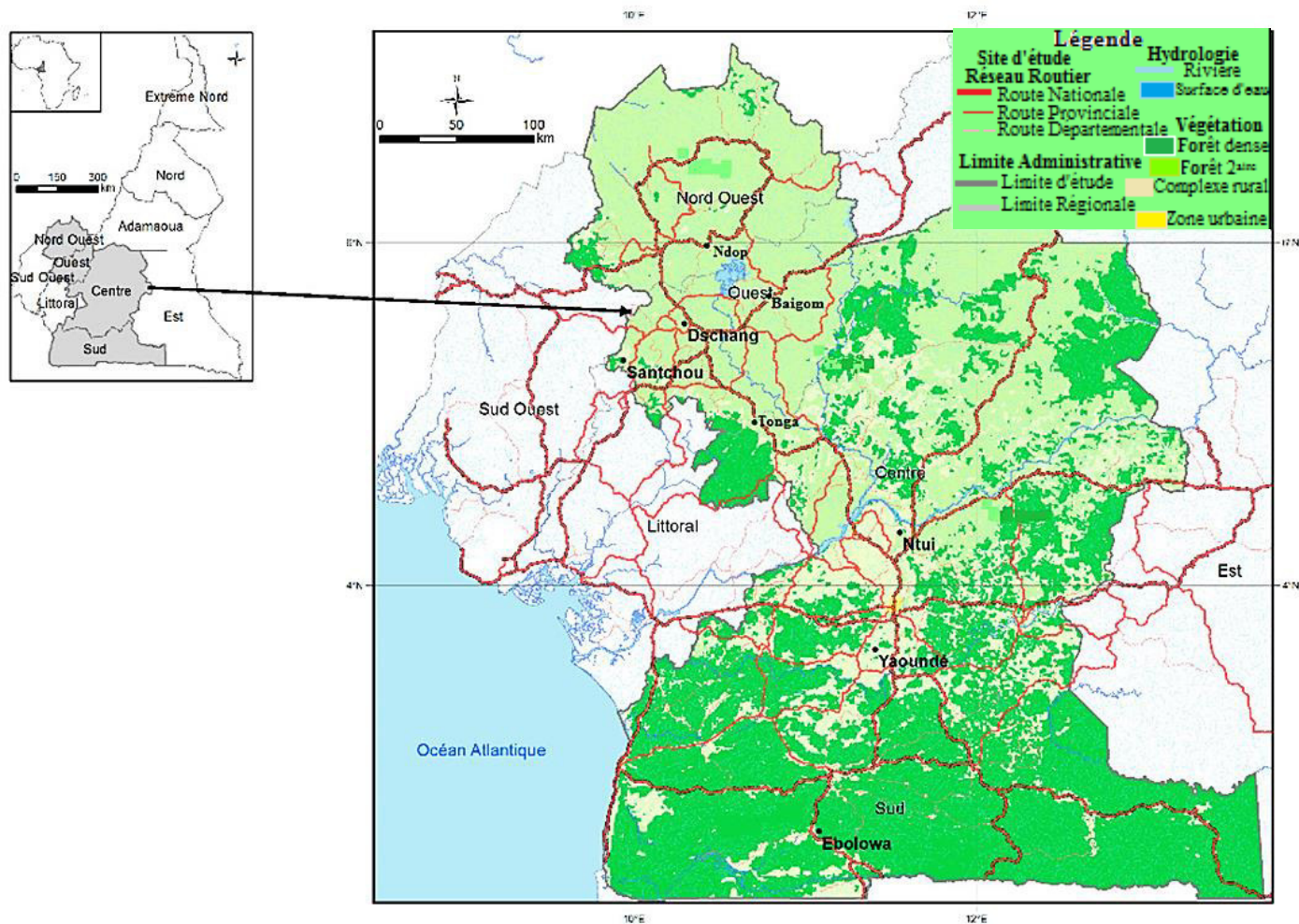


Figure 15 : carte de localisation des sites d'étude INC, 1976 (extraite et modifiée de la carte topographique)

II.2- Matériel

II. 2.1- Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé pour la mise en place des essais a été composé de huit variétés de riz ; quatre variétés NERICA (N 3, N 8, N 9, N 13), deux variétés locales, Tonga et FKR 60 (issues de l'IRAD) et, deux variétés de l'espèce *Oryza sativa* (Akitakomachi et Fukuhibiki) en provenance du Japon. Cependant du fait de l'indisponibilité des semences, les variétés Tonga et FKR 60 n'ont fait partie de l'étude qu'en 2015 et les variétés (Akitakomachi et Fukuhibiki) qu'en 2014.

II.2.2- Matériel animal

Pour l'étude de la diversité et de la caractérisation des biotypes de la cécidomyie du riz, le matériel animal a été constitué de larves.

La collecte des larves a été effectuée pendant la deuxième campagne de culture de l'année 2014 (novembre-décembre) dans les plantations des producteurs locaux sur les sites suivants : Santchou, Tonga, Ndop, Baïgom, Dschang, Ébolowa (Annexe 7) et sur nos parcelles expérimentales dans les sites de Yaoundé et de Ntui (Figure 16).

Le matériel animal (Figure 16) utilisé était constitué des larves de la cécidomyie. La collecte des tiges de panicules blanches a été effectuée à l'aide d'un sécateur. Les tiges de panicules blanches étaient ensuite conservées dans une glacière. Une fois au laboratoire, les tiges ont été disséquées à l'aide d'un couteau. Une paire de pinces a permis de prélever les larves de Diptères et de les introduire dans des tubes Eppendorf contenant de l'alcool 95 % et une étiquette où étaient écrits au crayon, les coordonnées géographiques de l'échantillon de larves, la date de collecte, le lieu de collecte et le nom de la variété de riz où la tige avait été récoltée.



Figure 16: larves de Diptères foreurs de tiges dans l'alcool 95 %.

II.3- Méthodes

Diversité des déprédateurs et caractérisation des variétés de riz.

II.3.1- Dispositif expérimental, méthode de semis et entretien de la culture

Sur les sites de Yaoundé et de Ntui, des parcelles expérimentales ont été mis en place par nos soins. Pour ce faire, le travail a été effectué sur un sol labouré manuellement et chaque variété a occupé un quadrat de 30,6 m² de superficie soit 6 m × 5,1 m (Annexe 4). Sur chaque

quadra, l'espacement entre les plants était de 30 cm entre les lignes (20 lignes au total) et de 15cm sur chaque ligne (Figure 17). La distance entre deux parcelles de variétés différentes a été de 50 cm. Ceci a donné un total de 06 quadras avec une variété par quadra. Les semis ont eu lieu le 04 avril 2014. Le démariage a eu lieu après le premier désherbage par poquet, deux vigoureux plants ont été conservés. Ceci a donné un total de 738 poquets par parcelle / variété.

La deuxième année, le travail a été également effectué sur un sol labouré manuellement et chaque variété a occupé une superficie de 10 m² (5 m × 2 m). Sur chaque quadra, l'espacement a été de 20 cm entre les lignes (25 lignes) et de 20 cm sur chaque ligne. La distance entre deux quadras / variétés était de 50 cm (Annexe 4). Les semis ont eu lieu le 09 avril 2015. Le démariage a eu lieu après le premier désherbage par poquet, deux vigoureux plants ont été également conservés pour un total de 250 poquets par variétés.

Pendant les deux campagnes d'étude, trois désherbages ont été effectués. Le premier a eu lieu 15 jours après les semis, le deuxième, un mois après le premier et le troisième, à la montaison/floraison.

Une main d'œuvre a été recrutée et un filet a été installé pour protéger la production de la parcelle. Les mailles du filet étaient suffisamment larges pour laisser passer les insectes (2× 2 cm), mais assez étroites pour empêcher le passage des oiseaux.

- **Fertilisation**

Deux semaines après les semis, 300 kg/ha NPK (20-10-10) ont été épandus puis 65 kg/ha d'urée lorsque 46% de l'initiation paniculaire était effectuée c'est-à-dire environ 60 à 70 jours après les semis selon le cycle de la variété ; enfin 35kg/ha d'urée a été appliqué à la montaison/floraison

Les paramètres morphologiques pris en compte étaient : le nombre de grains par panicule, le nombre de panicules par touffe de riz, le nombre de balles vides par panicule, le nombre de ramifications primaires des panicules, la longueur des panicules, la hauteur de la plante, mesurée sur le brin maître (ou sur le talle le plus long) du niveau du sol jusqu'au sommet (Figure 1). Les décomptes ont été effectués manuellement, les mensurations ont été prises à l'aide d'une règle graduée mesurant 30 cm pour la longueur (Précision : 1mm).



Figure 17 : Dispositif expérimental utilisé lors des semis à Yaoundé.

II.3.2- Méthode d'analyse des paramètres physicochimiques du sol

Les échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'une tarière à une profondeur de 0-20 cm à trois endroits différents dans les deux sites concernés par l'étude (Ntui et Yaoundé). L'analyse des sols prélevés a été effectuée au Laboratoire des sols de l'Institut de Recherche Agricole pour le Développement (IRAD).

Le test non paramétrique de Shapiro a été utilisé pour évaluer si les données suivaient une loi de distribution normale ou pas. Le test ANOVA a été utilisé à travers le modèle linéaire généralisé, pour étudier les liens probables entre les différentes variables, le test de corrélation r de Spearman a été effectué. Les valeurs de P ont été appréciées au seuil de significativité de 5%.

Méthodes d'Évaluation du rendement

Le rendement (Rd), qui correspond à la production par hectare, a été évalué selon la méthode de Lacharme (2001). Il répond à la formule :

$$Rd = NP \times NPa \times NG \times PG \text{ où } NP = NP/m^2 \times 10\,000.$$

Dans cette formule, NP désigne le nombre de plantes par hectare ; NPa , nombre de panicules par talle ; NG , nombre de grains par panicule, et PG , le poids d'un grain. Chacune de ces composantes est élaborée au stade de maturité du cycle de la plante.

Les taux d'attaque des variétés de riz et les données obtenues après dosage des phénols et sucres totaux ont été interprétées grâce à l'Analyse en Composantes Principales (ACP) du logiciel XLSTAT version 2014.5.02.

Méthodes d'évaluation des taux d'attaque

Les taux d'attaques de foreurs ont été calculés en effectuant le rapport : nombre de panicules blanches observés pour chaque variété, sur le nombre total de panicules dans le quadra de chaque variété. Les paramètres pris en compte pour évaluer les attaques des foreurs de tiges étaient : le nombre de cœur mort, le nombre de panicules blanches, le stade de développement de la variété concernée, le rendement, les dates de floraison des différentes variétés, l'espèce d'insecte qui a émergé après élevage des larves dans les tiges et le dosage des sucres et phénols totaux dans les tiges des différentes variétés de riz. Les variétés attaquées par les foreurs de tiges du riz en champs peuvent être évaluées selon le pourcentage de perte (Tableau I).

$$\text{Taux d'attaques} = \frac{\text{Nombre total de panicules blanches}}{\text{Nombre total de panicules}}$$

Tableau I : évaluation standard de la résistance des variétés de riz à la cécidomyie africaine (IRRI, 2002)

Pourcentage de perte (%)	Variété
0	Hautement résistante
0 < perte < 1	Résistante
1 ≤ perte ≤ 5	Modérément résistante
6 ≤ perte ≤ 10	Modérément susceptible
11 ≤ perte ≤ 25	Susceptible
> 25	Hautement susceptible

II.3.3- Méthodes d'analyse des phénols et des sucres totaux des tiges de riz

Pour chacune des variétés étudiées, trois tiges ont été récoltées au hasard et au stade de maturité.

II.3.3.1- Analyse des phénols

Elle a été réalisée selon la méthode de Singleton & Rossi, 1965. A 500 µl d'extrait dilué (1/10 de g/ml) ou d'acide gallique (standard) ou d'éthanol 50% (blanc) contenu dans un tube de 10 ml, nous avons ajouté 2 ml d'une solution de Folin Ciocalteu 10 %. Cinq minutes après, 2 ml d'une solution de carbonate de sodium fraîchement préparée, ont été ajoutées au mélange

qui a été ensuite agité au mixeur avant d'être laissé au repos pendant 30 min. L'absorbance du complexe coloré (bleu) qui s'est formé a été déterminée à 765 nm contre le blanc. Les solutions d'acide gallique ont été réalisées à des concentrations variant de 0,25 à 0,03125 mg/ml suivant une suite géométrique de raison 2. La teneur en phénol a été déduite à partir de la droite d'étalonnage et exprimée en mg équivalent acide gallique/100 g de masse fraîche.

II.3.3.2- Analyse des sucres totaux

- Extraction

L'analyse a été faite à la fois dans les échantillons fermentés et non fermentés selon Dubois *et al.* (1965). Les échantillons fermentés et congelés ont été dégivrés à température ambiante, ensuite séchés à l'étuve à 60°C.

0,1 g de chaque type d'échantillon (fermenté et non) ont été mélangés à 30 ml d'éthanol 80 % contenu dans un tube muni d'un couvercle. Le mélange a été porté à ébullition dans un bain marie pendant 30 min. Le papier filtre Whatman N° 4 a été ensuite utilisé pour la filtration de l'extrait obtenu. Le volume du filtrat recueilli a été complété à 30 ml avec de l'eau distillée.

- Dosage

A 1 ml de filtrat de glucose (standard) ou d'eau distillée (blanc) contenu dans un tube à essai de 10 ml, nous avons ajouté 1 mL de phénol 5 % (m/v) et 5 ml d'acide sulfurique concentré. Les tubes ainsi préparés ont été maintenus en agitation pendant 90 min, dans un 'shaker bath' à 30°C. L'absorbance du complexe jaune-orangé qui s'est formée a été détectée à 485 nm. Les concentrations de D-glucose variant de 1 à 10 mg/ml ont permis de réaliser la droite d'étalonnage à partir de laquelle les teneurs en sucres totaux, exprimés en mg d'équivalent glucose/ 100 g de masse sèche, ont été déterminées.

II.3.4- Méthode d'élevage des larves d'insectes

Les tiges des panicules blanches observées dans les parcelles ont été récoltées, débarrassées de leurs racines et de leurs feuilles puis introduites dans des boîtes d'élevage transparentes d'environ 30 cm de hauteur et 5 cm de diamètre avec 3 à 5 mL d'eau de robinet pour maintenir la vitalité des tiges de riz.

II.3.5- Identification moléculaire des individus de *Orseolia* sp.

L'identification morphologique des espèces d'insectes précède l'identification moléculaire et a été faite selon la clé dichotomique de Heinrichs & Barrion (2004).

- **Extraction de l'ADN au CTAB adaptée de Navajas *et al.* (1998)**

Avant l'extraction de l'ADN, l'alcool qui permettait la conservation des échantillons a été évaporé en laissant les tubes ouverts dans une étuve à 80°C ou à température ambiante.

Pour la réalisation de l'extraction, 600 µL de tampon CTAB (Céthyltriméthyl Ammonium Bromide) ont été ajoutés dans chaque échantillon (Composition : CTAB 2% ; 0.1 M TRIS / pH 8 ; 0.02 M EDTA / pH 8 ; 1.4 M NaCl). Ensuite, chaque échantillon (larve) a été dilacéré à l'aide d'un piston et incubé au bain-marie, à 60°C pendant 30 minutes. Puis, 600 µL d'une solution contenant un mélange dans les proportions respectives 24/1 de chloroforme et d'alcool isoamylique ont été ajoutés dans chaque tube et le mélange obtenu a été homogénéisé délicatement pendant 10 minutes. Une centrifugation à 8000 tours par minute pendant 15 minutes a été effectuée, trois phases alors se distinguaient : la phase aqueuse qui était la phase supérieure (environ 450µL) a été prélevée et transvasée dans un nouveau tube Eppendorf de 1,5 mL étiqueté comme l'ancien. Un volume de 450 µL d'isopropanolégal a été ajouté au volume de la phase aqueuse prélevée. Le contenu du tube a été homogénéisé une fois de plus (quelques secondes cette fois) et incubé à -20°C pendant 30 minutes au moins, pour la précipitation des acides nucléiques.

Une centrifugation à 13000 tours par minute pendant 20 minutes et à 4°C a suivi, ce qui a permis à l'ADN de se tasser en un culot au fond du tube. Le liquide surnageant a été évacué et le culot a été lavé avec 1mL d'éthanol à 70° puis, centrifugé à 13000 tours par minute pendant 15 minutes et à 4°C. Une fois l'alcool évacué, le culot d'ADN a été séché puis, suspendu dans 20 µL d'eau stérile (ou plus, dépendant de la concentration voulue). L'ADN extrait a été conservé à -20°C jusqu'à utilisation.

- **Identification des espèces de la cécidomyie par SCAR-PCR**

La SCAR-PCR (*Sequence Characterized Amplified Region – Polymerase Chain Reaction*) est une technique d'amplification des séquences d'ADN dont les amorces sont désignées à partir de fragments d'ADN séquencés issus de profils de RAPD (*Random amplified polymorphic DNA*).

L'identification des différentes espèces de la cécidomyie a été faite par l'amplification de séquences d'ADN spécifiques de chacune des espèces suivant le protocole décrit par Nwilene *et al.* (2006). Chaque couple d'amorces (séquences données dans le tableau II) utilisé est en effet capable d'amplifier des séquences d'ADN communes aux différentes espèces de cécidomyie, mais ces séquences présentent un polymorphisme de longueur chez ces différentes espèces. Les amplifications ont été réalisées dans un milieu réactionnel de 25 μ L contenant:

- l'extrait d'ADN, 2,5 μ L
- le tampon PCRTBE 10X, 2,5 μ L
- 1 μ L du mélange des désoxynucléotides triphosphates (dATP, dCTP, dGTP et dTTP), (10 mM),
- 1 μ L de chaque amorce du couple d'amorces SCAR considéré concentré à 10 μ M,
- 1 μ L de MgCl₂ (25mM),
- 0,1 μ L de Taq polymerase (5 unités/ μ L).

Les amplifications ont été faites dans un thermocycleur et le programme d'amplification comprenait :

- une étape de dénaturation initiale de l'ADN à 94°C pendant 4 min,
- 35 cycles chacun contenant une étape de dénaturation de l'ADN à 94°C pendant 1 min, une étape d'hybridation des amorces à 60°C pendant 1 min et une étape d'élongation à 72°C pendant 2 min,
- une étape d'extension finale à 72°C pendant 7 min.

Après la PCR, les produits d'amplification ont été séparés par électrophorèse sur un gel d'agarose à 2 % obtenu en chauffant 2 grammes d'agarose dans 100 mL de tampon TBE 0,5X. Le TBE 0,5X est obtenu en diluant 20 fois avec de l'eau distillée le TBE 10X qui est lui-même obtenu en mélangeant 108 grammes de TRIS®, 55 grammes de borate et 7,44 grammes d'EDTA®, dans un volume final de 1 litre d'eau distillée. La migration a été faite sous l'effet d'un générateur d'électrophorèse, à 100 volts pendant 1H, et après celle-ci, le gel est coloré dans une solution de bromure d'éthidium à 0,5mg/mL. Le bromure d'éthidium joue en effet le rôle de révélateur en s'intercalant entre les bases des séquences d'ADN ce qui rend ce dernier fluorescent sous rayons UV. Pour l'interprétation des résultats, un marqueur de poids

moléculaire a été ajouté pendant la migration des produits d'amplification et a permis de déterminer la taille de ces produits.

Tableau II : séquences des amorces utilisées pour l'identification des espèces de la cécidomyie au Nigéria (Nwilene *et al.*,2006)

Amorce	Séquence (5'- 3')
OSSP-1	Antisens : GATTACGCCCAGGTCACTGT Sens : ATTACGCCCAGGTACCACAA
OSSP-2	Antisens : ACCGCACCGAATGATACCTA Sens : ATTTGAGATGCCGAATTCCA
OSSP-3	Antisens : GATTCGATTACGCCCAGGTA Sens : ATTTGAGATGCCGAATTCCA
OSSP-4	Antisens : ACCGCACCGAATGATACCTA Sens : AGTGATTACGCCCAGGTCAG
OSSP-5	Antisens : CGCCCAGGTACCATAACAAC Sens : AGTGATTACGCCCAGGTCAG
OSSP-6	Antisens : ACGCCCAGGTACCATAACAA Sens : AGTGATTACGCCCAGGTCAG

CHAPITRE III :
RÉSULTATSETDISCUSSION

III.1- Résultats

III.1.1.-Caractérisation agronomiques des variétés de riz étudiées

III.1.1.1. Paramètres morphologiques

III.1.1.1.1.- Hauteur des plantes de riz

L'étude des caractères morphométriques a concerné trente plantes de riz. La hauteur moyenne des plants de riz a statistiquement varié en fonction des espèces / variétés étudiées ($F = 195,9$, $ddl = 5$, $P < 10^{-3}$) (Tableau III). Les variétés de riz d'origine japonaise, (Fukuhibiki et Akitakomachi) sont globalement plus petites (hauteur variant entre 69 ± 11 et 70 ± 8 cm respectivement) que les variétés Africaines Améliorées (NERICA 3, NERICA 8, NERICA 9, NERICA 13) ou non (VT et FKR) (hauteur variant entre 107 ± 11 et 124 ± 9 cm) ($P \leq 10^{-3}$). Cependant, si ce paramètre garde une même tendance en 2015 entre les deux sites d'étude (Yaoundé et Ntui), la tendance a varié à Yaoundé d'une année à l'autre pour la même variété. Ceci laisse penser qu'outre les facteurs intrinsèques aux variétés, des facteurs environnementaux pourraient y intervenir. Globalement, les plantes de la variété africaine améliorée NERICA 13 ont présenté la plus grande hauteur ($H = 124$ cm) et les plantes de la variété japonaise Fukuhibiki la plus petite hauteur ($H = 69$ cm) (Tableau III).

Tableau III : Hauteur moyenne en cm des plantes de huit variétés de riz à Yaoundé et à Ntui (Centre, Cameroun), entre 2014 et 2015 (N = 30)

Variétés	Yaoundé 2014			Yaoundé 2015			Ntui 2015		
	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min.	Max	Moyenne	Min	Ma
Fuku	$69 \pm 10,68$	41	90						
Akita	$70 \pm 8,04$	55	85						
N 3	$107 \pm 10,91$	105	139	$120,86 \pm 3,70$	92	197	$111,20 \pm 5,96$	98	120
N 8	$108 \pm 9,45$	101	121	$94,36 \pm 8,89$	80	117	$95,93 \pm 5,21$	85	104
N 9	$111 \pm 5,08$	80	125	$94 \pm 4,18$	88	103	$91,66 \pm 6,40$	76	106
N 13	$124 \pm 8,61$	80	125	$106,46 \pm 4,94$	98	120	$111,80 \pm 7,35$	93	126
VT				$115,33 \pm 6,82$	104	129	$110,53 \pm 10,45$	94	130
FKR 60				$119,53 \pm 9,10$	102	135	$109,73 \pm 5,13$	101	120

Notes/, Max : maximum, Min : minimum, σ : écart type

III.1.1.1.2.- Longueur des panicules de riz

La longueur des panicules a varié avec les variétés de riz étudiées de façon similaire à la celle de la hauteur des plants (Tableau IV).

Tableau IV : Longueurmoyenne des panicules de riz en fonction des années et des variétés sur les deux sites d'expérimentation (N = 30)

Variétés	Yaoundé 2014			Yaoundé 2015			Ntui 2015		
	Moyenne.	Min	Max	Moyenne.	Min.	Max	Moyenne.	Min	Max
Fuku	16,79 ± 2,12	13,0	21,0						
Akita	15,44 ± 1,89	13,2	23,5						
N 3	23,69 ± 1,91	20,2	28,0	24,3±3,7	20,5	30	21,73±3,20	16	28,5
N 8	23,43 ± 1,30	21,0	26,7	22,01±8,89	16	26	22,7±2,64	18	28,7
N 9	23,00 ± 2,42	18,0	32,0	20,69±4,18	16,2	25	21,14±3,3	12,2	25,8
N 13	26,16 ± 2,02	22,3	31,0	25,81±4,94	19	30,6	23,93±3,67	17,3	29,8
VT				25,6±6,82	17,6	35	26,47±4,23	17,6	35
FKR 60				24,34±9,10	19	31,4	23,87±2,71	16	29,1

Notes/, Max : maximum, Min : minimum, σ : écart type

III.1.1.1.3.- Nombre de panicules par plante de riz

Le nombre moyen de panicules par plante de riz a été plus élevé dans les variétés japonaises ($10,2 \pm 4,78$ et $17,9 \pm 4,83$ panicules par plante) que pour les variétés africaines, améliorées ou non améliorée ($4,43 \pm 1,94$, et $12,66 \pm 4,18$ panicules par plant) (Tableau V). Cette valeur présente une différence significative entre les deux variétés japonaises. En effet, *O. sativa* var Akita donne un nombre de panicules par plante ($17,9 \pm 4,83$) plus élevé que *O. sativa* var Fuku ($10,2 \pm 4,78$). Les variations sont par contre moins importantes entre les variétés africaines, que ce soit sur le même site ou en fonction des années ou des variétés.

Tableau VI : Nombre moyen de panicules par plant de riz en fonction des années et des variétés sur les deux sites d'expérimentation (N = 30)

Variétés	Ydé 2014			Ydé 2015			Ntui 2015		
	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min.	Max	Moyenne	Min	Max
Fuku	10,2 ± 4,78	4	21						
Akita	17,9 ± 4,83	3	27						
N 3	5,50 ± 2,64	2	13	5,5±3,7	7	15	9,23±2,75	11	18
N 8	6,73 ± 2,87	2	14	6,73±8,89	4	19	8,26±2,54	8	16
N 9	6,03 ± 2,38	3	12	6,03±4,18	1	15	6,90±2,07	8	15
N 13	4,43 ± 1,94	1	8	4,43±4,94	7	16	5,96±1,90	11	18
VT				5,36±6,82	8	17	6,16±2,56	8	19
FKR 60				8,3±9,1	7	15	12,66±4,18	7	15

Notes/, Max : maximum, Min : minimum, σ : écart type

III.1.1.1.4.- Nombre de ramifications par panicule

Le nombre moyen de ramifications par panicules de riz est apparu plus élevé pour les variétés africaines améliorées ou non ($12,53 \pm 1,75$ et $8,76 \pm 4,18$ ramifications par panicule) que pour les variétés japonaises ($5,63 \pm 0,96$ et $6,23 \pm 1,50$ ramifications par panicule) (Tableau VI). Par contre, au sein des variétés africaines, ces moyennes ont varié peu en fonction des années et des variétés sur les deux sites d'expérimentation.

Tableau VI : Nombre de ramifications par panicule de riz en fonction des variétés et des sites d'étude (N = 30)

Variétés	Yaoundé 2014			Yaoundé 2015			Ntui 2015		
	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min.	Max	Moyenne	Min	Max
Fuku	$6,23 \pm 1,50$	4	11						
Akita	$5,63 \pm 0,96$	4	8						
N 3	$13,13 \pm 1,94$	9	16	$11,3 \pm 3,7$	7	15	$13,90 \pm 1,76$	0	41
N 8	$12,20 \pm 2,38$	8	19	$10,00 \pm 8,89$	4	19	$11,06 \pm 1,96$	1	58
N 9	$10,33 \pm 1,53$	8	15	$8,76 \pm 4,18$	1	15	$10,73 \pm 1,74$	5	33
N 13	$12,53 \pm 1,75$	8	16	$11,8 \pm 9,94$	7	16	$13,9 \pm 1,98$	7	42
VT				$11,96 \pm 6,82$	8	17	$14,06 \pm 2,54$	6	67
FKR 60				$10,7 \pm 9,1$	7	15	$11,26 \pm 2,14$	1	33

Notes/, Max : maximum, Min : minimum, σ : écart type

III.1.1.2. Paramètres de rendement

III.1.1.2.1. Nombre de grains par panicule

Le nombre moyen de graines de riz par panicule a été plus élevé pour les variétés africaines améliorées ou non (entre $110,26 \pm 4,18$ et $198,73 \pm 60,10$ graines par panicules) que pour les variétés japonaises (entre $45,60 \pm 13,72$ et $64,63 \pm 22,30$ graines par panicule). Outre les origines géographiques des variétés de riz, ces moyennes ont fluctué sur les deux années à Yaoundé, et indépendamment des années entre les différentes variétés de riz et a varié peu en fonction des localités (Tableau VII). Ainsi, les variétés d'origine africaine portent par panicule un nombre de grain supérieur aux variétés d'origine asiatique. Ces effectifs sont quasiment similaires entre les variétés NERICA et les variétés locales (VT et FKR). D'autre part, si en 2015 le nombre de grains par panicule a varié peu entre les sites (Yaoundé et Ntui), la différence semble bien plus importante sur le même site (Yaoundé entre 2014 et 2015).

Tableau VII : Nombre de grains par panicule de riz en fonction des variétés et des sites d'étude (N = 30)

Variétés	Yaoundé 2014			Yaoundé 2015			Ntui 2015		
	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min.	Max	Moyenne	Min	Max
Fuku	64,63 ± 22,30	31	124						
Akita	45,60 ± 13,72	23	94						
N 3	173,53 ± 41,55	90	294	152,16 ± 6,70	82	198	149,46 ± 45,72	75	235
N 8	159,80 ± 38,78	82	230	126,43 ± 8,89	47	211	134,86 ± 38,86	83	224
N 9	143,3 ± 36,77	51	193	110,26 ± 4,18	58	188	148,53 ± 32,17	79	193
N 13	179,43 ± 38,21	114	277	174,83 ± 4,94	114	277	187,10 ± 47,45	106	277
VT				167,56 ± 6,82	98	245	198,73 ± 60,10	79	283
FKR				178,5 ± 9,1	112	256	144,33 ± 31,06	89	207

Notes/, Max : maximum, Min : minimum, σ : écart type

III.1.1.2.2.- Nombre de balles vides par panicule

Le nombre moyen de balles vides par panicule de riz a varié d'une année à l'autre et en fonction des variétés au cours de la même année sur les deux sites d'expérimentation.

Le nombre moyen de balles vides par panicule varie entre $4,26 \pm 3,87$ pour Akita et $28,43 \pm 18,50$ pour Fukuhibiki. Les variétés d'origine japonaise ont eu le plus petit nombre de balles vides (moyenne = $4,26 \pm 3,87$ pour Akitachomachi et moyenne = $4,90 \pm 5,45$ pour Fukuhibiki) (Tableau VIII). Entre les variétés africaines, le nombre de balles vides a peu varié entre les années et entre les sites.

Tableau VIII : Nombre de balles vides par panicule de riz en fonction des variétés et des sites d'étude (N = 30)

Variétés	Yaoundé 2014			Yaoundé 2015			Ntui 2015		
	Moyenne	Min	Max	Moyenne	Min.	Max	Moyenne	Min	Max
Fuku	4,90 ± 5,45	0	19						
Akita	4,26 ± 3,87	0	17						
N 3	24,16 ± 12,64	4	60	24,16 ± 6,70	4	60	15,83 ± 13,56	0	41
N 8	28,43 ± 18,50	4	80	28,43 ± 8,89	4	80	16,4 ± 11,86	1	58
N 9	21,83 ± 9,72	8	50	21,83 ± 4,18	8	50	16,6 ± 6,82	5	33
N 13	21,63 ± 10,58	2	49	21,63 ± 4,94	2	49	14,8 ± 8,38	7	42
VT				20,53 ± 6,82	6	67	20,23 ± 11,97	6	67
FKR 60				20,96 ± 9,10	5	45	14 ± 8,69	1	33

Notes/, Max : maximum, Min : minimum, σ : écart type

III.1.1.2.3- Rendement

En considérant les espacements (15×30) cm, le nombre moyen de plantes par m² est de 28.

Variété d'origine japonaise

$$Rd = 28 \times 10000 \times 14,05 \times 55 \times 0,029 = 6382915 \text{ g/Ha} = 6,38 \text{ tonnes / Ha}$$

Variété d'origine africaine

$$Rd = 28 \times 10000 \times 5,67 \times 164 \times 0,033 = 8592091,2 \text{ g/Ha} = 8,59 \text{ tonnes / Ha}$$

Le rendement a été de 6,38 tonnes / ha en moyenne pour les deux Variétés d'origine japonaise et de 8,59 tonnes / ha pour les variétés NERICA.

Le poids des grains de riz a peu varié entre les variétés NERICA 3 (31,94 g), NERICA 8 (31,91 g), NERICA 9 (29,64), Akitachomachi (28,97 g) et Fukuhibiki (30,03 g). Les grains de la variété NERICA 13 ont été les plus lourdes (poids de 1000grains = 38,87 g) (Tableau IX). En prenant en compte les deux paramètres (nombre de graines et poids des graines) par panicule, on note que, les variétés africaines ont un rendement supérieur à celui des variétés d'origine japonaise (Tableau IX). Le nombre de panicule par m² a oscillé entre 227 pour la variété NERICA 8 et 141 pour la variété NERICA 13. Mais au sein des variétés NERICA, les rendements les plus élevés ont été obtenus avec la variété NERICA 3.

Tableau IX : Rendement par variétés de riz (2014)

	Np/ha	Npa/plante	Ng/panicule	Pg (g)	Rendement (t/ha)
N3	280000	5,5	173,5	0,04	10,42
N8	280000	6,7	159,8	0,02	6,00
N9	280000	6,03	143,3	0,03	7,74
N13	280000	4,4	179,4	0,03	7,07
Akita	280000	17,9	45,6	0,03	6,63
Fuku	280000	10,2	64,6	0,03	5,53

Note/ Np/ha : nombre de plantes par Hectare, Npa : nombre de panicules, Ng : nombre de grains, Pg (g) : poids d'un grain en gramme.

III.1.1 .3- Durée du cycle des variétés de riz cultivées

La durée du cycle pour les différentes variétés de riz étudiées a été évaluée à partir de la période de temps qui s'écoule entre les semis et l'épiaison. Ce paramètre intervient le plus souvent dans le contrôle de la pression des déprédateurs sur les rendements agricoles.

Les variétés d'origine japonaise Akitakomachi et Fukuhibiki ont présenté le cycle de culture le plus court. Ici, l'épiaison de 10 % des plantes a été observée dès le 60^{ième} jour après les semis (Tableau X). Parmi les variétés de riz d'origine africaine, le cycle de culture le plus court a été

celui de la variété NERICA 8 qui a atteint 90 % de floraison dès le 83^{ième} jour après les semis et NERICA 9 qui a atteint 90 % de floraison dès le 88^{ième} jour après les semis (Tableau X). La variété NERICA 3 a atteint 10 % d'épiaison 72 jours après les semis, elle a donc un cycle plus long (Tableau X).

Le paramètre hauteur de la plante a été positivement corrélé à la durée du cycle de développement de la variété. Ainsi les variétés Fukuhibiki et Akitakomachi, qui ont un cycle de croissance plus court, ont des hauteurs plus petites que les autres variétés (Tableau X).

Tableau X : Pourcentage d'épiaison des variétés de riz en fonction du nombre de jours

Pourcentages de floraison	10 %	50 %	80 %	90 %
Noms des variétés				
NERICA 13	72	75	80	87
NERICA 9	69	72	75	80
NERICA 8	72	75	80	83
NERICA 3	75	80	83	89
Akitachomachi	57	59	62	64
Fukuhibiki	59	63	64	65

III.1.1.4.- Relations entre quelques paramètres agronomiques des variétés de riz

Le nombre de balles vides par panicule a été positivement corrélé au nombre de ramifications par panicule pour les six variétés de riz cultivées : N3 ($r = 0,64$; $P = 0,0001$), N8 ($r = 0,27$; $P = 0,14$), N9 ($r = 0,41$; $P = 0,02$), N13 ($r = 0,40$; $P = 0,02$), Akita ($r = 0,46$; $P = 0,01$) et Fukuhibiki ($r = 0,49$; $P = 0,005$). Par contre, des corrélations négatives, mais non significatives ont été obtenues entre la hauteur de la plante et la longueur de la panicule pour les variétés Fukuhibiki ($r = -0,30$; $P = 0,09$), NERICA 8 ($r = -0,06$; $P = 0,71$), NERICA 9 ($r = -0,14$; $P = 0,43$) et NERICA 13 ($r = -0,11$; $P = 0,54$) (Tableau XI).

Tableau XI : Corrélations entre quelques paramètres agronomiques des variétés de riz

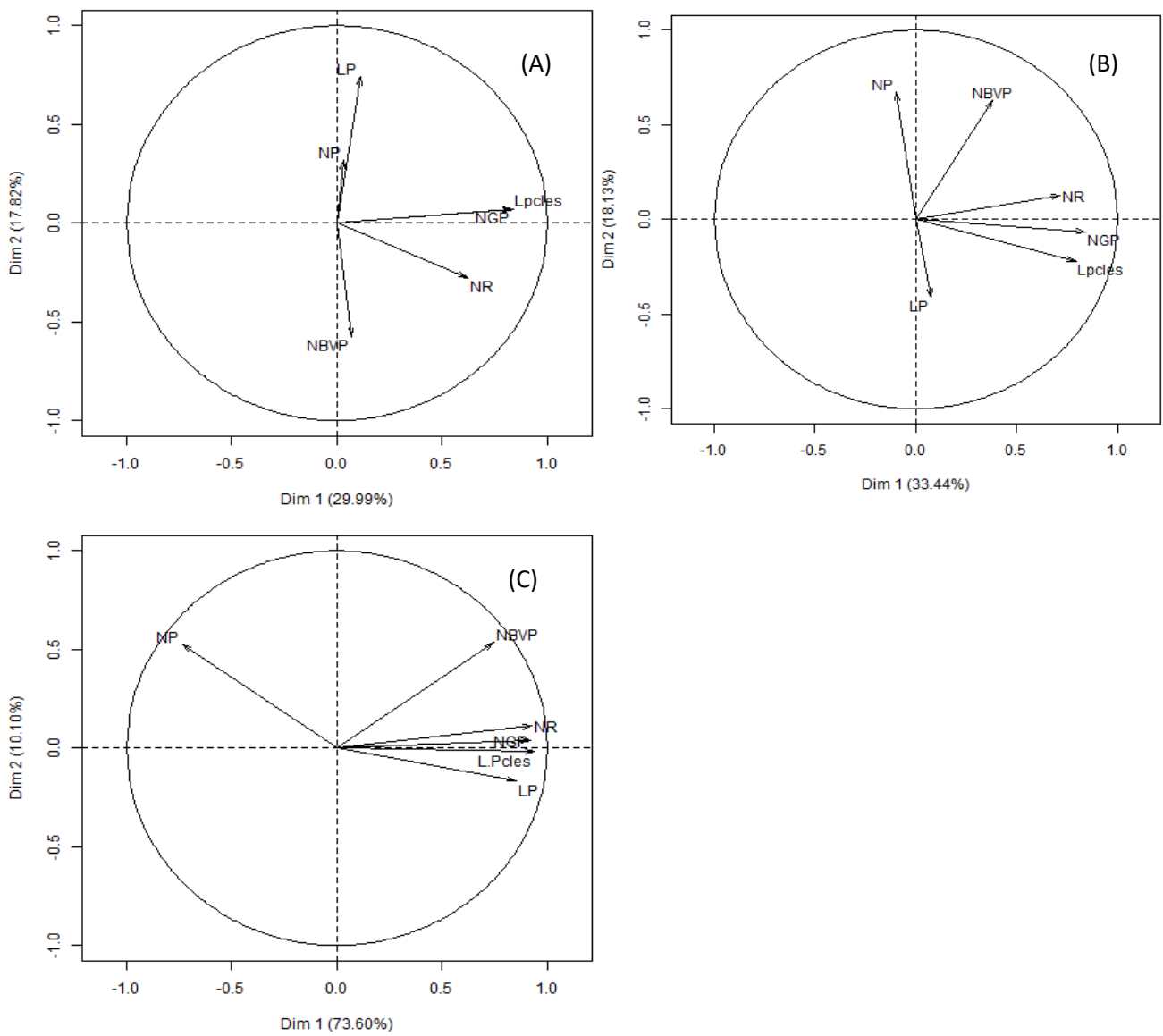
Variétés	Akita	Fuku	N 3	N8	N9	N13
corrélations						
Hauteur de la plante et longueur de la panicule	$r = 0,08$; $P = 0,66$	$r = -0,30$; $P = 0,09$	$r = 0,07$; $P = 0,68$	$r = -0,06$; $P = 0,71$	$r = -0,14$; $P = 0,43$	$r = -0,11$; $P = 0,54$
Nombre de panicules par plant et nombre de ramifications par panicule	$r = -0,17$; $P = 0,34$	$r = 0,15$; $P = 0,41$	$r = 0,01$; $P = 0,95$	$r = 0,19$; $P = 0,30$	$r = -0,35$; $P = 0,05$	$r = 0,15$; $P = 0,4$
Nombre de panicules par plant et nombre de balles vides par panicule	$r = -0,08$; $P = 0,66$	$r = -0,07$; $P = 0,7$	$r = -0,06$; $P = 0,74$	$r = 0,08$; $P = 0,66$	$r = -0,17$; $P = 0,34$	$r = 0,17$; $P = 0,35$
Nombre de panicules par plant et le nombre de grains par panicule	$r = 0,01$; $P = 0,95$	$r = 0,15$; $P = 0,4$	$r = 0,01$; $P = 0,93$	$r = 0,05$; $P = 0,75$	$r = -0,32$; $P = 0,08$	$r = 0,09$; $P = 0,6$
Nombre de ramifications par panicule et nombre de balles vides par panicule	$r = 0,46$; $P = 0,01$	$r = 0,49$; $P = 0,005$	$r = 0,64$; $P = 0,0001$	$r = 0,27$; $P = 0,14$	$r = 0,41$; $P = 0,02$	$r = 0,40$; $P = 0,02$
Nombre de ramifications par panicule et le nombre de grains par panicule	$r = 0,57$; $P = 0,0008$	$r = 0,71$; $P < 0,0001$	$r = 0,66$; $P = 0,05^2$	$r = 0,37$; $P = 0,04$	$r = 0,67$; $P < 0,0001$	$r = 0,55$; $P = 0,001$
Nombre de balles vides par panicule et le nombre de grains par panicule	$r = 0,20$; $P = 0,28$	$r = 0,38$; $P = 0,03$	$r = 0,17$; $P = 0,36$	$r = 0,28$; $P = 0,12$	$r = 0,19$; $P = 0,29$	$r = 0,40$; $P = 0,02$

- **Analyse en composante Principale (ACP) des relations entre quelques paramètres agronomiques**

Le nombre de grains par panicule est proche du paramètre longueur des panicules et proche également du nombre de ramifications par panicule (Figure 18). Le nombre de grains par panicule est donc proportionnel aux deux autres paramètres cités plus haut. Les valeurs des

paramètres nombre de plantes par m², longueur de la plante et nombre de balles vides par panicule ne sont pas fonction de celles des autres paramètres.

Le diagramme (A) analyse les données obtenues au cours de l'année 2014. Il s'agit des paramètres des variétés NERICA 3, 8, 9, 13, Akitachomachi et Fukuhibiki. Le diagramme (B) analyse les données obtenues au cours des années 2014 et 2015. Il s'agit des paramètres des variétés NERICA 3, 8, 9 et 13. Le diagramme (C) analyse les données obtenues au cours de l'année 2015. Il s'agit des paramètres des variétés NERICA 3, 8, 9, 13, Variété Tonga et FKR.



Note/ NP = Nombre de panicules/plante ; LP = Longueur des plantes ; Lpcles = Longueur des Panicules ; NR= Nombre de Ramifications par panicule ; NGP = Nombre de Grains par Panicule ; NBVP = Nombre de Balles vides par Panicule

Figure 18 : Diagramme montrant les relations entre certains paramètres agronomiques.

(A) : données 2014, (B) : données 2014 et 2015, (C) : données 2015

III.1.1.4.1- Productivité des différentes variétés

La masse des graines de riz par variété a été évaluée à partir de la masse de 1000 grains. Ces masses sont relativement proches pour les variétés NERICA 3 et 8 (31,94 g et 31,91 g respectivement pour les deux variétés).

La plus grande masse pour 1000 graines a été de 38,87 g pour la variété NERICA 13 (Tableau XII). Ses grains sont les plus lourdes. La masse la plus faible a été obtenue avec la variété Akitachomachi (28,97 g pour 1000 grains pesés). Le nombre de panicule par m² oscille entre 227 panicules (pour les variétés NERICA 8 et 141 panicules (pour la variété NERICA 13). Pour chaque variété de riz, la superficie cultivée considérée, était de 10 m².

L'action des déprédateurs qui minent les tiges, communément appelés foreurs s'est manifestée par les symptômes suivants : cœur mort au stade végétatif, panicule blanche au stade floraison au cours du développement des plantes. Les taux d'attaques de foreurs ont été calculés en effectuant le rapport : nombre de cœurs morts ajouté au nombre de panicules blanches observés pour chaque variété, sur le nombre de panicules total le tout multiplié par 100.

Pour ce qui est des variétés d'origine africaine, la variété NERICA 9 a été la moins attaquée des NERICA ; avec un taux d'attaque de 1 % (Tableau XII). La variété NERICA 3 est la plus sensible des variétés NERICA avec un pourcentage d'attaques de 2,9 %. Toutefois, ces pourcentages de ravages sont faibles ; par conséquent ces déprédateurs ne peuvent pour le moment pas être considérés comme des ravageurs *sensus* Navarajan (2007).

Tableau XII : Nombre de panicule/m², Nombre moyen de grains/panicule, poids de 1000 grains en fonction des variétés (2014)

Variétés de riz	Nombre de panicules/m ²	Nombre de panicules blanches et cœurs morts	Pourcentages d'attaques des foreurs	Poids de 1000 grains(g)
NERICA 13	141	24	1,7	38,87
NERICA 9	205	21	1	29,64
NERICA 8	227	52	2,2	31,91
NERICA 3	171	51	2,9	31,94
Akitachomachi	204	00	00	28,97
Fukuhibiki	216	00	00	30,03

III.1.1.4.2- Statistiques descriptives en fonction de l'origine géographique des variétés de riz

Les différences entre les paramètres considérés pour les variétés de riz des deux origines géographiques sont très significatives ($P < 0.0001$). La hauteur moyenne des plantes de riz par exemple varie entre $112,97 \pm 11,14$ cm pour les variétés de riz d'origine africaine et $70,03 \pm 9,38$ cm pour les variétés d'origine japonaise (Tableau XIII). La longueur moyenne des panicules a varié autour de $24,07 \pm 2,29$ cm pour les variétés d'origine japonaise et autour de $16,11 \pm 2,10$ cm pour les variétés d'origine africaine. Le nombre moyen de panicules par touffe varie autour de $5,67 \pm 2,59$ pour les variétés d'origine africaine et $14,05 \pm 6,14$ pour les variétés d'origine japonaise (Tableau XIII). Les valeurs moyennes du nombre de ramifications par panicule varient autour de $12,05 \pm 2,17$ ramifications pour les variétés d'origine africaine et autour de $5,93 \pm 1,28$ ramification pour les variétés d'origine japonaise. Les valeurs moyennes du nombre de balles vides varient autour de $24 \pm 13,43$ balles vides pour les variétés d'origine africaine et autour de $5 \pm 4,7$ balles vides pour les variétés d'origine japonaise. Les valeurs moyennes du nombre de grains par panicule varient autour de $164 \pm 38,82$ grains pour les variétés d'origine africaine et autour de $55 \pm 18,01$ grains pour les variétés d'origine japonaise (Tableau XIII).

D'après les données ci-dessus, le calcul du rendement a été effectué. Les variétés d'origine japonaise ont un rendement inférieur ($6,38$ tonnes / Ha) à celui des variétés d'origine africaine ($8,59$ tonnes / Ha).

Tableau XIII : Statistiques descriptives en fonction de l'origine géographique des variétés de riz (N = 30)

	Nombre de panicule/touffe			Nombre de ramifications/panicule		
	Min	Max	M ± σ	Min	Max	M ± σ
Variétés africaines	1	14	5,67 ± 2,59	8	19	12,05 ± 2,17
Variétés japonaises	3	27	14,05 ± 6,14	4	11	5,93 ± 1,28
	F = 164,8 ; ddl = 1, P<0,0001			F = 402,7; ddl = 1, P<0,0001		
	Nombre de balles vides / panicule			Nombre de grains / panicule		
	Min	Max	M ± σ	Min	Max	M ± σ
Variétés africaines	2	80	24 ± 13,43	51	294	164 ± 38,82
Variétés japonaises	0	19	5 ± 4,7	23	124	55 ± 18,01
	F = 118,1; ddl = 1, P<0,0001			F = 377,2; ddl = 1, P<0,0001		

ddl : degré de liberté, M : moyenne, Max : maximum, Min : minimum, σ: écart type

- **Relations entre quelques paramètres de rendements en fonction de l'origine géographique des variétés de riz**

Les corrélations entre le nombre de panicules par plant et le nombre de ramifications par panicule, le nombre de panicules par plant et le nombre de grains par panicule sont négatives mais pas significatives pour les variétés d'origine africaine ($r = -0,33$; $P = 0,7$ et $r = -0,07$; $P = 0,40$ respectivement pour les deux corrélations suscitées). Pour les variétés d'origine japonaise, en plus de ces corrélations, celles entre la hauteur de la plante et la longueur de la panicule, le nombre de panicules par plant et le nombre de balles vides par panicule sont également négatives mais pas significatives ($r = -0,14$; $P = 0,27$ $r = -0,006$; $P = 0,95$ respectivement). Les corrélations entre le nombre de ramifications par panicule et le nombre de balles vides par panicule, le nombre de ramifications par panicule et le nombre de grains par panicule, le nombre de balles vides par panicule et le nombre de grains par panicule sont positives pour les variétés des deux origines (Tableau XIV).

Tableau XIV : Corrélations entre les paramètres de rendement en fonction de l'origine géographique des variétés de riz

Corrélation	La hauteur de la plante et la longueur de la panicule	Nombre de panicules par plant et nombre de ramifications par panicule	Nombre de panicules par plant et nombre de balles vides par panicule	Nombre de panicules par plant et le nombre de grains par panicule	Nombre de ramifications par panicule et nombre de balles vides par panicule	Nombre de ramifications par panicule et le nombre de grains par panicule	Nombre de balles vides par panicule et le nombre de grains par panicule
Japon	$r = -0,14$; $P = 0,27$	$r = -0,07$; $P = 0,57$	$r = -0,006$; $P = 0,95$	$r = -0,25$; $P = 0,04$	$r = 0,45$; $P = 0,0002$	$r = 0,001^{-4}$; $P = 0,61$	$r = 0,25$; $P = 0,04$
Afrique	$r = 0,0005$; $P = 0,3$	$r = -0,33$; $P = 0,7$	$r = 0,05$; $P = 0,57$	$r = -0,07$; $P = 0,40$	$r = 0,36$; $P < 0,001$	$r = 0,59$; $P < 0,001$	$r = 0,26$; $P = 0,003$

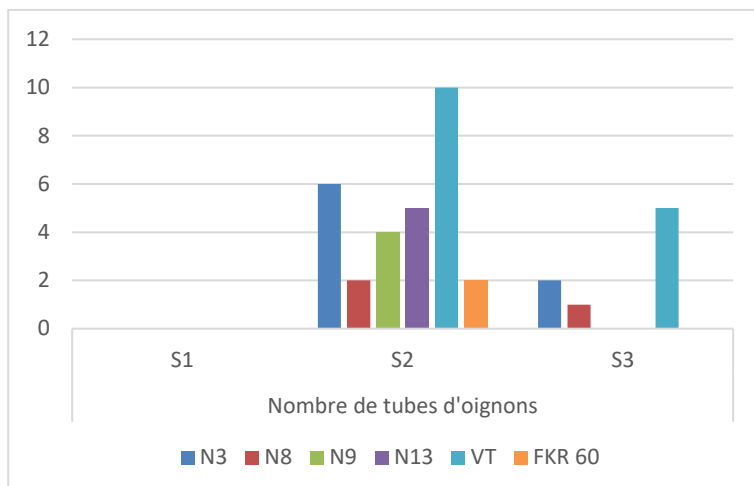
III.1.2. Entomofaune déprédatrice des tiges de riz

III.1.2.1. Manifestions des attaques des déprédateurs des tiges de riz

A cours de l'étude, les activités nourricières des insectes vivants dans les tiges de riz se sont manifestées de trois façons distinctes : les tubes d'oignon, les cœurs morts et les panicules blanches.

III.1.2.1.1. Tube d'oignon

Au cours de l'étude, les tubes d'oignon ont été observés dans les parcelles dès la deuxième semaine après le semis. Ils se manifestent par un dessèchement de la feuille axiale non épanouie des jeunes plantes. La fréquence de ce symptôme a été relativement faible. Ces symptômes ont été observés seulement sur le site de Yaoundé, et uniquement au début du cycle de croissance du riz (Figure 19). Selon la littérature ces symptômes seraient liés aux attaques de la cécidomyie du riz.



1cm

Figure 19 : Tubes d'oignons et variation hebdomadaire de leurs fréquences dans le jardin expérimental à Nkolbisson, Yaoundé (Aet B).

III.1.2.1.2. Cœur mort

Au cours de l'étude, les cœurs morts ont été observés pour la première fois dès le 57^{ième} jour après les semis. Ils se manifestent par un dessèchement de la partie axiale des tiges sur des plantes relativement âgées. Les feuilles des tiges ainsi affectées prennent une couleur jaune pâle. Les fréquences de ces symptômes sur les différentes parcelles ont été calculées à partir du rapport :

« Nombre total de cœurs mort sur le nombre total de panicules comptées en champ ».

Avec un taux de destruction de tiges évalué à 0,83%, la variété NERICA 8 a été la plus affectée par le cœur mort au stade végétatif (Tableau XV) ; la variété NERICA 3 a été la moins affectée avec un taux de destruction de panicules évalué à 0,23% ; elle serait la moins sensible aux foreurs de tiges du riz parmi les variétés étudiées dans le groupe NERICA (Tableau XV). Aucune attaque de foreurs n'a été observée sur les variétés d'origine japonaise (Tableau XV).

Tableau XV : Nombre de cœurs morts en fonction des variétés de riz

Nom des variétés	Akitakomachi	Fukuhibiki	NERICA 3	NERICA 8	NERICA 9	NERICA 13
Dates						
30 mai 2014	00	00	01	02	00	00
06 juin 2014	00	00	01	03	01	01
12 juin 2014	00	00	02	06	01	02
18 juin 2014	00	00	00	05	02	02
23 juin 2014	00	00	00	03	01	03
totaux	00	00	4	19	5	8
Pourcentage	00	00	0,23	0,83	0,24	0,56

III.1.2.4- Panicules blanches

Les premières panicules blanches ont été observées dès le 21^{ème} jour après les semis à Yaoundé soit trois semaines après les semis. Les panicules blanches matérialisent un dessèchement de la panicule de riz qui prend alors une coloration blanche (Figure 20) par opposition à la panicule saine qui vire de couleur verte au jaune paille au cours de sa maturation. Les graines généralement bien formées se dessèchent avant la formation et/ou la maturation des graines de riz. Les lignées de NERICA 3, NERICA 8, NERICA 9 et NERICA 13 ont toutes présenté ce symptôme des attaques de foreurs de tiges. Le pourcentage de panicules blanches le plus élevé (2,7 %) a été obtenu sur la variété NERICA 3 (Tableau XVI) ; Au stade de la floraison, le pourcentage de panicules blanches le plus faible, 0,78 %, a été obtenu sur la variété NERICA 9. Les galles de la cécidomyie du riz apparaissent dès le stade végétatif de la plante hôte. Ces symptômes sont les plus fréquents dans les parcelles de riz ; intervenant à la fin du cycle de développement, ils causent les plus fortes pertes de rendement (Figure 20). Dans le site de Ntui, la variété FKR 60 n'a présenté aucune panicule blanche. NERICA 3 n'a montré qu'une panicule blanche et les variétés NERICA 9 et 8 ont montré le plus grand nombre de panicules blanches, soit 09 au total (Figure 21 B). Ces panicules blanches ont fait leur apparition à la 9^{ème} semaine après les semis à Ntui.

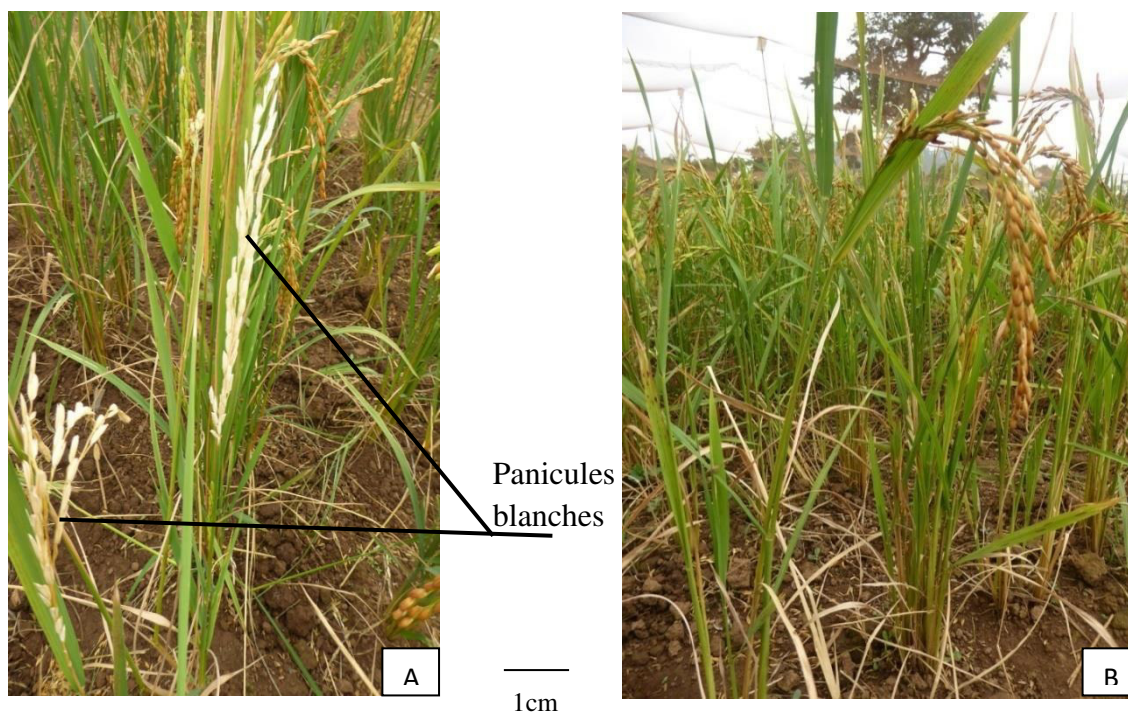


Figure 20 : symptômes d'attaques d'insectes sur les tiges de riz.

A : Panicules blanches, B : panicules saines

Tableau XVI : Nombre de panicules blanches en fonction des variétés de riz

Nom des variétés	Akitakomachi	Fukuhibiki	NERICA	NERICA	NERICA	NERICA
Dates d'observation			3	8	9	13
23 juin 2014	00	00	00	01	02	00
30 juin 2014	00	00	06	05	03	03
07 juillet 2014	00	00	08	11	05	05
14 juillet 2014	00	00	15	8	03	02
21 juillet 2014	00	00	09	05	02	03
28 juillet 2014	00	00	05	03	01	02
04 Août 2014	00	00	04	00	00	01
Totaux	00	00	47	33	16	16
Pourcentage (%)	00	00	2,74	1,45	0,78	1,13

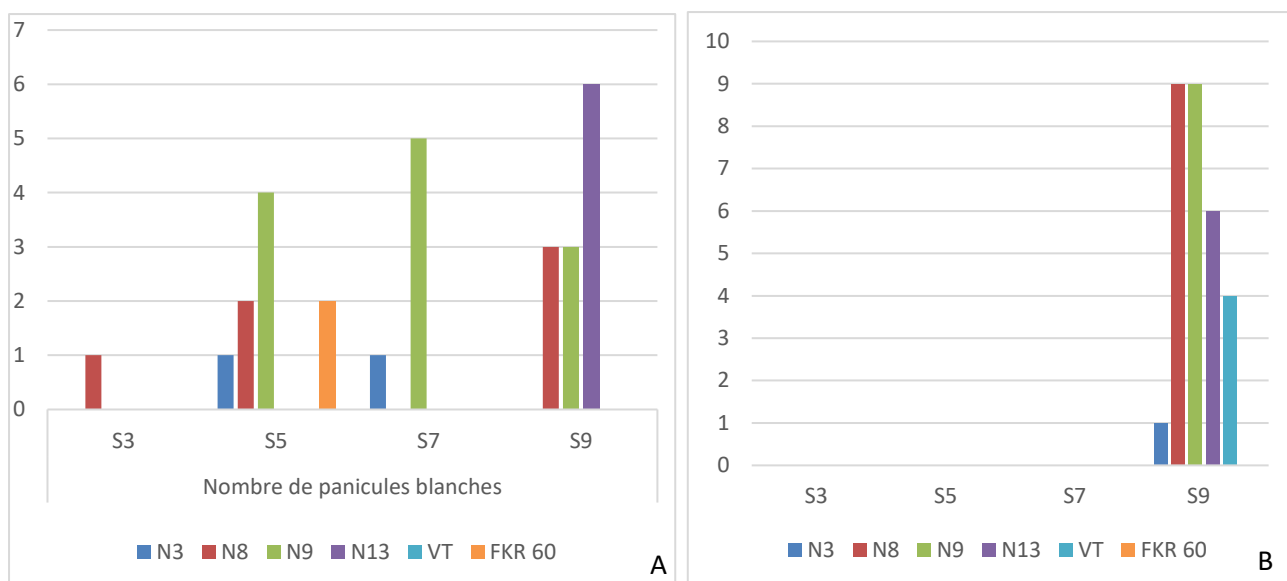


Figure 21 : Variations hebdomadaires des abondances de panicules blanches en fonction des variétés de riz étudiées (2015).

Légende : A= Panicules blanches à Yaoundé ; B= Panicules blanche à Ntui ; N=NERICA ; VT= Variété Tonga ; S= Semaine

III.1.2.2. Diversité de l'entomofaune des tiges de riz

L'incubation des tiges présentant des symptômes d'infestation a permis d'identifier cinq espèces d'insectes : *Chilo zacconius* (Lepidoptera : Pyralidae), *Diopsis* sp. (Diptera : Diopsidae), une Diptère saprophage non identifié, *Platygaster diplosisae* (Hymenoptera : Platygasteridae), communément cité comme parasitoïde de *Orseolia oryzivora* et un Hyménoptère Braconidae non identifié (Tableau XVII). Ces insectes appartiennent à deux groupes trophiques (les phytophages et les parasitoïdes) et sur le plan agronomique, à deux groupes fonctionnels ; les déprédateurs et les auxiliaires potentiels de la lutte biologique.

A l'issue des élevages et les dissections de tiges des panicules blanches que nous avons effectuées, *Chilo* sp. apparaît seulement au stade floraison. Les cœurs morts et tubes d'oignons que nous avons donc observés sont causés par *Orseolia oryzivora* et / ou à *Diopsis* sp. Ces deux foreurs sont potentiellement présents dans les tiges des variétés de riz durant tout le cycle de culture.

Un total de 112 panicules blanches a été collecté et incubé. La variété NERICA 3, avec un total de 47 panicules blanches, a été la variété la plus affectée (Tableau XVII). L'incubation de ces panicules n'a donné aucun adulte de *O. oryzivora*. Mais ceux de ses parasitoïdes

identifiés par différentes études ont été rencontrés dans 17,02 de cas, ceux de *C. zacconius* (Figure 23) dans 4,25% et ceux de *Diopsis* spp. dans 2,12%. Les plus faibles taux d'émergence des adultes ont été obtenus avec les panicules de NERICA 9 (6,25%, uniquement composé de *C. zacconius*) et de NERICA 13 (6,25%, composé de parasitoïdes de *O. oryzivora*). Le pourcentage d'émergence d'adulte foreur est le plus petit pour l'espèce de foreur *Diopsis* sp. (Figure 24); il est de 2, 12 % pour la variété NERICA 3 et de 3,03 % pour la variété NERICA 8. Les variétés d'origine japonaise (Akitachomachi et Fukuhibiki) n'ont pas présenté de panicules blanches (Tableau XVII)

Tableau XVII : Pourcentage d'émergence des espèces d'insectes foreurs en fonction du nombre de panicules blanches incubées

Variétés	Nombre de panicules incubées	Pourcentage d'émergence de <i>Orseolia</i> sp	Pourcentage d'émergence de <i>C. zacconius</i>	Pourcentage d'émergence de <i>D. apicalis</i>	Pourcentage de mortalité larvaire
Akitachomachi	0	0	0	0	0
Fukuhibiki	0	0	0	0	0
N3	47	17,02	4,25	2,12	76,59
N8	33	9,09	6,06	3,03	81,81
N9	16	00	6,25	00	93,75
N13	16	6,25	00	00	93,75

Les larves de Lépidoptères sont des chenilles (Figure22). *Chilo zacconius* (Figure 23) a présenté des pourcentages d'émergence de 4,25 pour la variété NERICA 3; 6,06 pour la variété NERICA 8 et 6,25 pour la variété NERICA 9. Les pourcentages de mortalité larvaire ont été très élevés, ils sont proches de 100 % pour les larves dans les tiges des variétés NERICA 9 et 13 (soit 93,75 %). Ces pourcentages sont de 76,59 pour les larves dans les tiges des variétés NERICA 3 et 81,81 pour les larves dans les tiges des variétés NERICA 8.



Figure 22 : Dégâts d'une larve de foreur Lépidoptère dans une tige de riz.

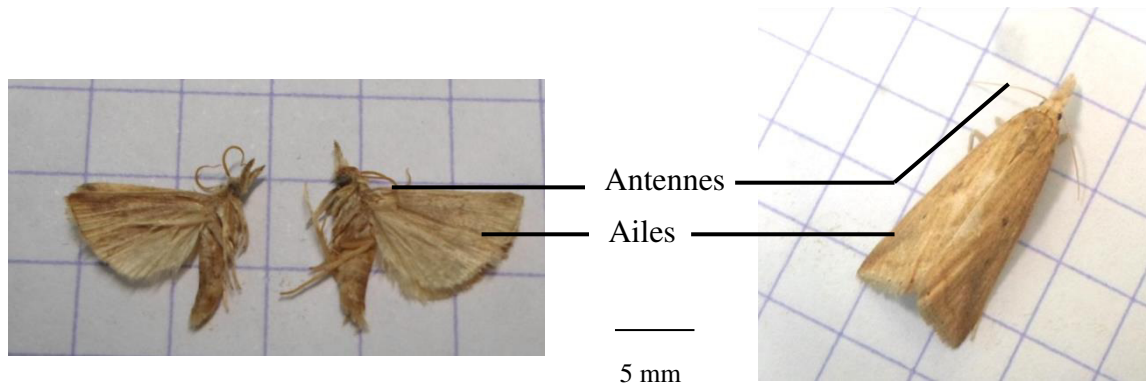


Figure 23 : individus de l'espèce *Chilo zacconius*, Lépidoptère Pyralidae.

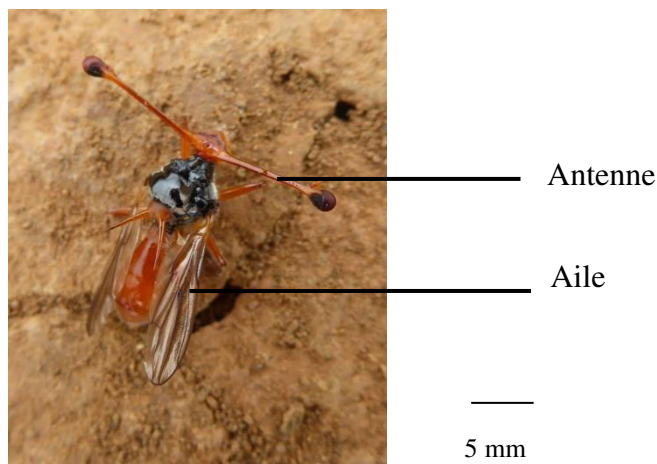


Figure 24 : Individu de l'espèce *Diopsis longicornis*, Diptère – Diopsidae.

Occurrences des larves de foreurs de tiges en relation avec les stades de développement de la plante de riz

Les espèces *Diopsis* sp. et *Orseolia* sp. appartiennent à l'ordre des Diptères. Les adultes de *Diopsis* sp. sont des broyeurs de feuilles, ils étaient donc observables dans les parcelles de riz pendant la journée, notamment l'espèce *Diopsis longicornis* (Figure 24). Les individus adultes de *Orseolia* sp. et ceux de l'espèce *Chilo zacconius* (Lépidoptère), n'ont jamais été observés en journée dans nos parcelles. Toutefois, l'observation des galles et des cœurs morts au stade végétatif, traduisait la présence des espèces de *Orseolia* sp. Et *Diopsis* sp. pour les deux symptômes. Les émergences des adultes obtenues après élevage des larves contenues dans les panicules blanches, ont prouvé la présence jusqu'alors insoupçonnée des espèces *Orseolia* sp. et *Diopsis* sp. au stade floraison de la plante de riz (Tableau XVIII).

Tableau XVIII : Occurrences phénologiques des larves des foreurs de tiges en relation avec cinq stades de développement de la plante de riz

Insectes	Stades de développement de la plante de riz				
	Semis (02 semaines après)	Tallage	Initiation paniculaire	De l'émergence paniculaire à la floraison	Maturité
<i>Chilo zacconius</i>				x	x
<i>Diopsis apicalis</i>	x	x	x	x	x
<i>Orseolia sp.</i>	x	x	x	x	x

x : présence

III.1.2.3- Paramètres physico-chimiques des sites d'étude

Dans les deux sites d'étude (Figure 25) où les travaux ont été effectués la deuxième année (Yaoundé et Ntui), l'itinéraire technique utilisé était la même. Toutefois, des analyses physico-chimiques du sol nous ont révélé des similitudes et des dissimilitudes dans les sols des sites d'étude. Ces sites sont tous situés sur la terre ferme.

Les valeurs moyennes de la teneur en matière organique, en carbone organique, en azote, en potassium, en magnésium et du pH varient peu entre les deux sites; bien que les valeurs semblables plus importantes dans le site de Yaoundé que celui de Ntui. Les sols des deux sites sont acides ($\text{pH} < 7$). Les valeurs moyennes du pourcentage d'humidité du site de Yaoundé (9.52 %) est plus de 03 fois supérieure à celui de l'échantillon de sol prélevé à Ntui (2.98 %). Les valeurs moyennes des pourcentages de sable fin et de sables grossier sont très élevées dans le site de Ntui. Le pourcentage de sable fin est de 27.08 % dans le site de Ntui et de 14.74 % dans celui de Yaoundé (Tableau XIX). La valeur du pourcentage de sable grossier est de 29,86 % pour le site de Ntui et de 9,55 % pour l'échantillon de sol prélevé dans le site de Yaoundé (Tableau XIX). La quantité de Phosphore dans l'échantillon de sol du site de Ntui est de 4,11 mg kg^{-1} et de 11,42 mg kg^{-1} dans l'échantillon de sol prélevé à Yaoundé. Les valeurs moyennes du pourcentage d'argile sont de 29,32 % pour l'échantillon de sol de Ntui et de 57,91 % pour l'échantillon de sol prélevé à Yaoundé. La valeur du pourcentage de limon fin est de 7,95 % pour l'échantillon de sol prélevé à Ntui et de 14,07 % pour celui de Yaoundé. La valeur du

pourcentage de limon grossier est de 5,68 % pour l'échantillon de sol prélevé à Ntui et de 3,63 % pour celui de Yaoundé. La valeur de CEC (Capacité d'Echange Cationique) est de 7,90 pour l'échantillon de sol prélevé à Ntui et 11,92 pour celui de Yaoundé (Tableau XIX).

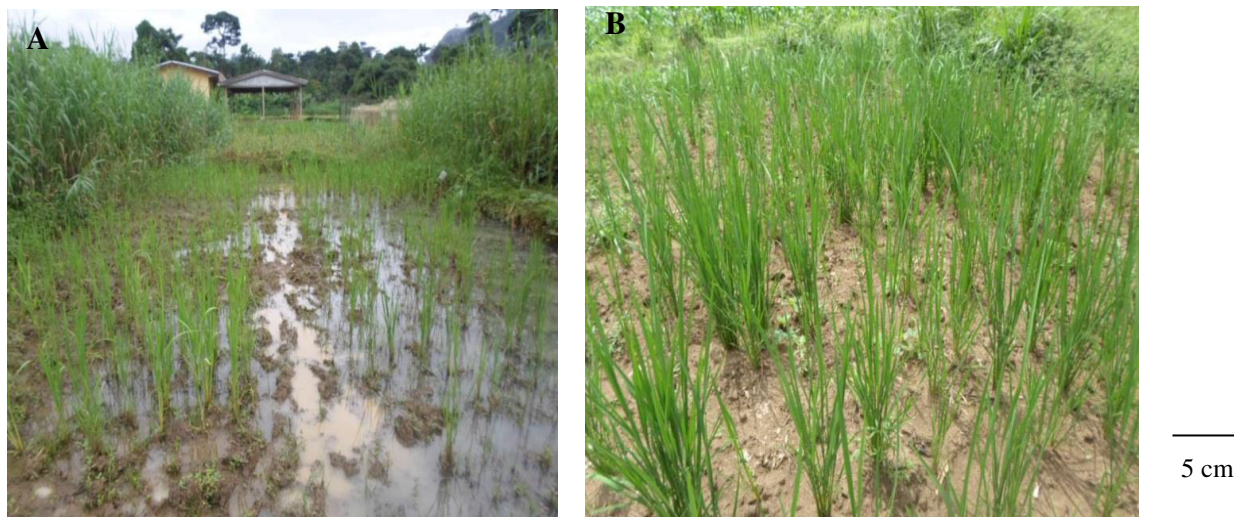


Figure 25: Parcelles des sites d'étude au stade végétatif

(A : Yaoundé ; B : Ntui).

Tableau XIX : Paramètres physico-chimiques des sites d'étude de Yaoundé et Ntui

Paramètres	Ntui	Yaoundé
Humidité (%)	2,98	9,52
Matière organique (g kg ⁻¹)	20,80	19,33
Carbone organique (g kg ⁻¹)	12,06	11,21
Total N (g kg ⁻¹)	1,22	1,90
Na ⁺	0,22	0,18
K ⁺	0,31	0,40
Mg ²⁺	0,88	1,01
Ca ²⁺	2,98	3,66
CEC	7,90	11,92
pH (H ₂ O)	5,53	5,79
pH (KCl)	4,57	4,73
Argile (%)	29,32	57,91
Limon fin (%)	7,95	14,07
Limon grossier (%)	5,68	3,63
Sable fin (%)	27,08	14,74
Sable grossier (%)	29,86	9,55
P (mg kg ⁻¹)	4,11	11,42

III.1.3 Identification moléculaire des individus de *Orseolia* sp.

III.1.3.1. Provenance des larves des individus de *Orseolia* sp.

Les larves de *O. oryzivora* utilisées dans la présente étude ont été collectées à Santchou, Ébolowa et Yaoundé (Figure 27). Les explorations faites dans tous les bassins de cultures du Cameroun au sud du 6^{ème} parallèle n'ont pas permis d'observer des plantes présentant des symptômes d'attaques, encore moins de trouver des individus de la cécidomyie (Tableau XX). Dans le site de Ntui, toutes les tiges de riz présentant des symptômes de type «panicule blanche» observés n'abritaient que des larves de Lépidoptères.

Les larves de Lépidoptères à l'instar de *Chilo* sp. rencontrées dans les tiges de riz sont pourvues de pattes ; elles se déplacent par reptation ; de plus, plusieurs larves peuvent cohabiter dans la même tige hôte, contrairement aux larves de Diptères tels que *Diopsis* sp. et *Orseolia* sp. qui sont dépourvues de pattes. Les larves de Diptères se déplacent par crépitation-reptation et sont généralement solitaires (une seule larve par tige de riz) (Figure 26). Ces caractères nous ont permis de séparer facilement les larves des insectes de l'ordre des Diptères de celles des Lépidoptères sur le terrain.

Tableau XX : Superficies, modes de semis et variétés cultivées des sites d'étude prospectés

Sites d'étude	Variétés cultivées	Superficies estimées	Ecologies	Méthodes de semis
Santchou Ntui	NERICA 3	1 Ha	Pluvial	Poquets en ligne
Ndop	TOX 45	20 Ha	Bas-fond	A la volée
Baïgom	TOX 45	5 Ha	Bas-fond	A la volée
Ébolowa	NERICA 3, NERICA 8	1 Ha	Pluvial	Poquets en ligne
Yaoundé	NERICA 3, 8, 9, 13, Akitachomachi, Fukuhibiki	350 m ²	Pluvial	Poquets en ligne
Tonga	Variété Tonga	1 Ha	Pluvial	Poquets en ligne

Dans le site de Ndop, les populations adultes de *Diopsis* sp. (broyeurs de feuilles) étaient abondantes (adultes volant et larves minant les feuilles) dans les différentes parcelles visitées. Toutefois, aucune panicule blanche n'a été observée dans ces parcelles où le riz avait généralement atteint le stade de floraison et dans certains cas le stade maturité (Tableau XX). Les riziculteurs rencontrés sur place nous ont déclaré ne pas connaître le phénomène de panicule blanche. Cependant quelques tiges présentant des symptômes de cœurs morts ont été observées dans les parcelles où le riz était au stade végétatif. La dissection de ces tiges n'a permis d'observer aucune larve.



Figure 26: Dégâts d'une larve de Diptère dans une tige deNERICA 3.

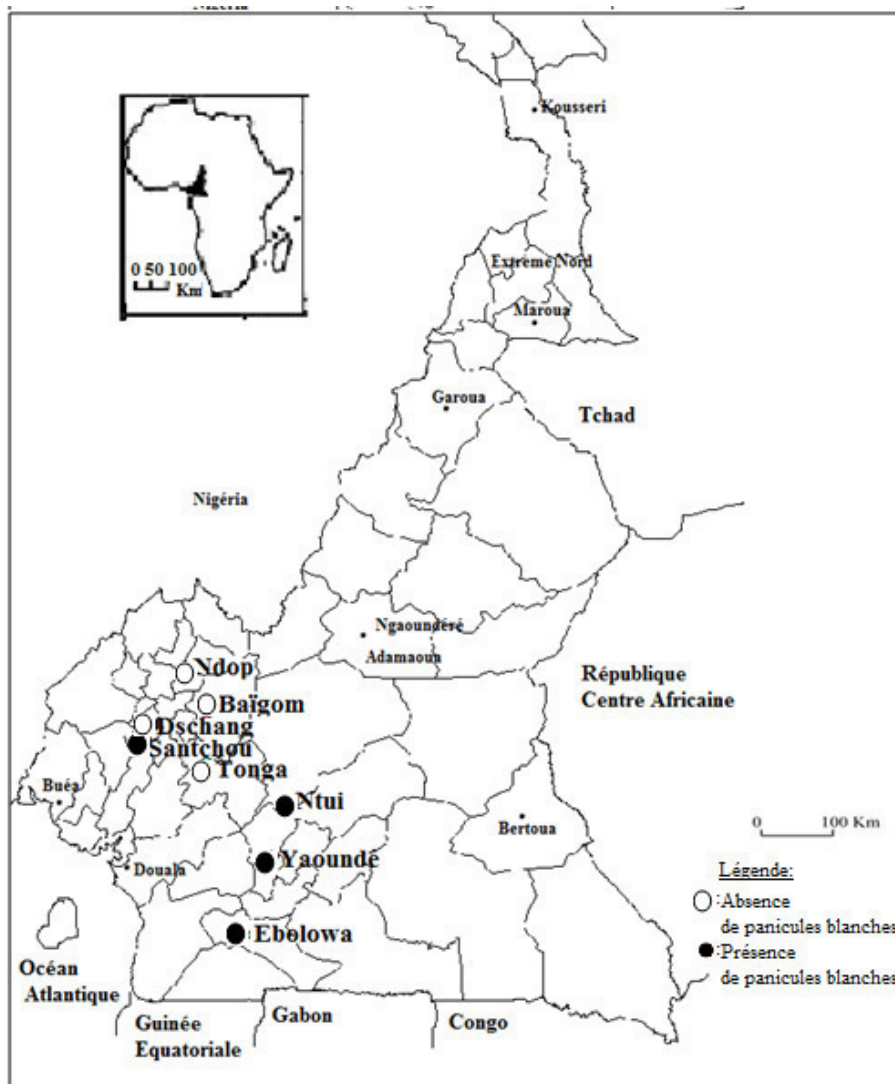


Figure 27: Sites présentant le phénomène de panicules blanches au cours de notre étude (août-décembre 2015).

III.1.3.2- Résultats de la réaction de PCR

Six couples d'amorces spécifiques à trois espèces de Diptères du genre *Orseolia* précédemment identifiées au Nigéria (Nwilene *et al.*, 2006) ont été testés dans la présente étude. Les espèces concernées au Nigéria étaient: *Orseolia oryzivora*, *Orseolia bonzii*, *Orseolia nwanzei*.

Parmi les couples d'amorces testés, trois ont amplifié avec succès les extraits d'ADN de nos échantillons. Une amplification réussie se traduit par l'apparition sur le gel d'Agarose d'une bande observable aux rayons ultraviolets (Figures 28 et 29). La position de cette bande permet de déterminer le poids moléculaire de l'extrait d'ADN.

Les extraits d'ADN correspondant aux échantillons numéro 2, 16, 18, 19, 20, 22, 26, 28, 29, 30, 38, 39, 40, 41 et 42 ont été amplifiés par la paire d'amorce OSSP 5F/R (Figure 28), tandis que le couple d'amorce OSSP 1F/R a amplifié les extraits d'ADN qui correspondent aux échantillons numéro 16, 18, 19, 20, 22, 25, 29, 30, 38, 39, 40, 41 et 42 (Figure 29). L'observation et l'interprétation des bandes (Figures 28 et 29) obtenues après amplification suggèrent qu'il existerait plus d'un biotype du genre *Orseolia* dans nos échantillons.

Seuls les extraits d'ADN des échantillons n° 22 et 47 obtenus des larves collectées à Ébolowa (Huit échantillons au total, Annexe 7) ont pu être amplifiés (Tableau XXI). Seuls les extraits d'ADN des échantillons de larves collectés dans les bassins de productions rizicoles de Ébolowa et Yaoundé ont pu être amplifiés (Tableau XXI, Figure 30, Annexe 7).

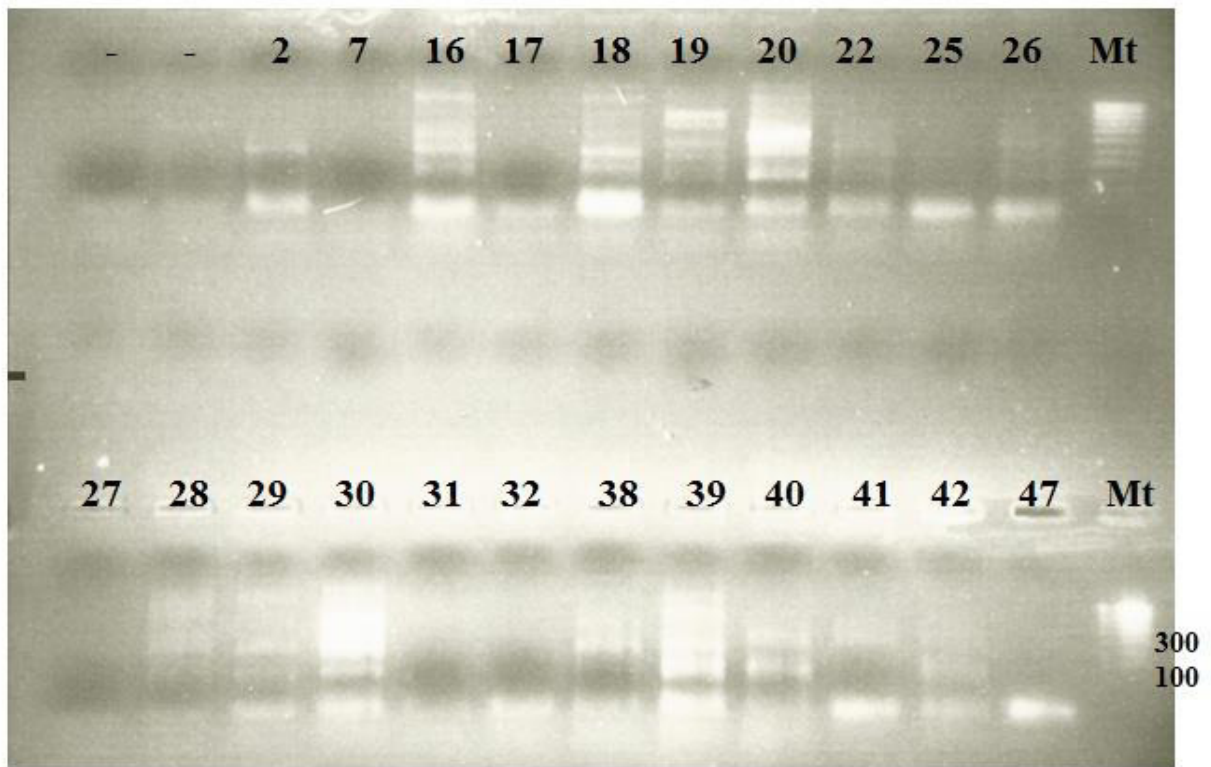


Figure 28: Empreintes génétiques de *Orseolia* sp. (obtenues en utilisant la paire d'amorce SCAR OSSP-5_R OSSP5_F; Mt : Marqueur de taille, - : contrôle négatif.

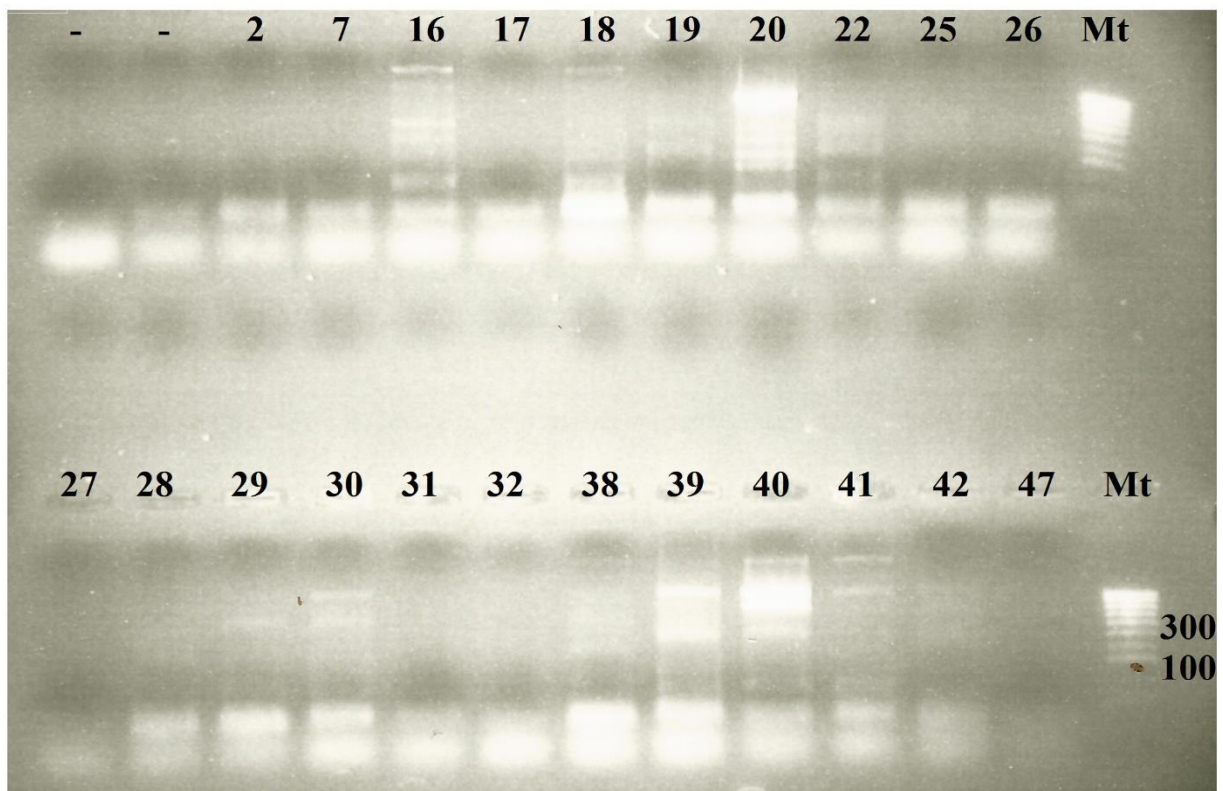


Figure 29: Empreintes génétiques de *Orseolia* sp. (obtenues en utilisant la paire d'amorce SCAR OSSP-1R et OSSP-1F; M : Marqueur de taille, - : contrôle négatif.

Tableau XXI : Échantillons d'ADN des larves ayant amplifié

Numéros des individus	OSSP 1F/R	OSSP 6F/R	OSSP 5F/R	Ville de provenance
2		1	1	Yaoundé
7		1		Yaoundé
16	1	1	1	Yaoundé
17				Yaoundé
18	1		1	Yaoundé
19	1		1	Yaoundé
20	1		1	Yaoundé
22	1		1	Ébolowa
25	1			Yaoundé
26			1	Yaoundé
28		1	1	Yaoundé
29	1	1	1	Yaoundé
30	1	1	1	Yaoundé
31				Yaoundé
38	1		1	Yaoundé
39	1		1	Yaoundé
40	1		1	Yaoundé
41	1		1	Yaoundé
42	1		1	Yaoundé
47		1		Ébolowa

1 : amplification réussie

Ce résultat (Tableau XXI) suggère qu'au Cameroun il existerait plusieurs biotypes de *O. orizyvor* parmi lesquels les extraits d'ADN de deux rencontrés à Ébolowa et le reste, à Yaoundé ont été amplifiés avec trois des six couples d'amorces testés au Nigéria. Sur le site de Ébolowa seuls les extraits d'ADN de deux individus sur huit échantillonnés (Annexe 7) ont pu être amplifiés ; ceci suggère l'existence potentielle de biotypes dont les couples d'amorce spécifique ne figurent pas parmi les six testés. Ce constat est également valable pour les individus collectés dans les sites de Yaoundé, de Santchou et de Ndop.

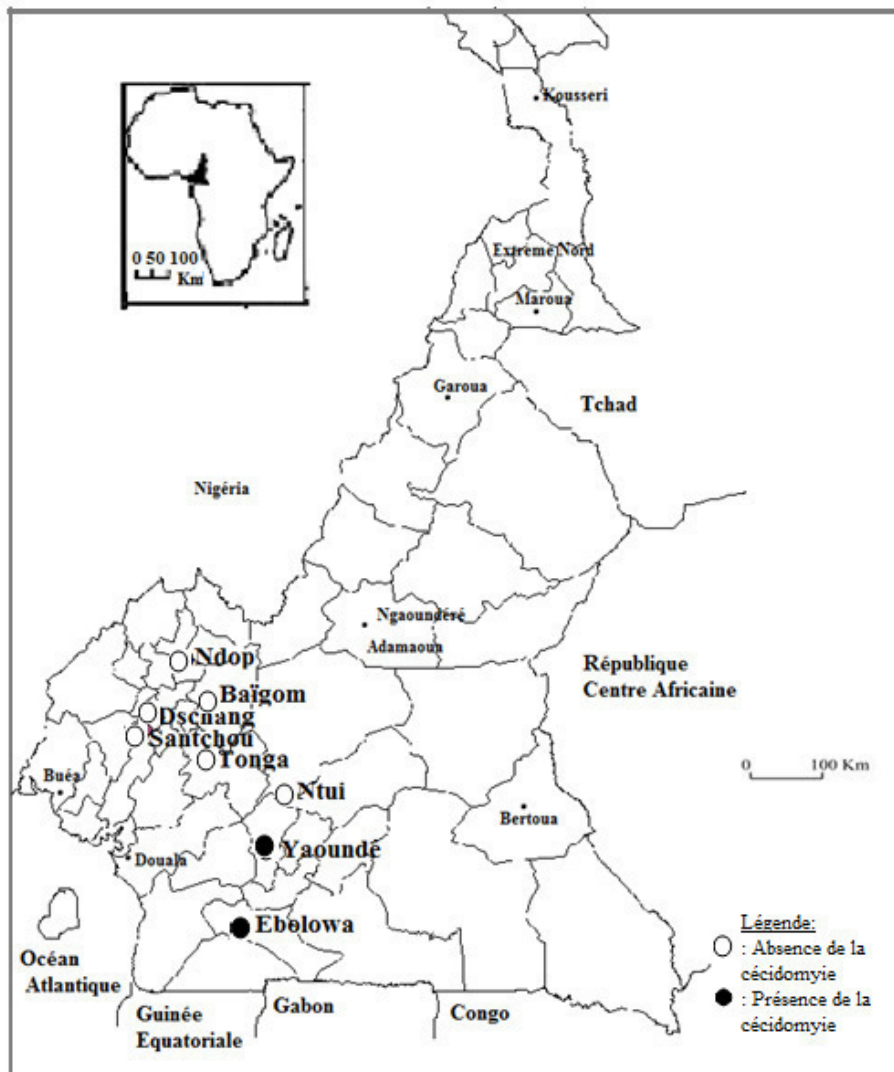


Figure 30 : sites présentant des individus de *Orseolia* sp. au cours de notre étude.

III.1.4- Caractérisation Biochimique des tiges de riz

III.1.4.1- Densités optiques obtenues après dosage des sucres et des polyphénols

Les valeurs moyennes des densités optiques des sucres totaux ont été de $1,95 \pm 0,16$ pour Akitakomachiet de $1,09 \pm 0,31$ pour Fukuhibiki. Ce sont les plus petites valeurs de densité optique pour les sucres totaux. Les valeurs moyennes des densités optiques des sucres totaux sont de $7,88 \pm 1,81$ pour la variété NERICA 3, de $5,07 \pm 0,55$ pour la variété NERICA 13, de $3,59 \pm 0,70$ pour la variété NERICA 8 et de $3,37 \pm 0,41$ pour la variété NERICA 9 (Tableau XXII). Les tiges de NERICA 3 semblent être les plus sucrées. Les tiges des variétés NERICA 9 et 8 ont des valeurs moyennes de densité optique de sucres totaux proches. Les valeurs

moyennes de densités optiques des polyphénols totaux ont été de $257,40 \pm 9,32$ pour Akitachomachi et de $95,43 \pm 5,22$ pour Fukuhibiki (Tableau XXII). Les tiges de la variété Fukuhibiki ont présenté la plus petite valeur moyenne de densité optique pour les polyphénols, contrairement à la variété Akitachomachi dont les tiges contenaient le plus de polyphénols (Tableau XXII). Pour les variétés d'origine africaine, les valeurs moyennes des densités optiques des polyphénols totaux ont été de $174,24 \pm 6,85$ pour la variété NERICA 3, de $199,87 \pm 2,9$ pour la variété NERICA 13, de $169,41 \pm 6,64$ pour la variété NERICA 8 et de $140,88 \pm 3,34$ pour la variété NERICA 9.

Tableau XXII : Valeurs moyennes des densités optiques (DO) des sucres et phénols totaux

Variétés de riz	Sucres totaux (DO) \pm écart type	Phénols totaux (DO) \pm écart type
NERICA 13	$5,07 \pm 0,55$	$199,87 \pm 2,9$
NERICA 9	$3,37 \pm 0,41$	$140,88 \pm 3,34$
NERICA 8	$3,59 \pm 0,70$	$169,41 \pm 6,64$
NERICA 3	$7,88 \pm 1,81$	$174,24 \pm 6,85$
Akitakomachi	$1,95 \pm 0,16$	$257,40 \pm 9,32$
Fukuhibiki	$1,09 \pm 0,31$	$95,43 \pm 5,22$

III.1.4.2- Analyse en Composantes Principales (ACP) des relations entre variétés de riz, sucres totaux, phénols totaux et espèces de ravageurs

La figure 31 montre que les espèces de ravageurs *Diopsis apicalis* et *Orseolia oryzivora* ont été très proches de la variété NERICA 3. Cette dernière serait la plus sensible face aux deux espèces de foreurs. Les variétés Fukuhibiki, Akitakomachi et NERICA 13 sont très éloignées des espèces de ravageurs *Diopsis apicalis*, *O. oryzivora* et *Chilo zacconius*. *Chilo zacconius* est à mi-chemin entre les variétés NERICA 8 et 9. Ces dernières seraient donc celles que préférerait ce ravageur.

Le taux de phénols totaux a été très important dans les tiges des variétés Akitakomachi et NERICA 13. Les espèces de ravageurs ont été très éloignées du taux de phénol total mais proches des variétés NERICA 3 et 8 (Figure 31 A). Les taux de poly phénol élevés

repousseraient les foreurs de tiges. Les variétés Fukuhibiki et NERICA 9 ont eu des valeurs moyennes de densité optique de polyphénols les plus petits. Les polyphénols qui constituent une substance de défense chez la plante, traduiraient la résistance des variétés Akitakomachi et NERICA 13 face aux ravageurs car elles ont eu des taux élevés de polyphénols dans leurs tiges.

La variété NERICA 3 a présenté le plus important taux de sucre dans ses tiges. Elle est donc proche du taux de sucres totaux des tiges de riz et de l'espèce de ravageur *Orseolia* sp. Les variétés d'origine japonaise sont éloignées des espèces de foreurs et ont présenté le plus petit taux de sucres totaux. Le ravageur *Chilo zacconius* est isolé du taux de sucre; il ne serait donc pas attiré par les taux élevés de sucre (Figure 31 A) tandis que l'espèce *Orseolia* sp. préférerait les tiges sucrées.

Les variétés Fukuhibiki, Akitakomachi, NERICA 9 et 13 sont éloignées tant du début de floraison (floraison à 10 %) que des espèces de foreurs de tiges. Les espèces *Orseolia* sp. et *Chilo* sp. sont éloignées du début de floraison (Figure 31 B). L'espèce *Diopsis apicalis* a été très présent en début de floraison au sein des variétés NERICA 3 et 8, ce foreur attaque donc depuis le stade végétatif de la plante tout comme *Orseolia* sp. dont les attaques se manifestent par l'apparition de galles dans les tiges de riz au stade végétatif.

La durée de floraison correspond à la période allant du début de floraison à 10 % jusqu'à la floraison à 90 % (Figure 31). Cette durée de floraison est proche du foreur *Orseolia* sp., des variétés NERICA 3 et 13 (Figure 31 C), ceci pourrait justifier la sensibilité de NERICA 3 à la cécidomyie des galles du riz. Les variétés de riz à floraison longue semblent donc exposées à *O. oryzivora*, contrairement à *D. apicalis* et *C. zacconius* qui sont éloignés de la durée de floraison.

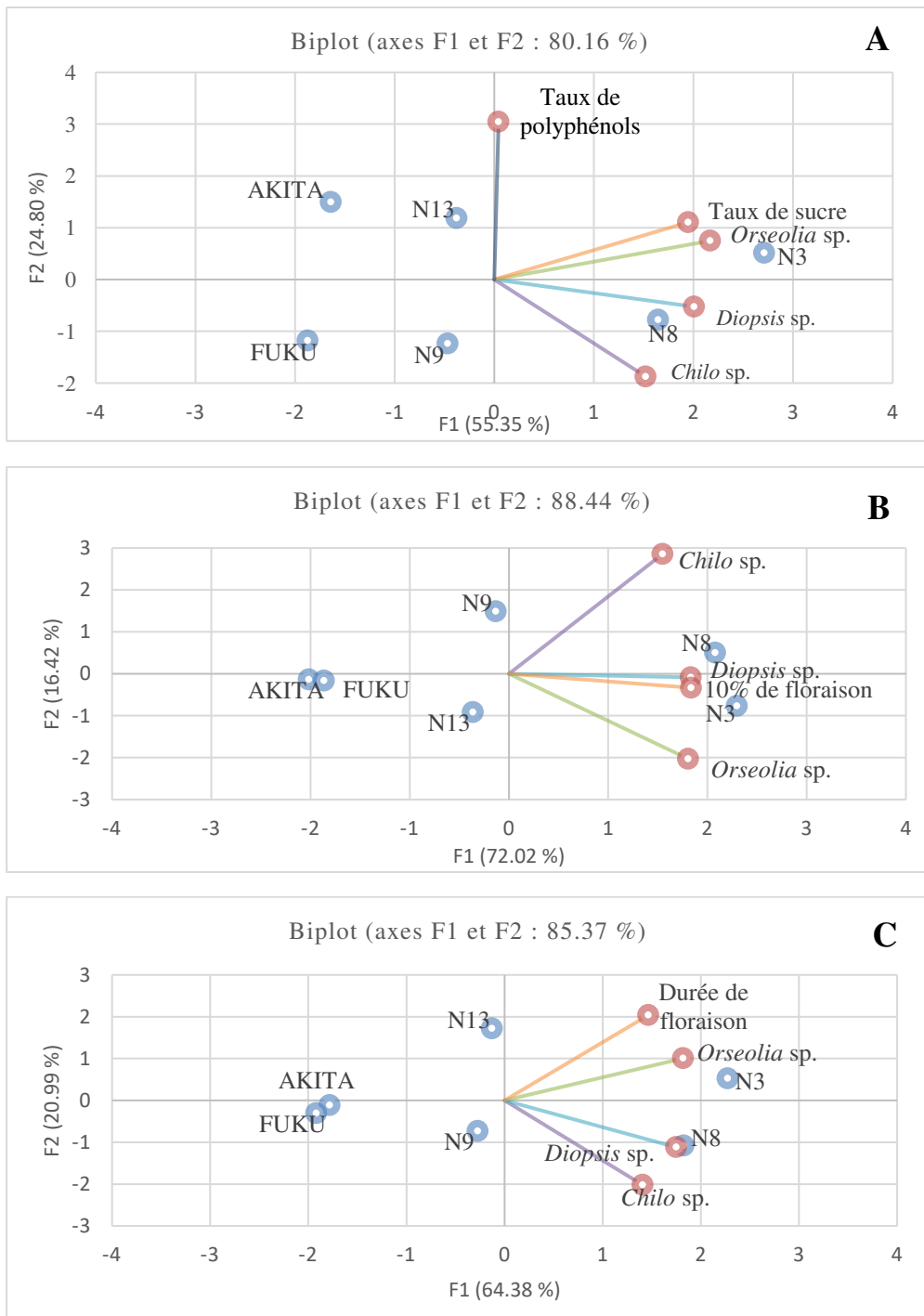


Figure 31 : diagramme montrant les relations entre les variétés de riz, les sucres totaux, les phénols totaux et les espèces de ravageurs.

(A) : relation entre le taux de phénols, le taux de sucres totaux les espèces ravageurs et les variétés de riz, (B) : relation entre le début de floraison, les espèces ravageurs et les variétés de riz, (C) : relation entre la durée de floraison, les espèces de ravageurs et les variétés de riz.

III.1.5-Sensibilité des variétés de riz aux foreurs de tiges

III.1.5.1. Emergence des espèces de foreurs adultes

En associant les panicules blanches desquelles sont sortis les parasitoïdes de *O. oryzivira* à celle endommagées par ce Diptère, *O. oryzivora* est le principal déprédateur de riz, avec un taux d'émergence des adultes des panicules blanches de 63,15% ; il est suivi par *Chilo zacconius* (26,31%) et de *Diopsis* sp. qui a été moins fréquent (10,53%) (Tableau XXIII).

La variété NERICA 3 semble être la plus sensible aux attaques de ces déprédateurs. Ces derniers attaquent la variété NERICA 3 à tous ses stades de développement en fonction des espèces ; le stade végétatif, le stade épiaison et le stade floraison. Les tiges de NERICA3 ont hébergé les larves des trois espèces de foreur (*Diopsis* sp., *Chilo zacconius* et *Orseolia* sp.), c'est aussi le cas de *Diopsis* sp. dans une tige de NERICA 8 (Tableau XXIII). Des adultes de *Platygaster diplosisae*, parasitoïde de *O. oryzivora* ont émergé des larves contenues dans les tiges de NERICA 3, NERICA 8 et NERICA 13 (Annexe 5). Un Hyménoptère Braconidae a également émergé des panicules blanches de la variété NERICA 3.

Tableau XXIII : nombre d'individus par espèce de foreur de tige et par variété de riz ayant émergé des tiges

	Nombre d'adultes ayant émergé des incubations					
	N.13	N.9	N. 8	N.3	Akitachomachi	Fukuhibiki
<i>Chilo zacconius</i>	0	1	2	2	0	0
Platygasteridae	1	0	3	5	0	0
Hyménoptère Braconidae	0	0	0	3	0	0
<i>Diopsis</i> sp.	0	0	1	1	0	0
Nombres de panicules blanches	16	16	33	47	0	0
Taux d'attaques	1,7	1	2,2	2,9	00	00

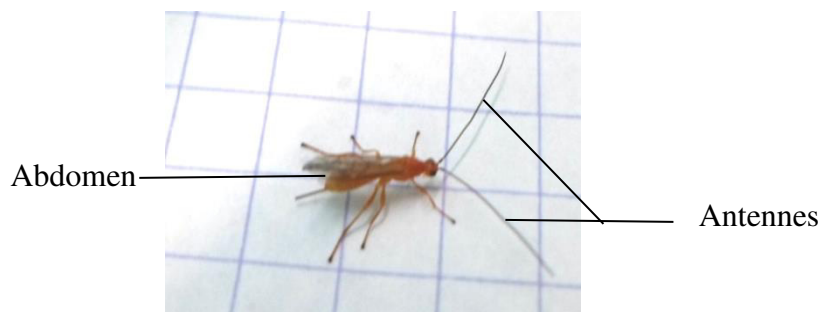


Figure 32 : Hyménoptère Braconidae.

5 mm

III.2-Discussion

III.2.1- Paramètres descriptifs des variétés de riz dans le site de Yaoundé

Les lignées de riz NERICA sont des hybrides issus du croisement entre l'espèce japonaise *Oryza sativa* et l'espèce africaine *Oryza glaberrima*. De même, cette espèce a un tallage abondant, qui assure une couverture rapide du sol et lui permet d'étouffer et d'éliminer les adventices (ADRAO, 2002). En plus de sa capacité à supplanter les adventices, l'espèce *O. glaberrima* dispose d'autres caractéristiques avantageuses énumérées par ADRAO (2002). Concernant les caractéristiques des sols, le riz africain est cultivé sur une large gamme de substrats. La disponibilité en eau est cependant une condition adéquate pour toute riziculture ; mais l'espèce africaine a des prédispositions naturelles à résister à une sécheresse modérée.

Quant à l'espèce asiatique *O. sativa*, elle pousse sur sol sec ou inondé et son intervalle de confort thermique pendant la phase de croissance varie de 20 à 38°C. Des températures nocturnes inférieures à 15°C peuvent entraîner la stérilité de l'épillet. Par contre, des températures supérieures à 21°C lors de la floraison sont nécessaires à l'anthèse et à la pollinisation. En système pluvial, des précipitations d'au moins 750 mm sur une période de 3 à 4 mois sont nécessaires et contrairement à l'espèce africaine, *O. sativa* est vulnérable à la sécheresse (Bezançon & Diallo, 2006). Ceci pourrait expliquer les faibles rendements obtenus comparativement à ceux des variétés hybrides ou encore, l'absence de germination l'année suivante.

En considérant la corrélation positive entre le rendement en grains et le nombre de panicules par m², nos résultats corroborent ceux de Sié *et al.*, 2010.

III.2.2- Sensibilité des variétés de riz, diversité et dynamique des foreurs de tiges

La nature et l'importance des dommages causés par les insectes foreurs des tiges sur les plants de riz varient selon l'âge des plants. Toutes les lignées de riz NERICA sont attaquées par ces insectes, l'importance des dommages et la taille des populations de prédateurs varient en fonction des variétés et du climat. La collecte des données de terrain pour la présente étude s'est déroulée de mars 2014 à août 2015 dans huit sites situés dans trois zones distinctes : trois sites sur les hautes terres de l'Ouest Cameroun, trois sites sur le Plateau Sud-Camerounais et deux sites dans la zone de transition entre la plaine littorale et les hautes terres de l'Ouest-

Cameroun. Les analyses biochimiques et moléculaires ont été réalisées entre janvier et août 2016.

II.2.2.3- Site de Yaoundé

Les travaux ont été effectués à Nkolbisson (03°51'57''N, 011°27'11''E, altitude : 693 m) dans la banlieue Nord-Ouest de Yaoundé (Région du Centre, Cameroun). Le climat est de type subéquatorial de transition chaud et humide, atténué par l'altitude. Ce type de climat, propre à Yaoundé et ses environs, est qualifié de climat Yaoundéen (Suchel, 1987). La température moyenne annuelle est de 23,5°C contrastée entre 16°C et 31°C selon les saisons et la pluviométrie est de 1650 mm d'eau par an (Wéthé, 2001) ; l'hygrométrie relative moyenne annuelle est de 80% et varie dans la journée entre 35% et 98% ; les vents fréquents sont humides et soufflent en direction du Sud-ouest (Suchel, 1972 ; Wéthé, 2001). L'ensemble définit un climat équatorial de transition à pluviométrie bimodale (Wirmvem *et al.*, 2016). La grande saison sèche va de mi-novembre à février, la petite saison des pluies (de mars à juin), la petite saison sèche (de juillet à août) et la grande saison des pluies (de septembre à mi-novembre) (Figure 14).

Les dégâts observés (panicule blanche) sont le résultat du prélèvement de la ressource alimentaire par les larves de Diptères et de Lépidoptères à l'intérieur de la tige (Stoll, 2002).

Les variétés d'origine japonaise Akitakomachi et Fukihibiki n'ont présenté ni de cœur mort, ni de panicules blanches. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'elles ont un taux de sucre bas et en plus de cela, elles ont un cycle de développement court et arrivent à maturité en moyenne deux mois après les semis. De plus, les espèces de foreurs de tiges spécifiques aux variétés d'origine japonaise ne seraient pas présentes dans le site d'étude. Des tiges de la variété NERICA 13 ont émergé *Platygaster diplosisae* et des tiges de la variété NERICA 9 ont émergé *Chilo zacconius*. La lignée NERICA 13 serait résistante en raison du taux relativement élevé de polyphénols dans les tiges ; Quant à la lignée NERICA 3, elle a fleuri tardivement comparée aux autres variétés de riz testées. Puis arrivent les variétés NERICA 13, NERICA 8, NERICA 9, Fukuhibiki et Akitakomachi. Les variétés à cycle long sont donc exposées plus longtemps aux attaques de foreurs au cours de leur cycle de développement et de ce fait devraient présenter des taux d'attaques plus importants. La valeur des sucres totaux est plus élevée au sein de la variété NERICA 3 qui a présenté le plus grand nombre de panicules blanches. La durée du cycle de développement d'une part et cette richesse en sucres totaux d'autre part

pourraient expliquer cette forte sensibilité. Toutefois, les observations faites dans le site de Ébolowa ne nous permettent pas de parler d'une certaine résistance au sein des variétés concernées par notre étude. D'autant plus qu'aucune variété susceptible d'être attaquée par *Orseolia oryzivora*, n'a présenté une résistance totale à la cécidomyie.

Le taux de phénols totaux le plus élevé a été obtenu dans les tiges des plantes de la variété Akitakomachi et celle-ci n'a pas présentée de panicules avortées ce serait l'une des raisons pour lesquelles elle serait résistante face aux insectes foreurs.

Les résultats obtenus sont contraires à ceux de Ovono *et al.* (2014) qui, au Gabon, attestaient que 100% de panicules blanches observées, étaient dus aux larves de Lépidoptères foreuses de tiges et que les Diptères foreurs de tiges ne s'attaquaient aux plants de riz NERICA que durant la phase végétative ; de plus, il en ressortait que les attaques des Lépidoptères foreurs des tiges s'étaient étendues sur toutes les phases de croissance du riz. Cependant, ici, des panicules blanches récoltées ont émergé aussi bien les Diptères foreurs comme des parasitoïdes de *O. oryzivora* et *D. apicalis* que des Lépidoptères foreurs à savoir *Chilo zacconius*. De plus, ils conclurent que les Lépidoptères foreurs des tiges étaient les principaux responsables des dégâts (cœurs morts et panicules blanches) observés sur les variétés de types NERICA cultivées à Franceville (Ovono *et al.*, 2014). Cette affirmation rejoint celle de Brink & Belay (2006) mais est contraire à nos résultats car ici, la cécidomyie du riz semble être prépondérante. Toutefois une étude plus poussée permettrait de savoir si ceci ne serait pas lié à la pluviométrie car d'après Dakouo *et al.* (2004) les Lépidoptères foreurs seraient plus abondants pendant la deuxième campagne qui s'étale sur les mois d'août à décembre avec une petite saison de pluies qui va d'août à octobre tandis que les Diptères foreurs seraient plus abondants pendant la première campagne qui s'étale sur les mois de mars à juillet. Selon Dakouo *et al.* (2004) toujours, *O. sativa* demeure la plante hôte de prédilection de *O. oryzivora* (ce qui rejoint nos résultats) avec plus de 15 % de galles enregistrées en saison humide. Les auteurs ajoutent que les dégâts de *O. oryzivora* seraient négligeables en saison sèche (Dakouo *et al.*, 2004). La conséquence spécifique des attaques des larves de Lépidoptères foreurs de tiges au stade reproductif (panicules blanches) est une perte de récolte en poids sans réduction notable du nombre de panicules (Polaszek & Delvare, 2000). Plusieurs larves de Lépidoptères ont été retrouvées dans la même tige de riz. Alors que certains auteurs (Brink & Belay, 2006 ;

Heinrichs & Barrion, 2004) ont rapporté un rassemblement des larves de Diptères dans la même tige, durant nos travaux, cela n'a pas été observé.

Le taux de mortalité larvaire a été très élevé. L'étude de la diversité spécifique des foreurs a donc été limitée. De nombreux auteurs (Appert & Deuse 1988 ; Olalekan, 2002) ; ont rapporté que le stade tallage est favorable à la multiplication des mouches à pédoncules toutefois, des cœurs morts récoltés n'a émergé aucune espèce d'insecte. Les repousses aussi semblent procurer les mêmes avantages que le riz au tallage; elles conserveraient leur tendresse jusqu'à l'épiaison. C'est pourquoi les populations de Diopsidés s'y installent, se multiplient et se sédentarisent en causant aussi bien des cœurs morts que les panicules blanches, Bijlmakers & Verhoek (1995) avaient aussi observé cela.

Nos résultats corroborent ceux de Vijaykumar *et al.* (2009) qui affirment que la quantité de sucre est inversement corrélée à la résistance aux foreurs de tiges pour les différentes variétés de riz ; ainsi, un taux élevé de sucre augmente la sensibilité de la plante face aux foreurs de tiges. A titre d'exemple, la lignée NERICA 3 qui a eu le plus fort taux de sucre est la plus sensible. Par contre, les variétés d'origine japonaise Akitakomachi et Fukuhubiki qui ont présenté des taux élevés de polyphénols, se sont révélées être les plus résistantes aux espèces foreurs de tiges de riz. Ceci confirme les données de Vijaykumar *et al.* (2009) selon lesquelles ces composés interviendraient dans la détermination de la résistance intrinsèque des plantes aux foreurs de tiges.

Aucune relation n'a été établie entre la sensibilité des différentes variétés de riz aux espèces de foreurs de tiges et les caractères agronomiques étudiées. Par exemple, la variété NERICA 13 n'est pas la plus sensible alors qu'elle présentait le plus grand nombre de grains par panicule et la hauteur de ses plants était la plus importante. Les auteurs avaient conclu qu'il n'y avait pas de relation entre la sensibilité des variétés de riz aux foreurs et les caractéristiques agromorphologiques des variétés de riz. Cependant, certains travaux réalisés au Bénin, suggèrent un lien entre les caractères agro-morphologiques (diamètre de la tige, longueur et largeur des feuilles, etc...) de certaines variétés de riz et leur sensibilité aux foreurs de tiges (Abou Togola, Comm. Pers).

III.2.3- Comparaison des résultats obtenus dans les sites de Ntui et de Yaoundé

III.2.3.1- Les foreurs de tiges

Les dommages causés par les foreurs de tiges se traduisent d'une part par l'apparition des cœurs morts et des tubes d'oignons au stade végétatif de la plante et d'autre part par l'apparition de panicules blanches au stade floraison. Les taux d'attaque observés à Ntui sont très faibles et les attaques n'ont été observées qu'à la fin de la floraison. Aucun tube d'oignon, encore moins de cœur mort, n'y ont été observés durant le stade végétatif. Cela pourrait être dû au climat ou au fait que la culture du riz n'a pas été pratiquée dans cette ville depuis quelques dizaines d'années. Certaines panicules blanches sont apparues dans les parcelles au stade de floraison. Les niveaux de dégâts observés dans les sites de Yaoundé et de Ntui sont relativement faibles. Ceci pourrait être expliqué par le fait que l'expansion rapide de *Orseolia* sp. à travers le continent africain serait en relation avec l'intensification de la culture du riz (Ukwungwu & Joshi, 1992). De plus, Ogah *et al.* (2009) avaient rapporté que l'augmentation des taux d'infestation due à l'espèce *O. oryzivora* et la faible quantité du riz domestiqué seraient attribuées à l'intensification de la production et de la consommation du riz en Afrique. Ce résultat confirmerait également la forte capacité d'adaptation de *O. glaberrima* aux conditions environnementales du continent africain (Sarla & Swamy, 2005) ; les lignées de NERICA cultivées sont en effet peu sensibles aux attaques des foreurs de tiges. Ces résultats démontreraient la performance des variétés de type NERICA contre les insectes (ADRAO, 1992; Akintayo *et al.*, 2008).

III.2.3.2- Performances des différentes variétés de riz

Les différences dans les paramètres de performance entre les deux sites ne sont pas significatives pour la hauteur des plantes et la longueur des panicules ($P > 0,05$: Annexe 6); bien que de légères différences aient été observées dans les paramètres physico-chimiques des échantillons de sol provenant des deux sites. D'après nos résultats, la sensibilité d'une variété de riz aux foreurs de tiges ne serait pas liée à sa performance agronomique. A Ntui, NERICA 8 et 9 ont été les variétés les plus sensibles avec neuf panicules blanches observées à la neuvième semaine après les semis. A Yaoundé, la variété NERICA 9 qui a été semée dans le quadra occupé par NERICA 3 l'année précédente, semble être la plus attaquée par les foreurs de tiges. Cela pourrait être lié au climat ou à la conception de la parcelle expérimentale qui a été modifiée. Toutefois, NERICA 3 apparaît plus sensible aux foreurs de tiges car, durant les

collectes de larves dans différents sites, elle était non seulement la variété la plus fréquente dans les champs, mais aussi la variété la plus attaquée.

III.2.3.3- Rapport entre les paramètres de rendement, les attaques de foreurs de tiges et la composition physicochimique du sol

Des études récentes ont montré l'importance du Potassium dans la productivité des différentes variétés de riz (Quampah *et al.*, 2011, Dong *et al.*, 2011). Ces auteurs ont suggéré l'enrichissement du milieu en potassium comme un moyen d'amélioration des rendements dans les agrosystèmes rizicoles. Cet enrichissement pourrait en outre réduire l'apport en pesticides en raison d'occurrence négligeable de parasites, réduire les pertes de rendement et enfin, augmenter les revenus des agriculteurs pour un développement durable de la riziculture. Par contre, l'incidence de la cécidomyie augmente avec l'augmentation des niveaux de fertilisation azotée (Ogah *et al.*, 2005). Ces derniers ont en outre montré que les taux d'attaques de foreurs de tiges étaient positivement corrélés à l'humidité du sol d'une part et à sa teneur en Azote d'autre part. Au cours de la présente étude, un seul itinéraire technique a été appliqué pour les différents essais. Mais des différences ont été observées sur le taux d'humidité (Tableau XIX) et sur la teneur en azote entre les deux sites d'étude. Ogah *et al.* (2005) ont démontré que la densité des plants de riz en champs est positivement corrélée aux taux d'attaques de foreurs de tiges. Les foreurs de tiges se concentrent là où la ressource alimentaire est plus abondante. Bux *et al.* (2013) travaillant sur le phénomène de résistance des plantes de riz aux foreurs de tige, ont suggéré que la tolérance serait liée à une gamme considérable de caractères phénotypiques et / ou génotypiques. Cependant, la variation du niveau de résistance d'une année à l'autre ou d'une saison à l'autre suggère l'influence de facteurs environnementaux (Ogah *et al.*, 2012 ; Bux *et al.*, 2013). Shafiq *et al.* (2000); Khan *et al.* (2005) ; Suharto et Usyati (2005) ont rapporté que les génotypes de riz varient avec le degré de résistance aux foreurs, les taux d'infestation et le rendement des variétés.

Concernant les facteurs climatiques, des précipitations intenses pourraient induire une augmentation des populations de foreurs. Ainsi, au cours de la présente étude, la pluviométrie du site de Yaoundé étant plus élevée que celle du site de Ntui (Annexe 3); l'incidence de la cécidomyie a été plus élevée à Yaoundé qu'à Ntui. Hidaka & Peries (1978) ont signalé des conditions similaires existant dans la plaine centrale de la Thaïlande et liées à l'abondance de cécidomyie.

III.2.3.4- Espèces parasitoïdes identifiées

Le rôle de *Platygaster diplosisae* (Hymenoptera, Diplosidae) comme agent biologique de régulation de la population de *Orseolia oryzivora* (Diptera, Cecidomyidae) a été rapporté par plusieurs auteurs (Bâ, 2003, Williams *et al.*, 1999). De par sa dominance numérique dans les exploitations de riz, *P. diplosisae* apparaît comme un candidat potentiel dans la lutte biologique contre *O. oryzivora* (Ukwungwu & Misari, 1997). Au Nigeria, Umeh & Joshi (1993) ont signalé que la baisse de la densité de tube d'oignons observée malgré une augmentation de la taille de population de *O. oryzivora* pourrait être attribuée au rôle du parasitoïde. Leurs résultats ont démontré un effet synergique de la sélection variétale de riz et les ennemis naturels dans la gestion de la cécidomyie. *Platygaster diplosisae* était le parasitoïde dominant de *Orseolia* sp. dans le site de Ogidiga au Nigéria. Cette dominance a été démontrée par différents auteurs sur des sites variés (Umeh & Joshi, 1993 ; Nacro, 1994 ; Harris *et al.*, 1999). La présente étude confirme cette tendance sur le site de Yaoundé.

Aprostocetus procerae est cité comme le deuxième parasitoïde le plus important de la cécidomyie africaine du riz (Ogah & Nwilene, 2014). Ce parasitoïde a été identifié lors des élevages de larves contenues dans les tiges de NERICA 3 échantillonnées dans les bassins de production rizicole de Santchou et Yaoundé.

Une troisième espèce d'Hyménoptères, de la famille des Braconidae a émergé des panicules blanches échantillonnées à Yaoundé ; cette espèce n'a pas été identifiée.

III.2.4. Identification moléculaire des espèces de *Orseolia* sp.

Nwilene *et al.* (2006) au Nigéria ont identifié six couples d'amorces OSSP spécifiques à *Orseolia* sp. parmi soixante autres testés. Après amplification et migration sur gel d'Agarose des extraits d'ADN des larves collectées dans différents bassins rizicoles du Cameroun, l'observation des bandes, nous a révélé la présence d'amplicons de poids moléculaires différents. Ce résultat suggère qu'il existerait plus d'un biotype de *Orseolia* sp. au Cameroun. De plus, les extraits d'ADN des échantillons de larves amplifiées apparaissent génétiquement proches de ceux des espèces décrites au Nigéria (Nwilene *et al.*, 2006 ; Nwilene *et al.*, 2010). Les extraits d'ADN de certains individus, présentant des caractéristiques morphologiques des larves de *Orseolia* spp., n'ont pas pu être amplifié par la technique de la PCR. Ceci pourrait être dû soit à la faible sensibilité des amorces, ou au fait qu'il s'agirait d'une autre espèce du genre *Orseolia*, dont les amorces ne pouvaient s'hybrider sur les séquences d'ADN ;

notamment dans le site de Ébolowa où *O. oryzivora* d'après nos observations, aurait le statut de ravageur majeur *sensus* Navarajan (2007). D'après nos observations, si la culture du riz s'intensifiait dans les sites de Santchou, Ebolowa et Yaoundé, ces sites pourraient alors devenir endémiques à la cécidomyie.

Nos résultats confirment l'existence de différences entre les biotypes de *Orseolia* sur le plan moléculaire. Ces biotypes ont été négligées jusqu'aux travaux de Gagné (1985) qui évoqua l'existence de différences morphologiques minimales au sein de l'espèce. A ce jour, trois biotypes de *Orseolia* ont été formellement décrites en Afrique: *Orseolia oryzivora*, *Orseolia bonzii*, *Orseolia nwanzei* (Nwilene *et al.*, 2006, 2010). La présente étude suggère l'existence probable de divers autres biotypes à caractériser. Selon Gagné (1985) le genre *Orseolia* est probablement moins riche en espèces en Afrique que dans la région orientale, où 24 espèces ont été décrites (Gagné, 2004) sur des plantes de la famille des Poaceae. Ceux-ci comprennent *Orseolia eragrostisae* (Mani), qui induit des galles sur *Eragrostis tenella* (L.) P. Beauv.

Gagné (1985), dans la révision des espèces asiatiques de *Orseolia*, avait signalé que l'espèce africaine était anatomiquement indiscernable de la cécidomyie du riz asiatique, *Orseolia oryzae* Wood-Mason. Cependant, elle se distingue nettement de *Orseolia nwanzei* par l'absence d'antennes bifides au stade de puppe. D'après les travaux de Nwilene *et al.* (2006), l'existence de variations génétiques parmi les trois biotypes de *Orseolia*, telle que révélée par la technique de RAPD et d'analyse SCAR, fournit un outil efficace de discrimination qui pourrait être utilisé pour compléter les caractères morphologiques afin de séparer les différents biotypes présents en Afrique (Maruthi *et al.*, 2007 ; Lu & Adang, 1996 ; Kakouli-Duarte *et al.*, 2001, Armstrong *et al.*, 1997 ; Behurra *et al.*, 1999).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

CONCLUSION

L'objectif global de ce travail était de rechercher les voies et moyens pour l'amélioration des stratégies de gestion des ravageurs dans les agrosystèmes rizicoles dans le Sud Cameroun.

Les inventaires réalisés dans les champs des producteurs locaux et dans des jardins de piègeages, suivis des incubations des tiges infestées (panicules blanches) a révélé la présence de trois espèces d'insectes foreurs de tiges (*Chilozacconius*, *Diopsisapicalis* et *Orseolia* spp.). En outre, deux espèces parasitoïdes ont émergé des tiges parasitées par les larves de *Orseolia* spp. : il s'agit des micro-hyménoptères: *Platygaster diplosisae* Risbec, 1956 (Hymenoptera, Platygasteridae) à Yaoundé, et *Aprostocetus procerae* Risbec, 1956 (Hymenoptera, Eulophidae) à Santchou.

Les Diptères *Orseolia* spp. et *Diopsis* sp. attaquent les plantes de riz durant tout le cycle de développement (du stade végétatif au stade floraison). L'espèce *Chilozacconius* n'est présente qu'au stade de floraison. Plusieurs larves de Lépidoptères peuvent se retrouver dans la même tige de riz. Alors que certains auteurs ont rapporté un rassemblement des larves de Diptères dans la même tige, durant nos travaux, cela n'a pas été observé. Toutefois, les insectes Diptères ont été présents durant tout le cycle de développement du riz.

La variété de riz NERICA 3 a été la plus sensible à *Orseolia* sp. Ce dernier a été prépondérant parmi les espèces déprédatrices. La mise en place d'une parcelle contenant les variétés d'origine japonaise « Akitachomachi » et « Fukuhibiki » a révélé que *Orseolia oryzae* qui fore les tiges de riz en Asie n'est pas présente dans le site d'étude. Mis à part les variétés d'origine japonaises, aucune variété n'a été totalement résistante à la cécidomyie. Le dosage des polyphénols totaux et des sucres totaux nous a montré que le taux de poly phénol totaux pourrait justifier la résistance d'une variété de riz aux foreurs de tiges tandis que le taux de sucres totaux justifierait la sensibilité de certaines variétés aux foreurs de tiges notamment l'espèce *Orseolia* sp. Les données sur le rendement et les paramètres agro morphologiques des variétés de riz ne justifient ni la résistance ni la sensibilité des variétés de riz.

Des descentes effectuées dans les bassins rizicoles de Tonga et Baïgom ne nous ont pas permis de collecter des larves de foreurs (absence de panicules blanches, de cœurs morts et de galles). Ceci serait dû au climat qui règne dans ces villes. Les résultats obtenus après la réaction de PCR suggèrent qu'il existerait plus d'une espèce de *Orseolia* sp. dans le Sud du Cameroun.

Les données relevées sur les paramètres de rendement dans les sites de Ntui et de Yaoundé n'ont révélé aucune différence significative. Dans le site de Ntui, aucune attaque n'a été observée au stade végétatif. Au stade de floraison, bien que les ravages aient été très faibles dans les deux sites (Yaoundé et Ntui), très peu de dégâts ont été observés. L'analyse des paramètres physico chimiques des échantillons de sols prélevés dans les deux sites d'étude met en évidence le rôle que pourrait jouer les taux d'humidité, de potassium et d'azote dans la sensibilité des variétés de riz aux foreurs de tiges. Bien que les variétés NERICA aient été faiblement attaquées, aucune variété NERICA concernée par l'étude, ne possède une résistance complète aux foreurs de tiges. Les variétés locales, variété Tonga cultivée dans la ville qui porte le même nom et Tox 45 cultivée à Ndop ont également été sensibles aux attaques de foreurs de tiges bien que ces attaques soient négligeables.

PERSPECTIVES

Si nos travaux apportent d'une part des renseignements complémentaires dans la connaissance des foreurs de tiges du riz dans le Sud Cameroun, il n'en demeure pas moins que ce mémoire ne constitue qu'une petite étape dans cet axe de la recherche. Dans nos travaux à venir, nous nous proposons de:

- ❖ poursuivre les études sur la diversité des espèces foreurs de tiges dans le Sud et d'autre région du Cameroun;
- ❖ continuer les études sur le criblage de la résistance des variétés de riz aux insectes foreurs en recherchant des gènes éventuels qui contrôleraient la résistance du côté de la plante;
- ❖ effectuer l'élevage des larves *in vitro* dans l'objectif de réduire la mortalité larvaire;
- ❖ étudier l'influence des distances de semis et des dates de semis sur les niveaux d'attaques des espèces foreurs de tiges du riz;
- ❖ évaluer l'influence des dosages d'engrais chimique sur les niveaux d'attaques des espèces foreurs de tiges du riz ;
- ❖ étendre notre étude sur d'autres variétés de riz et dans d'autres régions du Cameroun.

BIBLIOGRAPHIE

- ADRAO (1986).** *Amélioration variétale du riz dans la Vallée du Fleuve Sénégal*. Rapport d'activité 1976 – 1986, Cotonou, Benin 106 p.
- ADRAO (1993).** *Association pour le développement de la riziculture en Afrique de l'Ouest*. Rapport annuel pour l'année 1992. Bouaké, Côte d'Ivoire, 68 p.
- ADRAO (1995).** *Formation en production rizicole. Manuel du formateur*. Sayce Publishing, Royaume Uni, 305 p.
- ADRAO (2000).** *Une petite mouche à gros problèmes : la cécidomyie africaine des galles du riz*. Points saillants des activités, ADRAO, Bouaké, Côte d'Ivoire pp 20-26.
- ADRAO (2002).** *NERICA : le riz, source de vie*. Article d'information, Bouaké, ADRAO, 8 p.
- ADRAO (2003).** *NERICA en plein essor, Cotonou, Bénin*. Article d'information, Centre du riz pour l'Afrique, BP 2031, Cotonou, Bénin, 6 p.
- ADRAO. (2005).** *Centre du riz pour l'Afrique en un clin d'œil, Cotonou, Bénin*. Article d'information, BP 2031 Cotonou, Bénin 4p.
- Agnoun Y., Biaou S. S. H., Sié M., Vodouhè R. S., Ahanchédé A. (2012).** The African cice *Oryza glaberrima* Steud: knowledge, distribution and prospects. *International Journal of Biology* 4 (3): 158-180.
- Akintayo, I., Cisse B., Zadji L. D. (2008).** *Guide Pratique de la Culture des NERICA de Plateau*. Africa Rice Center, Cotonou, Benin, 36 p.
- Alvarez N., Hossaert-McKey M., Rasplus J. Y., McKey D., Mercier L., Soldatt L., Aebi A., Shani T., Benrey B. (2005).** Sibling species of bean bruchids: a morphological and phylogenetic study of *Acanthoscelides obtectus* Say and *Acanthoscelides obvelatus* Bridwell. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 43: 29-37.
- Amiet J.-L. (2012).** Le Cameroun: «toute l'Afrique en un seul pays». In Amiet J.-L. (ed.) *Les rainettes du Cameroun (Amphibiens Anoures)*. J.-L. Amiet & La Nef des Livres, Nyons. Pp.19-25.
- Appert J., Deuse, J. (1988).** *Le technicien d'agriculture tropicale: Insectes nuisibles aux cultures vivrières et maraîchères*. 2^{ème} ed. Maisonneuve et Larose / A.C.C.T. Paris 420 p.
- Arber W., Linn S. (1969).** DNA modification and restriction. *Annual Review of Biochemistry*, 38, 467-500.

- Armstrong K.F., Cameron C. M., Frampton E. R. (1997).** Fruit fly (Diptera: Tephritidae) species identification a rapid molecular diagnostic technique for quarantine application. *Bulletin of Entomological Research*, 87:111-118.
- Arraudeau (1998).** *Le technicien de l'agriculture tropicale : Le riz irrigué*. Maisonneuve et Larose / ACCT. Paris, 164 p.
- Bâ N.M. (2003).** *Annual cycle of the African rice gall midge, Orseolia oryzivora Harris and Gagné (Diptera: Cecidomyiidae) in relation with its plants hosts, its parasitoids and certain cultural practices in the Southwest of the Burkina Faso*. Doctoral thesis, University of Ouagadougou, Ouagadougou, Burkina Faso, 101 p.
- Baliraine F. N., Bonizzoni M., Guglielmino C. R., Osir S. E., Lux A., Mulaa F. J., Gomulski L. M., Zheng L., Quilici S., Gasperi G., Malacrida A. R. (2004).** Population genetics of the potentially invasive African fruit fly species, *Ceratitis rosa* and *Ceratitis fasciventris* (Diptera: Tephritidae). *Molecular Ecology*, 13, 683-685.
- Barry M. B., Pham J., Noyer A. J. L., Billot A. C., Courtois A. B., Ahmad A. N. (2007).** Genetic diversity of the two cultivated rice species (*Oryza sativa* and *O. glaberrima*) in maritime Guinea. Evidence of interspecific recombination. *Euphytica* 154, 127-137.
- Behurra S. K., Sahu S. C., Rajamani S., Devi A., Mago R., Nair S., Mohan M. (1999).** Differentiation of Asian rice gall midge *Orseolia oryzae* Wood-Mason biotypes by sequence characterized amplified regions (SCARs). *Insect Molecular Biology*, 8: 391-397.
- Betelli L. (2013).** *Développement et évaluation d'une méthode fondée sur la PCR temps réel pour la caractérisation des bioaérosols : application au groupe des actinomycètes*. Thèse de Doctorat en Sciences agricoles, Université de Bourgogne, 207 p.
- Bezançon G., Diallo S. (2006).** *Oryza glaberrima* Steud. Fiche de PROTA base. In Brink M., Belay G. (éds). PROTA. *Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale*, Wageningen, Pays Bas.
- Biandoun M.M., Guibert H., Olina J.P. (2002).** Caractérisation du climat dans quatre terroirs de la zone soudano-sahélienne au Nord-Cameroun et conséquences pour l'agriculture. 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, 27-31 mai 2002. Garoua, Cameroun. Prasac, N'Djamena, Tchad, Cirad, Montpellier, France.*
- Bijlmakers H.W.L., Verhoek B.A. (1995).** *Guide de défense des cultures au Tchad. Cultures vivrières et maraîchères* Projet FAO/PNUD-CHD/88/001, 414 p.
- Bland R., Jaques H. (1978).** *How to know the insects.* 3rd edition. BWm. C. Brown Company Publishers, 409 pp.
- Bleszynski S. (1970).** A revision of the world species of *C. zacconius*. *Bulletin of British Museum Entomology*, 25(4):101-195.
- Borror D. J., Triplehorn C. A. & Johnson N. F. (1989).** *An introduction to the study of Insects.* 6th edition. Saunders College Publishers New York, 875 p.
- Bouchard D., Ouedraogo A., Boivin G., Amadou K. (1992).** Mass rearing and life cycle of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris & Gagnier., in Burkina Faso. *Tropical Pest Management* 38(4): 450-452 .
- Brenière J. (1983).** *Principaux ennemis du riz en Afrique de l'Ouest et leur contrôle.* 2nd édition. ADRAO, Monrovia, Liberia, 87 p.
- Brink M. & Belay G. (2006).** *Ressources Végétales de l'Afrique Tropicale 1 Céréales et Légumes Secs.* Fondation PROTA, Backhuys Publishers Wageningen, Pays-Bas.
- Bux M., Khan M. H., Ahmad N., Tofique M., Ismail M. (2013).** Field comparison of different rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for their resistance against rice stem borers (pyralidae: Lepidoptera) *Pakistan Journal of Agriculture., Agricultural Engeniering and, Veterinairy Sciences*, 29 (2): 137-145.
- CABI (2013).** *Distribution maps of pests. Series A (Agricultural), Orseolia oryzivora* Harris & Gagné. CAB International, Wallingford, UK.
- CIRAD-GRET. (2002).** *Memento de l'agronome.* Ministère des affaires étrangères, Paris, 1690p.
- Courtois B. (2007).** *Une brève histoire du riz et de son amélioration génétique.* Cirad, France, 13p.

- Dakouo D., Nacro S., Sié M. (1988).** Evolution saisonnière des infestations de la cécidomyie du riz, *Orseolia oryzivora* Harris et Gagné (Diptera, Cecidomyiidae) dans le sud-ouest du Burkina Faso. *Insect Science and its Application* 9: 469–473.
- Dakouo D., BA N. M., Nacro S., Ouedraogo P. A., 2004.** Variation saisonnière des populations pré-imaginales de la cécidomyie africaine du riz, *Orseoliaoryzivora* et de ses dégâts en fonction des plantes hôtes dans le sud-ouest du Burkina Faso. *International Journal of Tropical Insect Science*, 24 (2): 177 - 183 (7).
- David F.,Urlotte T. (2002).**« An Isothermal Amplification Méthodes ». *Compte-Rendu de l'Académie des Sciences* 321 :909-914.
- Diarra A. (1992).** Les ennemis du riz dans le sahel. Communication présentée au deuxième séminaire de la lutte intégrée contre les ennemis des cultures vivrières dans le sahel. *Institut du sahel*, Bamako, Mali.
- Diarra A. S. (2014).** *Étude comparative de la PCR classique et de la PCR en temps réel dans le diagnostic des méningites dues à Neisseria meningitidis, Streptococcus pneumoniae et Haemophilus influenzae type b.* Thèse de Doctorat, Université des Sciences, des Techniques et des Technologies de Bamako, 102 p.
- Djiba S., Coly J.P. (2007).** *Guide de production de riz en Casamance.* Document interne ISRA, Dakar 37 p.
- Dong H., Xiangqiang K., Li W., Wei T., Dongmei Z. (2011).** Effects of plant density and nitrogen and potassium fertilization on cotton yield and uptake of major nutrients in two fields with varying fertility. *Field Crops Research*, 119: 106-113.
- Dubois M., Gilles K., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. (1965).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Annals of Chemistry*, 28: 350-356.
- Edward U., Muller A., Hammerschmidts S., Gerardy Schahn R.,Frosch M. (1994).** Molecular analysis of the biosynthesis pathway of the alpha-2, 8 polysialic acid capsule by *Neisseria meningitidis* serogroup B. *Molecular Microbiology*; 14:141-149.
- Elyse P., Alain H. (2002).** « La PCR en temps réel: Principe et application ». *Review in Biology and Biotechnology* (Canada); 2: 2-11.

- Ettore C., Karpouzas D. (2008).** *Pesticide risk assessment in rice paddies: Theory and Practice*. Oxford, United Kingdom Elsevier Science & Technology 266 p.
- Feijen H. R., Schulten G. G. M. (1983).** Notes on the African rice gall midge *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné (Diptera: Cecidomyiidae), with a redescription of its parasitoid *Tetrastichuspachydiplosisae* Risbec (Hymenoptera, Eulophidae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*, 96: 509-520.
- Funel J.-M. & Laucoin G. (1980).** *Politiques d'aménagement hydro-agricole*: Presses Universitaires de Fran. Paris (France). *Techniques Vivantes* 212 p.
- Gagné R. J. (1985).** A taxonomic revision of the Asian rice gall midge, *Orseolia oryzae* (Wood-Mason), (Diptera: Cecidomyiidae) and its relatives. *Entomography* 3: 127–162.
- Gagné R. J. (2004).** A catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world. *Memoires of the Entomological Society of Washington* 25, 1–408.
- Goufo P. (2008).** Rice production in Cameroon: a review. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 4(6): 745-756.
- Harris K. M., Gagné R. J. (1982).** Description of African gall rice midge, *Orseolia oryzivora* sp. n., with comparative notes on the Asian rice gall midge, *Orseolia oryzae* Wood Mason (Diptera: Cecidomyiidae). *Bulletin. of Entomological Research* 72 (3): 467 -472.
- Harris K. M. (1987).** Gall midge in tropical agriculture. *Insect Science Application* 8 (4; 5; 6): 441-445.
- Harris K. M., Williams C. T., Okhidievbie O., Lasalle J.; Polaszek A. (1999).** Description of a new species of *Orseolia* (Diptera: Cecidomyiidae) from *Paspalum* in West Africa, with notes on its parasitoids, ecology and relevance to natural biological control of the African rice gall midge, *O. oryzivora*. *Bulletin. of Entomological Research*. 89:441–448.
- Heinrichs E.A. & Barrion T. (2004).** *Rice-feeding insects and selected natural enemies in West Africa: biology, ecology and identification*. IIRI/ WARDA. 242 p.
- Hidaka T., Peries I.D.R. (1978).** Serious incidence of the rice gall midge in the central plains of Thailand. *Japan Journal of Tropical Agriculture* 21:172-182.
- Holland P. M., Adramson R. D., Watson R., Gelfand D. H. (1991).** Detection of specific polymerase chain product by utilizing the 5'-3' exonuclease activity of *thermos aquaticus* DNA polymerase. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* -; 88:7276-80.

- Horwitz K. (2014).** *Cultivating Rice in Import Dependent Cameroon: A Case Study of the Successes and Challenges Facing Rice Farmers in Santchou, Cameroon.* Independent Study Project (ISP) Collection, George Washington University Political Science, 39 p.
- Jackson M.T. (1995).** Protecting the heritage of rice biodiversity. *Geojournal*, 35, (3): 267-274.
- Jones M. P., Dingkuhn M., Aluko G. K., Semon M. (1997).** Interspecific *O. sativa* x *O. glaberrima* progenies in upland rice improvement. *Euphytica* 93: 237-246.
- Joyce R. J. V. (1954).** The rice gall fly, a new record. *FAO Plant Protection Bulletin* 2: 122.
- Kakouli-Duarte T., Casey D. G. Burnell A. M. (2001).** Development of a diagnostic DNA probe for the fruit flies *Ceratitis capitata* and *Ceratitis rosa* (Diptera: Tephritidae) using amplified fragment-length polymorphism. *Journal of Economic Entomology*, 94: 989-997.
- Khan R. A., Khan J. A., Jamil F. F. Hamed M. (2005).** Resistance of different basmati rice varieties to stem borers under different control tactics of IPM and evaluation of yield. *Pakistan Journal of Botanic*, 37 (2): 319-324.
- King H., Conlong D. E., Mitchell A. (2002).** Genetic differentiation in *Eldana saccharina* (Lepidoptera: Pyralidae): evidence from the mitochondrial cytochrome oxidase I and II genes. *Proceedings of the South African Sugar Technology Association*, 76: 321- 328.
- Kronauer D. J. C., Schöning C., Pedersen J. S., Boomsma J. J., Gadau J. (2004).** Extreme queen mating frequency and colony fission in African army ants. *Molecular Ecology*, 13 : 2381-2388.
- Kumar R. (1991).** *La lutte contre les insectes ravageurs*. CTA-Karthala. Wageningen. 311p.
- Lacharme M. (2001).** « Fascicule 2 ». *Le plant du riz. Mémento technique de riziculture*. Ministère du Développement Rural et de l'Environnement. Rapport d'Activité, mai 2001, Paris, 21p.
- Linares O. (2002).** African rice (*Oryza glaberrima*): History and future potential, *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*- 25: 16360-16365.

- Lô E. M. (2010).** *Diagnostic agronomique de la culture du riz en Haute-Casamance et au Sénégal Oriental*. Mémoire d'ingénieur agronome de conception. Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture de Thiès (Sénégal), 51 p.
- Lotsmart N.F., MbahF.A. (2007).** The fortunes and misfortunes of women rice producers in Ndop, Cameroon and the implications for gender roles. *Journal of International Women's Studies* 8(4): 133-147.
- Lu Y. J., Adang M. J. (1996).** Distinguishing fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) strains using a diagnostic mitochondrial DNA marker. *Florida Entomology*, 79: 48-55.
- Macauley H., Ramadjita T., ICRISAT (2015).** *Les cultures céréalières: riz, maïs, millet, sorgho et blé. Nourrir l'Afrique*, Centre International de Conférences Abdou Diouf de Dakar-Sénégal, 21-23 octobre 2015. 38 P.
- Maruthi M. N., Rekha A. R., Sseruwagi P., Hillocks R. J. (2007).** Mitochondrial DNA variability and development of a PCR diagnostic test for population of the whitefly Bemisia afer (priesner and hosny). *Molecular Biotechnology*, 35:31-40.
- Mbodj Y., (1991).** *Lariziculture pluviale en Casamance: situation en 1991. Document ISRA Djibélor*. Rapport d'Avctivité 1991, Dakar. 22 pages.
- Mbodj Y. (1992).** *Les maladies du riz en Casamance (Sénégal). Mémento de l'agronome*, (2002).5^{ème} édition. 170 p.
- Megan S., Mc Couch S. (2007).** The Complex History of the Domestication of Rice. *Annals of Botany*, 100 : 951-957.
- Nacro, S. (1994).** *Analyse d'un système tritrophique : la cécidomyie du riz et ses parasitoïdes au Burkina Faso*. Thèse de Doctorat de l'Université de Rennes I, France, 118pp.
- Nacro S., Dakouo D., Heinrichs E. A. (1995).** Population dynamics, host plant damage and parasitism associated with the African rice gall midge in southern Burkina Faso. *Insect Science Application*, 16 (3: 4): 251- 257.

- Nacro S., Nenon J.P., Dakouo D., Ba M. (2015).** Quelques paramètres biologiques de *Orseolia oryzivora* H. & G. (Diptera: Cecidomyiidae) au Burkina Faso; *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 9(1): 91-97.
- Navajas M., Lagnel J., Gutierrez J., Boursot P. (1998).** Species-wide homogeneity of nuclear ribosomal ITS2 sequences in the spider mite of *Tetranychus urticae* contrasts with extensive mitochondrial COI polymorphism. *Heredity* 80: 742–752.
- Navarajan P. A. V. (2007).** **Agriculture entomology: Insect Pests and their Management.** Rapport d'activité. Biological Control Laboratory, New Delhi. 68 p.
- Ndame J. P., Briltey B. (2004).** Croissance urbaine, mutations agricoles et dépendance alimentaire dans le Nord Cameroun. *Recherches Africaines*, 3: 1-20.
- Nwilene F. E., Williams C. T., Ukwungwu M. N., Dakouo D., Nacro S., Hamadoun A., Kamara S. I., Okhidievbie O., Abamu F. J., Adam A. (2002).** Reactions of different rice genotypes to African rice gall midge in West Africa. *International Journal of Pest Management* 48: 195–201.
- Nwilene F. E., Nwanze K. F., Okhidievbie O. (2006).** *African Rice Gall Midge: Biology, Ecology and Control. Field Guide and Technical Manual.* Africa Rice Centre WARDA, Cotonou Benin. 24p.
- Nwilene F. E., Togola A., Agunbiade T. A., Ogah E. O., Ukwungwu M. N., Hamadoun A., Kamara S. I., Dakouo D. (2008).** Parasitoid biodiversity conservation for sustainable management of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* (Diptera: Cecidomyiidae) in lowland rice. *Biocontrol Science and Technology*. 18:10. 1075-1081.
- Nwilene F. E., Onasanya A., Agunbiade T. A., Ukwungwu M. N., Sere Y., Ingelbrecht I., Togola A., Dakouo D., BA M., Nacro S., Hamadoun A., Woin N., Charles J. (2010).** Identification and differentiation of *Orseolia* species in Nigeria as revealed by SCAR-PCR analysis. *Trends in applied sciences Research* 5(3): 188-196.
- Ogah E. O., Echezona B. C., Umeh E-D. N. (2005).** Effects of N-fertilization and spacing on Africa rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne in a Sub-Humid area of south eastern Nigeria. *Agro-Science*, 4(2): 15-18.
- Ogah E. O., Nwilene F. E., Ukwungwu M. N., Omoloye A. A., Agunbiade T. A. (2009).** Population dynamics of the African rice gall midge *O.oryzivora* Harris and Gagne

- (*Diptera: Cecidomyiidae*) and its parasitoids in the forest and southern Guinea savanna zones of Nigeria. *International Journal of Tropical Insect Science*, 29(2): 86- 92.
- Ogah E. O., Odebiyi J. A., Omoloye A. A., Nwilene F. E. (2011).** Developmental biology and field performance of *Platygaster diplosisae* Risbec 1956 a (Hymn: Platygasteridae) an egg-larval parasitoid of African rice gall midge *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné (*Diptera: Cecidomyiidae*). *African Journal of Environmental Science and Technology* 5(11), 950-955.
- Ogah E.O., Odebiyi J.A., Omoloye A.A., Nwilene F.E. (2012).** Evaluation of some rice genotypes for incidence of African rice Gall midge and its parasitoid(*P. Diplosisae*). *African Crop Science Journal*, 20, (2): 137 - 147.
- Ogah E. O. Nwilene F. E. (2014).** Biological Control of African Rice Gall Midge (*Orseolia oryzivora*, Harris and Gagné) in Nigeria: A Review. *Annual Research & Review in Biology*, 4(19): 2995-3006.
- Olalekan O.B. (2002).** Management of major insect pests of rice in Tanzania (Review). *Plant Protection Science* 38 (3): 108-113.
- Omoloye A. A., Vidal S. (2007).** Abundance of 24-methylene cholesterol in traditional African rice as an indicator of resistance to the African rice gall, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné. *Entomologic Science* 10: 249- 257.
- Ovono P. O., Thaddée G., Minko D. O., Koumagoye D. M., Kevers C. (2014).** Etude de la dynamique des populations d'insectes sur la culture du riz NERICA dans les conditions du Masuku, Sud-Est du Gabon (Franceville). *International Journal of Biology and Chemistry Science* 8(1) : 218-236.
- Ouédraogo A. (1980).** *Contribution à l'étude des Cécidomyies des céréales cultivées en Haute Volta*. Mémoire de fin d'études, option agronomie, ISP, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 61 p.
- Polaszek A., Delvare G. (2000).** *Les Foreurs des Tiges de Céréales en Afrique. Importance Economique, Systématique, Ennemis Naturels et Méthodes de Lutte*. Cirad-CTA : Toulouse, France; 534 p.
- Pollet A. (1977).** *Les insectes ravageurs du riz en Côte d'Ivoire II. La faune rencontrée sur riz irrigué en Côte d'Ivoire Centrale (Kotiessou)*. ORSTOM série Biologique. 12 : 3-23.

- Portères R. (1950).** Vieilles agricultures de l'Afrique intertropicale. Centres d'origine et de diversification variétale primaire et berceaux d'agriculture antérieurs au XVI^{ème} siècle. *L'Agronomie tropicale*, 5 (9-10) : 489-507.
- Quampah A., Wang R. M., Shamsi I. H., Jilani G., Zhang Q., Hua S., Xu H. (2011).** Improving water productivity by potassium application in various rice genotypes. *International Journal of Agricultural Biology*, 13: 9-17.
- Rajamani, S. (1982).** *Factors affecting gall midge resistance in paddy*. Ph.D. dissertation, Orissa University of Agriculture and Technology, Bhubaneswar, India, 256 p.
- Ramasamy, C., T. Jatileksono. (1996).** Inter-country comparison of insect and disease losses. pp. 305-316. In R. E. Evenson, R. W. Herdt, M. Hossain [eds.], *Rice research in Asia: progress and priorities*. CABI Publishers, Wallingford, United Kingdom, .
- Risbec J. (1956 a).** *Platygaster diplosisae*. *Bulletin del'Institut Français d'Afrique Noire* 18: 109 – 112.
- Roberts J. (1984).** Restriction and modification enzymes and their recognition sequences. *Nucleic Acids Research*, 12: r167-r204.
- Rohlf F. J. (2000 b).** NTSYS-pc: *Numerical taxonomy and multivariate analysis system*, version 2.02k. Exeter Software.
- Sarla N., Swamy B. P. M. (2005).** *Oryza glaberrima*: A source for the improvement of *Oryza sativa*. *Current Science*. 89 (6): 25
- Sasaki T., Burr B. (2000).** International rice genome sequence project: the effort to complete the sequence of rice genome. *Current Opinion in Plant Biology*, 3 (2): 138-141.
- Schalbroeck J. J. (2001).** *Le riz: Agriculture en Afrique tropicale*. Ministère des Affaires étrangères du Commerce extérieur et de la Coopération Internationale : Bruxelles, Belgique, p. 99-105.
- Seck P. A., Diagne A., Mohanty S., Wopereis M. C. S. (2012).** Crops that feed the world 7: rice. *Food Security* 4 (1): 7-24.
- Seck P.A., Touré A. A., Coulibaly J. Y., Diagne. A., Wopereis M. C. S. (2013).** Impact of rice research on income, poverty and food security in Africa: an ex-ante analysis. pp. 24-

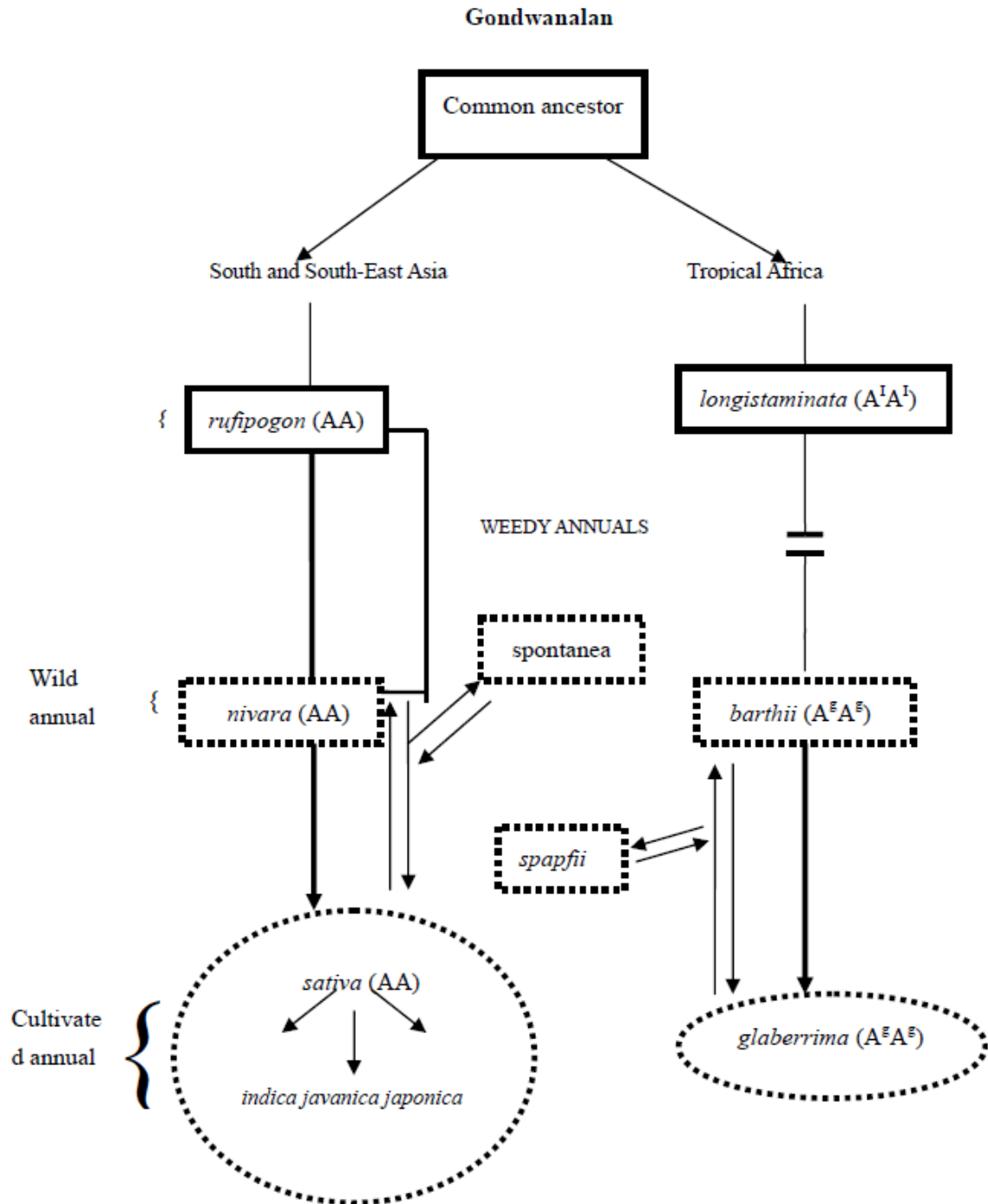
33. In: Wopereis, M. C. S., Johnson, D. E., Ahmadi, N., Tollens, E., Jalloh, A. (eds.), *Realizing Africa's Rice Promise*. CABInternational, Wallingford, R-U.
- Sezonlin M. (2006).** *Phylogéographie et génétique des populations du foreur de tiges de céréales *Busseola fusca* (fuller) (Lepidoptera, Noctuidae) en Afrique subsaharienne, implications pour la lutte biologique contre cet insecte*. Thèse de Doctorat de l'université de Paris XI – Orsay. 161 P.
- Shafiq, M., Ashraf M., Bux M., Tofique M. (2000).** Screening of Rice Genotypes for Resistance to stem borers. *Pakistan Journal of Zoology*, 32 (2): 135-137.
- Sibomana I. (1999).** *Etude de l'effet des pratiques culturales sur la cécidomyie africaine du riz, cas de la fumure azotée et des écartements entre les plants*. Mémoire d'ingénieur de l'université de Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 96 p.
- Sié M., Ogunbayo S. A., Dakouo D., Sanou I., Dembélé Y., N'dri B., Dramé K. N., Sanni K. A., Toulou B., Glèlè R. K. (2010).** Evaluation of intra and interspecific rice varieties adapted to valley bottom conditions in Burkina Faso. *African Journal of Plant Science*, 4 (8): 308-318.
- Silvie P., Adda C., Togola A., Nwilene F., Menozzi P. (2012).** Méthodes non chimiques pour la maîtrise des insectes du riz en Afrique. 1^{ère} Conférence Internationale des systèmes de production rizicole biologique, Communication orale, Montpellier, France, 27- 30 août 2012.
- Singleton V. L., Rossi J. A. Jr. (1965).** Colorimetric of total phenolic with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16: 144-58.
- Sneath P.H.A. Sokal R.R. (1973).** *Numerical taxonomy - the principles and practice of numerical classification*. Medical Research Council Microbial Systematics Unit, University of Leicester, England and Department of Ecology and Evolution, New York, USA, 573 p.
- Stoll G. (2002).** *Protection Naturelle des Végétaux en Zones Tropicales ; Vers une Dynamique de l'Information*. Margraf Verlag : Weikersheim, Allemagne; 386 p.
- Suchel J. B. (1972).** *La répartition des pluies et des régimes pluviométriques au Cameroun*. *Travaux et documents de géographie tropicale C. E. G. T.-CNRS*, 5: 1-288.

- Suchel J. B. (1987).** *Les climats du Cameroun. Thèse Doctorat d'état*, Université de Bordeaux III, 1186 p.
- Suharto H., Usyati N. (2005).** The stem borer infestation on rice cultivars at three planting times. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 6 (2): 39-45.
- Tang L., Zou X.-H., Achoundong G., Potgieter C., Second G., Zhang D.-Y., Ge S. (2010).** Phylogeny and biogeography of the rice tribe (Oryzeae): evidence from combined analysis of 20 Chloroplast fragments. *Molecular Phylogeny and Evolution*, 54: 266-277.
- Tia D. (2006).** *Caractérisation agro-morphologique des accessions d'Oryza glaberrima Steud de la banque de gène de l'ADRAO*; Thèse pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie, Université d'Abomey-Calavi, Bénin. 68p.
- Trevisan M. (2011).** Biofonctionnalisation, caractérisation et mise en œuvre de particules magnétiques sur biocapteurs : Application au génotypage plaquettaire. Thèse de Doctorat, école centrale de Lyon, 177 p.
- Ukwungwu M. N., Joshi R. C., (1992).** Distribution of the African rice gall midge *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné and its parasitoids in Nigeria. *Tropical Pest Management*, 38: 241-244.
- Ukwungwu M.N., Misari, S.M. (1997).** Management of African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné in Nigeria. *African Plant Protection* 7:27-34.
- Umaru A.B., Dike M.C., Onu I., Ukwungwu M.N. (2014).** Effects of parasitoids on the severity of African rice gall midge *Orseolia oryzivora* H. & G. (Diptera: Cecidomyiidea) in Koda millet, *Paspalum scrobiculatum* L infested rice genotypes at Edozhigi in Central agro-ecological zone of Nigeria. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 4(6): 101-106
- Umeh E. D. N., Joshi R. C. (1993).** Aspects of the biology, ecology, and natural biological control of the African rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagné (Dipt., Cecidomyiidae) in South East Nigeria. *Journal of Applied Entomology*.116: 391-398.
- Vaughan D.A., Morishima H., Kadowaki K. (2003).** Diversity in the *Oryza* genus. *Current Opinion in Plant Molecular Biology* 6, pp: 139-146.

- Vijaykumar L., A. K. Chakravarthy, S. U. Patil, D. Rajanna, 2009.** Resistance Mechanism in Rice to the Midge *Orseolia oryzae* (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Economic Entomology*, 102(4):1628-1639.
- Wigglesworth V. B. (1948).** The insects as medium for the study of physiology. *Proceedings of the Royal Society of London (B)*, 135: 430-446.
- Williams C. T., Okhidievbie O., Harris K. M., Ukwungwu M. N. (1999).** The host range, annual cycle and parasitoids of the African rice gall midge *Orseolia oryzivora* (Diptera: Cecidomyiidae) in Central and South East Nigeria. *Bulletin of Entomological Research*. 89: 585-597.
- Williams C. T., Harris K. M., Ukwungwu M. N., Nacro S., Dakouo D., Nwilene F. E., Singh B. N., Okhidievbie O. (2000).** *African Rice Gall Midge Research Guide*. WARDA /ADRAO, Bouaké, Côte d'Ivoire, and CABI, Slough, UK, 8 p.
- Williams C. T.; Harris M. K.; Ukwungwu N.M.; Nacro S.; Dakouo D.; Nwilene E. F.; Singh N.B., Okhidievbie O. (2002).** *African rice gall midge. Research guide*. CABI Bioscience / WARDA, 27 p.
- Wirmvem M. J., Ohba T., Kamtchueng B. T., Taylor E. T., Fantong W. Y. & Ako A. A. (2016).** Variation in stable isotope ratios of monthly rainfall in the Douala and Yaounde cities, Cameroon: local meteoric lines and relationship to regional precipitation cycle. *Journal of Applied Water Science*, 7:2343–2356.

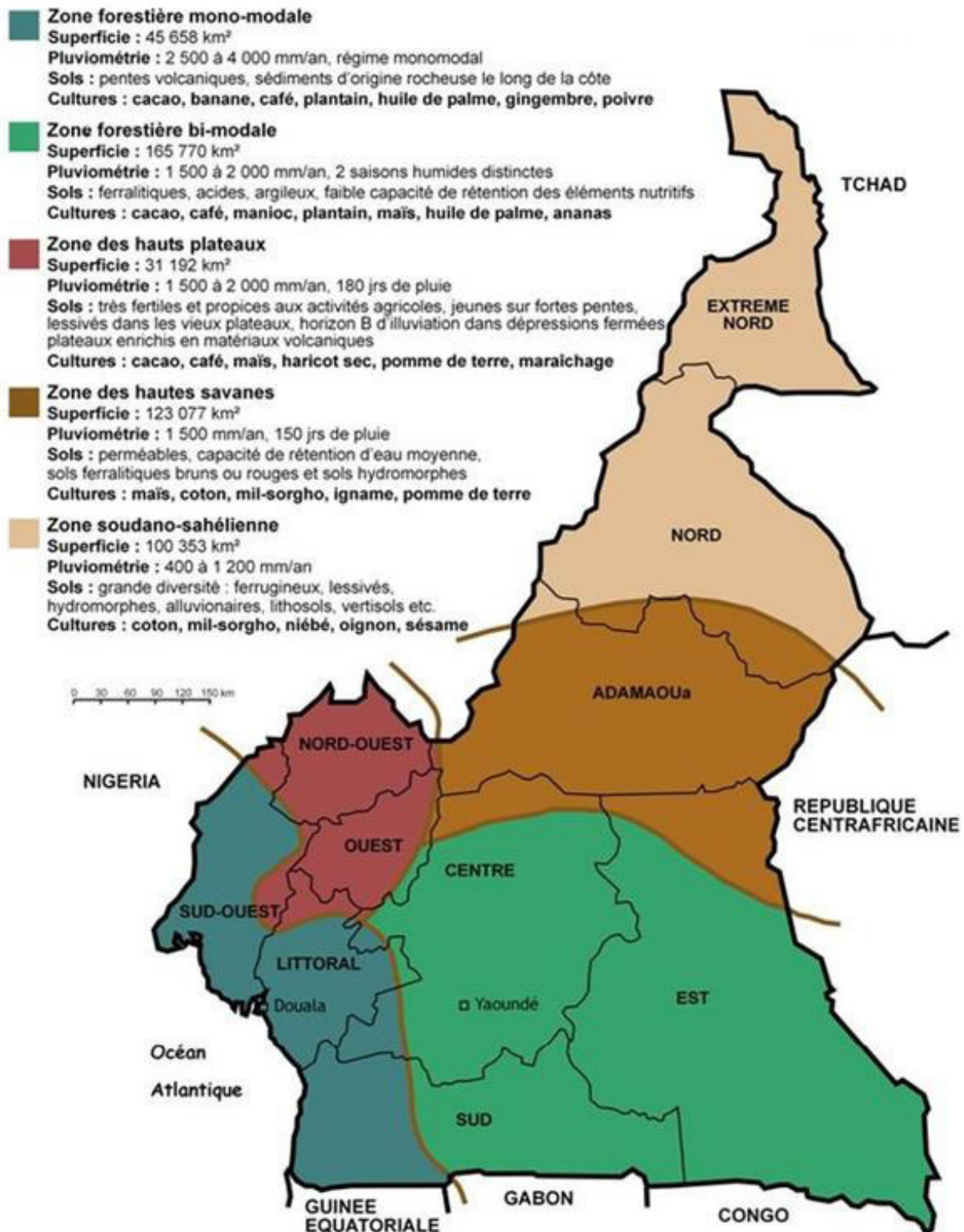
ANNEXES

ANNEXE 1 : Schéma de l'évolution des espèces de riz cultivées (Agnoun *et al.*,2012) et différents génotypes (Vaughan *et al.*, 2003)



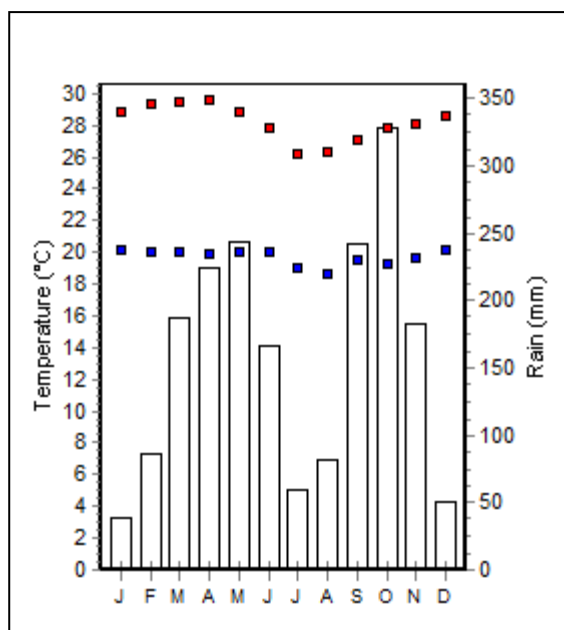
Section species	Complex	Taxon	Chromosome number (DNA content [pg/2C])	Genome groupe	Usual habitat
		<i>O. sativa</i> L.	24 (0.91–0.93)	AA	Upland to deepwater; open
		<i>O. rufipogon</i> sensu lato (syn: <i>O. nivara</i> for the annual form <i>O. rufipogon</i> sensu stricto for the perennial form)	24 (0.95)	AA	(Annual) Seasonally dry; open (Perennial) Seasonally deepwater and wet year round; open
<i>O. sativa</i>		<i>O. glaberrima</i> Steud	24 (0.87)	AA	Upland to deepwater; open
		<i>O. bathii</i> A. Chev.	24	AA	Seasonally dry; open
		<i>O. longistaminata</i> Chev. et Roehr.	24 (0.81)	AA	Seasonally dry to deepwater; open
		<i>O. meridionalis</i> Ng	24 (1.02)	AA	Seasonally dry; open
		<i>O. glumaepatula</i> Steud	24 (0.99)	AA	Inundated areas that become seasonally dry; open
		<i>O. officinalis</i> Wall ex Watt	24 (1.45)	CC	Seasonally dry; open
		<i>O. minuta</i> JS Presl. ex CB Presl.	48 (2.33)	BBCC	Stream sides; semi shade
		<i>O. rhizomatis</i> Vaughan	24	CC	Seasonally dry; open
		<i>O. eichingeri</i> Peter	24 (1.47)	CC	Stream sides, forest floor; semi shade
<i>O. officinalis</i>		<i>O. malapuzhaensis</i> Krishnaswamy and Chandrasakaran	48	BBCC	Seasonally dry forest pools; shade
		<i>O. punctata</i> Kotschy ex Steud.	24 (1.11), 48	BB, BBCC	(Diploid) seasonally dry; open (Tetraploid) forest floor; semi shade
		<i>O. latifolia</i> Deav	48 (2.32)	CCDD	Seasonally dry; open
		<i>O. alta</i> Swallen	48	CCDD	Seasonally inundated; open
		<i>O. glandigumis</i> (Doell.) Prod.	48 (1.99)	CCDD	Seasonally inundated; open
		<i>O. australiensis</i> Domin	24 (1.96)	EE	Seasonally dry; open
Ridleyanae Tateoka		<i>O. schlechteri</i> Pilger	48	Unknown	River banks; open
<i>O. ridleyi</i>		<i>O. ridleyi</i> Hook	48 (1.31–1.93)	HHJJ	Seasonally inundated forest floor; shade
		<i>O. longiglumis</i> Jansen	48	HHJJ	Seasonally inundated forest floor; shade
		<i>O. granulata</i> Nees et Arn ex Watt	24	GG	Forest floor; shade
<i>Granulata</i> Roschev.		<i>O. meyeriana</i> (Zoll. et Mor. ex Steud.) Baill.	24	GG	Forest floor; shade
Brachyantha B.R. Lu		<i>O. brachyantha</i> Chev. Et Roehr.	24 (0.72)	FF	Rock pools; open

ANNEXE 2 : Zones Agro-écologiques du Cameroun (<http://www.chambre d'agriculture.com/>, 2015)

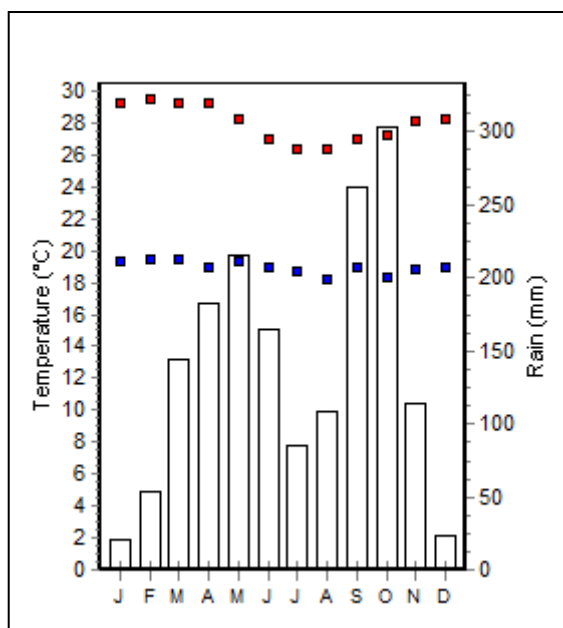


ANNEXE 3 : Données climatologiques des sites d'étude (<http://www.worldclim.org/>, 2014)

Site De Ébolowa



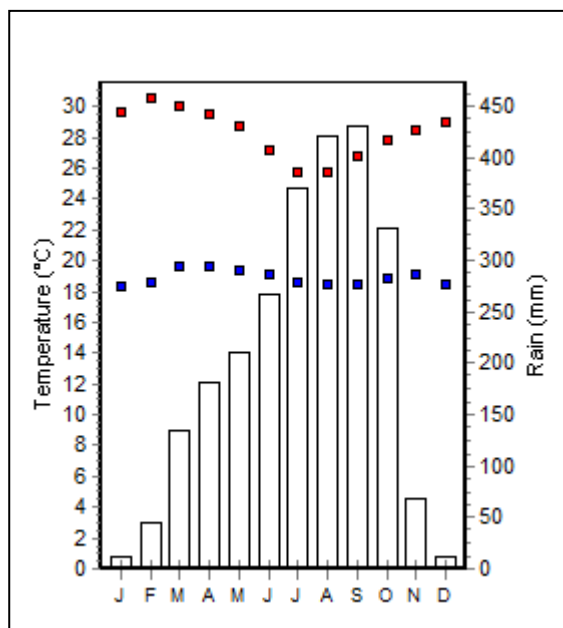
Site de Yaoundé



Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	23.9
Mean Monthly Temperature Range [2]	8.5
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	77.3
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	81.2
Max Temperature of Warmest Month [5]	29.6
Min Temperature of Coldest Month [6]	18.6
Temperature Annual Range (5-6) [7]	11.0
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	23.6
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	24.5
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	24.7
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	22.8
Annual Precipitation [12]	1889
Precipitation of Wettest Month [13]	328
Precipitation of Driest Month [14]	38
Precipitation Seasonality (CV) [15]	59.3
Precipitation of Wettest Quarter [16]	753
Precipitation of Driest Quarter [17]	174
Precipitation of Warmest Quarter [18]	497
Precipitation of Coldest Quarter [19]	383

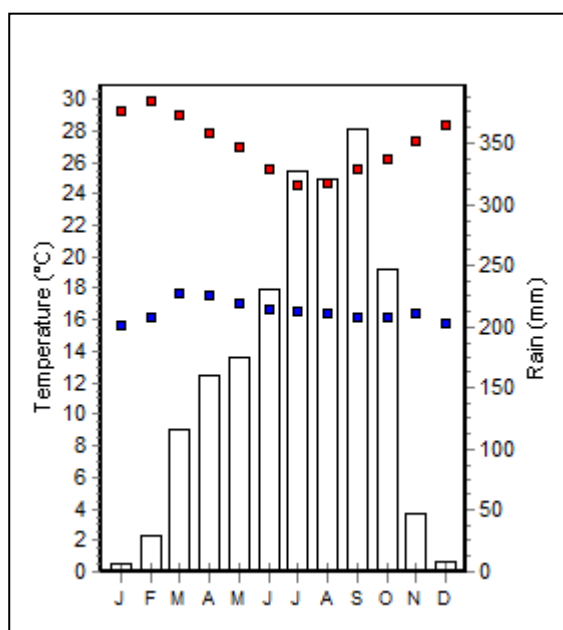
Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	23.5
Mean Monthly Temperature Range [2]	9.1
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	80.2
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	76.4
Max Temperature of Warmest Month [5]	29.5
Min Temperature of Coldest Month [6]	18.2
Temperature Annual Range (5-6) [7]	11.3
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	23.1
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	24.1
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	24.4
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	22.6
Annual Precipitation [12]	1677
Precipitation of Wettest Month [13]	303
Precipitation of Driest Month [14]	21
Precipitation Seasonality (CV) [15]	64.6
Precipitation of Wettest Quarter [16]	679
Precipitation of Driest Quarter [17]	97
Precipitation of Warmest Quarter [18]	218
Precipitation of Coldest Quarter [19]	359

Site de Santchou



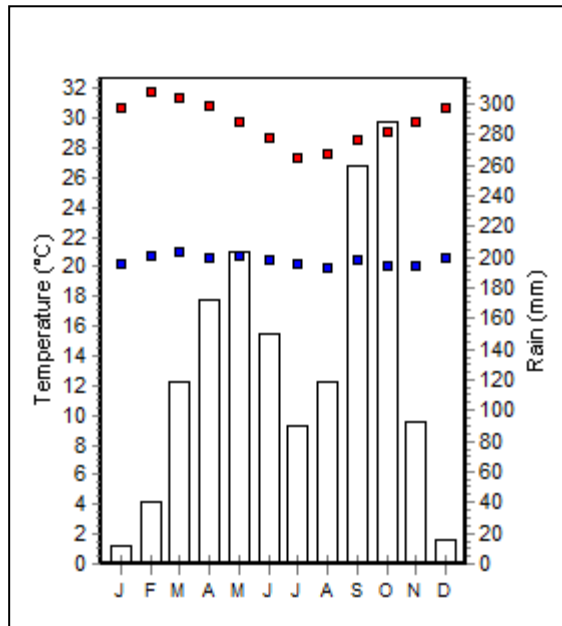
Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	23.6
Mean Monthly Temperature Range [2]	9.4
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	76.3
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	91.9
Max Temperature of Warmest Month [5]	30.6
Min Temperature of Coldest Month [6]	18.3
Temperature Annual Range (5-6) [7]	12.3
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	22.3
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	24.1
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	24.7
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	22.3
Annual Precipitation [12]	2480
Precipitation of Wettest Month [13]	430
Precipitation of Driest Month [14]	11
Precipitation Seasonality (CV) [15]	75.7
Precipitation of Wettest Quarter [16]	1221
Precipitation of Driest Quarter [17]	67
Precipitation of Warmest Quarter [18]	359
Precipitation of Coldest Quarter [19]	1221

Site de Ndop



Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	21.8
Mean Monthly Temperature Range [2]	10.6
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	74.5
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	96.9
Max Temperature of Warmest Month [5]	29.9
Min Temperature of Coldest Month [6]	15.7
Temperature Annual Range (5-6) [7]	14.2
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	20.6
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	22.5
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	23.0
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	20.6
Annual Precipitation [12]	2036
Precipitation of Wettest Month [13]	362
Precipitation of Driest Month [14]	6
Precipitation Seasonality (CV) [15]	76.5
Precipitation of Wettest Quarter [16]	1012
Precipitation of Driest Quarter [17]	44
Precipitation of Warmest Quarter [18]	307
Precipitation of Coldest Quarter [19]	Value 1012

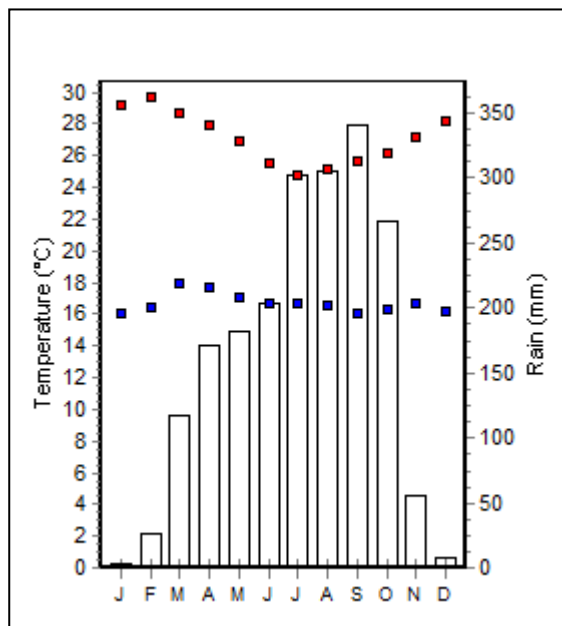
Site de Ntui



Bioclimatic Variable

Annual Mean Temperature [1]	25.0
Mean Monthly Temperature Range [2]	9.2
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	78.3
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	84.9
Max Temperature of Warmest Month [5]	31.7
Min Temperature of Coldest Month [6]	19.9
Temperature Annual Range (5-6) [7]	11.8
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	24.2
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	25.8
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	26.0
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	24.0
Annual Precipitation [12]	1562
Precipitation of Wettest Month [13]	288
Precipitation of Driest Month [14]	12
Precipitation Seasonality (CV) [15]	68.5
Precipitation of Wettest Quarter [16]	666
Precipitation of Driest Quarter [17]	68
Precipitation of Warmest Quarter [18]	331
Precipitation of Coldest Quarter [19]	468

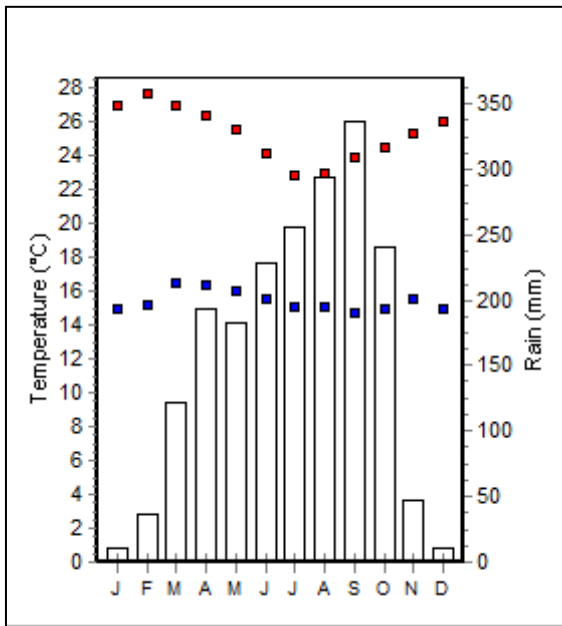
Site de Baïgom



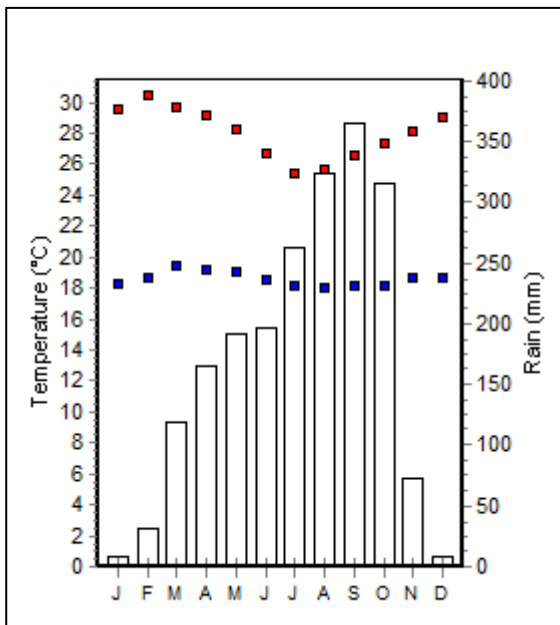
Bioclimatic Variable

Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	21.9
Mean Monthly Temperature Range [2]	10.4
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	76.2
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	92.2
Max Temperature of Warmest Month [5]	29.7
Min Temperature of Coldest Month [6]	16.1
Temperature Annual Range (5-6) [7]	13.6
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	20.8
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	22.6
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	23.0
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	20.8
Annual Precipitation [12]	1978
Precipitation of Wettest Month [13]	340
Precipitation of Driest Month [14]	3
Precipitation Seasonality (CV) [15]	74.4
Precipitation of Wettest Quarter [16]	947
Precipitation of Driest Quarter [17]	37
Precipitation of Warmest Quarter [18]	314
Precipitation of Coldest Quarter [19]	947

Site de Dschang



Site de Tonga

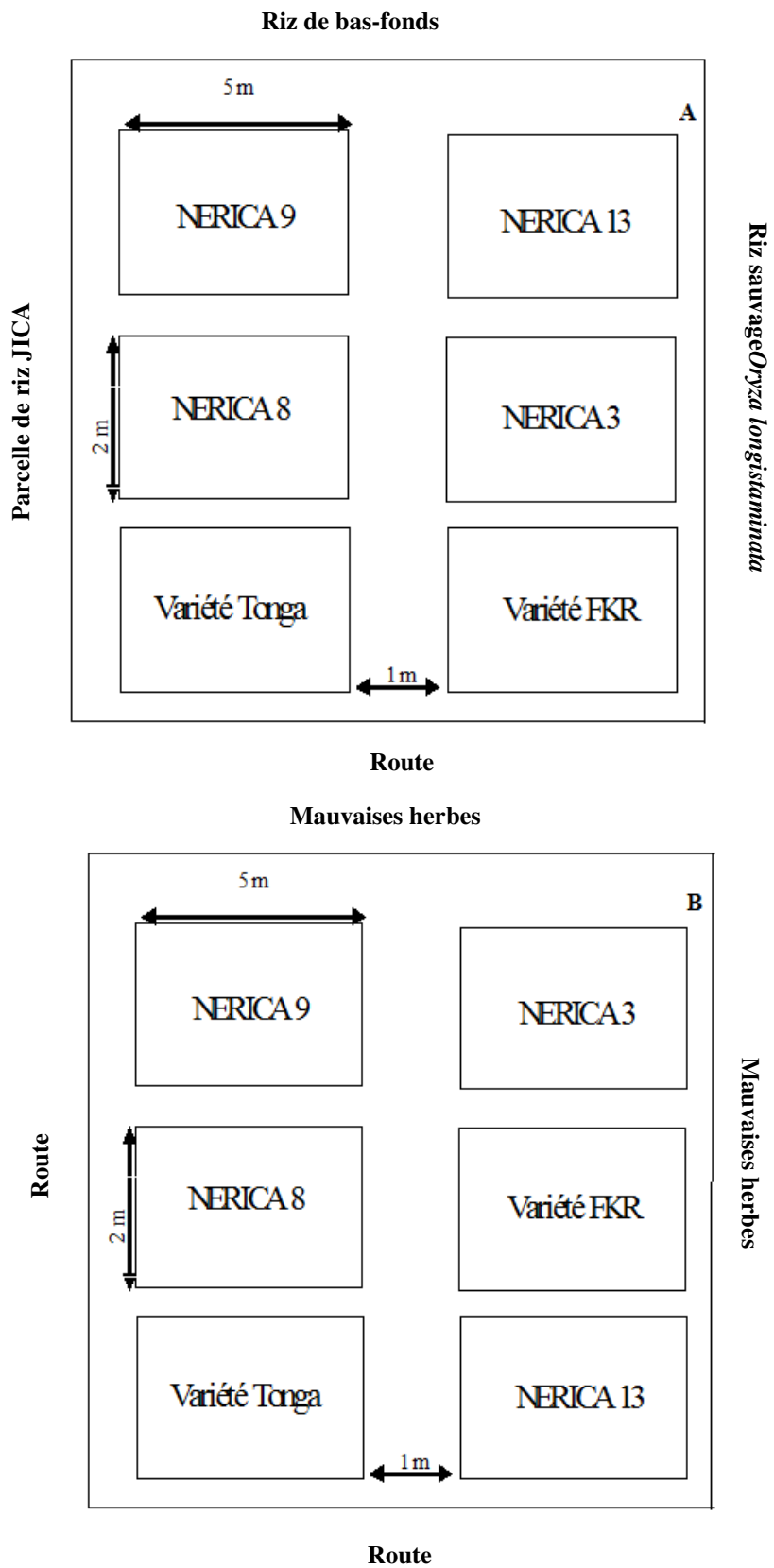


Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	20.3
Mean Monthly Temperature Range [2]	9.8
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	76.3
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	95.9
Max Temperature of Warmest Month [5]	27.6
Min Temperature of Coldest Month [6]	14.7
Temperature Annual Range (5-6) [7]	12.9
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	19.1
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	21.0
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	21.5
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	19.1
Annual Precipitation [12]	1955
Precipitation of Wettest Month [13]	336
Precipitation of Driest Month [14]	10
Precipitation Seasonality (CV) [15]	70.4
Precipitation of Wettest Quarter [16]	885
Precipitation of Driest Quarter [17]	58
Precipitation of Warmest Quarter [18]	351
Precipitation of Coldest Quarter [19]	885

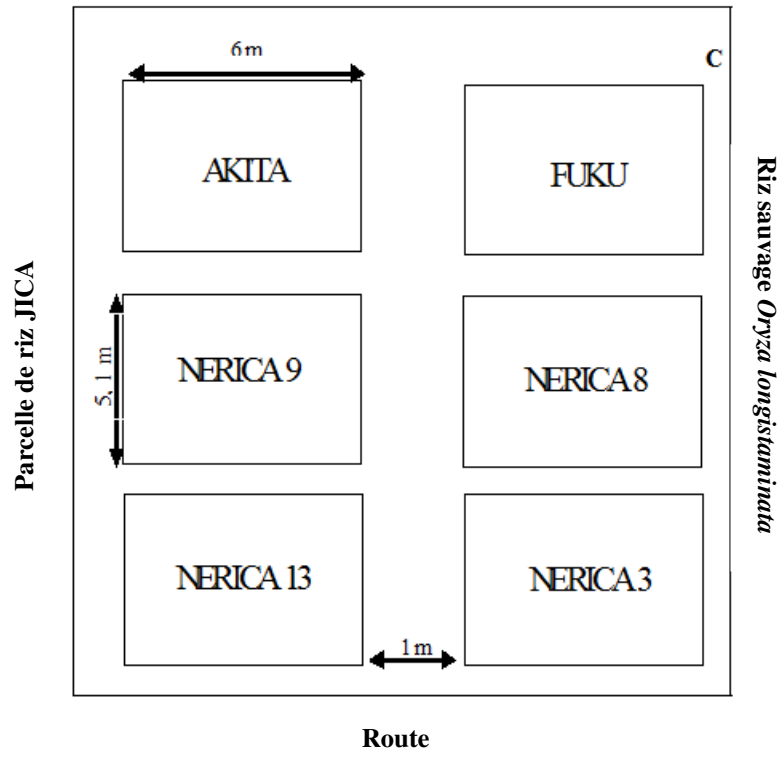
Bioclimatic Variable	Value
Annual Mean Temperature [1]	23.3
Mean Monthly Temperature Range [2]	9.4
Isothermality (2/7) (* 100) [3]	75.3
Temperature Seasonality (STD * 100) [4]	99.1
Max Temperature of Warmest Month [5]	30.5
Min Temperature of Coldest Month [6]	18.0
Temperature Annual Range (5-6) [7]	12.5
Mean Temperature of Wettest Quarter [8]	22.3
Mean Temperature of Driest Quarter [9]	24.1
Mean Temperature of Warmest Quarter [10]	24.4
Mean Temperature of Coldest Quarter [11]	22.0
Annual Precipitation [12]	2060
Precipitation of Wettest Month [13]	365
Precipitation of Driest Month [14]	8
Precipitation Seasonality (CV) [15]	73.8
Precipitation of Wettest Quarter [16]	1005
Precipitation of Driest Quarter [17]	48
Precipitation of Warmest Quarter [18]	316
Precipitation of Coldest Quarter [19]	952

ANNEXE 4 : Dispositif expérimental des parcelles

Légende : (A) : Yaoundé 2015, (B) : Ntui 2015, (C) : Yaoundé 2014



Champs de maïs



ANNEXE 5 :Dates de mise en élevage des larves et dates d'émergence des espèces foreurs adultes

Variétés de riz	Dates d'échantillonnage et de mise en élevage	Dates d'émergence de l'adulte	Durée (jours)	Espèces
NERICA 13	04-juillet	22-juillet	18	<i>Platygaster diplosisae</i> Risbec
NERICA 9	04-juillet	22-juillet	18	<i>Chilo zacconius</i> Blezynski
	26-juin	14-juillet	18	<i>Chilo zacconius</i> Blezynski
NERICA 8	30-juin	23-juillet	23	<i>Chilo zacconius</i> Blezynski, et 2 individus de <i>Platygaster diplosisae</i> Risbec
	04-juillet	20-juillet	16	<i>Platygaster diplosisae</i> Risbec
	30-juin	30-juillet	30	<i>Diopsis</i> sp.
	04-juillet	22-juillet	18	<i>Platygaster diplosisae</i> , <i>Chilo zacconius</i> Blezynski
NERICA 3	30-juin	24-juillet	24	<i>Chilo zacconius</i> Blezynski
	10-juillet	01-août	22	<i>Diopsis</i> sp.
	28-juillet	04- août	07	Hyménoptère Braconidae et
	16-juillet	04- août	19	Hyménoptère Braconidae et 2 individus de <i>Platygaster diplosisae</i>
	10-juillet	04- août	25	<i>Platygaster diplosisae</i>
	25-juillet	09- août	15	Hyménoptère Braconidae et <i>Platygaster diplosisae</i>
Akitakomachi	-	-	-	-
Fukuhibiki	-	-	-	-

ANNEXE 6 : Comparaison des paramètres morphologiques

		Sites	Variétés
Yaoundé 2014	LP		F= 195,9; P<0,0001***
	LPcles		F= 140,5; P<0,0001***
	NP		F= 63,94; P<0,0001***
	NR		F= 108,3; P<0,0001***
	NG		F= 89,7; P<0,0001***
	NBVP		F= 25,48; P<0,0001***
Yaoundé/Ntui 2015	LP	F= 0,968; P= 0,32593	F= 3,338; P= 0,005**
	LPcles	F= 1,554; P= 0,21	F= 20,094; P<0,0001***
	NP	F= 61,955; P<0,0001***	F= 31,530; P<0,0001***
	NR	F= 49,097; P<0,0001***	F= 20,714; P<0,0001***
	NG	F= 4,046; P= 0,04*	F= 18,936; P<0,0001***
	NBVP	F= 29,857; P<0,0001***	F= 1,386; P= 0,229

Note/ NP = Nombre de Panicules/plante; LP = Longueur des plantes ; LPcles = Longueur des Panicules ; NR= Nombre de Ramifications par panicule ; NG = Nombre de Grains par Panicule ; NBVP = Nombre de Balles vides par Panicule ; *** : très significatif ; * : significatif

ANNEXE 7 : Coordonnées géographiques des points de collecte des larves de *Orseolia* sp.

Numéros des individus	Coordonnées géographiques			Variétés de riz hôte	Site de collecte	Date de collecte	Stade de développement
	Latitude	Longitude	Altitude				
1	N03°51'59,1''	E011°27'11,4"	679 m	N9	Yaoundé	août-14	Larve
2	N03°51'56,2''	E011°27'10,9"	693 m	N3	Yaoundé	juil-14	Adulte
3	N03°51'59,1''	E011°27'11,5"	677 m	N8	Yaoundé	août-14	Larve
4	N03°51'56,3''	E011°27'10,6"	685 m	N3	Yaoundé	juil-14	Larve
5	N05°15'47''	E009°58'10"	730 m	N3	Santchou	oct-14	Larve
6	N03°51'58,9''	E011°27'11,5"	689 m	N3	Yaoundé	nov-14	Larve
7	N03°51'58,8''	E011°27'11,6"	688 m	N3	Yaoundé	nov-14	Larve
8	N03°51'58,7''	E011°27'11,6"	690 m	N8	Yaoundé	nov-14	Larve
9	N03°51'58,8''	E011°27'11,7"	688 m	N3	Yaoundé	nov-14	Larve
10	N06°4'3,9''	E010°27'3,2"	1152 m	TOX 45	Ndop	sept-14	Larve
11	N06°04'03,9''	E010°27'03,2"	1152 m	TOX 45	Ndop	sept-14	Larve
12	N03°51'58,7''	E011°27'11,6"	690 m	N8	Yaoundé	nov-14	Larve
13	N03°51'58,7''	E011°27'11,6"	690 m	N8	Yaoundé	nov-14	Larve
14	N03°51'58,5''	E011°27'11,1"	704 m	N8	Yaoundé	sept-14	Larve
15	N02°56'52,1''	E011°07'09,7"	599 m	N3	Ébolowa	déc-14	Larve
16	N03°52'09,8''	E011°27'29,8"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
17	N03°52'05,7''	E011°27'09,7"	693 m	TOX 45	Yaoundé	nov-14	Larve
18	N03°52'05,7''	E011°27'09,7"	693 m	TOX 45	Yaoundé	nov-14	Larve
19	N03°52'09,8''	E011°27'29,8"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
20	N03°52'09,8''	E011°27'29,8"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
21	N03°52'09,9''	E011°27'29,4"	725 m	N8	Yaoundé	déc-14	Larve
22	N02°57'31,7''	E011°11'00,6"	600 m	N8	Ébolowa	déc-14	Larve
23	N03°52'02,8''	E011°27'32,3"	735 m	N9	Yaoundé	déc-14	Larve
24	N03°52'01,4''	E011°27'32,7"	717 m	N9	Yaoundé	déc-14	Larve
25	N02°55'06,2''	E011°09'12,9"	699 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
26	N02°55'06,2''	E011°09'12,9"	699 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
27	N02°57'31,7''	E011°11'00,6"	600 m	N8	Ébolowa	déc-14	Larve
28	N03°52'08,9''	E011°27'29,6"	736 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
29	N03°52'08,6''	E011°27'31,9"	739 m	N9	Yaoundé	déc-14	Larve
30	N03°52'09,3''	E011°27'30,9"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
31	N03°52'08,9''	E011°27'29,6"	736 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
32	N02°56'52''	E011°07'09"	599 m	N3	Ébolowa	déc-14	Larve
33	N03°52'09,3''	E011°27'30,9"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
34	N02°56'52,1''	E011°07'09,7"	599 m	N3	Ébolowa	déc-14	Larve
35	N03°52'07,9''	E011°27'29,9"	729 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
36	N03°52'09,8''	E011°27'29,8"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
37	N02°56'58''	E01107'11"	598 m	N3	Ébolowa	déc-14	Larve
38	N03°52'08,6''	E011°27'31,9"	739 m	N9	Yaoundé	déc-14	Larve
39	N03°52'02,8''	E011°27'32,3"	735 m	N9	Yaoundé	déc-14	Larve
40	N03°52'09,8''	E011°27'29,8"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
41	N02°56'52,1''	E011°07'09,7"	599 m	N3	Ébolowa	déc-14	Larve
42	N02°55'06,2''	E011°09'12,9"	699 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
43	N03°52'08,6''	E011°27'31,9"	739 m	N9	Yaoundé	déc-14	Larve
44	N03°52'09,8''	E011°27'29,8"	732 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve
45	N02°56'52,3''	E011°07'09,8"	599 m	N3	Ébolowa	déc-14	Larve
46	N05°15'45''	E09°58'04"	728 m	N3	Santchou	oct-14	Larve
47	N03°52'08,5''	E011°27'29,3"	739 m	N3	Yaoundé	déc-14	Larve

ANNEXE8 : Articles publiés en relation avec la thèse

1. **Moche K.**, Djiéto Lordon C., Melie Feyem M. N., Tadu Z., Nana P. A., Fokam Z., Bricheux G. and Woin N. Agro-morphological characterization of two rice varieties from Japan; *Oryza sativa*L. and four NERICA varieties in an agro-ecological zone of the town of Yaoundé (Cameroon); comparative study of their performances (2014). *International Journal of Current Research*, 6 (1): 9941-9946;

2. **Moche K.**, Djiéto Lordon C., Tadu Z., Nana P. A., Fokam Z., MOKAMD. G. and Woin N. Diversity and agronomic impact of rice stem borer at Nkolbisson, Yaoundé-Cameroon (Central Africa) (2015). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*, 6 (4):181-189.

1. Moche K. Djiéto Lordon C., Melie Feyem M. N., Tadu Z., Nana P. A., Fokam Z., Bricheux G. and Woin N. Agro-morphological characterization of two rice varieties from Japan; *Oryza sativa* l. and four NERICA varieties in an agro-ecological zone of the town of Yaoundé (Cameroon); comparative study of their performances (2014). *International Journal of Current Research*, 6 (1): 9941-9946.

2. Moche K., Djiéto Lordon C., Tadu Z., Nana P. A., Fokam Z., MOKAMD. G. and Woin N. Diversity and agronomic impact of rice stem borer at Nkolbisson, Yaoundé-Cameroon (Central Africa)(2015). *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAR)* 2015, 6 (4):181-189.